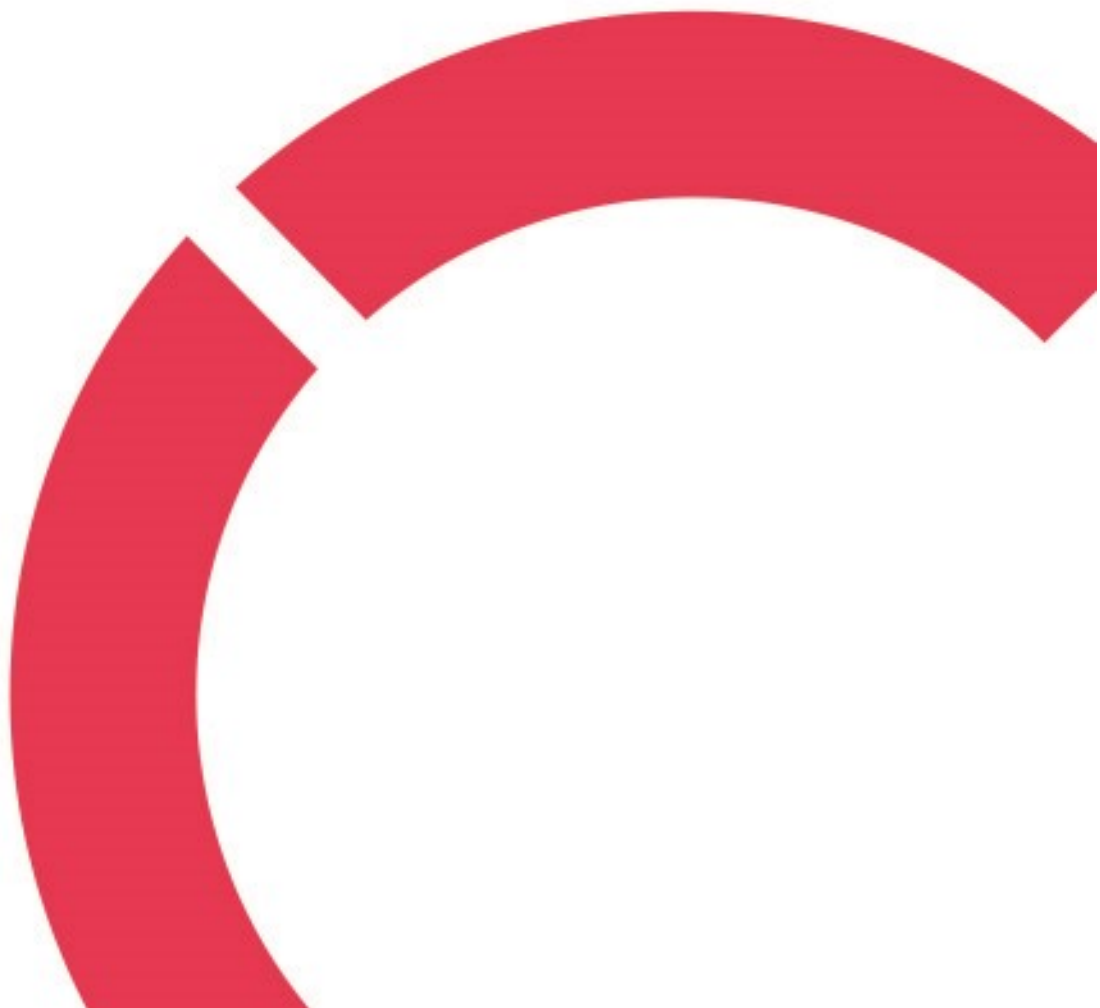


Jouni Kakkuri

LVI-LAITTEIDEN SÄHKÖISTÄMINEN JA KÄYTTÖÖNOTTO
Case: Sairaala

Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Helmikuu 2023



Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Helmikuu 2023	Tekijä/tekijät Jouni Kakkuri
Koulutus Sähkö- ja automaatiotekniikka		<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK
Työn nimi LVI-LAITTEIDEN SÄHKÖISTÄMINEN JA KÄYTTÖÖNOTTO. Case: Sairaala		
Työn ohjaaja Aki Suokko		Sivumäärä 28
Työelämäohjaaja Tapani Keränen		
<p>Suomessa on viime aikoina tehty paljon mittavia sairaalahankkeita. Yhteistä hankkeille on ollut se, että aikataulut ja budjetit ovat tahtoneet ylittyä. Käyttöönotto- ja viimeistelyvaiheissa tulee eteen uusia ongelmia ja näin ollen sekä budjetti että käytettävissä oleva aika usein ylittyvät.</p> <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Aro Systems Oy:lle OYS2030 A-allianssissa Oulussa. Opinnäytetyössä käsiteltiin tarvittavia toimenpiteitä lvi-laitteiden sähköistykseen ja käyttöönottoon liittyen. Opinnäytetyön lopputuloksena luotiin ohjeistus lvi-laitteiden sähköistuksen ja käyttöönoton työsuorituksiin.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli hyödyntää OYS2030 A-allianssista saatuja kokemuksia lvi-laitteiden sähköistykseen ja käyttöönottoon liittyvistä haasteista. Haasteena on ollut, että kaikki tieto ja dokumentit olivat hajallaan eikä yhtenäistä ohjetta ollut.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä muodostettiin yhtenäinen ohjeistus valituista lvi-laitteista. Opinnäytetyön tarkoitus on helpottaa ja nopeuttaa tulevien sairaala projektien lvi-laitteiden sähköistys ja käyttöönotto vaiheita. Opinnäytetyö soveltuu myös ohjeeksi muihinkin kuin sairaalaprojekteihin, joissa käytetään vastaavia lvi-laitteita.</p>		
Asiasanat Allianssi, Käyttöönotto, LVI-laite, OYS2030, Sähköistäminen		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date February 2023	Author Jouni Kakkuri
Degree programme Electrical and automation engineering		
Name of thesis ELECTRIFICATION AND COMMISSIONING OF HVAC EQUIPMENT. Case: hospital		
Centria supervisor Aki Suokko	Pages 28	
Instructor representing commissioning institution or company Tapani Keränen		
<p>Recently, many large-scale hospital projects have been carried out in Finland. The common thing for the projects has been that the schedules and budgets have often been exceeded. During the commissioning and finishing phases, new problems arise and thus both the budget and the available time tend to be exceeded.</p> <p>This thesis was done for Aro Systems Oy in the OYS2030 A-alliance in Oulu. The thesis discussed the necessary measures related to the electrification and commissioning of HVAC equipment. As the final result of the thesis work, guidelines were created for the work performance of the electrification and commissioning of HVAC equipment.</p> <p>The aim of the thesis was to utilize the experiences gained from the OYS2030 A-alliance on challenges related to the electrification and commissioning of HVAC equipment. The challenge has been that all the information and documents were scattered, and there was no uniform instruction.</p> <p>In this thesis, a unified guideline for the selected HVAC devices was formed. The purpose of the thesis was to facilitate and speed up the electrification and commissioning phases of HVAC equipment in future hospital projects. The thesis is also suitable as a guideline for projects other than hospitals, where similar HVAC equipment is used.</p>		

<p>Key words Alliance, Electrification, HVAC device, Introduction, OYS2030</p>

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

FAT-testi

Factory Acceptance Test eli tehtaan vastaanottotarkastus. FAT-testin tarkoitus on varmistaa, että laite vastaa asiakkaan määrittelyjä.

GWP-arvo

Kylmäaineen GWP-arvo (Global warming potential) tarkoittaa sen ilmastoa lämmittävää vaikutusta ja on tärkeä kylmäaineen valintakriteeri.

M1H-pintakytkin

Pumpun pintakytkin hälytystä varten.

M2H- tai H3-pintakytkin

Pumpun käynnistyspintakytkin

m_n^3/s

Normikuutiometriä sekunnissa on tilavuusvirtanopeuden yksikkö.

OYS

Oulun Yliopistollinen Sairaala

Puolihermeettinen

Puolihermeettisessä kompressorissa on avattava kuori ja kompressori on korjattavissa.

Shunttipiiri

Lämmönsiirron hallintaan käytettävä pumppu-venttiiliryhmä.

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 ARO SYSTEMS OY JA OYS2030	3
2.1 Aro Systems Oy	3
2.2 A-allianssi ja OYS2030	3
3 LVI-LAITTEET	4
3.1 Ilmanvaihtokoneet.....	4
3.1.1 Ilmanvaihtokoneiden rakenne ja toiminta.....	4
3.1.2 Nestekiertoinen lämmön talteenotto.....	5
3.2 Pumppujen rakenne ja toiminta	5
3.3 Pumppukaivojen rakenne ja toiminta.....	6
3.4 Oviverho- ja kiertoilmakojeiden toiminta sekä rakenne.....	7
3.5 Vedenjäähdyttimet ja nestejäähdyttimet ja niiden rakenne sekä toiminta	8
3.6 Konvektorien rakenne ja toiminta	10
3.7 Elektronisten hanojen rakenne ja käyttöönotto.....	12
3.8 Lämmönjakokeskuksen rakenne ja toiminta	12
4 LVI-LAITTEIDEN SÄHKÖISTYS JA KÄYTTÖÖNOTTO	14
4.1 Ilmanvaihtokoneiden sähköistys ja käyttöönotto.....	14
4.2 Pumppujen sähköistys ja käyttöönotto	16
4.3 Pumppukaivojen sähköistys ja käyttöönotto.....	17
4.4 Kiertoilma- ja oviverhokojien sähköistys sekä käyttöönotto	18
4.5 Vedenjäähdyttimien ja nestejäähdyttimien sähköistys sekä käyttöönotto	21
4.6 Konvektorien sähköistys ja käyttöönotto.....	22
4.7 Elektronisten hanojen sähköistys ja käyttöönotto	23
4.8 Lämmönjakokeskuksen sähköistys ja käyttöönotto	24
5 TOIMINTAKOKEET JA KÄYTTÖÖNOTTO	25
5.1 Toimintakokeet ja käyttöönotto.....	25
5.2 Sairaalan toimintakokeet ja käyttöönotto	25
6 POHDINTA	27
LÄHTEET	28
KUVAT	
KUVA 1. Ilmanvaihtokoneen rakenne.....	5
KUVA 2. Pumpun rakenne esimerkki	6
KUVA 3. Kiertoilmakojeen rakenne	7
KUVA 4. Oviverhokojeen rakenne.....	8
KUVA 5. Vedenjäähdyttimen rakenne	9
KUVA 6. Nestejäähdyttimen rakenne	9
KUVA 7. Vari Pro -konvektorin rakenne	10
KUVA 8. Smart Vari -vakioilmastointikoneen rakenne.....	11

KUVA 9. Giant Vari -konvektorin rakenne.....	11
KUVA 10. Oras 6150FZ -hanan rakenne	12
KUVA 11. Lämmönjakokeskuksen rakenne	13
KUVA 12. Vari Pro-lämmitys- ja jäähdytyskonvektorin kytkentäkaavio	22
KUVA 13. Oras elektronisen hanan sähköistys.....	23
KUVA 14. Lämmönjakokeskuksen ohjauskeskus ja kytkentä	24

KUVIOT

KUVIO 1. Ilmanvaihtokoneen keskussuunnitelmasta yksi sivu.....	15
KUVIO 2. Pumpun sähkökytkentäohje	16
KUVIO 3. Pumppukaivojen ja ohjauskeskuksen kytkentäohje	17
KUVIO 4. Kiertoilmakojeiden ja ohjauskeskuksen kytkentäkaavio	19
KUVIO 5. Oviverhokojeen kytkentäkaaviot	20
KUVIO 6. Nestejäähdyttimen sähköistyksen kaavio.....	21

1 JOHDANTO

Suomessa on viime aikoina tehty paljon mittavia sairaalahankkeita. Yhteistä hankkeille on ollut se, että aikataulut ja budjetit ovat tahtoneet ylittyä. Käyttöönotto- ja viimeistelyvaiheissa tulee eteen uusia ongelmia ja näin ollen sekä budjetti, että käytettävissä oleva aika tapaavat ylittyä. OYS2030 A-allianssi on ensimmäisenä aloitettu vaihe Oulun yliopistollisen sairaalan uudistamisohjelmasta. A-allianssissa havaitsimme, että useita eri laitteita ja laitekokonaisuuksia koskevien lvi-, sähkö- ja automaatiotöiden yhteensovittaminen on varsin haastavaa. Suunnitelmissa on monesti ristiriitoja keskenään. Suunnitelmien lisäksi jokaisesta laitteesta on omat kytkentäohjeensa ja välillä niissäkin on ristiriitoja. Näistä haasteista syntyi ajatus opinnäytetyöstä, joka auttaisi kehittämään prosessia tulevien sairaalahankkeiden lvi-laitteiden sähköistyksessä ja käyttöönotossa. Olen itse toiminut tässä OYS2030 A-allianssi projektissa vastaavana lvi-projektipäällikkönä yli kolmen vuoden ajan ja samalla opiskellut työn ohessa sähköinsinööriksi.

