



Aatos Koivula

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toteutus toimitilakohteissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

6.9.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Aatos Koivula
Otsikko:	Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toteutus toimitilakohteissa
Sivumäärä:	33 sivua
Aika:	6.9.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikka
Ammatillinen pääaine:	LVI-urakointi
Ohjaajat:	Asennuspäällikkö Antti-Pekka Vehmanen Lehtori Markku Leino

Insinöörityön tavoitteena oli havainnollistaa rakennusautomaation kytkeytymistä osaksi toimitilakohteiden lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiä ja pyrkiä avaamaan yleisempiä yhteensovituksellisia epäselvyyksiä ja ongelmakohtia rakennusautomaatio- ja putkiurakoitsijan välillä. Työn pääpaino oli putkistokomponenteissa, joita rakennusautomaatiolla hallitaan.

Työssä käsiteltiin toimitilakohteiden lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmille tyypillisiä tuotteita ja rakennustapamenetelmiä, joiden pohjalta pyrittiin saavuttamaan helposti ymmärrettävä kokonaiskuva, miten talotekniikkaurakoitsijan eri sidosryhmien väliset asennukset ja suunnitelmat vaikuttavat toisiinsa rakennusaikana. Kehityskohteista olennaisimpana oli pyrkiä luomaan yksi dokumentti, jonka sisältö ei keskity tiettyyn rakennuskohteeseen vaan antaa perustietoa rakennusautomaatiosta sekä lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmistä toimitilakohteissa, yhdistäen ne yhdeksi kokonaisuudeksi.

Työ toimii itsessään ohjeena lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien suunnittelussa ja toteutuksessa ja sen sisältöä ei ole laadittu tiettyyn rakennushankkeeseen, joten sen tarkoitus on olla sovellettavana tietolähteenä tulevaisuuden projekteissa.

Avainsanat: talotekniikka, yhteensovitus, rakennusautomaatio

Abstract

Author: Aatos Koivula
Title: Implementation of Heating and Cooling Systems in Commercial Buildings
Number of Pages: 33 pages
Date: 6.9.2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Professional Major: HVAC Contracting
Supervisors: Antti-Pekka Vehmanen, Installation Manager
Markku Leino, Senior Lecturer

This bachelor's thesis aimed to illustrate the integration of building automation into the heating and cooling systems of commercial buildings and address common problems in interoperability between building automation and plumbing contractors, focusing on the piping components controlled by building automation. The goal was to create an easily understandable overview of how the installations and plans of various stakeholders in building services contracting affect each other during construction

The project involved examining typical products and construction methods used in heating and cooling systems for commercial buildings. The collected information was combined into a document providing basic information on building automation as well as on heating and cooling systems in commercial buildings., integrating them into one comprehensive guide.

The result is a practical guide for designing and implementing heating and cooling systems in commercial buildings, applicable to future projects. This guide enhances coordination and understanding between building automation and plumbing contractors, improving the efficiency and effectiveness of building services installations.

Keywords: building services engineering, integration, building automation

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Talotekniikkaurakoitsijan vastuut	2
3	Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät	3
3.1	Rakennuksen lämmitys- ja jäähdytystehon tarve	4
3.2	Ensiöpuoli	5
3.3	Alajakokeskukset	7
3.4	Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien ohjaus	11
3.5	IV-verkostot	12
3.5.1	IV-lämmitysverkosto	13
3.5.2	IV-jäähdytysverkosto	17
3.5.3	IV-verkostojen säätöventtiilit	19
3.5.4	IV-verkostojen yhteenveto	21
3.6	Tilojen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät	23
3.6.1	Puhallinkonvektorit	23
3.6.2	Kattosäteilijät ja palkit	26
3.7	Tilojen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien ohjaus	27
3.8	Alajakokeskuksien pumppujen ohjaus	30
4	Yhteenveto	31
	Lähteet	33

Lyhenteet

FV:	Moottoriventtiili.
I/O:	<i>Input/Output</i> . Tulo/Lähtö. I/O-moduuli on komponentti, joka vastaanottaa mittauslaitteilta Input-signaaleja ja ohjaa toimilaitteita niiden perusteella Output-signaaleilla.
IV:	Ilmanvaihto.
KVR:	Kokonaisvastuurakentaminen. Urakkamuoto, johon sisältyy suunnitteluvastuu toteutuksen lisäksi.
PDE:	Paine-eroanturi.
PDIE:	Paine-eroanturi näytöllä.
PIBCV:	<i>Pressure Independent Balancing Control Valve</i> . Paineesta riippumaton tasapainotus- ja säätöventtiili.
PU:	Kiertovesipumppu.
RAU:	Rakennusautomaatio.
RK:	Ryhmäkeskus.
RT:	Rakennustieto.
SC:	Taajuusmuuttaja.
SLK:	Säätölaitekotelo.
TATE:	Talotekniikka.

TC: Lämpötilan säädin.

TE: Lämpötila-anturi.

TV: Säästöventtiili.

TZA: Jäätymisvaaratermostaatti.

VAK: Valvonta-alakeskus.

1 Johdanto

Insinööriyössä keskitytään talotekniikkaurakoitsijan eri osa-alueisiin ja käsitellään erityisesti lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien havainnollistamista osana toimitilakohdetta. Käsiteltävä toteutusmuoto on KVR-urakka eli kokonaisvastuurakentamisen urakka, jossa talotekniikkaurakoitsija vastaa kohteen taloteknisestä suunnittelusta ja rakentamisesta. Kokonaistalotekniikan yhteensovitus ja kokonaistoimitukselliset ratkaisut kasvavat merkittävästi tulevaisuudessa, joten kehitystyön merkitystä ei voi tarpeeksi korostaa.

Tarkoituksena on, että työtä voivat hyödyntää kaikki talotekniikan parissa työskentelevät, asentajasta insinööriin. Työssä käsitellään taloteknisten järjestelmäkokonaisuuksien perustietoa, minkä perusteella otetaan teoreettisemmin kantaa niissä esiintyviin epäkohtiin painopisteen ollessa automaatioteknisissä komponenteissa, jotka sijaitsevat lämmitys- ja jäähdytysverkostoissa. Työn yksi olennainen tavoite on myös avata keskustelua asioista, jotka voisivat olla toteutettavissa uudella näkökulmalla. Tästä pohjautuen opinnäytetyössä hyödynnetään myös tekijän omaa kokemusta aihepiiriin liittyen.

Havainnollistavana rakennustyyppinä toimii toimistorakennus, joka on tyypillinen käsiteltävälle urakkamuodolle sekä työn tilanteen Caverion Suomi Oy:n projektikeskuksen toiminnalle.

2 Talotekniikkaurakoitsijan vastuut

Kokonaisvastuurakentamisella (KVR) tarkoitetaan toteutusmuotoa, jossa urakoitsijan vastuulle kuuluvat kohteen suunnittelu ja toteutus. KVR-urakasta käytetään usein myös termejä SR (suunnittele ja rakenna) ja ST (suunnittele ja toteuta) sekä englanninkielistä termiä D&B (Design & Build). (1, s. 13–17.)

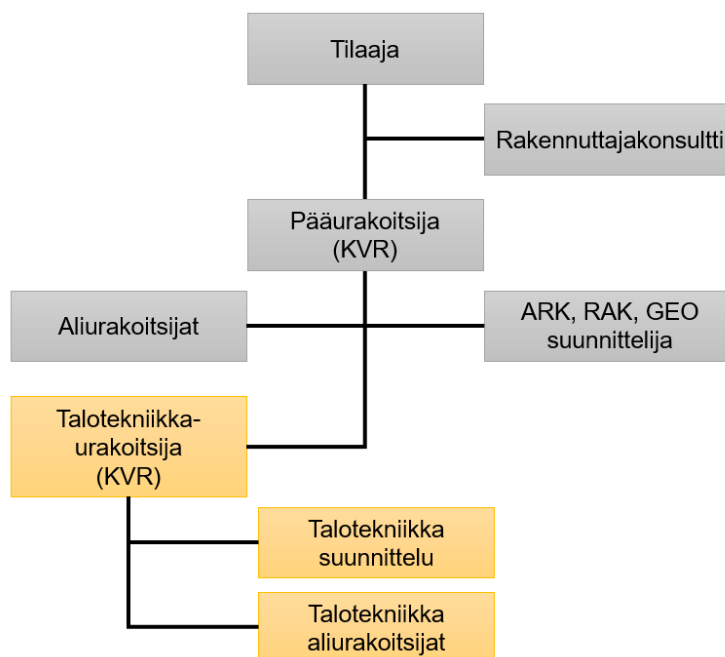
Kokonaisvastuurakentamishankkeen ensimmäiset vaiheet määräytyvät urakoitsijoiden näkökulmasta valitun menettelytavan mukaan. KVR-urakkasopimusten solmimisessa käytettävät menettelytavat jaetaan yleensä kahteen päälinjaan, tarjouspyyntö- ja neuvottelumenettelyyn. (2, s. 1–2.)

Tarjouspyyntömenettelyssä tilaajan vastuulla on laatia riittävän laajat esisuunnitelmat, jotka mahdollistavat tarjouspyyntöasiakirjat urakkakilpailun toteutukseen (2, s.1). Tarjouskilpailu voidaan aloittaa jo hankesuunnitteluvaiheen jälkeen havainne- tai viitekuvien perusteella. Saadun materiaalin perusteella urakoitsija pystyy jo tarjoussuunnittelussa suunnittelemaan omaan tuotantotekniikkaansa sopivinta tarjousta ja löytämään edullisempia, laadukkaampia tai mahdollisesti jopa uusia innovatiivisia ratkaisuja suunnitteluun. Syntyneiden ratkaisujen keskinäistä paremmuutta analysoidaan ennakkoon ilmoitettujen kriteerien perusteella. (3, s. 39–40.)