Keskustelin opinnäytetyön aiheesta myös projektin vastaavan sähköprojektipäällikön kanssa. Hän piti opinnäytetyön aihetta hyvänä. Opinnäytetyön aihe oli siinäkin mielessä tarpeellinen, että se tehtiin projektin ensimmäiseen vaiheeseen. Näin opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää heti, koska kokonaisuudessaan hanke eri osaprojekteineen ja vaiheineen jatkuu aina vuoteen 2030 saakka. Olen itse perehtynyt opinnäytetyön aiheeseen tekemällä yhteensovittusta LVISA-tekniikoiden osalta suunnittelunohjauksessa ja tuotannossa sairaalaprosjektissa. Tutkimustietoa aiheesta ei minulla suoranaisesti ole, mutta laitetoimittajilta löytyy soveltuva materiaalia, jota opinnäytetyössä on hyödynnetty yhtenäisen ohjeistuksen aikaansaamiseksi. Opinnäytetyössä on hyödynnetty soveltuvalta osin talotekniikka-alan kirjallisuutta ja allianssissa tuotettua materiaalia sekä oman kokemukseni mukana tullutta tietämystä. Opinnäytetyössä on jouduttu rajaamaan esiteltävät lvi-laitteet pääkomponentteihin sekä niiden osalta joihinkin esimerkkeihin. Sairaalassa on niin monia eri järjestelmiä ja laitteita, että kaikkien käsitleminen ei olisi mahdollista. Mallistot myös vaihtuvat nopealla tahdilla, joten se ei olisi tarkoituksenmukaista.

Tämä opinnäytetyö tehtiin työnantajalleni Aro Systems Oy:lle, joka toimii OYS2030 A-allianssissa LVI- ja sähkötekniikan osalta palveluntuottajana. Opinnäytetyö voi toimia oppaana uusille projekti-insinööreille ja projektipäälliköille LVI-laitteiden sähköistyksessä ja käyttöönotossa. Aro Systems Oy:n Pohjois-Suomen liiketoimintajohtaja ja yhtiön toimitusjohtaja hyväksyivät opinnäytetyöni aiheen aivan opintojeni alussa.

Haluan kiittää rakasta vaimoani Kirsiä ja lapsiamme tuesta ja ymmärryksestä tämän opinnäytetyön teon sekä opintojen aikana. Näiden opintojen jälkeen olen luvannut pitää vähintään vuoden tai kaksi taukoa opiskelusta työn ohessa.

Haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajaani Aki Suokkoa Centria ammattikorkeakoulusta, ohjauksesta ja neuvoista opinnäytetyön teon aikana. Kiitän myös Ulla Orjalaa kielenohjauksesta.

Lisäksi kiitän työnantajaani Aro Systems Oy:tä, joka mahdollisti tämän opinnäytetyön tekemisen tarjoamalla työlle valvojan ja hyväksymällä opinnäytetyöni aiheen. Kiitän myös Aro Systems Oy:n Pohjois-Suomen liiketoimintajohtajaa Tapani Kerästä, joka osaltaan mahdollisti tämän opinnäytetyön tekemisen suostumalla työn työelämäohjaajaksi.

2 ARO SYSTEMS OY JA OYS2030

Tässä luvussa Kerron työnantajastani Aro Systems Oy:stä ja OYS2030 uudistamisohjelmasta sekä A-allianssista, joka on projekti mihin tämä opinnäytetyö on tehty.

2.1 Aro Systems Oy

Oulun tulevaisuuden sairaala OYS 2030 -uudistamisohjelmassa Aro Systems Oy toteuttaa talotekniikan ensimmäiseen vaiheeseen kuuluvan A-rakennuksen osalta. Talotekniikan toimitukseen kuuluvat hankkeen lvi- ja sähkötyöt sekä suunnittelunohjaus oman toimituksen osalta. Hankkeen kokonaiskustannukset ovat noin 208 MEUR, josta Aro Systemsin talotekniikan osuus noin 58 MEUR ja urakan laajuus on noin 58 560 brm². Perheyhtiö Aro Systems Oy:llä on lähes 70-vuoden kokemus talotekniikka-alalta. Toimipaikat Aro Systems Oy:llä on Oulun, Tampereen ja Helsingin alueilla. Aro Systems Oy:n liikevaihto vuonna 2020 oli 75 miljoonaa euroa ja henkilöstöä oli lähes 400. (Aro Systems 2022.)

2.2 A-allianssi ja OYS2030

Oulun yliopistollisen sairaalan toiminta ja tilat päivitetään vastaamaan erikoissairaanhoidon tulevaisuuden tarpeita OYS2030 -uudistamisohjelman myötä. Muutosvisio on, että vuoteen 2030 mennessä OYS on maailman älykkäin sairaala, jossa modernit tilat, uusin teknologia ja ajantasainen osaaminen takaavat vaikuttavan ja tehokkaan, hoidon, joka on maailman parasta. Uuden sairaalan rakentaminen on jaettu osahankkeisiin. Rakennukset A ja B rakennetaan ensimmäisessä vaiheessa. Niihin sijoittuvat sellaiset toiminnot, joiden tulee toimia vuorokauden ympäri tehokkaasti jokaisena vuoden päivänä. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi teho- ja päivystystoiminta sekä leikkaustoiminta. Lasten ja naisten sairauksien hoitoon tarvittavat tilat ja suuri osa vuodeosastoista valmistuvat ensimmäisen vaiheen rakennuksiin. (OYS2030 2022.)

3 LVI-LAITTEET

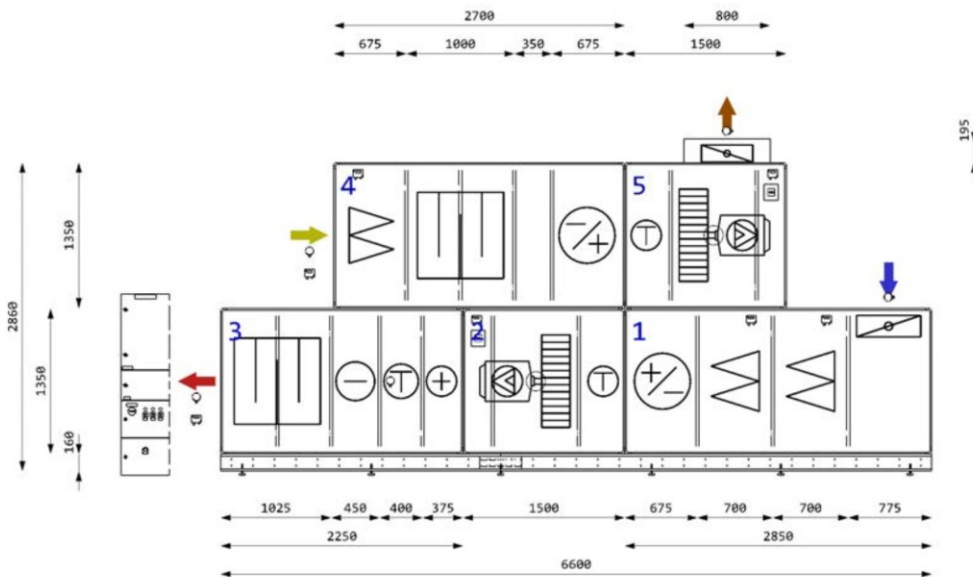
Tässä luvussa esitellään opinnäytetyöhön liittyvät OYS2030 A-allianssissa käyttöön valitut lvi-laitteet sekä niiden rakenne ja toiminta.

3.1 Ilmanvaihtokoneet

OYS2030 A-allianssissa kilpailutimme ilmanvaihtokoneet valmiina paketteina. Kilpailutuksessa painotettiin elinkaarikustannuksia, energiankulutusta, takuuajan pituutta sekä varaosien saatavuutta. Kilpailutuksessa toimittajaksi valikoitui Kojä Oy. Sairaalaympäristössä on huomioitava, että tuloilmaa- ja poistoilmaa erillään pitämätön lämmöntalteenotto ei tule kysymykseen, koska esimerkiksi sairaalabakteeri voisi palata poistoilmasta tuloilmaan. Näin ollen valinta oli nestekiertoinen lämmöntalteenotto, johon Kojällä on oma Kojä netto -järjestelmänsä. Ilmanvaihdon tehtävänä on poistaa rakennuksessa syntyvät epäpuhtaudet ja tuoda puhdasta hengitysilmaa. Tarvittavasta kokonaisilmamäärästä ihmisen hapentarpeen tyydyttämiseksi tarvittava määrä on vain murto-osa. Ihmisen keuhkojen kautta kulkee vuorokaudessa yli 15000 litraa ilmaa elimistössä syntyvän hiilidioksidin poistamiseksi ja hapentarpeen tyydyttämiseksi. (Sisäilmayhdistys 2022.)

3.1.1 Ilmanvaihtokoneiden rakenne ja toiminta

Rakennuksessa syntyy epäpuhtauksia, joiden lähteitä ei voida kokonaan poistaa. Tällöin tarvitaan riittävää yleisilmanvaihtoa. Sen avulla esimerkiksi hiilidioksidin ja vesihöyryn pitoisuudet ilmassa saadaan pidettyä ihmiselle ja rakennukselle terveellisellä tasolla. (Sisäilmayhdistys 2022.) Kuvassa 1 on esitetty ilmanvaihtokoneen rakenne. Lähes poikkeuksetta rakennusten ilmanvaihdossa käytetään koteloituja tehdasvalmisteisia koneita. Koteloidulla tarkoitetaan, sitä että ilmankäsittelyssä tarvittavat komponentit ovat lämpöeristetyin kotelon sisällä. Komponentteja liitetään koteloissa moduuleina haluttujen ilmankäsittelytoimintojen mukaan yhteen. Tarvittavan ilmavirran mukaan määräytyy kotelon poikkipinnan koko, koska ilman virtausnopeuden tulee pysyä lähellä nopeutta 2 m/s. Ilmanvaihtokoneen ulkovaipan mitat tulevat standardimittaisten suodatinkasettien mitoista. Koteloitujen tehdasvalmisteisten ilmanvaihtokoneiden ilmavirta-alue kattaa 0,5–25 m³/s ja sisäinen poikkipinta-ala on 0,6 m x 0,3 m...-3,6 m x 2,4 m. Ilmanvaihtokoneiden kotelon ulkopinnan materiaalina käytetään yleisimmin sinkittyä teräslevyä. (Sandberg 2014, 164.)



KUVA 1. Ilmanvaihtokoneen rakenne (Koja 2020)

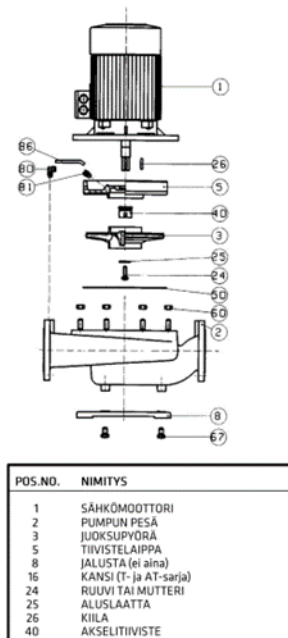
3.1.2 Nestekiertoinen lämmön talteenotto

Nestekiertoisessa lämmöntalteenotossa lämmönsiirto poistoilmasta tuloilmaan tapahtuu nestemäisen väliaineen avulla. Poisto- ja tuloilmojen välillä on siis ilmasta nesteeseen ja nesteestä ilmaan lämpöä siirtävä lämmönsiirrin. Rakenteeltaan lämmönsiirrin on kuin jäähdytys- tai lämmityspatteri. Neste lämpenee kulkiessaan poistoilmapatterin kautta, ja se johdetaan tuloilmapatteriin, jossa neste jäähtyy lämmittäen tuloilmaa. Lämmönsiirtoväliaineena käytetään glykoliseosta, jota kierrätetään pumpulla. Lämmönsiirto tapahtuu suhteellisen pienillä lämpötilaeroilla, minkä takia lämmönsiirtopinta-alaa tarvitaan paljon. Koska poisto- ja tuloilmavirrat ovat toisistaan erotetut, niiden välillä ei tapahdu vuotoa. Tämä on erityisen tärkeää sairaalaolosuhteissa, jotta poistoilmasta ei siirry mikrobeja tuloilmaan. (Sandberg 2014, 184.)

3.2 Pumppujen rakenne ja toiminta

OYS2030 A -allianssissa pumppujen kilpailutuksessa painotettiin energiankulutusta, elinkaarikustannuksia ja huoltovarmuutta. Päädyimme valinnassa kotimaisiin Kolmeks-pumppuihin. A-allianssissa käytettävät pumput ovat pääsääntöisesti kuivamoottoripumppuja. Pumppu ja moottori muodostavat kokonaisuuden, jossa samalla akselilla on sekä pumpun, että moottorin pyörivät osat. Kyseessä on niin

sanottu monoblock rakenne eli pumpun ja moottorin pyörivien osien integraatio. Esi-merkki pumpun rakenteesta on kuvattu kuvassa 2. Moottori on kuivarakenteinen ja sen laakerit toimivat koko pumpun laakerointina. (Kolmeks 2016.) Kiertovesipumput kierrättävät lämpöjohtoverkon nestettä lämmönlähteestä ilmanvaihtokojeeseen, lämpöpattereihin tai lattiatutkistoon. Kiertovesipumppuja käytetään myös jäähdytysverkostoissa ja lämpimän käyttöveden kierrättämiseen (Pärni 2013, 21.)



KUVA 2. Pumpun rakenne esimerkki (Kolmeks 2016)

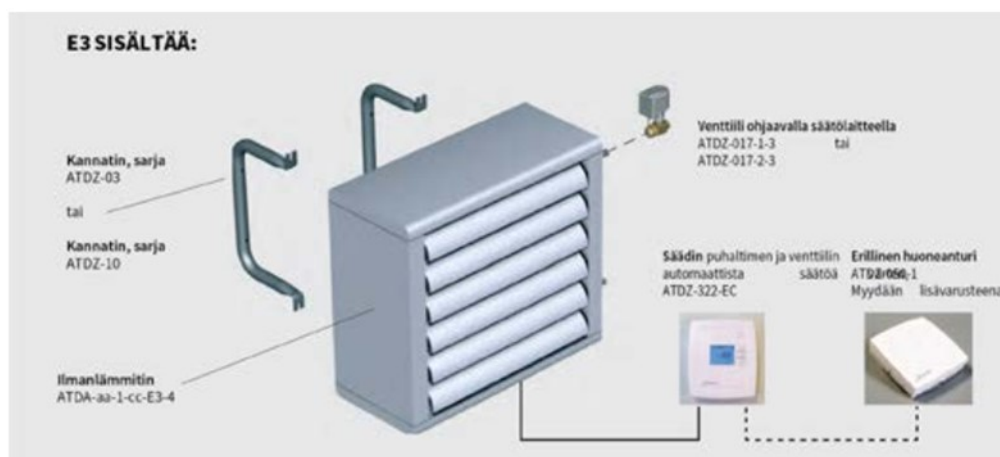
3.3 Pumppukaivojen rakenne ja toiminta

OYS2030 A-allianssin pumppaamot tulivat RoadPipe Suomi Oy:ltä ja niitä ohjataan Wilon ohjauskeskuksilla. Pumppaamot on tarkoitettu jäte-, sade- ja pohjavesien pumppaamiseen paikoissa, joissa painovoimaisesti virtaavan putkiston rakentaminen ei ole mahdollista tai tarkoituksenmukaista. Pumpun toimintaa ohjaa pumpun käynnistyspintakytkin (M2H tai 3H). Vedenpinnan noustessa käynnistystasolle pintakytkimen ”paino” pakottaa kohon kallistumaan ja pumppu käynnistyy. Pumppu pysähtyy, kun vedenpinta on laskenut pysäytystasolle. Toinen pumppaamon sisällä oleva pintakytkin (M1H) on ylärajahälytystä varten. Se kytkeytyy, jos vedenpinta pumppaamossa nousee yli kriittisen rajan ja sytyttää punaisen hälytysvalon sähkökeskuksen päällä tai sisäkeskuksissa hälytyssummeri hälyttää. Pintakytkimet ovat ripustettu kaapelissa olevista kiinnikkeistä pumppaamossa oleviin kannakkeisiin siten, että ne uivat nesteen pinnalla ja seuraavat pinnan korkeutta.

Jos keskus on varustettu punavihreällä majakalla, aina pumpun käydessä keskuksen varoitusvalo palaa vihreänä ja hälytyksen sattuessa punaisena. Keskuksessa saattaa myös olla aikarele ”kuivakäynninesto”, joka pakko-pysäyttää pumpun halutun maksimikäyntiajan jälkeen, ohittaa käynnistyspintakytkimen ja sytyttää punaisen hälytysvalon. Pumppu käy normaalisti korkeintaan muutaman minuutin keskimäärin jokaista pumppaustapahtumaa kohti. (Lining 2016.)

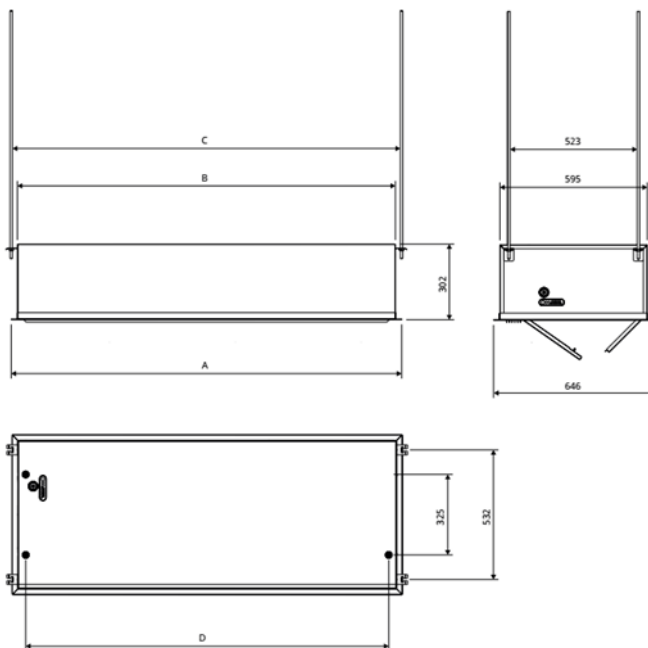
3.4 Oviverho- ja kiertoilmakojeiden toiminta sekä rakenne

OYS2030 A-allianssin kiertoilmakojeet ovat FläktGroup:n mallia ATD ja oviverhokojeet mallia Frico AR. Kiertoilmakojeet ja oviverhokojeet on varustettu vesikiertoisilla pattereilla, koska kohteessa on kaukolämpö. Kuvassa 3 on esitetty kiertoilmakojeen rakenne. Kiertoilmakojeessa haluttu lämpötila asetetaan säätimen painikkeilla, jotka ovat näytön oikealla puolella. Asetusarvoa näytetään säädön aikana, minkä jälkeen näytetään huoneen lämpötilaa. Jos säädin tunnistaa lämmöntarpeen sisäänrakennetun anturin välityksellä, annetaan ohjaussignaali ja ilmanlämmittimen EC-puhallin käynnistyy. Kun huoneen lämpötila alkaa lähestyä asetusarvoa, puhaltimen kierrosluku pienenee portaattomasti, kunnes lämpötila on saavutettu. Puhallin pysähtyy halutun lämpötilan saavuttamisen jälkeen huonetilan lämmentyä. Jos huoneen lämpötila laskee, puhallin käynnistyy uudelleen alhaisella kierrosluvulla ja alkaa lämmitteä huonetilaa, kunnes haluttu lämpötila saavutetaan. Puhaltimen kierrosluku voidaan asettaa myös manuaalisesti kolmeen valittavissa olevaan nopeuteen säätämällä nopeutta säätimen painikkeilla. (Fläkt 2021.)



KUVA 3. Kiertoilmakojeen rakenne (Fläkt 2021)

Kuvassa 4 on esitetty oviverhokojeen rakenne. Oviverhot asennetaan tuulikaappien ja isojen ovien yhteyteen. Oviverhokojeessa ilma imetään sisään laitteen alasivulta ja puhalletaan alaspäin niin, että muodostuva ilmaverho sulkee oviaukon ja minimoi lämpöhäviöt. Parhaan ilmaverhovaikutuksen varmistamiseksi laitteen/laitteiden tulee kattaa koko aukon leveys. Kojeen ulospuhallussuihku on säädettävissä, ja normaalisti suihkua suunnataan hieman ulospäin, jotta ilmaverho estää ulkoilman ja sisäilman sekoittumisen. Ilmaverhon tehokkuus riippuu ulkoilman lämpötilasta, oviaukon ulko- ja sisäpuolen välisestä paine-erosta ja mahdollisesta tuulen paineesta. (Frico 2021.)

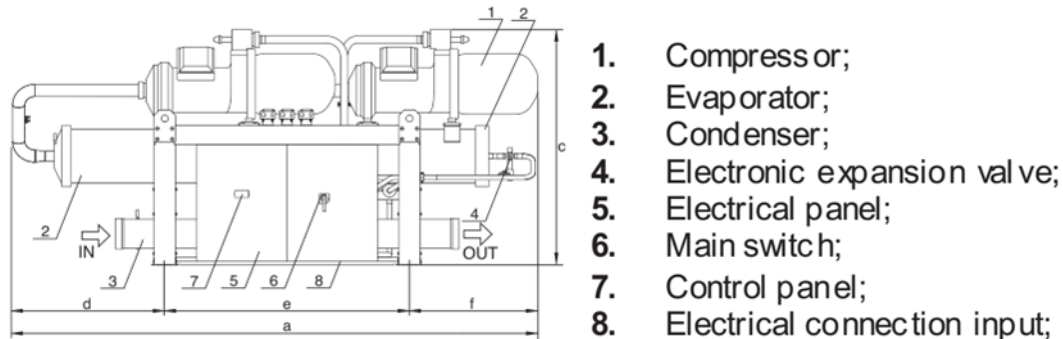


KUVA 4. Oviverhokojeen rakenne (Frico 2021)

3.5 Vedenjäähdyttimet ja nestejäähdyttimet ja niiden rakenne sekä toiminta

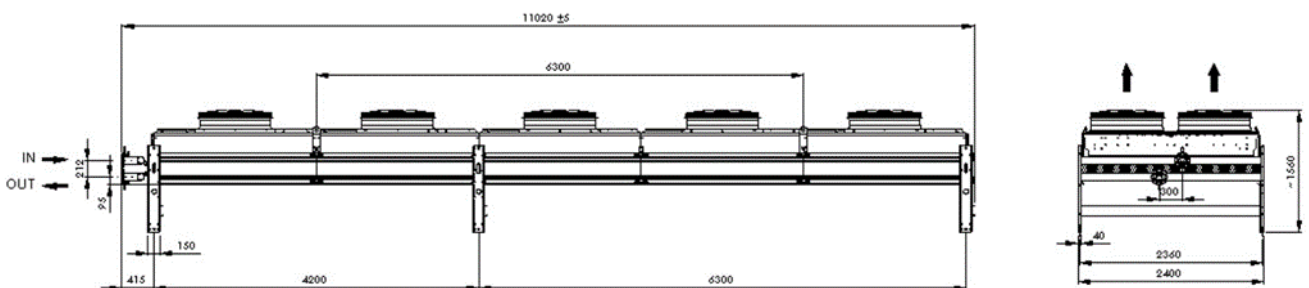
OYS2030 A-allianssissa vedenjäähdyttimien osalta aluksi oli linjattu käytettäväksi perinteisiä korkean GWP-arvon kylmäaineita R134A ja R410. Kylmäaineen GWP-arvo tarkoittaa sen ilmastoa lämmittävää vaikutusta ja on tärkeä kylmäaineen valintakriteeri. Perinteisiä kylmäaineita aiottiin käyttää, koska vanhoista purettavista jäähdytyslaitteista vanhan sairaalan osalla olisi saatu talteen paljon vanhoja kylmäaineita. Kilpailutuksessa kuitenkin päädyttiin ratkaisuun, jossa yksi pieni vedenjäähdytin on R410 kylmäaineella ja kolme isompaa matalamman GWP-arvon R513A kylmäaineilla. Vedenjäähdyttimissä on puolihhermeettiset ruuvikompressorit. Järjestelmässä kylmäaine on valmiina tehdastyöllä vedenjäähdyttimissä. Katolla sijaitsevilla nestejäähdyttimillä ja putkistolla on glykolitäyttö. Vedenjäähdyttimet ja nestejäähdyttimet toimitti Koja Oy.