Neuvottelumenettely perustuu tilanteeseen, jossa tilaaja ottaa tarjouskilpailun sijaan yhteyttä vain yhteen urakoitsijaan ja etenee esisopimusneuvotteluihin. Yleensä syynä on se, ettei tilaaja ole nähnyt järkeväksi kehittää suunnitelmia sille tasolle, että niillä voitaisiin toteuttaa urakkakilpailu. Tilaajan tulee kuitenkin pystyä osoittamaan hankkeelle suunnittelua varten tarvittavia selvityksiä sekä lähtötietoja. Esisopimusneuvotteluissa sisältöä määritellään hankekohtaisten erityispiirteiden mukaan, ja sopimus voi koskea vain kohteen suunnittelua ja siitä pohjautuvaa tarjousta urakkasuorituksesta. Esisopimuksessa voidaan myös sopia lopulliseen KVR-urakkasopimukseen liittyvistä asioista. Tilanteessa, jossa KVR-urakoitsijan esisopimuksen perusteella laatimat suunnitelmat eivät

johda lopulliseen KVR-urakkasopimukseen, tulee tilaajan korvata suunnittelu-työt esisopimuksen määrittämällä tavalla. (2, s. 1–4.)

Sopimussuhteet KVR-muodoissa määräytyvät yleisesti niin, että pääurakoitsijana toimiva rakennusliike solmii KVR-urakkasopimuksen tilaajan kanssa, ja talotekniikkaurakoitsija solmii oman KVR-urakkasopimuksensa pääurakoitsijan kanssa. Tällöin kokonaisvastuu talotekniikkaurakoinnista ja suunnittelusta siirtyy talotekniikkaurakoitsijalle. (3, s. 40.) Kuvassa 1 havainnollistetaan sopimussuhteita KVR-urakoinnissa mukaillen.



Kuva 1. Sopimussuhteet KVR-talotekniikkaurakoinnissa, mukaillen (3, s. 40.)

Kuvasta 1 nähdään, että TATE-urakoitsijan vastuualue kattaa myös suunnitelmaratkaisut, ja järjestelmäratkaisuja voidaan siten ajatella kokonaisvaltaisemmin jo alkuvaiheessa.

3 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät ovat tärkeä osa rakennushanketta ja toimivat isoimpana yhdistävä tekijänä talotekniikan yhteensovituksessa yrityksen

sisäisesti. Käsiteltävässä urakkamuodossa talotekniikkaurakoitsijan työsuoritus alkaa hankkeen hyvin varhaisessa vaiheessa, joten aikaisessa vaiheessa tehdyt virheet saattavat konkretisoitua vasta paljon myöhemmin rakennusvaiheessa, ja pahimmillaan väärin toimiva kokonaisuus aiheuttaa ongelmia vielä kohteen valmistumisen jälkeenkin.

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien kehityksessä ensimmäiset vaiheet perustuvat alustavien tilantarpeiden määrittelyyn sekä teknisten pääjärjestelmien valintaan saatujen lähtötietojen ja vaatimuksien pohjalta. Talotekniikan suunnittelunohjaamiseen käytetään yleisesti taloteknisen suunnittelun tehtäväluetteloa TATE18, jonka perusteella voidaan myös arvioida oletuslaajuutta pääkäyttötarkoituksen perusteella. (4, s.1–5.)

Taloteknisen tehtäväluettelon TATE18 oletuslaajuuksien pohjalta voidaan todeta, että toimisto- ja liikerakennukset sisältävät seuraavat kokonaisuudet aihepiiriin liittyen:

- ilmastoinnin jäähdytys
- tilajäähdytysjärjestelmä
- lämmitysjärjestelmä
- rakennusautomaatiojärjestelmä.

Oletuslaajuudet toimivat opinnäytetyössä raameina käsiteltäville järjestelmäkokonaisuuksille.

3.1 Rakennuksen lämmitys- ja jäähdytystehon tarve

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien tilantarpeiden sekä järjestelmärakenteiden määrittämiseen tarvittavat tiedot perustuvat pohjimmiltaan niiden nettoenergian tarpeeseen.

Lämmityksen nettoenergian tarve koostuu tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmityksen nettotarpeiden summasta. Jäähdytysenergian

nettotarve puolestaan koostuu tilojen ja tuloilman jäähdyttämisen nettotarpeiden summasta. (5, s. 4.)

Rakennukselle asetettujen vaatimusten, sijainnin ja tavoitteiden pohjalta tehdään selvityksiä siitä, millainen lämmityksen ja jäähdytyksen pääjärjestelmä on mahdollista ja kannattavaa toteuttaa. Tämän jälkeen päätetään, pyritäänkö lämmitykseen ja jäähdytykseen tarvittava toisioenergia haalimaan ostoenergialla vai tuottamaan kiinteistön omilla prosesseilla. Pääjärjestelmä voi olla myös niin sanottu hybridijärjestelmä, jossa useampi järjestelmäkokonaisuus toimii rinnan. (5, s. 14–15; 4, s. 3–5.)

Useasti toimitilat sisältävät myös pienempiä rakennusosia, joiden lämpökuormat ovat niin suuria, että niihin saatetaan valita erillisiä pienratkaisuja pääjärjestelmän rinnalle. Opinnäytetyössä käsitellään pääkaupunkiseudun toimitilakohteille tyypillistä kaukolämpöä ja -jäähdytystä ensiöenergian pääratkaisuina.

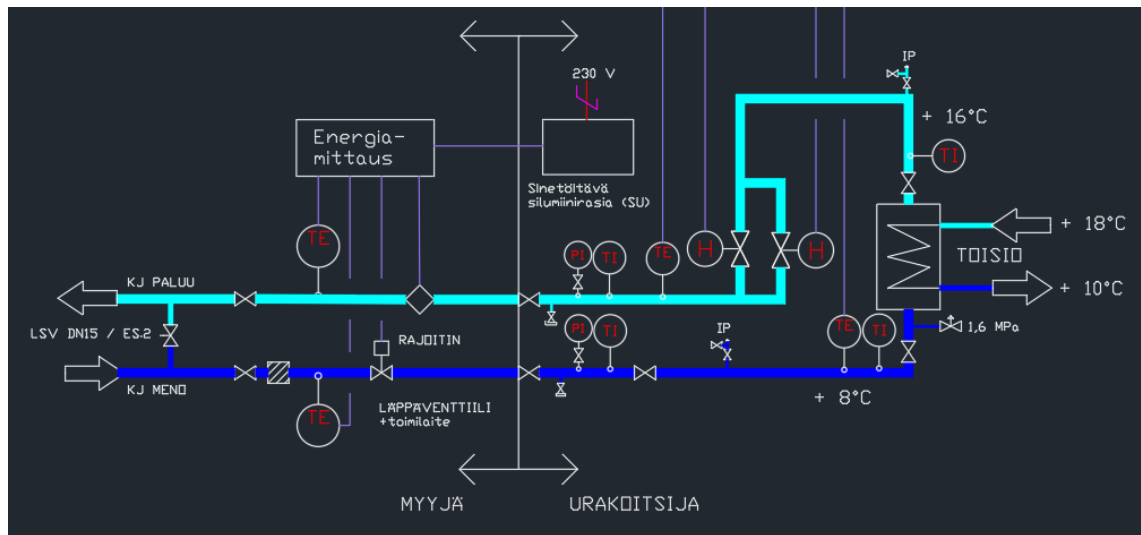
3.2 Ensiöpuoli

Yleisesti kaikkien lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toiminta perustuu ensiö- ja toisiopuoleen. Lämmitysverkostoissa toiminta perustuu tilanteeseen, jossa ensiöpuolen lämmitysenergia siirretään toisiopuolen prosessien käyttöön. Jäähdytyksessä tilanne toimii päinvastoin, ja ensiöpuoli pyrkii sitomaan toisiopuolen lämpöä mahdollisimman tehokkaasti.

Kaukolämpöä ja -jäähdytystä käytettäessä kiinteistön lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät suunnitellaan käytettävissä olevan paine-eron ja mitoituslämpötilojen perusteella. Lämmönmyyjä ilmoittaa mitoitukseen käytettävän paine-eron sekä mahdollisen vaatimuksen paine-erosäätimen käyttöön hankekohtaisesti. (6, s. 16–18; 7, s. 11–12.)

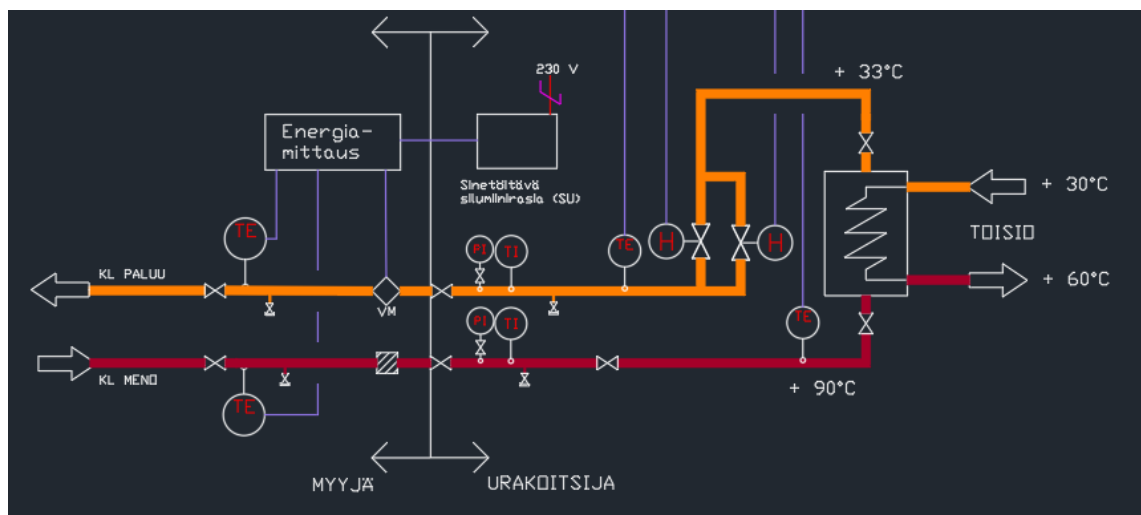
Lämmönmyyjän toimitusraja kiinteistössä loppuu mittauskeskukseen, jonka jälkeen talotekniikkaurakoitsija jatkaa ensiöpuolen putkistot kaukolämpö- ja kaukojäähdytyskeskuksien lämmönsiirtimille. Kuvassa 2 esitetään

kaukojäähdytyskaavion ensiöpuolta ja havainnollistetaan sen laitteistoa ennen lämmönsiirrintä. (7, s. 26.)



Kuva 2. Kaukojäähdytyksen liittyminen kiinteistöön, mukailten (7, s. 26).

Kaukolämmön liittyminen kiinteistöön esitetään kuvassa 3.



Kuva 3. Kaukolämmön liittyminen kiinteistöön, mukailten (8, s. 2.)