Kuvassa 5 on esimerkki vedenjäähdyttimen rakenteesta. Prosessien ja ilmastoinnin jäähdytys toteutetaan yleisesti vedenjäähdyttimillä. Ruuvikompressoreilla varustettuja vedenjäähdytyskoneita valmistetaan tehoalueella 200-1300 kW. Ruuvikompressorin tehoa voidaan säätää ominaisuuksien mukaan portaattomasti tai portaittain luistoilla sekä taajuusmuuttajalla. (Sandberg 2014, 251.)



KUVA 5. Vedenjäähdyttimen rakenne (Koja 2020)

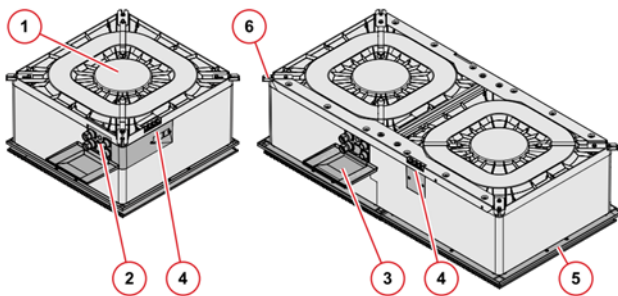
Kuvassa 6 on esimerkki nestejäähdyttimen rakenteesta. Liuoslauhdutteisia koneita käytetään, jos lauhduttimen ja kompressorin välinen etäisyys on pitkä. Liuoslauhdutteisia koneita käytetään, jos lauhde- lämpöä haluaan ottaa talteen. Liuoslauhdutteisia koneita käytetään, jos halutaan hyödyntää vapaajäähdytystä. Liuoslauhdutteisia koneita käytetään myös, jos halutaan pitää kylmäainetäytös pienenä tai käytetään märkähöyrystimiä. Lauhduttimelle palaavan nesteen lämpötilaa säädetään ohjaamalla 3-tieventtiiliä ja nestejäähdyttimen puhaltimia. Vedenjäähdyttimen seisonnan tai pienen lauhdutustehon tarpeen aikana voi nestejäähdyttimessä olevan nesteen lämpötila laskea liian alhaiseksi, vaikka puhaltimet eivät olisi käynnissä, minkä seurauksena vedenjäähdytin voi mennä häiriötilaan matalan paineen vuoksi. Tämä estetään sillä, että liuosputkistoon asennetaan 3-tieventtiili, jolla lauhduttimelle palaavaan nesteeseen sekoitetaan tarvittaessa lauhduttimelta lähtevää lämmintä nestettä. (Sandberg 2014, 258.)



KUVA 6. Nestejäähdyttimen rakenne (Koja 2020)

3.6 Konvektorien rakenne ja toiminta

OYS2030 A-allianssin konvektorit ovat Chiller Oy:n malleja Vari Pro, Giant Vari ja Smart Vari. Smart Vari on tavallaan vakioilmastointikone, mutta pelkästään jäähdytyskäyttöön. Vari Pro:t ovat kattoasenteisia konvektoreita, jotka sopivat hyvin 600x600 mm:n alakattojakoon. Vari Pro:ssa on käytössä sekä pelkkään jäähdytyskäyttöön, että lämmitys- ja jäähdytyskäyttöön tarkoitettuja konvektoreita. Vari- ja Smart Vari-mallit ovat isoja lattia-asenteisia konvektoreita, joita käytetään esimerkiksi sähkö- ja teletilojen jäähdytykseen. Kuvassa 7 on esitetty kattoasenteisen Vari Pro-mallin konvektorin rakenne.



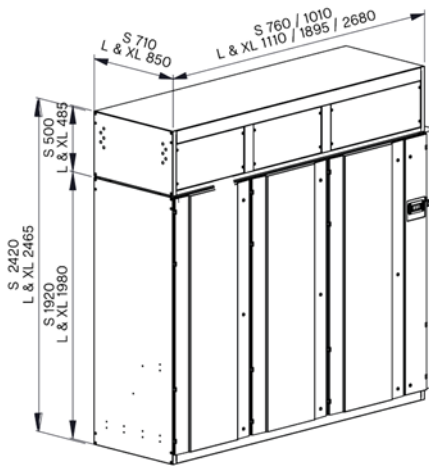
Kuva 1: Laitteiden yleiskatsaus

1. Patteri ja puhallin
2. Vesiliitännät
3. Ulkoinen valuma-allas
4. Sähkörasia
5. Säleikkö
6. Kiinnittimet

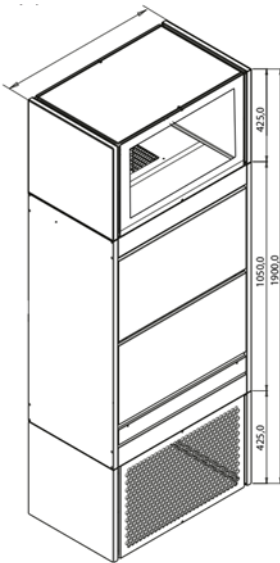
KUVA 7. Vari Pro-konvektorin rakenne (Chiller 2020)

Kuvassa 8 on Smart Varin ja kuvassa 9 Giant varin rakenne. Kummankin toimintaperiaate on sama, mutta ne ovat eri kokoluokkaa ja näin soveltuvat eri käyttötarkoitukseen. Konvektorin jäähdytyspatterille tulevan veden lämpötila on noin 7 °C, jolloin kesällä voidaan myös kuivattaa ilmaa, jotta huoneen absoluuttinen kosteus saadaan riittävän alhaiselle tasolle. Puhallinkonvektoreilla jäähdytetään, mutta monesti myös lämmitetään tarpeen mukaan. Tilan jäähdytystarpeen kasvamiseen voidaan varautua riittävän suuritehoisen konvektorin valinnalla. Konvektorit soveltuvat hyvin tiloihin, joiden lämpökuormat ovat suuret ja joissa ei tarvita suuria ulkoilmavirtoja. Puhallinkonvektorissa on lamellipatteri kierätettävän ilman jäähdytystä varten. Puhallin tai puhaltimet kierrättävät huoneilmaa patterin kautta. Konvektorissa mahdollisesti oleva toinen patteri lämmitteää ja toinen jäähdyttää ilmaa. Patterit voivat olla yhdistettyjä siten, että yksi patteri on jaettu molemmille vesipiireille. Molempien tehoa säädetään vesivirtaa säätämällä tilan lämpötilan mukaan. Konvektoreissa on lisäksi kierrätysilman suodatus.

Tilassa voidaan säätää huoneen lämpötilaa konvektorin säätöyksikön avulla. Myös konvektorin pyörimisnopeutta voidaan säätää. A-allianssissa ilmanvaihto on konvektorien sijaan toteutettu erillisenä. (Sandberg 2014, 138–139.)



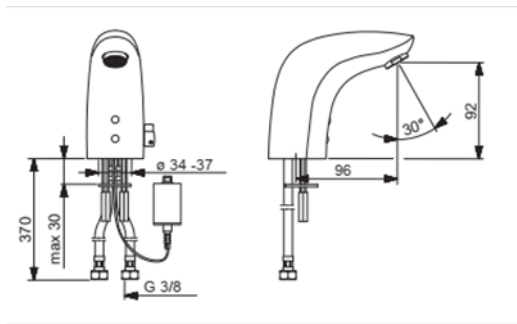
KUVA 8. Smart Vari-vakioilmastointikoneen rakenne (Chiller 2020)



KUVA 9. Giant Vari-konvektorin rakenne (Chiller 2020)

3.7 Elektronisten hanojen rakenne ja käyttöönotto

OYS2030 A-allianssissa valittiin käytettäväksi Oras Oy:n hanoja, koska niissä on parhaiten eri vaihtoehtoja ja elektronisia hanoja sairaalakäyttöä ajatellen. Varaosien saatavuus on myös hyvä. Kuvassa 10 on esitetty esimerkkinä elektronisen Oras 6150FZ-hanan rakenne. Kaikki elektroniset hanat toimivat samalla periaatteella. Hanoissa on linssi, joka tunnistaa liikkeen. Liikkeen tunnistettuaan vesivirran magneettiventtiili aukeaa ja vesi pääsee virtaamaan vakioajan ennen kuin magneettiventtiili sulkeutuu. Elektronisissa hanoissa on hanassa esisekoitettu valmiiksi sopivan lämmin vesi.

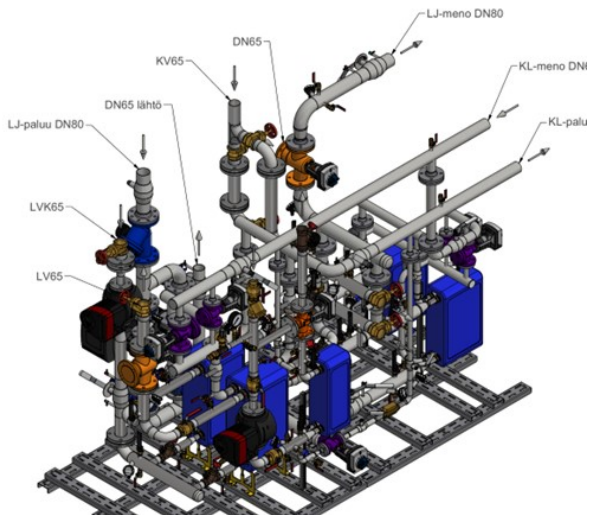


KUVA 10. Oras 6150FZ-hanan rakenne (Oras 2021)

3.8 Lämmönjakokeskuksen rakenne ja toiminta

OYS2030 A-allianssissa lämmönjakokeskukset kilpailutettiin kaikkien merkittävimpien alan toimijoiden kesken ja päädyttiin kotimaisen Gebwell Oy:n lämmönjakokeskuksiin. Keskukset varustettiin Kolmeks Oy:n pumpuilla ja Siemens Oy:n automatiikalla, joka hankkeessa muutenkin on käytössä. A-allianssissa on käytössä kaksi isoa lämmönjakokeskusta. Toinen palvelee T-3-kerroksia ja toinen 4–10-kerroksia. 4–10-kerroksen lämmönjakokeskukselle kaukolämmön ensiöpuoli on tuotu omana linjanaan T-kerroksen mittauskeskukselta saakka. Kaukolämmön lämmönjakokeskuspaketti on tehtaalla kytketty ja eristetty lämmönsiirtopaketti, johon kuuluvat tarvittavat pumput ja automaation säätölaitteet. Kuvassa 11 esimerkkinä on 4–10-kerroksien lämmönjakokeskuksen rakenne. Lämmönjakokeskuksessa on lämpimän käyttöveden ja lämmitysveden siirtimet. A-allianssissa lämmitysvettä tuotetaan säteilijälämmitykselle, patterilämmitykselle ja lämmittäville puhallinkonvektoreille sekä ilmanvaihdon lämmitykseen.

Lämmönjakokeskuksen ensiöpuoli kytketään paikalliseen kaukolämpöverkkoon. Oulun energialaitos huolehti kaukolämpöputkiston rakentamisesta T-kerroksen mittauskeskukselle saakka. Mittauskeskus asennettiin lähelle kaukolämpöputkien sisälle tuloa. Lämmönjakokeskuksen siirtimien kaukolämpölaitokselta tuleva vesi on ulkolämpötilan mukaan 65-115 °C-asteista ja ensiöpuolen paluu 40-60 °C-asteista. Lämmönsiirtimen toisiopuoli on mitoituksen ja käyttötarkoituksen mukaan esimerkiksi patteriverkostolle 70/40 °C-asteista eli menolämpötila 70 °C-asteista ja paluu 40 °C-asteista. Lämpimän käyttöveden lämpötila on 50-55 °C-asteista. (Pärni 2014, 19.)