Kaukolämmössä ja -jäähdytyksessä ensiöpuolen virtaaman määrittelevät lämpösopimuksessa määritetty sopimusteho ja -vesivirta, jotka perustuvat kiinteistölle suunniteltuihin maksimitarpeisiin mitoitusilanteessa (9, s. 23).

Lämmönmyyjä voi myös asentaa mittauskeskukseensa rajoittimen varmistaakseen, ettei sopimusvesivirta ylitä. Lämpölaitos mahdollistaa mitoitusilanteen virtaaman ja lämpötilaeron, mutta kiinteistö itse optimoi energiankulutuksensa ensiöpuolen säätöventtiileillä.

3.3 Alajakokeskukset

Kiinteistön vaatimat tehontarpeet katetaan yleisesti useammalla eri lämmitys- ja jäähdytysverkostolla. Moninaiset säätöpiirit vaativat optimaaliseen toimintaansa yleisesti erilaisia lämpötilaeroja, virtausteknisiä ominaisuuksia sekä toisistaan eroavaa rakennusautomaatiota.

Lämmityksen alajakokeskuksen rakenteeksi suositellaan, että jokainen verkosto toteutettaisiin omilla verkostokohtaisilla lämmönsiirtimillään. Kun lämmönsiirrin on verkostokohtainen, se palvelee vain tiettyä lämpötilaa vaativaa säätöpiiriä, joten sen säätöautomaatiikan ja virtaustekniikan hallinta on suoraviivaisempaa ja virhemarginaali pienenee. (6, s. 95.)

Jäähdytyksessä on tärkeämpää miettiä, jaetaanko kohteen verkostot kondensoiviin vai kondensoimattomiin. Tilajäähdytys toteutetaan yleisesti puhallinkonvektoreilla, jäähdytyspalkeilla tai kattosäteilijöillä. Käytettäessä kattosäteilijöitä tai jäähdytyspalkkeja tulee laitteen pintalämpötilan olla huoneilman kastepistelämpötilaa korkeampi, jotta vältetään veden tiivistymiseltä laitteen pintaan. Puhallinkonvektorit puolestaan voidaan toteuttaa kastepistettä matalammilla lämpötiloilla kondensoivina, koska niiden kondenssivedet pystytään viemäröimään. (10. s. 137–148.)

Esimerkiksi toimistorakennuksessa, jossa saattaa olla suuri osuus avotoimistoja ja pienempi osuus neuvotteluhuoneita, voi olla järkevää toteuttaa molempien tilojen jäähdytys kuivana: avotoimistot kattosäteilijöillä ja neuvotteluhuoneet konvektoreilla.

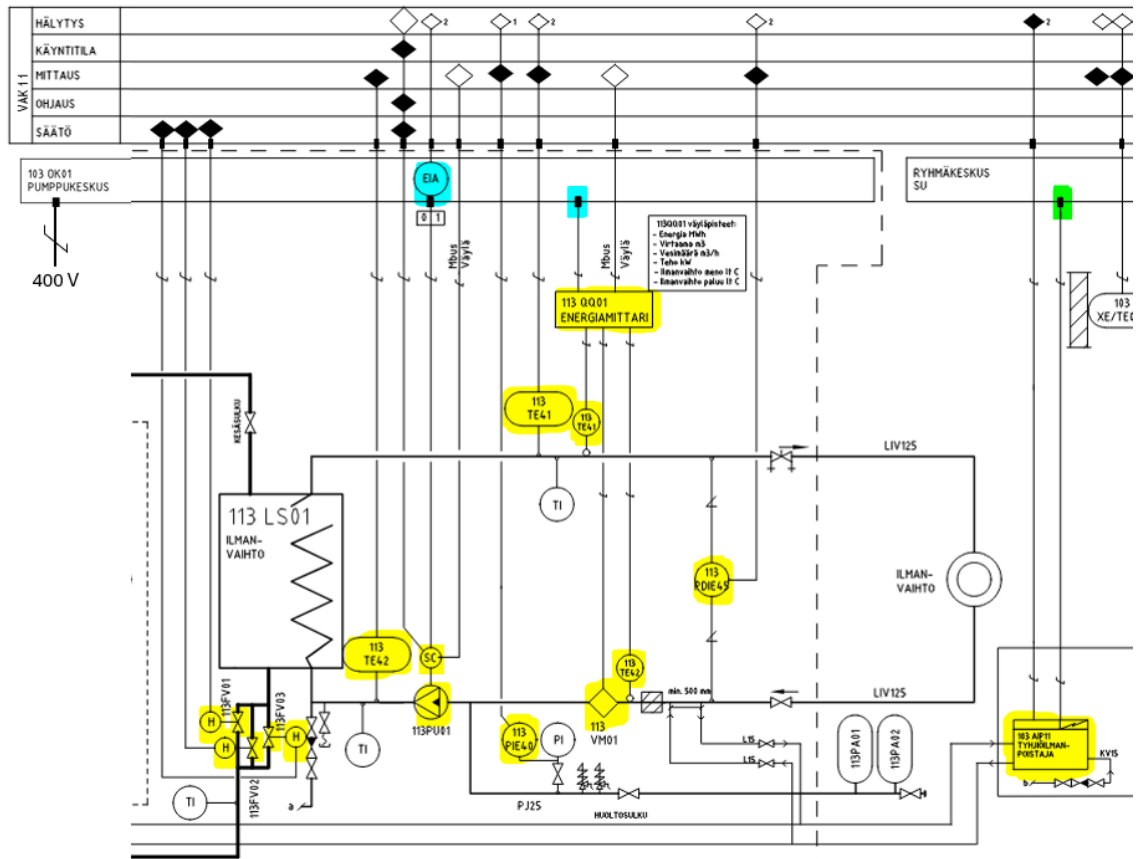
Jos puhallinkonvektoreilla katetaan suurin osuus rakennuksen jäähdytyksestä, kustannustehokkain tapa on yleisesti toteuttaa ne omana kondensoivana verkostonaan, koska suurempi lämpötilaero kompensoi niiden lukumäärää. Kokemuksen perusteella saneerauskohteissa tulisi kuitenkin vertailla kondenssiviemärien toteutusaikaisia ongelmia ja huoltovarmuutta erityisen tarkasti ennen lopullista ratkaisua.

Kuivatuksen mahdollistamiseksi IV-jäähdytysverkosto toteutetaan aina mahdollisimman kylmällä menoveden lämpötilalla, jolloin mahdollisuus olisi myös toteuttaa kondenssiviemäröidyt puhallinkonvektorit ja IV-jäähdytys yhtenäisenä verkostonaan (11, s. 16). Selkeyden, lämmönsiirtimen konduktanssin ja putkiston runkorakenteiden kannalta toteuttaminen ei yleensä kannata.

Puhallinkonvektoriverkoston toimiessa tilajäähdytyksen päätöksinä verkostot jaetaan omille lämmönsiirtimilleen. Tilanteessa, jossa pääpaino on kattosäteilijöissä- tai jäähdytyspalkeissa, kondensoimaton verkosto toteutetaan pienemmällä lämpötilaerolla. Tällöin yhdellä lämmönsiirtimellä toteutetut järjestelmät voivat tulla kannattaviksi, kun kylmemmän verkoston paluuvettä pystytään hyödyntämään lämpöisemmän verkoston lämpötilan hallinnassa. (11, s. 16–22.)

Selkeän kokonaisuuden hallinnassa yhden lämmönsiirtimen taktiikka voi tulla suunnittelupöydällä kustannus- ja energiatehokkaammaksi. Toiminnan selkeyden ja toteutusaikaisen yhteensovituksen osalta verkostokohtainen siirrin on kuitenkin useasti optimaalisempi vaihtoehto.

Yhdistämällä molempien vaihtoehtojen etuja saadaan ratkaisu, jossa kylmemmän verkoston ensiöpuolen paluuvettä hyödynnetään osana lämpimämmän verkoston ensiöpuolen menovettä (11, s. 18). Ratkaisun etuna voidaan pitää aselajien välistä suoraviivaisuutta ja pienempää virhemarginaalia verkostoissa. Automaattisesti ratkaisu ei kuitenkaan palvele jokaista tilannetta optimaalisesti vaan toimii vaihtoehtona. Kuva 4 havainnollistaa käsiteltävää verkostoratkaisua (11, s. 18).



Kuva 5. IV-lämmitysverkosto toimistorakennuksessa (12.)

Kuvassa 5 keltaisella korostetut symbolit kuvastavat laitteita, joita rakennusautomaatio hallitsee valvonta-alakeskuksen välityksellä. Sinisellä korostettu pumpukeskus on laitetoimittajan tehdasvalmiissa lämmitys- tai jäähdytyskeskuksessa sijaitseva ohjauskeskus, jonka kytkimistä valitaan pumpun ohjaustapa ja mahdollistetaan käyttäjännite.

Tyypillisesti nykyaikaiset lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät sisältävät myös lämmönjakokeskuksen ulkopuolisia sähköpisteitä, kuten kuvassa 5 vihreällä korostetun alipaineilmanpoistimen. Jos kohde sisältää myös pihasulatusverkon, tulee huomioida glykolin täyttöasema ja ajatella, onko tarpeenmukaista lisätä verkostolle oma alipaineilmanpoistin eri nesteiden sekoittumisen välttämiseksi. Sähköpisteet ovat yleisesti pistorasioita, mutta olisi tärkeä jo aikaisessa vaiheessa valita laitetoimittaja, jonka ohjeistuksen perusteella kytkentä

varmistetaan. Sähköpisteiden paikat elävät usein laitesijoitusten mukana, joten putkiurakoitsijan tulee tarkentaa sijoitukset sähköasennuksien tekohetkellä.

3.4 Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien ohjaus

Kiinteistöjen ohjausjärjestelmänä toimii rakennusautomaatiojärjestelmä, joka noudattaa hierarkiaa, jossa se jaetaan hallinto-, automaatio- ja kenttätasoon. (13, s. 60.)