KUVA 11. Lämmönjakokeskuksen rakenne (Gebwell 2020)

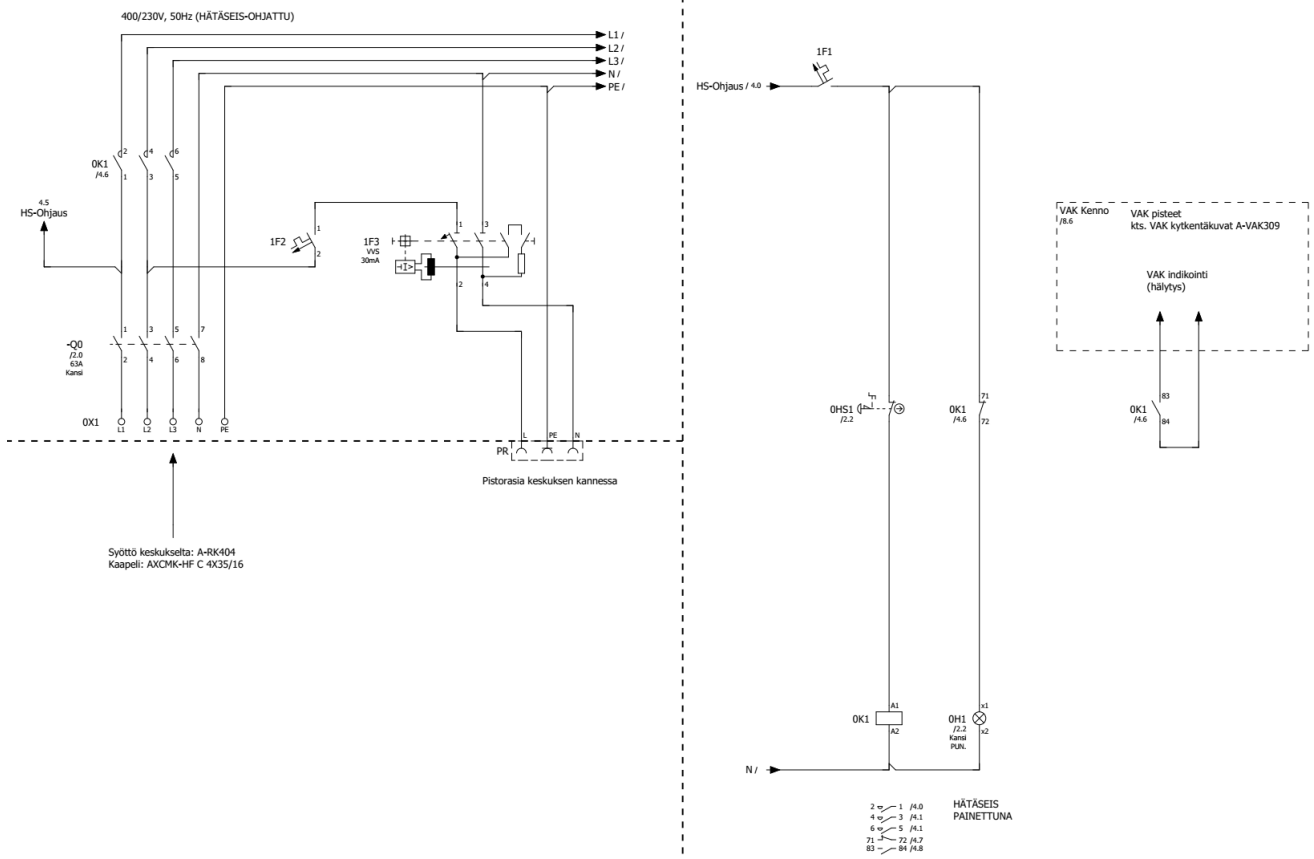
4 LVI-LAITTEIDEN SÄHKÖISTYS JA KÄYTTÖNOTTO

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyöhön liittyvien OYS2030 A-allianssissa käyttöön valittujen lvi-laitteiden sähköistys sekä käyttöönotto.

4.1 Ilmanvaihtokoneiden sähköistys ja käyttöönotto

OYS2030 A-allianssissa kilpailutimme ilmanvaihtokoneet valmiina paketteina. Koneissa oli sähkö- ja VAK-keskukset valmiiksi kasattuina koneittain. Valvonta-alakeskus eli VAK on automaatiotekniikan laitteisto, joka ohjaa kaikkia kiinteistön automaatioprosesseja. Esimerkkinä kuviossa 1 on yksi sivu ilmanvaihtokoneen keskussuunnitelmasta. Kaikki koneiden johdotukset pyrittiin tekemään valmiiksi tehtaalla. Kaikki sähkömittaukset ja testaukset tehtiin tehtaalla ennen koneiden toimitusta. Yksittäisiä antureita kytkettiin työmaalla logististen haasteiden takia. Koneiden haalaus eli kuljettaminen ja siirtäminen lopulliselle paikalleen työmaalle sisältyi myös hankintaan. Työmaalla koneiden omille keskuk-sille tuotiin syötöt. Myös kiertovesipumput olivat valmiiksi tehtaalla asennettu ja sähköistetty. A-allianssin osalta konetoimittajaksi valikoitui Koja Oy.

Ilmanvaihtokoneille järjestettiin valmistuskatselmuksset Kojan Jalasjärven tehtaalla. Yksittäisen malli-koneen osalta järjestettiin FAT-testi. Factory Acceptance Test eli tehtaan vastaanottotarkastus. FAT-testin tarkoitus on varmistaa, että laite vastaa asiakkaan määrittelyjä. FAT-testi lyhentää laitteiden käyttöönottoaikaa. Ennen koneiden valmistusta järjestin viisi sähkö- ja automaatiosuunnittelun työpä-jaa, joissa oli kaikki tarpeelliset allianssin osapuolet ja Kojan edustus mukana. FAT-testissä automaa-tio viritettiin ja pisteitä ajettiin testilaboratorio-olosuhteissa. Testissä testattiin lämmöntalteenotto osa-teholla ja normaaliteholla, lämmitystilanne, jäädytystilanne ja kuivatustilanne.



KUVIO 1. Ilmanvaihtokoneen keskuosuunnitelmasta yksi sivu (Jis 2020)

Käyttönoton aluksi on varmistettava, että joustava liitin ja värinäneristimet ovat ehjät ja että puhallin ja moottori ovat vain värinäneristimien varassa ja liikkuvat vapaasti kädellä heilutettaessa. On tarkistettava, että sähkökaapelit ovat ehjät ja että ne on tuotu joustavasti moottorille siten, etteivät ne pääse koskettamaan pyöriviä osia. Kaapelityyppi on varmistettava oikeaksi. On varmistettava, että kaikki sähköasennuksissa käytetyt komponentit ovat EMC-suojattuja. On tarkistettava käytön ja puhaltimen esteetön toiminta pyöräyttämällä siipipyörää kädellä muutama kierros. Käynnistetään puhallin hetkeksi, jotta pyörimissuunta puhaltimessa moottorissa varmistaa puhaltimen nuolen mukaiseksi. Ennen puhaltimen pidempiaikaista käyttöä on suodattimet, säleiköt, venttiilit ja muut ilmastointilaitoksen osat asennettava paikoilleen ja esisäädettävä. Puhallinta ei saa käynnistää imu- ja painepuolen peltien sekä palopeltien ollessa suljettuina. Koneita ei saa käynnistää ennen kuin on varmistettu, että ilmanakanavat ovat puhtaat eikä ilmanakanavistossa ole irtoesineitä. Tarkistetaan käyttö ja laakeroinnin kiinnitys komponenttivalmistajan ohjeen mukaisesti. (Koja 2017.)

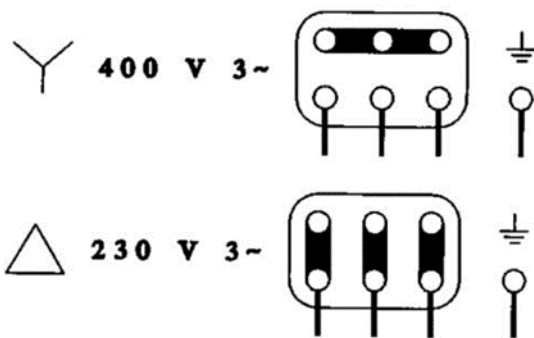
Puhdistetaan puhallinkammio ja siipipyörä tarvittaessa harjalla ja pölynimurilla tai pyyhkimällä nihkeällä liinalla. Tarkistetaan silmämääräisesti moottorin kunto. Varmistetaan, että huoltoluukun tiivisteet ovat paikoillaan ja kunnossa. Suljetaan huoltoluukku ja varmistetaan, että jokainen salpa kiristyy. Mikäli kone on asennettu sellaiseen tilaan, johon on vapaa pääsy muillakin kuin huoltohenkilökunnalla, koneen huoltoluukkujen ja ovien kahvat on poistettava ja ne on säilytettävä lukitussa tilassa. Asennuksen, käyttöönoton ja huollon aikana on varmistettava, että vaara-alueelle ei ole pääsyä muilla kuin ammattitaitoisella huoltohenkilöstöllä. (Koja 2017.) Ilmanvaihtokoneiden käyttöönotto tehdään sähkö-, automaatio- ja lvi-alan edustajien yhteistyöllä.

4.2 Pumppujen sähköistys ja käyttöönotto

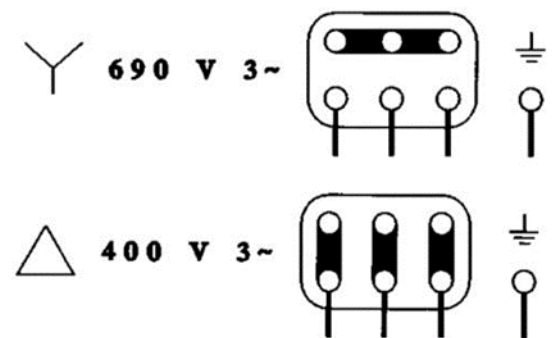
Moottoriyksikön asentoa ja täten sähkökytkentäkotelon paikkaa voidaan muuttaa irrottamalla moottoriyksikkö pumpun pesästä ja asentamalla se haluttuun asentoon. Moottori on aina suojattava suojakytkimellä tai taajuusmuuttajalla, joka on viritetty korkeintaan ko. kytkentää vastaavalle nimellisvirralle. Pumpun kytkentäohje on kuviossa 2. Kaksoispumpun moottorit on kytkettävä eri varokkeisiin. (Kolmeks 2016.)

Tarkasta, että moottorin kytkentä vastaa käyttöpaikan jännitettä.

Pienet moottorit (alle 4 kW)



Suuret moottorit



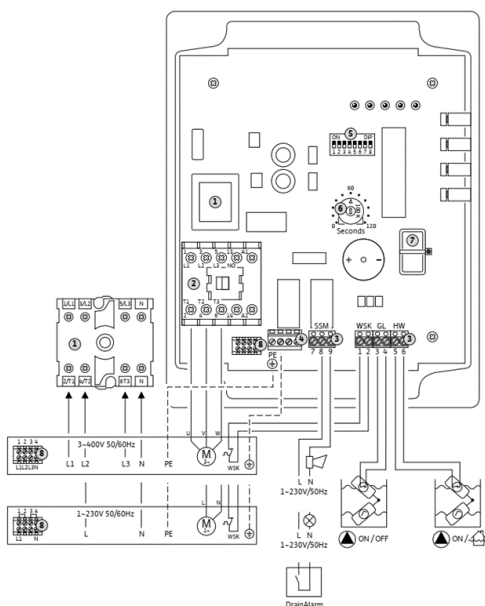
KUVIO 2. Pumpun sähkökytkentäohje (Kolmeks 2016)

Käyttöönotossa pumpun pyörimissuunta on tarkastettava käynnistyksen yhteydessä ja aina uuden kytkennän jälkeen. Oikea pyörimissuunta on merkitty nuolella pumpun pesään. Pumpputyypin mukaan kaksoispumpun moottorit voivat pyöriä eri suuntiin. Ennen käynnistystä järjestelmä on täytettävä nesteellä ja ilmattava. Pumpun vapaa pyöriminen voidaan varmistaa pyöräyttämällä pumppua käsin moottorin tuulettajasta. Pumppua ei saa käynnistää eikä käyttää kuivana.

Käynnistyksen jälkeen on syytä tarkkailla, ettei pumpusta kuulu ylimääräisiä ääniä ja ettei vuotoja esiinny. Taajuusmuuttaja on viritettävä niin, että estetään pumpun ajautuminen ylikuormalle. Virtarajoitus on ehdottomasti asetettava korkeintaan moottorin leimausarvoa vastaavaksi. Yli 50 Hz:n taajuudella pumppu voi joutua helposti suurellekin ylikuormalle (Kolmeks 2016.) Pumppujen käyttöönotto tehdään sähkö-, automaatio- ja lvi-alan edustajien yhteistyöllä. Automaatio testaa pumppujen mahdolliset automaatiopisteet.