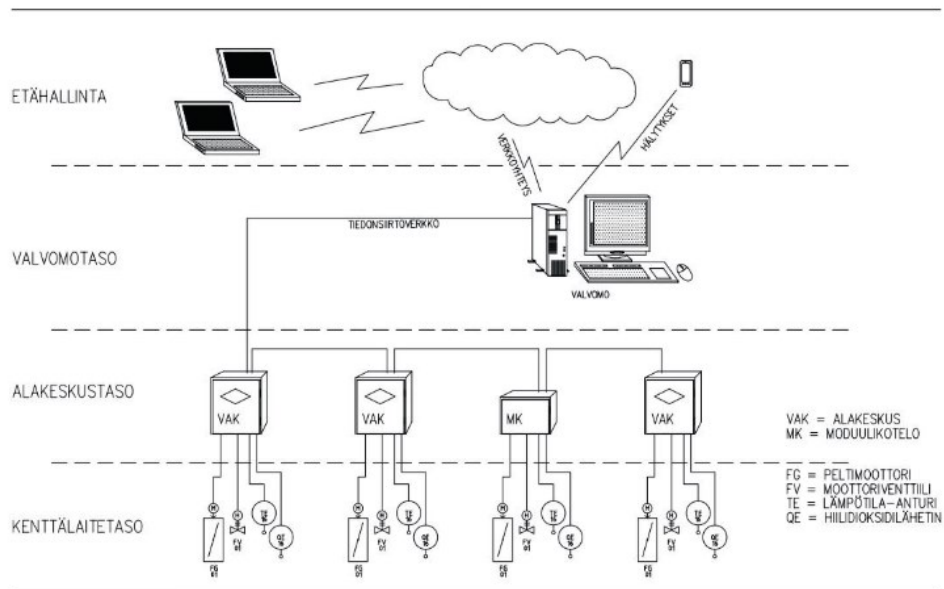
Hallintotasolla tarkoitetaan etä- ja paikallisvalvomoita, joista seurataan hälytyksiä sekä pystytään muokkaamaan prosesseja graafisten prosessikuvien perusteella. Automaatiotaso kuvastaa puolestaan Ethernet-pohjaista kiinteistön sisään rakennettua paikallisverkkoa, jonka tavoitteena on viestiä tarpeellista tietoa valvomoon ja palvella alakeskusten välistä tiedonsiirtotarvetta. Kenttätaso kuvastaa kenttälaitteita ja niiden viestintää alakeskusten välillä. (13, s. 59–62.)

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä alajakokeskusten ja keskitettyjen ilmastointikoneiden anturit ja toimilaitteet ovat fyysisiä I/O-pisteitä, joten ne kytketään suoraan valvonta-alakeskuksen I/O-moduuleihin. Tiedon pohjalta voidaan todeta, että lyhyiden kaapelointietäisyyksien saavuttamiseksi ne myös sijoitetaan kyseisiin tiloihin. Valvonta-alakeskus, alajakokeskukset ja IV-koneet sisältävät sähkökytkennällisiä komponentteja, joten tiloihin kannattaa sijoittaa myös ryhmäkeskus. (10, s. 288–295.)

Huonesäätimet ja hajautetut IV-koneet perustuvat yleisesti itsenäiseen toimintaan, joka niille ohjelmoidaan. Toimintojen muuttamiseksi ja valvomiseksi ne kommunikoivat alakeskuksen kanssa, yleisesti Modbus- tai BACnet-väylää pitkin. Lämmityksen ja jäähdytyksen energiamittarit kytketään yleensä kaikki samaan M-bus-väylään, joka yhdistetään yhteen kiinteistön alajakokeskuksista. (13, s. 60; 238.)

Järjestelmän salliessa I/O-moduulien hajautuksen toteutustapana voidaan käyttää moduulikoteloja, jotka yhdistetään tiedonsiirtoväylää pitkin

alajakokeskuksiin, joissa niitä ohjaavat ohjelmat sijaitsevat. Hajautettu I/O-moduuli voi toimia myös täysin itsenäisesti ohjaus- ja säätötoimintojen osalta (13, s. 70–71). Kuvassa 3 havainnollistetaan rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkkista rakennetta (14, s. 10).



Kuva 6. Rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkkinen rakenne kenttälaitteista etähallintaan (14, s. 10).

3.5 IV-verkostot

Yksinkertaistetusti ilmastoinnin lämmitys- ja jäähdytysverkot koostuvat usein alimman kerroksen lämmönjakohuoneen ja ylimmän kerroksen IV-konehuoneen välisistä suoraviivaisista putkistoista.

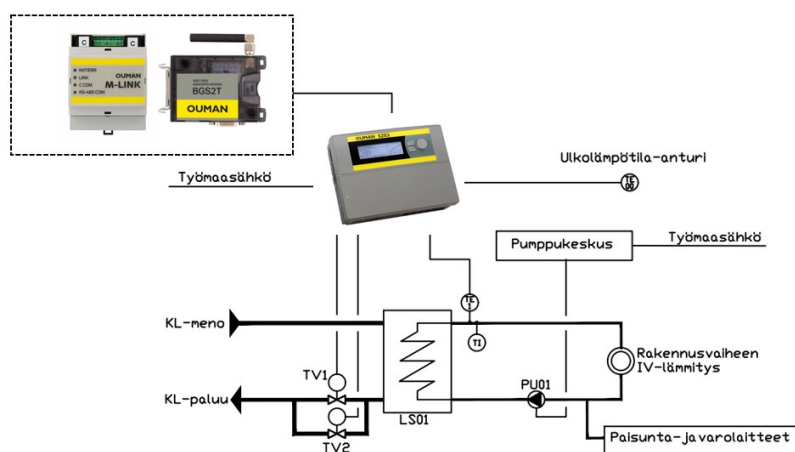
Ilmastointikoneet määritellään tilakohtaisiin (hajautettuihin) sekä useampaa tilaa palveleviin (keskitettyihin) koneisiin. Suurissa toimitilakohteissa useasti suurin osa tiloista katetaan keskitetyillä ilmastointikoneilla, joille varataan omat tarkoituksenmukaiset konehuoneet. Erikois- ja pientiloja saatetaan tarpeen mukaan palvella omilla hajautetuilla ns. pakettikoneilla (10, s. 130–131).

Kokemukseen pohjautuen tulisi jo varhaisessa vaiheessa ajatella, millä tavoin pakettikoneiden lämmitys- ja jäähdytyspattereiden vesivirtauksien säätötyöt hoidetaan.

3.5.1 IV-lämmitysverkosto

IV-lämmitysverkoston tärkeimpänä tehtävänä on tuoda lämmin vesivirta jälkilämmityspatteriin, joka sijaitsee IV-koneessa lämmöntalteenottomoduulin jälkeen. Useasti verkostoa hyödynnetään myös oviverhokoneille, suurta lämmitystehoa vaativille yksittäisille radiaattoreille ja rakennusaikaisen lämmityksen runkona.

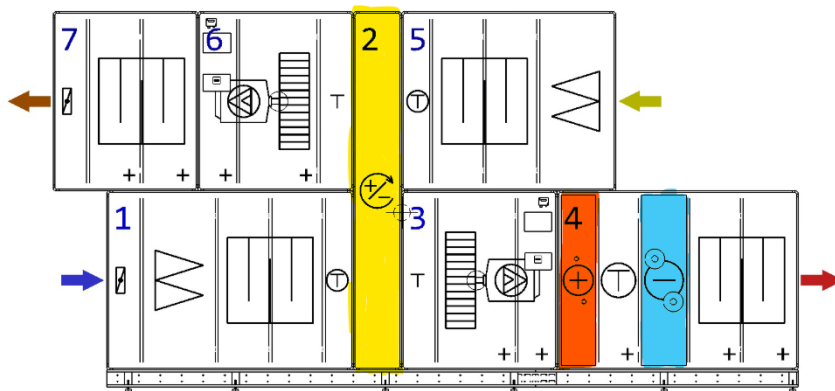
Rakennusaikaisen lämmityksen perustana toimii urakkasopimuksessa kirjattu välitavoite saada lämmitys päälle. Tapauskohtaisesti määritetään, että päästäänkö tavoitteeseen lopullisella lämmönjakokeskuksella, vai hankitaanko työmaa-aikainen lämmönjakokeskus rakennusajalle. Opinnäytetyössä käsitellään tilannetta, jossa lämpö tuodaan IV-lämmitysverkoston välityksellä rakennusajaksiin puhaltimiin. Väliaikaisena lämmönsäätimenä suositetaan esimerkiksi Oumanin S203-mallia, johon voidaan liittää kaksi lämmitysverkostoa ja käyttövesi (15). Kuvassa 6 havainnollistetaan Ouman S203 -lämmönsäätimen kytkeytymistä osaksi rakennusaikaista lämpötilan hallintaa.



Kuva 7. Ouman S203:n toiminta väliaikaisena lämmönsäätimenä.

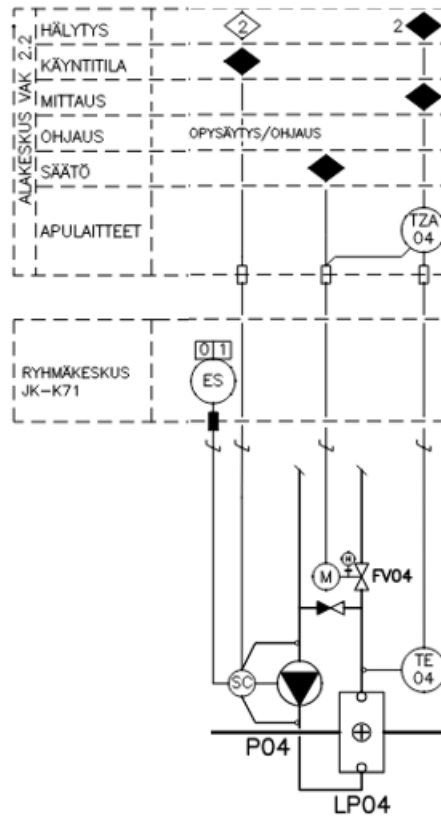
Lämmönsäätimen toiminta perustuu sen säätökäyrään: Oumanin S203-säädin toimii 5-pistekäyrällä. Säätimelle asetellaan myös minimi- ja maksimiarvot menoveden lämpötilalle. Jos toiminnassa ilmenee häiriöitä, säädin ilmoittaa niistä hälytyksellä. Hälytys on mahdollista saada tietokoneelle tai puhelimeen lisäosien mukaan, ja myös kuittaaminen onnistuu näiden laitteiden avulla. (15.)

Ilmastointikoneen lämmönsiirto prosessin ensimmäinen moduuli on sen lämmöntalteenotto, jolla pyritään pienentämään edempänä sijaitsevan jälkilämmityspatterin tehontarvetta siirtämällä poistoilmasta lämpöä tuloilmaan mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella. Lämmönsiirto prosessi voidaan toteuttaa monella erilaisella tavalla ja moduulilla, ilman tai vesipohjaisen jäätymättömän liuoksen välityksellä. Kuvassa 7 havainnollistetaan prosessia pyörivällä lämmönsiirtimellä varustetussa IV-koneessa.



Kuva 8. Lämmöntalteenoton toimintaperiaate

Jälkilämmityspatterin menoveden lämpötilaa ohjataan sekoitussäädöllä, minkä takia se tarvitsee oman kiertopumpunsa, joka tuottaa vakiovirtaaman sekoituspiiriin säätöventtiilin asennosta riippumatta. Säätö voidaan toteuttaa 2- tai 3-tiekytkennällä. Yleisesti suositetaan 2-tiekytkentää toteutuskustannusten keventämiseksi (12, s. 34–41). Jälkilämmityspatterin toimintakaavio 2-tiesekoituskytkennällä on esitetty kuvassa 8. (12.)

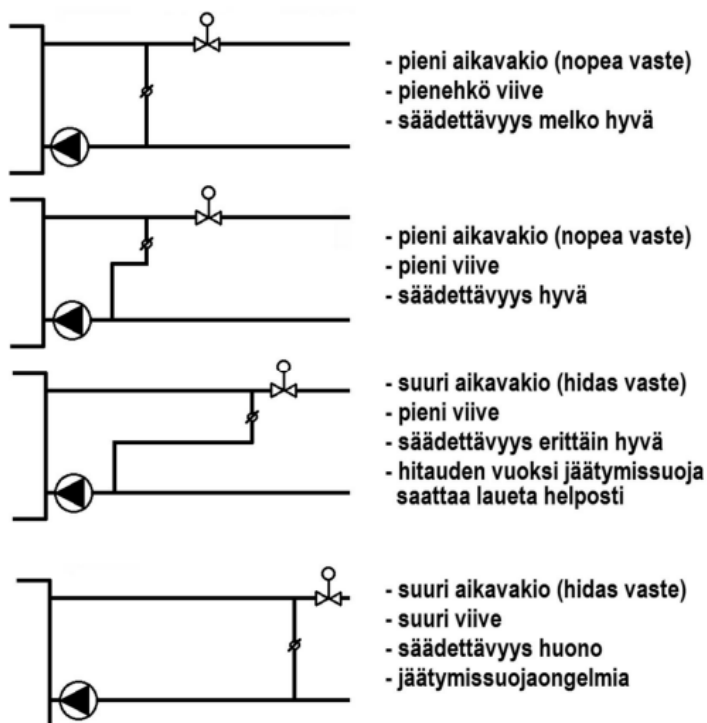


Kuva 9. IV-jälkilämmityspatterin kytkentä- ja säätökaavio. (12.)

Kuvan 8 säätökaaviossa pumpun (P04) toiminnalla varmistetaan sekoituspiirin vakiovirtaama säätöventtiilin asennosta riippumatta. Kun pumpun tuottama virtaus pysyy vakiona, estää se veden seisomisen patterin lamelliputkissa, jossa se mahdollisesti pääsisi pienellä virtaamalla jäätymään. (10, s. 171)

Patterin ja pumpun lisäksi kokonaisuus koostuu lämpötila-anturista (TE04) ja säätöventtiilistä (FV04). Lämpötila-anturia TE kutsutaan jälkilämmityspattereissa myös jäätymisvaaralämpötila-anturiksi, joka on yhteydessä jäätymisvaaratermostaattiin TZA. Anturi ja termostaatti kulkevat usein yhtenä kokonaisuutena, joten niiden yhteensopivuuden varmistamiseksi automaatiourakoitsijan tulisi toimittaa anturit aina positioituina ennen putkitöiden aloitusta. Samanlaista menettelytapaa tulisi noudattaa kaikkien muidenkin antureiden osalta.

Sekoituspiirin optimaalisen säädettävyyden kannalta tärkeimmät asiat ovat sen komponentteihin ja rakenteeseen pohjautuvat aikavakio ja viive, joihin vaikuttavat monet tekijät, kuten sekoituskytkennän vesipiirin kuluaikaviive, patterin ominaisuudet, kanavalämpötilan mittausturinin sijainti ja veden virtausnopeus (13, s. 39–40). Kuvassa 9 esitetään sekoituskytkentöjä rakennusautomaation näkökulmasta. (13, s. 40.)



Kuva 10. Sekoituskytkennän periaatteellinen vaikutus säätöpiirin viiveeseen ja aikavakioon. (13, s. 40.)

Kuvasta 9 voidaan todeta, että mitä pidempi veden virtausmatka patterin ja takaisinkytkennän välille syntyy, sitä hitaammin lämpötilan muutos näkyy viitaten huonoon säädettävyyteen. Säätöventtiilin asennuspaikka tulisi valita huollon näkökulman perusteella ottaen huomioon, että sekoituspiste on lähellä patteria. (13, s. 40–41.)

Oviverhohaltimen virtaamaa ohjataan magneettiventtiilillä tai paineesta riippumattomalla tasapainotus- ja säätöventtiilillä (PIBCV). Venttiilin avautuma perustuu oven tilatiedosta saatavaan käskyyn. Oviverhokoneiden laitetoimittajat

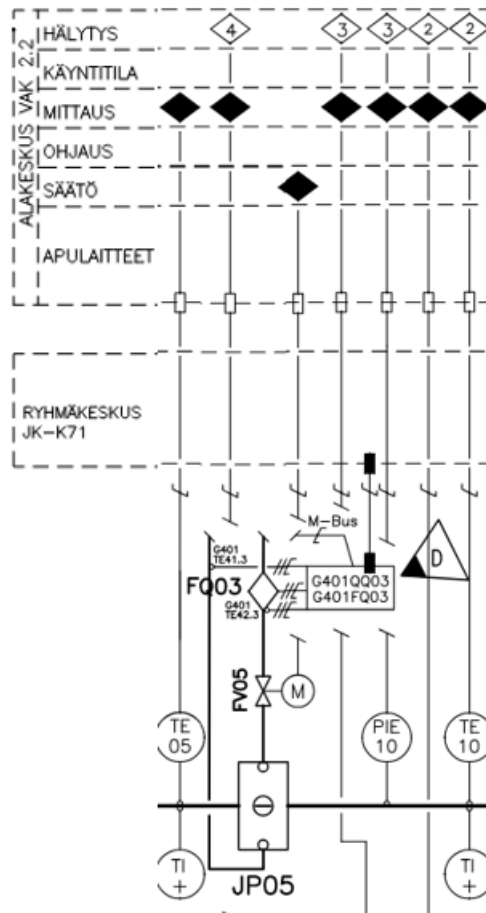
myyvät usein valmiita kokonaisratkaisuja, joihin kuuluvat koneen lisäksi ohjauspääte, venttiili sekä ovikytkimet. Näissä tapauksissa automaatiourakoitsija kytkee yleisemmin vain säätimen rakennusautomaatioväylään hälytystietojen saamiseksi (12). Yhteensovituksellisesti tilanne painottaa jo hankintavaiheessa selvittämään erityisen tarkasti laitetoimittajan käyttöönoton saatavuuden sekä kytkentäohjeet, jotta varmennetaan kaikkien aselajien selkeä toteutus.

Oviverhokoneiden asennuksien viimeistelylle on tyypillistä, että ne kulkevat rinnan esimerkiksi liukuovien asennusten kanssa. Ovikytkimien asennus ja siten laitteen käyttöönotto ei ole mahdollista aikaisemmassa vaiheessa. Vesivirtojen mittaus- ja säätötyöt tulee kuitenkin pystyä suorittamaan varhaisemmassa vaiheessa, jolloin oviverhokoneen magneettiventtiili tai paineesta riippumaton tasa-painotus- ja säätöventtiili tulee saada käsiohjattua auki.

3.5.2 IV-jäähdytysverkosto

Kaukojäähdytystä käytettäessä IV-jäähdytyksen runkorakenne vastaa hyvin pitkälle IV-lämmitysverkostoa. Jäähdytysverkostoissa lämpötilaerot ovat yleisesti pieniä ja tehontarpeet suuria, minkä seurauksena virtaama ja putkikoot kasvavat. Tätä kompensoidaan tiukemmilla mitoituskriteereillä, jotta saadaan putkistosta ja venttiileistä edullisempia. (16, s. 333.)

Lämpötilan hallinta IV-jäähdytyspattereissa toteutetaan kaukojäähdytystä käytettäessä kuritussäädöllä, jolloin patterille saadaan kylmin mahdollinen vesi (11, s. 36). Kuvassa 10 esitetään IV-jäähdytyspatterin säätökaavio kuritussäätöä käytettäessä. (12.)



Kuva 11. IV-jäähdytyspatterin osuus säätökaaviossa. (12.)

IV-jäähdytysverkoston toiminnalle on yleistä, että se palvelee ainoastaan jäähdytyspattereita. Patterikohtaisten säätöventtiileiden mitoitus ja pääkiertovesipumpun oikeanlainen säätö ovat siis avainasemassa optimaalisen säätötuloksen saavuttamisessa.

Kuvan 11 kytkennässä on myös patterikohtainen energiamittaus. Nykyaikaisille kohteille tavoitellaan usein mahdollisimman hyvää ympäristöluokitusta, kuten BREEAM- tai LEED-sertifikaattia (17). Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä luokitus pohjautuu yleisemmin energiatehokkuuteen ja sen seurantaan. On myös mahdollista, että tilaaja haluaa kesken projektin asettaa tavoitteen korkeammalle.

Esimerkiksi kuvan 11 energiamittausta osoittaa revisionuoli, eli se on lisätty myöhemmin. Edullisena ennakkointina voisi ajatella, että patterikohtainen linjasäätöventtiili asennetaan tarpeeksi etäälle säätöventtiilistä mahdollistaen virtausmittarin jälkiasennuksen supistuksineen. Energiamittauksien tietoa siirretään yleisesti M-bus-väylää hyödyntäen, joten väyläkytkentä ja ryhmäkeskusten varaukset tulee varmistaa, jotta muutos on mahdollinen.