4.3 Pumppukaivojen sähköistys ja käyttöönotto

Verkkoliitännän virran ja jännitteen on vastattava tyyppikilvessä olevia tietoja. Kuviossa 3 on esitetty pumppukaivon ja pumppujen ohjauskeskuksen kytkentä. Asennetaan kaikkinaisesti erottavat K-tyypin virtapiirikatkaisijat. Verkon puolella oleva sulake on 16 A. Vikavirtasuojakytkimen (RCD, tyyppi A, sinimuotoinen virta) asentamista suositellaan. Noudatetaan myös paikallisia määräyksiä ja standardeja. Asennetaan virransyöttöjohto voimassa olevien standardien/säädösten mukaisesti ja tehdään liitäntä kytkentäkaavion mukaisesti. Maadoitetaan laite (säätölaite ja kaikki sähköiset kuluttajat) säännösten mukaisesti. Verkkoliitännän säätölaite pääkytkimellä, viedään paikan päällä asennettujen virransyöttöjohtojen päät kaapeliläpivientien läpi ja kiinnitetään ne vastaavasti. Verkkoliitäntä on 3~400 V. Kaapelina käytetään 5-säikeistä. Liittimet ovat 2/T1 (L1), 4/T2 (L2), 6/T3 (L3) ja N (N). Suojajohdin (PE) yhdistetään maadoitusliittimeen. DIP-kytkimen 8 asento, ON (asento ylhäällä). Kiertokentän on pyörittävä oikealle. (Wilo 2013.)



KUVIO 3. Pumppukaivojen ja ohjauskeskuksen kytkentäohje (Wilo 2013)

Pumpun verkkoliitäntä tehdään niin että, viedään paikan päällä asennettujen pumppujen virransyöttöjohtojen päät kaapeliläpivientien läpi ja kiinnitää ne vastaavasti. Liitetään säikeet moottorisuojaan seuraavalla tavalla, pumppuliitäntä 3~ 400 V. Liittimet: 2/T1 (U), 4/T2 (V), 6/T3 (W). Suojajohdin (PE) yhdistetään maadoitusliittimeen. Kiertokentän on pyörittävä oikealle. Kun pumppu on liitetty asianmukaisesti, moottorisuoja on asennettava. (Wilo 2013.)

Tarkistetaan pinnansäätö, että uimurikytkimet on asennettu laitetta koskevien säännösten mukaisesti ja että halutut kytkentäpisteet on asetettu. Tarkistetaan seuraavat seikat ennen päälle kytkemistä. Tehdään asennuksen tarkastus, jossa varmistetaan, että kaikki on tehty suunnitelmien mukaan. Kiristetään kaikki kytkentäliittimet. Tarkistetaan, että DIP-kytkimet on asetettu asianmukaisesti, moottorisuoja (DIP-kytkin 1-5). Pumpun kick-toiminto (DIP-kytkin 6). Summeri (DIP-kytkin 7). Verkkojännitteen esivalinta (DIP-kytkin 8). Käännetään pääkytkin ON-asentoon. Kaikki LED-valot palavat 2 sekunnin ajan. Säätlaitte on toimintavalmis, kun LED ”auto” palaa. Säätlaitte on aktiivinen ja automaatiotilassa. Painetaan stop-painiketta, kun halutaan kytkeä säätlaitte lepotilaan. Tarkistetaan liitettyjen 3-vaihemoottoreiden pyörimissuunta.

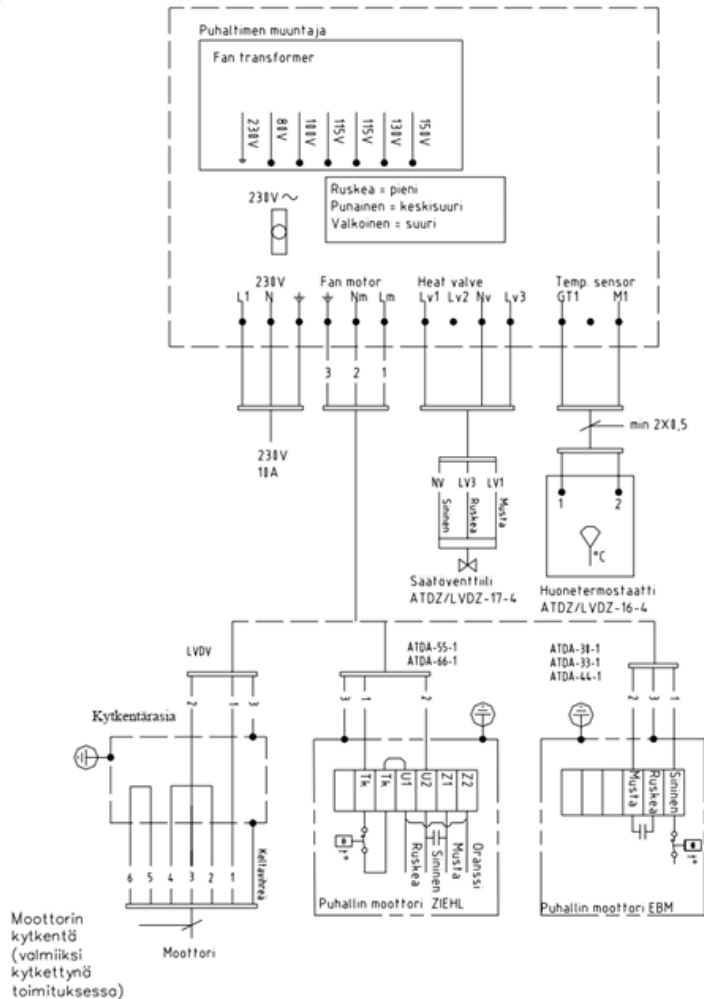
Säätlaitteen pyörimissuunta on tarkastettu ja asetettu tehtaalla oikealle pyörivää kiertokenttää varten. Säätlaitteen ja liitettyjen pumppujen liitäntä tehdään kytkentäkaavion johdinmerkintöjen mukaisesti. Liitettyjen pumppujen pyörimissuunta voidaan tarkastaa suorittamalla lyhyt enintään 2 minuutin koe-käyttö. Ensiksi painetaan ohjaustaulun käsipainiketta. Tämän jälkeen pumppu käy niin kauan, kuin painiketta pidetään pohjassa. (Wilo 2013.) Pumppukaivojen käyttöönotto tehdään sähkö-, automaatio- ja lvi-alan edustajien yhteistyöllä. Automaatio testaa pumppamojen mahdolliset automaatiopisteet.

4.4 Kiertoilma- ja oviverhokojeiden sähköistys sekä käyttöönotto

Kiertoilmakojeen sähköliitännässä puhaltimen moottori on kytkettävä lukittavaan turvakytkimeen. Turvakytkintä ei saa käyttää käynnistykseen/pysäyttämiseen, vaan se on toteutettava muiden ulkoisten laitteiden avulla. Sulakkeella varustettu maksimissaan 10 A:n virransyöttö kytketään liittimiin L1, N ja maa. Säätliventtiili kytketään liittämällä 230 V liittimeen Lv1, nollajohdin kytketään liittimeen Nv ja ohjaussignaali liittimeen Lv3. Lämpötila-anturi asennetaan sopivaan paikkaan huoneistoa. Se kytketään säätlakeskukseen FHC-1, liittimien GT1 ja M1 välille. Tuuletinyksikkö on varustettu integroidulla ylikuormituksella ja lämpösuojalla. Erillistä moottorisuojausta ei tarvita.

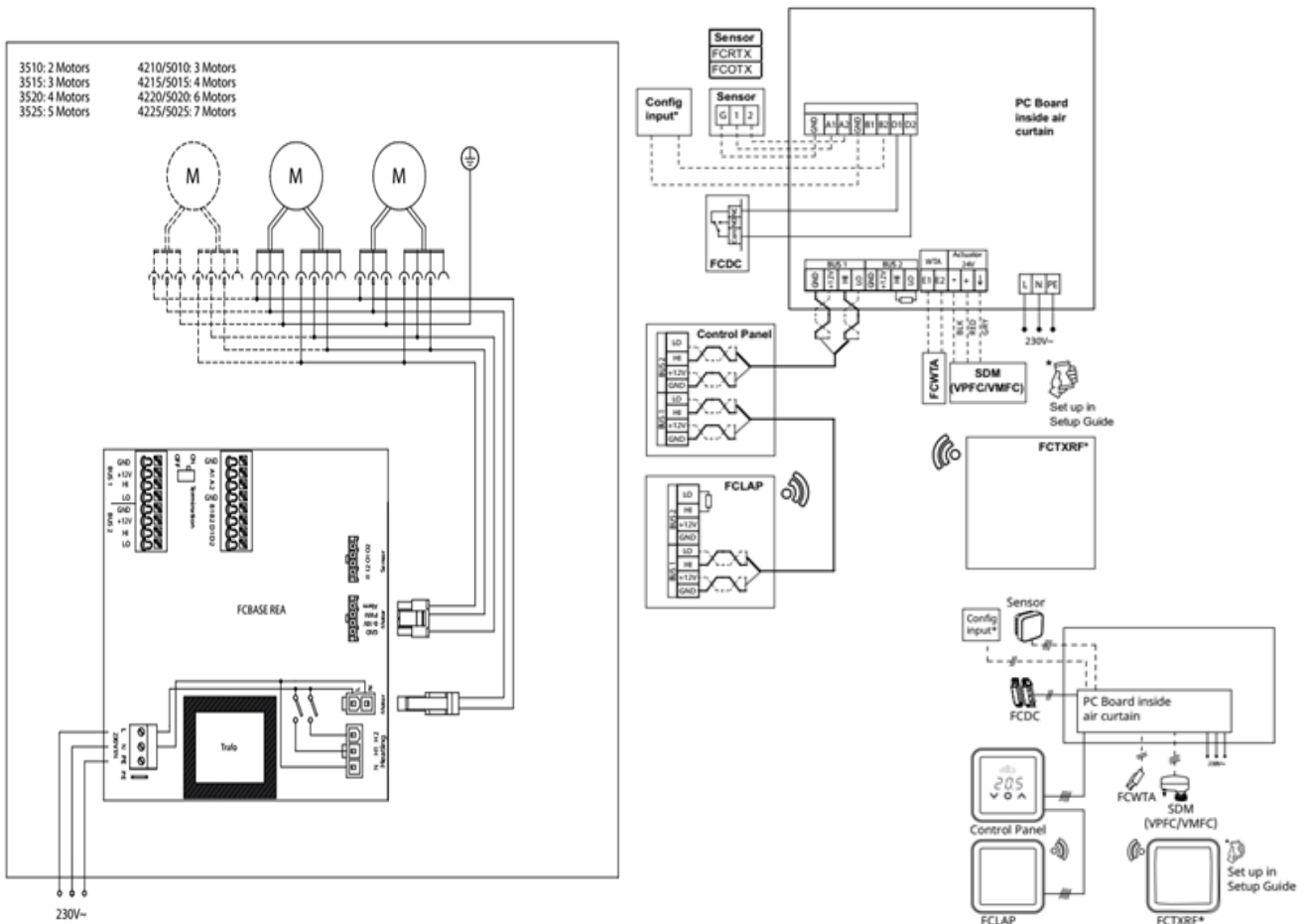
Liitäntäkaapelit on kytkettävä kytkentäkaavioiden mukaisesti. (Fläkt 2021.) Kuviossa 4 on kytkentäkaavio kiertoilmakojeen sähköistyksestä.

Kytkentäkaaviot



KUVIO 4. Kiertoilmakojeen ja ohjauskeskuksen kytkentäkaavio (Fläkt 2021)

Oviverhokojeen sähköasennus tapahtuu seuraavalla tavalla. Laitteen sähkönsyöttö varustetaan kaksinapaisella turvakytkimellä, jonka kosketinväli on vähintään 3 mm. Ilmaverholaitteessa on integroitu ohjauspiirikortti, joka kytketään ulkoiseen FC-ohjausjärjestelmään. FC pitää tilata erikseen. Piirikorttiin pääsee käsiksi laitteen sivulla olevien läpivientien läpi. FC toimitetaan esiohjelmoituna. Tiedonsiirto- ja anturikaapelit kytketään ohjauspiirikorttiin. Jos yhdellä FC:llä ohjataan useampia ilmaverholaitteita, tarvitaan yksi tiedonsiirtokaapeli FCBC jokaista laitetta kohti. Tutustu FC-käyttöohjeeseen. Koje on tässä kohteessa varustettu vesilämmityspatterilla. Laite kytketään laitteen sivulla olevan läpiviennin kautta. Puhkaistaan läpivientitiivistä ruuvitaltalla ennen kaapelin läpivientiiä. Ohjausjännite 230V ~ kaapeloidaan moottoritilaan, kiinnitetään valmiilla nippusiteillä ja kytketään piirikorttiin. (Frico 2021.) Kuviossa 5 on oviverhokojeen sähköistyksen kytkentäkaaviot.