3.5.3 IV-verkostojen säätöventtiilit

Prosessin optimaalisen toiminnan kulmakiviin kuuluvat sen säätöventtiilit. Tyyppillisesti nykypäivänä IV-pattereiden säätöventtiileinä suositaan tasaprosenttisella ominaiskäyrällä varustettuja kiinteän k_{vs} -arvon säätöpalloventtiilejä. K_{vs} -arvo on täysin avonaisen venttiilin k_v -arvo. Säätöventtiilin valitsemiseen tarvittavat välttämättömät tiedot ovat mitoitusvesivirta ja -painehäviö, joiden pohjalta voidaan laskea venttiilille k_v -arvo eli kapasiteettikerroin, jonka perusteella valitaan lähimmän k_{vs} -arvon venttiili laitetoimittajan valikoimasta. (13, s. 95; 18, s. 5–8.)

Mitoitusvesivirta määritellään yleisesti vastaamaan säädettävän järjestelmän, kuten IV-patterin, suurinta tehontarvetta. Mitoituspainehäviö on määrittelynsä tilannekohtaisempi. Yleissääntönä pidetään, että venttiilin painehäviö olisi vähintään yhtä suuri kuin sen vaikutuspiirin verkostonosan painehäviö mitoitusvirtaamalla, venttiilin auktoriteetti on tällöin 0,5. (18, s. 6–10). Säätöventtiilin K_v -arvo voidaan laskea kaavalla 1.

$$k_v = \frac{36q_v}{\sqrt{\Delta p_{tv}}} \quad (1)$$

k_v on venttiilin kapasiteettikerroin (m^3/h)

q_v on venttiilin vesivirta (l/s)

Δp_{tv} on venttiilin painehäviö (kPa).

Yleinen harhakuva on käsittää venttiilin K_{vs} -arvo todellisena virtaamana. Tulee kuitenkin huomioida, että todellinen venttiiliin kohdistuva painehäviö prosessissa ei yleensä ole 100 kPa, vaan painehäviö määräytyy säädettävän

verkoston ominaisuuksien mukaan. Rakennusautomaatiourakoitsija laatii aina venttiililuettelon valitsemilleen venttiileille, jolloin todellinen painehäviö ja virtaama ovat selkeästi tiedossa.

Jos venttiin painehäviö halutaan selvittää, se voidaan puolestaan laskea kaavalla 2.

$$\Delta p_{tv} = \left(\frac{36q_v}{k_v} \right)^2 \quad (2)$$

Säätöventtiin toiminnalle on tärkeää tarkastella sen säätökykyä myös muissa kuin mitoitustilanteessa. K_{vr} -arvo kuvastaa pienintä mahdollista k_v -arvoa, jolla säätöventtiin pystyy vielä säätymään. Kun tiedetään minimi ja maksimi k_v -arvot, voidaan venttiilille laskea säätösuhde kaavalla 3. Säätösuhteen tulisi yleisesti olla minimissään 30. K_{vs} -arvot voidaan myös jakaa kahdelle säätöventtiilille tilanteen mukaan, esimerkiksi muuttuvilmavirtaisissa IV-koneissa. (18, s. 9; 13, s. 41.)

$$S_v = \frac{k_{vs}}{k_{vr}} \quad (3)$$

S_v on venttiin säätösuhde

k_{vs} on venttiin k_{vs} -arvo (m^3/h)

k_{vr} on venttiin k_{vr} -arvo (m^3/h).

Usein suunnittelijat saattavat määrittää vain mitoitusvesivirran ja asettaa maksimipainehäviön säätöventtiileille, jolloin linjasäätöventtiileille laskettujen esisäätöarvojen luotettavuus laskee, kun todellista säätöventtiin painehäviötä ei ole esitetty (19, s. 13). TATE-urakoitsijan tulisi siis toimittaa IV-koneen laitetoimittajalta saadut mitoitustiedot suunnittelijalle, jotta säätöventtiili voidaan mitoittaa oikein. Suunnittelijan mitoituksien perusteella automaatiourakoitsija pystyy tekemään lopullisen venttiilivalinnan valitsemansa laitetoimittajan valikoimasta.

IV-pattereiden lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiin soveltuvat esimerkiksi Belimon valmistamat R2-sarjan 2-tiesäätöpalloventtiilit (kuva 12), joita on saatavilla

geometrisen sarjan mukaisesti k_{vs} -arvoilla 0,25–40 m³/h seuraavan koon ollessa aina 60 % edeltäjäänsä suurempi. (20, s. 1–2.)



Kuva 12. Belimon R2-säätöventtiilin rakenne. (20, s. 1–2.)

Kuvassa 12 esitetyn virtauksenohjauslevyn muoto saa aikaan venttiiliin tasaprosenttisuuden, joka johtaa järjestelmän vakaaseen säätöön (21, s. 5). Virtauksenohjauslevyn rakenne on kuitenkin herkkä keräämään epäpuhtauksia, joten järjestelmän tulisi olla kunnolla huuhdeltu jo ennen lämmitys- ja jäähdytyspatteerien kytkemistä.

Hyvä tapa hallita kokonaisuutta olisi kuljettaa rakennusautomaation venttiililuetteloa sekä laitekohtaisia kytkentäkaavioita yhtenäisenä dokumenttina, jolloin asennusvirheet saadaan minimoitua ja tuottavuus maksimoitua.

3.5.4 IV-verkostojen yhteenveto

Ilmastoinnin lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien teoreettisen toiminnan jälkeen on tärkeä ajatella, miten suunniteltuun kokonaisuuteen on mahdollista päästä ilman epäselvyyksiä työmaalla. Selkeiden raamien rakentamiseksi vaaditaan jokaisen järjestelmään liittyvän osapuolen tavoitteet ja aikataulut.

Ensimmäinen tavoite on yleisesti saada rakennuksen väliaikainen lämmityspäälle. Lämmityksen alajakokeskuksen tulee tässä vaiheessa olla kytkettynä

kaikkien osapuolien toimesta väliaikaiseen toimintavalmiuteen voimassa olevien kaukolämpömääräyksien mukaisesti.

Järkevän toimintajärjestyksen mahdollistamiseksi IV-lämmityksen putkirunkojen tulisi olla valmiudessa, ja painekokeet ja huuhtelut tehtyinä sekä dokumentoituina. Paikallinen lämpölaitos tekee käyttöönottotarkastuksen ja antaa luvan lämmönoimituksen aloittamiseksi. Rakennusaikaisen lämmityksen kytkentöihin tulee asentaa lianerottimet, jolla vältetään niistä irtoavien epäpuhtauksien pääsy huuhdeltuun järjestelmään. Jos vaatimuksena on myös verkoston pesu, tulee se toteuttaa rakennusaikaisen lämmityksen käytön jälkeen.

Kohteessa, joka sisältää paljon erillisiä pienkoneita, tai keskitettyjä IV-koneita on sijoitettu konehuoneiden ulkopuolelle, selkeyden ja hallittavuuden takia IV-lämmityksen runkorakennetta ei tulisi käyttää väliaikaisille lämmittimille.

Luovutusvaiheen lähestyessä aletaan pohjustamaan aikataulua, jolla verkoston säätö- ja mittaustyöt sekä toimintakokeet voidaan suorittaa. IV-koneiden ilmavirrat säädetään yleisesti kone kerrallaan palvelualueiden valmiustason mukaan. Putkiurakoitsija puolestaan pystyy säätämään verkostot luotettavasti vasta, kun kaikki pumput ja muut verkostoon liitetyt laitteet ovat valmiina (22, s. 7).

Toimintakokeiden olennainen osa on IV-koneiden automaation testaaminen kokonaisuudessaan. Edettäessä kone kerrallaan ei putkiurakoitsija pysty vielä toimintakokeiden aikana säätämään verkostoja muilla kuin esisäätöarvoilla, jolloin verkoston virhekohtia ei pystytä havaitsemaan.

IV-lämmitysverkostojen virtauksien säätö alkaa aina patterikohtaisten sekoitupii-rien pumppujen tuottamien virtauksien varmennuksella. (22, s. 9). Vakiopaine-pumpun säätö ei yleisesti tarvitse rakennusautomaatiolta muuta kuin käyntiluvan ja sähköurakoitsijalta sähkö. Pääkiertovesipumppu puolestaan on toiminnassa jo väliaikaisen käytön takia. Säästöventtiilit taas ovat helposti käsiohjattavissa ja lukittavissa auki, eikä niiden lukumäärä usein ole suuri.

Ajatusmalli pyrkii havainnollistamaan, olisiko IV-lämmitys- ja jäähdytysverkostojen säätötyöt mahdollista aikatauluttaa jo ennen ensimmäisiä ilmamäärämittauksia, jolloin ne olisivat varmasti valmiudessa toimintakokeisiin, eikä esimerkiksi talviaikainen jälkilämmityspatterin toimimattomuus estäisi raitisilmapeltien avaamista hidastaen IV-mittauksia.

Etuna voitaisiin myös pitää automaatiourakoitsijan nopeampaa virityksien aloitusta esimerkiksi vuodenaika huomioiden, jolloin kesään ajoittuvan luovutuksen viritykset voitaisiin aloittaa kylmemmällä säällä, minkä seurauksena lämmityksen virityksestä tulisi luotettavampi jo rakennusaikana. (13, s. 34.)

Tilannetta puolestaan varjostaa RT-korttien (103452) ja (10–11301) selkeät kirjaukset toimintajärjestyksestä, joissa rakennuttajan toimintakokeet ovat ennen vesivirtojen mittaus- ja säätötyötä, ja urakoitsijan toimintakokeet puolestaan ennen rakennuttajan toimintakokeita. Tekijällä nousee kysymys, vastaavatko kyseiset ohjekortit kasvaneeseen rakennusautomaation määrään järjestelmissä.

Kohteiden moninaisuuden takia yksiselitteisten johtopäätösten tekeminen on mahdotonta, mutta edellisissä kappaleissa esitetty menetelmä tarjoaa vaihtoehdon, jota voisi ajatella toteutettavaksi.

3.6 Tilojen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät

3.6.1 Puhallinkonvektorit

Toimitilakohteissa puhallinkonvektoreita käytetään jäähdytyskäytössä, ja usein niitä hyödynnetään myös lämmityskäyttöön, jolloin konvektori kytketään sekä lämmitys- että jäähdytysverkostoon.

Puhallinkonvektorit soveltuvat hyvin tiloihin, joissa on suuret lämpökuormat ja ulkoilmavirtojen tarve on vähäistä, minkä takia esimerkiksi toimisto- ja hotelli-huoneet ovat ideaalisia asennuspaikkoja. Puhaltimen pyörimisnopeuden säätö huonesäätimellä mahdollistaa lämpötilamuutosten nopean hallinnan, ja varmistaa termisen viihtyvyyden. (10, s. 138–139.)

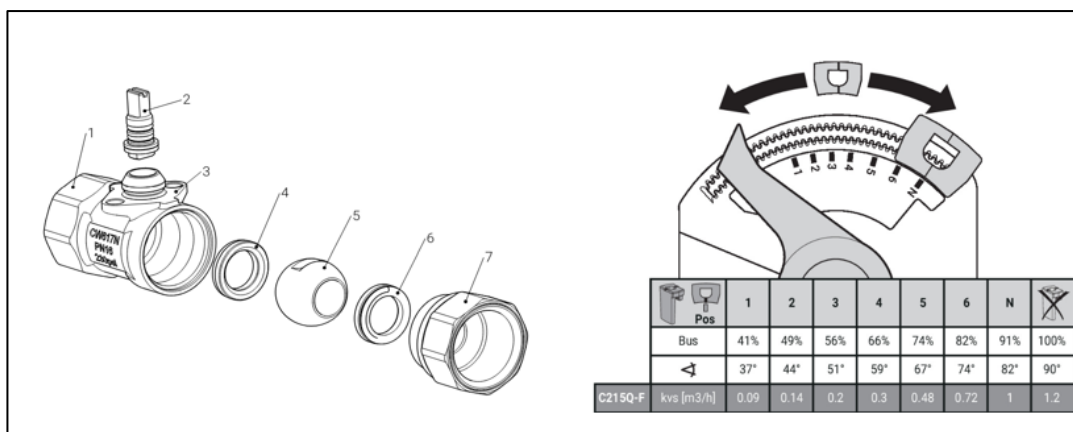
Puhallinkonvektoreille menevää vesivirtaa säädetään usein IV-verkostoista poiketen mekaanisesti rajoitettavilla säätöventtiileillä, koska huonesäätöjärjestelmien säädön tarkkuusvaatimus on yleensä pienempi kuin IV-pattereissa. Rajoitettavalla k_{vs} -arvolla on hyvät puolensa etenkin suurissa kohteissa, koska pystytään käyttämään pääosin samaa venttiilirunkoa ja vaihtaa vain esisäätöarvoa, jonka rajoittaminen tapahtuu joko venttiilirungosta tai toimilaitteesta. (13, s. 42.)

Yleisesti konvektoreille käytetään perinteikästä istukkaventtiiliä tai vyöhykeventtiiliä. Istukkaventtiileissä käytetään termisiä toimilaitteita, joten esisäätöarvo asetetaan venttiilirungosta. Vyöhykeventtiileissä esisäätöarvo asetetaan toimilaitteesta. Kuvassa 12 on esitetty Belimon ZoneTight-sarjan QCV 2-tiesäätöventtiili ja toimilaitte. (23, s. 9).



Kuva 13. Kaksi Belimon ZoneTight-sarjan 2-tiesäätöventtiiliä sekä toimilaitte. (23, s. 9).

Vyöhykeventtiilin sisärakenne vastaa hyvin pitkälle IV-osiossa käsiteltyä kiinteän k_{vs} -arvon säätöpalloventtiiliä lukuun ottamatta virtauksen ohjauslevyä. Toimilaitteen kääntökulma muutetaan rajoittimella asteittain haluttuun k_{vs} -arvoon. Kuvassa 13 havainnollistetaan Belimon QCV-2-tiesäätöventtiilin rakennetta ja toimilaitteen esisäätöä. (23, s. 6–10).



Kuva 14. Belimon ZoneTigth-sarjan säätöventtiilin rakenne sekä toimilaitteen K_{vs} -arvon asetus. (23, s. 6–10.)

Kuvan 13 prosenttiriviltä voidaan lukea venttiilinen virtaama suhteessa täysin avonaiseen venttiiliin. Liian pieneksi asetettu esisäätöarvo suhteessa virtaamaan kasvattaa paine-eroa venttiiliin yli johtaen venttiilin ääniongelmiiin (16, s. 337).

Istukkamallin venttiileissä ääniongelmien lisäksi suurena ongelmana on putkiurakoitsijan näkökulmasta lian kertyminen. Vaikka järjestelmä olisi hyvin huuhdeltu ennen asennusta, rakenne yhdistettynä termomoottorin tyyppiin voivat luoda hankalasti ennustettavan kokonaisuuden.

Termomoottorin tyypeinä toimivat jännitteettömästi auki oleva NO (*normally open*) ja jännitteettömästi kiinni oleva NC (*normally closed*). Normaalityllassa oleva toimilaitte kuluttaa vähemmän sähköä, eli Suomen tasolla voidaan tilanteen mukaan ajatella jäähdytyksessä käytettävän NC- ja lämmityksessä NO-mallia.

Termomoottorin toiminta perustuu laajenevaan vahaan, ja sen ajoaika auki-asennosta kiinniasentoon on tyypillisesti suhteellisen hidasta, jolloin lämpötilamuutoksen havaittavuus voi olla kohteelle riittävä, mutta työmaa-aikaiselle toiminnan varmennukselle työläs. Selvitystöiden välttämiseksi tulisi jakotukkeihin merkitä tarkasti, mihin kyseinen putki menee.

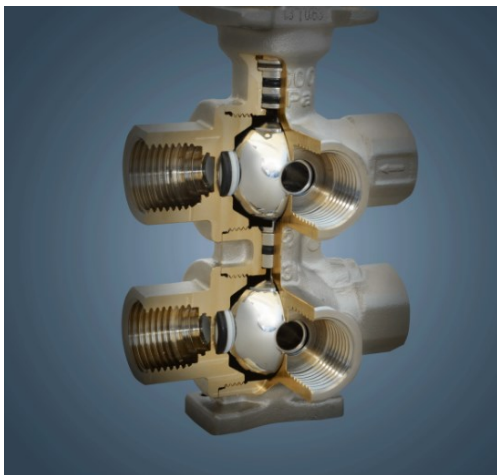
Istukkamallisen venttiilin ja termisen toimilaitteen käyttö tulee perustelluksi etenkin jakotukkeja hyödyntävissä patteri- ja lattialämmitysjärjestelmissä halvemman hankintahinnan takia. Konvektoreissa ja aktiivipalkeissa puolestaan voisi kappalemenekkiä ja toiminallisuutta huomioida tarkemmin.

3.6.2 Kattosäteilijät ja palkit

Toimitilakohteissa säteilypaneelit ja jäähdytyspalkit sijoittuvat pääosin avotoimistoihin ja koulujen luokkahuoneisiin. Palkit voidaan jakaa kahteen kategoriaan, passiivisiin ja aktiivisiin. Passiivipalkit vastaavat järjestelmältään jäähdytyspaneeleja, koska niihin ei tuoda kiinteästi tuloilmaa. Aktiivipalkkeihin puolestaan yhdistetään tuloilmakanava, jolloin niiden lämmönsiirtoteho kasvaa pakotetun konvektion ansiosta. Jäähdytyspaneeleissa ja passiivipalkeissa konvektion määrää pyritään kasvattamaan tuloilmalaitteella, joka sijoitetaan palkin tai paneelin alkupäähän, esimerkiksi otsaan. Passiivipalkkeja hyödynnetään yleisesti vain jäähdytykseen, joten tässä työssä käsitellään säteilypaneeleita ja aktiivipalkkeja. (10, s. 142–148.)

Eryisesti avotoimistoissa tekniikka kulkee usein alakatollisella käytäväosuu-
della, joista paneelit tai palkit on jaettu otsarakenteella tiloihin. Tällöin säätö-
venttiilit sijoitetaan tyypillisesti alakattorakenteen puolelle. Kuten mainittu, myös
tuloilmaa tuodaan joko suoraan palkkiin, tai päätelaite sijoitetaan linjaan panee-
lin kanssa. Samasta kohdasta tuodaan usein läpi myös valaisimet ja pistora-
siapylväiden sähkönsyötöt. Tilanne muodostaa kokonaisuuden, jossa asennus-
järjestys ja säätöventtiilien käsiksi päästävyys sekä toiminallisuus tulisi varmis-
taa erityisen tarkasti, monessa eri kohdassa malliasennuksilla.

Palkkeja tai paneeleja sijoitetaan avotoimisto-osuuksille yleisesti lukuisia, ja tek-
niikka mahdutetaan pieneen tilaan, joten toteutustavaksi muodostuu usein 6-tie-
venttiilit. 6-tieventtiili (kuva 14) on yksi säätöventtiili, johon yhdistyvät molemmat
lämmitys- ja jäähdytysverkot omilla kiinteillä k_{vs} -arvoillaan. Käytännössä ti-
lanne vastaa kahta toisistaan riippumatonta 2-tieventtiiliä, joilla on yhteinen
kara. (24.)



Kuva 15. 6-tieventtiilin rakenne (24.)

6-tieventtiileissä käytetään IV-verkostoistakin tuttua toimilaitetta, mutta karan ohjaus perustuu tilanteeseen jossa 0–10 V ohjausviesti on jaettu lämmityksen ja jäähdytyksen kesken esimerkiksi siten, että 0–4,5 V jännite koskee jäähdytystä ja 5,5–10 V lämmitystä. Venttiilin asentoa on vaikea arvioida, eikä käsiohjaus ole järkevää. (12.)

Verkoston kuormitus vaihtelee etenkin keväällä, jolloin suurin osa venttiileistä on vielä kiinni. Pumpun taajuusmuuttaja pyrkii pitämään paineen verkostossa tasaisena, ja optimaalisen toiminnan takaamiseksi tulisi verkostot aina varustaa ohituslenkeillä, jolloin nollakuormasta aiheutuvat ongelmat voidaan välttää ja taajuusmuuttajan kierroslukualueelle määritellä minimi-tilanne. (16. s. 336–339.)

6-tieventtiileiden lukumäärän ja osakuormitusten perusteella voisi olla perusteltua käyttää muissa verkoston laitteissa paineesta riippumatonta tasapainotus- ja säätöventtiiliä.