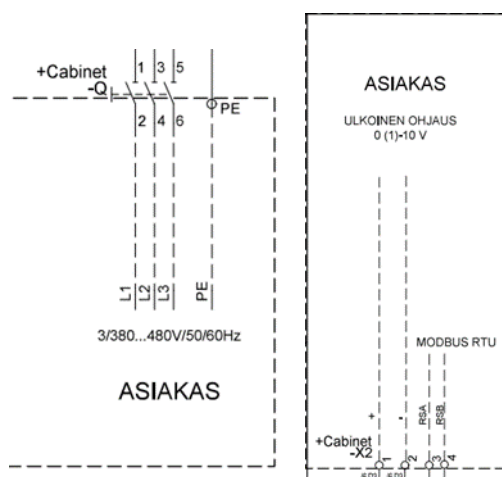
KUVIO 5. Oviverhokojeen kytkentäkaaviot (Frico 2021)

Kiertoilmakoje otetaan käyttöön huonesäätimen/ohjauskeskuksen kautta. Aluksi tarkistetaan kytkentöjen oikeellisuus ja kytketään virrat päälle. Säätimellä testataan kiertoilmakojeen toiminnot ja mahdolliset jatkohälytykset automaatioon. Automaattinen puhaltimen säätölaite FHC-1, säätää automaattisesti yksivaiheisen puhaltimen kierroslukua kolmella esiasetetulla nopeudella ja säätöventtiilillä. Säätö perustuu säätökeskuksesta esiasetettuun oletusarvoon ja lämpötila-anturilla mitattuun lämpötilaan. Puhallin kytkeytyy päältä kokonaan, ellei lämmitystarvetta esiinny. Merkinnällä AUT varustettu valodiiodi ilmaisee täysautomaattisen toiminnon, mikä on oletussäätötila, joka tulee voimaan myös sähkökatkoksen jälkeen. Puhaltimen kierrosluku voidaan myös asettaa manuaalisesti kolmeen eri nopeuteen tai sulkea kokonaan. Säätöventtiili toimii samalla koko ajan automaattisesti. Valodiiodit I, II ja III ilmoittavat puhaltimen nopeuden järjestyksessä 1, 2 ja 3. Ellei mikään valodiodeista pala, puhallin on suljettu manuaalisesti. Säätölaite ohjaa säätöventtiiliä avoimen ja suljetun asennon välillä. (Fläkt 2021.)

Merkinnällä HEAT varustettu valodiodi ilmoittaa palaessaan säätöventtiilin olevan auki. Säätimen tilaa muutetaan painamalla etupaneelin painiketta. Oletustilana on AUT. Yksi painallus sulkee puhaltimen kokonaan ja sen jälkeiset painallukset siirtävät puhaltimen pyörimisnopeuden järjestyksessä tiloihin I, II ja III. Tämän jälkeen säätölaite palaa oletustilaan AUT. Oletusarvo asetetaan kannen kotelon kannen alla olevalla potentiometrillä. Asetusalue on 5–35 °C. Jäätymisvaurioiden välttämiseksi jännitteettömässä tilassa on säätöventtiili auki. (Fläkt 2021.) Oviverhokojie otetaan käyttöön ohjauspaneelin kautta. Tarkistetaan aluksi, että kaikki komponentit ja lisävarusteet sisältyvät toimitukseen. Asennetaan ja kytketään järjestelmä, kytkentäkaavioiden mukaan, minkä jälkeen järjestelmä kytketään päälle. Järjestelmä tunnistaa kaikki komponentit automaattisesti, vaikka ne lisätään myöhemmin. Järjestelmä on aina kytkettävä pois päältä uuden tuotteen kytkemistä varten. (Frico 2021.)

4.5 Vedenjäähdyttimien ja nestejäähdyttimien sähköistys sekä käyttöönotto

Nestejäähdyttimelle tuodaan kaavion mukaan sähkösyöttö sekä automaation ohjauskaapelit. Kytkennät on esitetty kuviossa 6. Vedenjäähdyttimellä on oma sähkökeskus, johon tuodaan sähkösyöttökaapeli. Sisäiset johdotukset on tehty tehtaalla valmiiksi. Lisäksi vedenjäähdyttimellä on oma ohjauspaneeli. Automaatioliitännät kaapeloidaan kohteen säätökaavion mukaisesti.

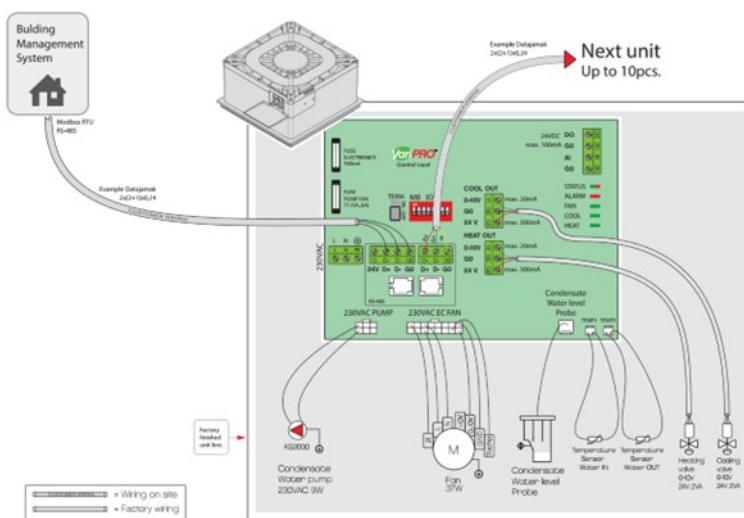


KUVIO 6. Nestejäähdyttimen sähköistuksen kaavio (Koja 2020)

Vedenjäähdytyn otetaan käyttöön laittamalla päävirta vedenjäähdyttimen omalle keskukselle vivusta päälle. Tämän jälkeen käyttöönotto tapahtuu vedenjäähdyttimen oman ohjauspaneelin avulla. A-allianssissa vedenjäähdyttimien käyttöönotto tuli toimittajan Kojan kautta. Heiltä tuli laitteiston hyvin tunteva henkilö tekemään käyttöönoton yhdessä automaation edustajan kanssa. Samalla tehtiin käyttöönottopöytäkirjat, jotka vaaditaan tehdastakuuseen.

4.6 Konvektorien sähköistys ja käyttöönotto

Kuvassa 12 on Vari Pro-lämmitys- ja jäähdytyskonvektorin kytkentäkaavio. Smart Varin ja Giant Varin kytkennät ovat vastaavanlaisia. Laite toimitetaan johdotettuna (mukaan lukien sisäiset johdot) ja kytkettynä, joten se tarvitsee vain kytkeä verkkoon ja mahdollisiin ohjausjohtoihin asennuspaikalla. Kun laite kytketään, varmistetaan, että laitteen virtalähde suojataan etusulakkeella. Jos samaan virtalähteeseen kytketään rinnakkain useita laitteita, varmistetaan, että sulakkeen koko ja teho riittävät suojaamaan laitetta. Varmistetaan, että kaapelien koko vastaa maksimiarvoja, jotka on annettu laitteen tyyppikilvessä. Kytketään ulkoinen kaapeli laitteen kytkentärasiaassa olevaan kytkentäkorttiin. Kytkentäkortti sisältää palautusjousilla varustetun riviliittimen.

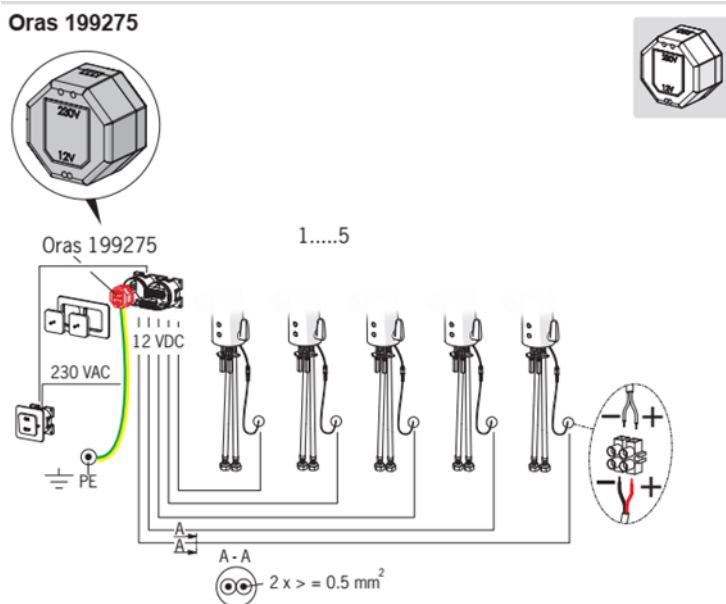


KUVA 12. Vari Pro-lämmitys- ja jäähdytyskonvektorin kytkentäkaavio (Chiller 2020)

Säädämme huoneen lämpötilaa muuttamalla laitteen nopeutta ja venttiilin asentoja, jotta asetettu lämpötila saavutetaan. Säätoventtiiliä ja nopeutta säädetään erillisellä huone-/taloautomaatiosäätimellä. Toimilaitteiden säätö tapahtuu joko 24 VAC:n (PWM) tai 0–10 VDC:n jännitteellä riippuen valituista toimilaitteista. A-allianssissa jokaiselle konvektorityypille on omat säätimensä. Konvektorien käyttöönotossa ja käytönopastuksessa käytettiin Chiller Oy:n edustajaa. Automaatioon menevät hälytykset testattiin yhdessä automaation edustajan kanssa.

4.7 Elektronisten hanojen sähköistys ja käyttöönotto

Elektronisille hanoille asennetaan erillinen virtalähde, joka muuntaa 230 V:n verkkovirran hanan käyttämään 12 V:n. Kuvassa 13 on esitetty elektronisen hanan sähköistys. Hanoja saa myös paristoilla, mutta yleisissä tiloissa paristoja jouduttaisiin vaihtamaan usein. Hanan virtalähteeseen/muuntajaan kytketään syöttävä verkkovirta 230 V:n ja virtalähteen/muuntajan 12 V:n päähän kytketään hana. Vaatimuksena virtalähteelle on, että virtalähteen ulostulon tulee olla oikosulkusuojattu. (Oras 2021.)

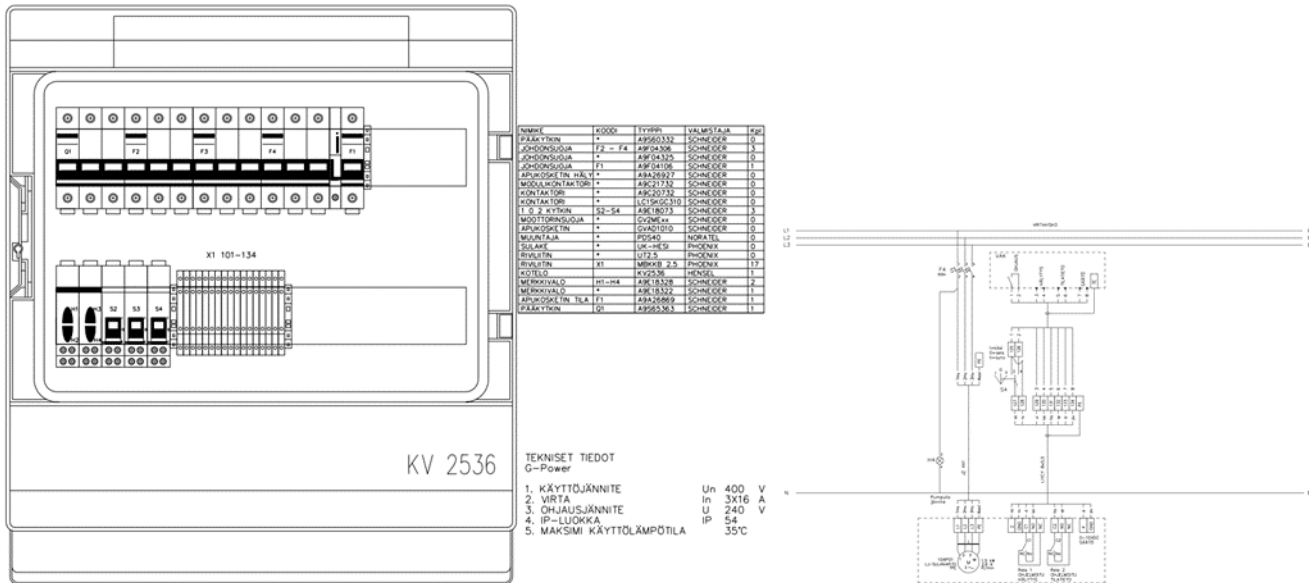


KUVA 13. Oras elektronisen hanan sähköistys (Oras 2021)

Hanan käyttöönotossa hanan virtalähteen/muuntajan verkkovirta ja hanan puolen 12 V:n jännite kytketään toisiinsa. Hanaa kädellä lähestymällä varmistetaan, että vesi alkaa virtaamaan ja virtaa sopivan ajan. Samalla voidaan virtaaman mittakupilla mitata, että vesivirtaama on sopiva ja varmistua, että lämpötila on sopiva.

4.8 Lämmönjakokeskuksen sähköistys ja käyttöönotto

Lämmönjakokeskukset olivat tehtaalla valmiiksi johdotettuja ja sisälsivät ohjauskeskuksen. Työmaalla tehtäväksi jäi sähkönsyöttö ohjauskeskukselle ja automaatioliitännän vaatimat kaapeloinnit. Ulkolämpötila-anturi asennetaan ja johdotetaan ohjauskeskukselle, koska ulkolämpötila ohjaa lämmönjakokeskuksen toisiopuolen lämpötiloja. Kuvassa 14 on esitetty lämmönjakokeskuksen ohjauskeskus ja kytkentä.



KUVA 14. Lämmönjakokeskuksen ohjauskeskus ja kytkentä (Gebwell 2020)

Käyttöönotossa ohjauskeskukselle käännetään virta päälle ja kaikki tarvittavat sulakkeet ohjauskeskuksesta päälle. Pumppujen käynnistyminen ja pyörimissuunnat tarkistetaan. Lisäksi tarkistetaan mittaus- ja hälytystietojen siirtyminen automaatioon.

5 TOIMINTAKOKEET JA KÄYTTÖÖNOTTO

Olen työskennellyt talotekniikan alalla yli 20-vuotta, ja OYS2030 A-allianssin toimintakoe ja käyttöönottoprosessi on ehdottomasti vaativin prosessi, jossa olen koskaan ollut mukana. Vaativalla prosessilla varmistetaan sairaalan moitteeton toiminta käyttöönoton jälkeen.

5.1 Toimintakokeet ja käyttöönotto

Kiinteistön käyttöönotto on tärkeä vaihe rakentamisprosessissa. Käyttöönotossa tarkistetaan, että kaikki osajärjestelmät on asennettu tilaajan hankkeen vaatimusten mukaisesti ja turvallisuus vaatimukset on täytetty. LVI:n osalta on tärkeää, että kaikki tavoitearvot ilmanvaihdolle, jäähdytykselle ja muille tärkeille järjestelmille saavutetaan. Samalla tehdään verkostojen säädöt ja kirjataan säätöpeltien asennot käyttöä varten. Säätoarvot saadaan nykyään tietomallista, joka helpottaa säätötyötä. Käyttöönottoprosessin tavoitteena on varmistaa, että järjestelmät toimivat suunnitellulla tavalla. (Sandberg 2014, 16.) A-allianssissa huoltokirjan luovutusdokumenttien toimitusprosessi LVI:n osalta kesti yli kolme vuotta ja kaikki mahdollinen luovutusdokumentaatio sisällytettiin huoltokirjaan. Tietomallinnus hyödyttää tilaajaa suunnittelu- ja toteutusvaiheen lisäksi monilla tärkeillä alueilla. Olosuhde-, energia- ja ympäristötavoitteiden simulointiohjelmistot palvelevat ylläpidon elinkaarivaikutusten ja kustannusten hallintaa. (Sandberg 2014, 17.)

5.2 Sairaalan toimintakokeet ja käyttöönotto

A-allianssin toimintakoe prosessi käsittää yhteensä 236 eri toimintakoetta. Toimintakokeet jakaantuvat järjestelmittäin formaliinijärjestelmään, hisseihin, huonesäätöjärjestelmiin, ilmanvaihtokoneisiin, iv-hätäseis pysäytykseen, alijännitetestaukseen, instrumentti-ilmajärjestelmään ja sairaalakaasuihin sekä keittiön kylmäjärjestelmään. Toimintakokeet tehdään myös imujätejärjestelmään, pyykkijärjestelmään, jäähdytyksen ja lämmityksen kerroskohtaisiin shunttipiireihin, vedenjäähdyttimiin, sairaalakaasujen kohdepoistojärjestelmään, lvi-erillispisteisiin, joissa mukana ovat pumppaamot ja ilmankuivaimet. Toimintakokeet tehdään myös oviverhokoneisiin ja kiertoilmakoneisiin, paine-eromittauksiin, paineilmajärjestelmään, palopeltijärjestelmään, piha- ja aluelämmitykseen, putkipostijärjestelmään, erillispoistoihin, raitisilmasäleikköihin, RO-vesilaitteistoihin, savunpoistojärjestelmään, sprinkleriin ja sähkön erillispisteisiin sekä sähkönmittausjärjestelmiin.

Toimintakokeet tehdään lisäksi vakioilmastointikoneeseen, vesivuotovalvontaan, av-järjestelmään, henkilö- ja hoitajakutsujärjestelmään, iptv- ja infotv-järjestelmään, kameravalvontajärjestelmään, kunnhallintajärjestelmään, merkinantojärjestelmään, monioperaattorijärjestelmään, murtoilmoitusjärjestelmään, paloilmoinjärjestelmään, peittoäänijärjestelmään, pikapuhelinjärjestelmään, poistumistievalaistukseen, UPS-jakelujärjestelmään, WLAN-tukiasemiin ja DALI valaistuksenohjaukseen sekä äänentoistojärjestelmään. Lisäksi on sähkökatkotestit (*black out*) ja varavoimakoneen testaaminen.

Palveluntuottajien on esitettävä kirjallisesti, kun laite tai järjestelmän on valmis toimintakokeita varten. Toimintakokeissa tarkistetaan kaikki toimintaselostuksissa ja muissa asiakirjoissa esitetyt toiminnot, kuten pakkokytkenät ja lukitukset, rinnakkaiskäytöt, vuorottelut, hälytykset ja varatoiminnot, toimintasuunnat. Ennen toimintakoetta asennustarkastukset ja pistetestaukset on suoritettu sekä niissä havaitut virheet korjattu. Kun kaikki yksittäiset järjestelmät ja eri rakennusosia palvelevat järjestelmät on koekäytetty, suoritetaan ennen luovutusta koko rakennuksen ja kaikkien laitteiden yhteiskoekäyttö, joka dokumentoidaan muun muassa automaatiojärjestelmällä suoritettavin seurantamittauksin. (A-allianssi 2021.)

6 POHDINTA

LVI-laitteiden sähköistykseen ja käyttöönottoon perehtyminen tässä opinnäytetyössä sekä työssäni OYS2030 A -allianssin vastaavana LVI-projektipäällikkönä oli haastavaa ja mielenkiintoista. LVI-laitteiden sähköistämisen ja käyttöönoton ymmärtämistä helpotti se, että olen työskennellyt talotekniikan alalla jo 20 vuotta. Tämä opinnäytetyö tehtiin Aro Systems Oy:lle OYS2030 A-allianssissa Oulussa. Opinnäytetyössä käsiteltiin tarvittavia toimenpiteitä lvi-laitteiden sähköistykseen ja käyttöönottoon liittyen. Opinnäytetyön lopputuloksena luotiin ohjeistus lvi-laitteiden sähköistuksen ja käyttöönoton työsuorituksiin. Opinnäytetyön tavoitteena oli hyödyntää OYS2030 A-allianssista saatuja kokemuksia lvi-laitteiden sähköistykseen ja käyttöönottoon liittyvistä haasteista. Haasteena on ollut, että kaikki tieto ja dokumentit olivat hajallaan, eikä yhtenäistä ohjetta ollut. Teoria-aineistoa opinnäytetyön tekemiseksi oli kirjallisuudesta vaikea löytää ja vastaavanlaista opinnäytetyötä ei ole aiemmin tehty. Teoria-aineistona hyödynnettiin laitevalmistajien ohjeita ja A-allianssissa tuotettua materiaalia.

Tässä opinnäytetyössä muodostettiin yhtenäinen ohjeistus valituista lvi-laitteista. Opinnäytetyön tarkoitus oli helpottaa ja nopeuttaa tulevien sairaalaprojektien lvi-laitteiden sähköistys ja käyttöönotto vaiheita. Opinnäytetyö soveltuu myös ohjeeksi muihinkin kuin sairaalaprojekteihin, joissa käytetään vastaavia lvi-laitteita. Opinnäytetyöstä voi havaita, että lvi-laitteiden sähköistys sairaalassa on melko merkittävä työvaihe. Sähköllä toimivia lvi-laitteita on paljon ja kaikille on omat suunnitelmansa sekä asennusohjeet. Käyttöönottoprosessi on vaativa ja pitkäkestoinen. Käyttöönotosta saisi aiheen omaksi opinnäytetyökseen. Jouduin valita opinnäytetyöhön joitakin merkittävimpiä lvi-laitteita esimerkeiksi ja jättää useita laitteita työn ulkopuolelle, että opinnäytetyöstä saataisiin mahdollisimman tiivis ohje.

Tämä opinnäytetyö jää Aro Systems Oy:lle ohjeistukseksi tuleviin sairaalaprojekteihin ja muihin projekteihin, joissa käytetään vastaavia LVI-laitteita. Kokemuksia ohjeen käytöstä voidaan kerätä pidemmällä ajanvälillä ja ohjetta päivittää tarvittavilta osin. Mielestäni onnistuin opinnäytetyön tekemisessä kiitettävästi. Aihe on kuitenkin niin laaja, että jouduin rajaamaan useita lvi-laitteita pois opinnäytetyöstä ja tämä rajaa opinnäytetyön käytettävyyttä, koska se ei ole täysin kattava lvi-laitteiden sähköistuksen ja käyttöönoton kannalta. Tästä aiheesta saisi myös hyvän tutkimuksen aiheen esimerkiksi kyselytutkimuksena lvi-laitteiden sähköistykseen ja käyttöönottoon osallistuneille henkilöille.

LÄHTEET

A-allianssi. 2021. *Viimeistelyohjelma, PPSHP Ydinsairaala 1.vaihe Rakennus A.*

Aro Systems. 2022. *Aro Systems esittely.* Saatavissa: <https://www.arosystems.fi/kohteet/tulevaisuuden-sairaala-2030/>. Viitattu 12.5.2022.

Chiller Oy. 2020. *Konvektorienluovutusaineisto.*

FläktGroup. 2021. *Atd oviverhokojeiden käyttöohje.*

Frico Ab. 2021. *Frico oviverhokojeiden asennus- ja käyttöohje.*

Gebwell Oy. 2020. *Lämmönjakokeskustenluovutusmateriaali.*

Jis-Automation Oy. 2020. *Ilmanvaihtokoneiden keskussuunnitelmat.*

Koja Oy. 2017. *Future-ilmankäsittelykone, käyttö- ja huolto-ohje.*

Koja Oy. 2020. *Vedenjäähdyttimien ja nestejäähdyttimien luovutusdokumentaatio.*

Kolmeks Oy. 2016. *Keskipakopumppujen käyttöohje.*

Lining Oy. 2022. *Lining pumppaamot käyttö- ja huolto-ohje.* Saatavissa: <https://www.rovok.fi/documents/kayttoohje.pdf>. Viitattu 27.12.2022

OYS2030 2022. *OYS2030-ohjelman esittely.* Saatavissa: <https://oys2030.fi/tietoa-uudistamisohjelmasta/>. Viitattu 12.5.2022.

Pärni, K. 2013. *Talotekniikka, pientalon lvi-työt.* Tallinna: Alfamer/Karisto Oy.

Sandberg, E. 2014. *Ilmastointitekniikka osa 1.* Tammerprint Oy.

Sisäilmayhdistys. *Ilmanvaihdon perusteet.* Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet>. Viitattu 12.5.2022.

Wilo Nordic Ab. 2013. *Wilo-Control MS-L 1x4kW.*