3.7 Tilojen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien ohjaus

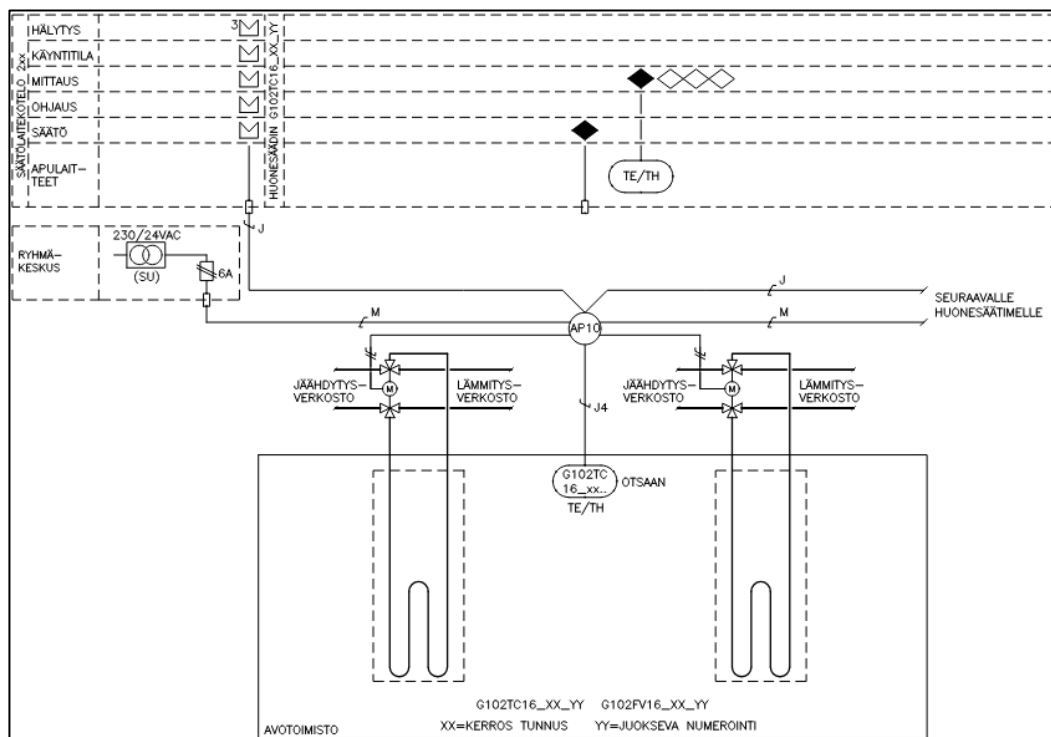
Tilojen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien kokonaisuus koostuu todella monesta eri palasesta, joista pienimmänkin puuttuminen saattaa estää toisen aselajin kriittisiä töitä. Erityisesti huonesäätöjen sekä vesivirtojen mittaus- ja

säätöiden yhteensovitukselliset asiat ovat tyypillinen epäselvyys putki- ja automaatiourakoitsijan välillä.

Yleisesti toimitilakohteiden kerroksissa on lohko- tai kerroskohtaiset säätölaitte-kotelot (SLK) tai valvonta-alakeskukset (VAK), joista alueelle johdetaan Mod-bus- tai BACnet-väylä, johon huonesäätimet ketjutetaan. Toinen olennainen ketju on kerros- tai lohko-kohtaisista ryhmäkeskuksista tuleva huonesäätimien tarvitsema 24 V käyttöjännite. (12.)

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien ilmauksille ja oikea-aikaisille toiminnanvar-mennuksille tulisi jo ennen luovutusvaihetta saada säätöventtiileiden asentoja muokattua rakennusautomaation välityksellä.

Kuvassa 15 on esitetty säteilypaneelien säätökaavio, josta nähdään huonesäätimen ja siihen liittyvien venttiileiden kaapelointiperiaate. (12.)

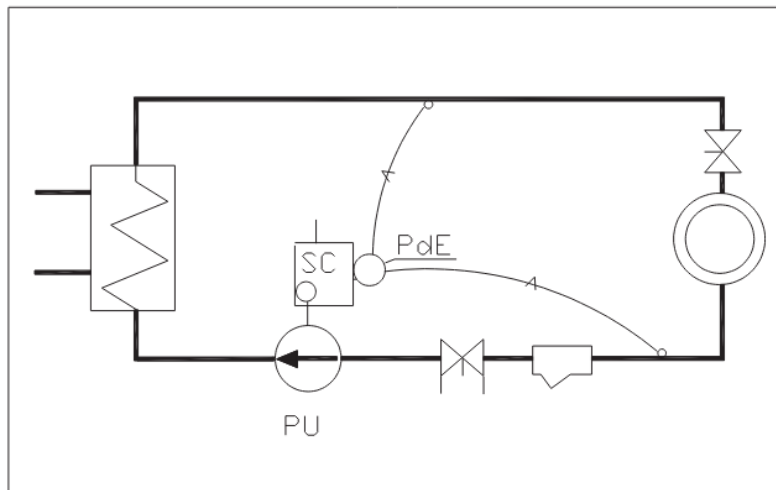


Kuva 16. Säteilypaneelien huonesäätökaavio. (12.)

oikeanlaisesta toiminnasta, ja todentaa verkoston veden kierto ja ilmaustarve jo ennen virtausmittauksien aloitusta.

3.8 Alajakokeskuksien pumppujen ohjaus

Yleisesti nykyaikaisten kohteiden lämmitys- ja jäähdytysverkostojen pumppuja ohjataan niihin integroitujen taajuusmuuttajien avulla. Ohjaukselle asetellaan raja-arvot, joista yleisin on vakiopaine-ero verkoston yli tai pienemmissä järjestelmissä pumpun yli. Paine-eromittaus verkoston yli on esitetty kuvassa 18. (25, s. 5.)



Kuva 18. Paine-eromittaus verkoston yli. (25, s. 5.)

Paine-eromittaus verkoston yli perustuu vesivirtojen mittaus- ja säätötoissa saatuun tilanteeseen, jossa pumpun nostokorkeus vastaa vaikeimman kiertopirin painehäviötä, ja saavutetaan suunnitellut virtaamat. Maksimitilanne toimii raja-arvona, jonka yli verkoston paine-eron ei tarvitse nousta. Osakuormalla puolestaan virtaama pienenee, mikä johtaa suoraan affiniteettisääntöjen mukaiseen nostokorkeuden kasvamiseen, jolloin taajuusmuuttaja pudottaa pumpun kierrosnopeutta pitäen paine-eron verkoston yli vakiona. (16, s. 337–338)

Selkeän kokonaisuuden saavuttamiseksi olisi paine-erolähetin järkevä toimittaa lämmönjakokeskuksen toimittajalle, joka asentaa lähettimet siistiin riviin ja putkittaa kuparit etäällä muista keskuksen komponenteista.

Yleisesti verkostojen päihin asennetaan ohituslenkit, jolloin verkostossa on kiertoa, vaikka kaikki säätöventtiilit olisivat kiinni. Tällä taataan pyynnin kasvaessa nopeasti oikean lämpöistä vettä. Lisäksi automaatiourakoitsijan lämpötila-antureilta saadaan reaaliaikaista tietoa menoveden lämpötilasta. (16, s. 336–337.)

Mikäli etenkin talvella luovutettujen kohteiden jäähdytysverkoston fluidin lämpötila nousee merkittävästi, saatetaan tehdä johtopäätös, että lämmitys- ja jäähdytysverkostot olisi kytketty ristiin. On kuitenkin mahdollista, että ohituskiertojen puuttuessa saattaa pumppu käydä seinää päin jäähdytyskuorman ollessa pieni nostaen verkoston lämpötilaa.

4 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli havainnollistaa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä esiintyviä yleisiä epäselvyyksiä sekä pyrkiä nostamaan esiin asioita, joiden tarkemalla huomioinnilla olisi mahdollista välttää ongelmien muodostumista suunnitteluvaiheessa ja selkeyttää talotekniikan yhteensovitusta rakennushankkeen toteutusvaiheessa.

Työssä pyrittiin löytämään mahdollisimman laaja-alaisesti lähdeaineistoa, johon perehtymällä havaittiin, että tietoa suoranaiseen aihepiiriin yhteensovitukseen ja laadunvarmennukseen liittyen oli melko rajallisesti saatavilla, koska suurin osuus materiaalista keskittyy joko LVI- tai rakennusautomaatiotekniikan detajitason ajatteluun. Laitevalmistajat tarjoavat omille tuotteilleen melko laajasti tietoa yhteensovituskellistakin asioista, jotka tulisi tarkentaa aina kohdekohtaisille laitteistoille sopiviksi.

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien yhteensovituskellisesti haastavimmiksi komponenteiksi voidaan todeta säätöventtiilit, joiden toiminta kulkee rinnan

rakennusautomaation toiminnan kanssa. Oikealla toimintajärjestyksellä ja selkeällä dokumentoinnilla hallittavuus on kuitenkin mahdollista saavuttaa.

Työ toimii itsessään ohjeena, jonka pohjalta voidaan kehittää toimintatapoja sekä dokumentteja, joilla laajasti kehittyvää rakennusautomaatiota osataan huomioida tarkemmin osana lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiä.

Lähteet

- 1 Rakennushankkeen kustannushallinta. 2018. Ratu KI-6033. Rakennustieto.
- 2 KVR-esisopimuksen laatiminen. 2022. RT 103415. Rakennustieto.
- 3 Junnonen, Juha-Matti & Kankainen, Jouko. 2020. Rakennuttaminen. E-kirja. Rakennustieto.
- 4 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18. 2017. RT 10-11290. Rakennustieto.
- 5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta. 2018. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö.
- 6 Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. Julkaisu K1/2021. 2021. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <<https://energia.fi/julkaisut/rakennusten-kaukolammitys-maaraykset-ja-ohjeet-julkaisu-k1-2021/>>. Päivitetty 12.9.2022. Luettu 17.4.2024.
- 7 Rakennusten kaukojäähdytys. Yhtenäiset laatuvaatimukset, suositukset ja ohjeet J1/2023. 2023. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <<https://energia.fi/suosituks-ja-ohjeet/rakennusten-kaukojaahdytys-suositus-j1-2023/>>. Luettu 17.4.2024.
- 8 Teknisiä ohjeita kiinteistön kaukolämpötiloihin. 2022. Verkkoaineisto. Nevel. <<https://nevel.com/wp-content/uploads/2022/03/Nevel-tekniset-ohjeet-2022-2.pdf>>. Luettu 17.4.2024.
- 9 Kaukolämmön yleiset sopimusehdot, suositus, Julkaisu T1/2021. Verkkoaineisto. Energiateollisuus ry. <<https://energia.fi/julkaisut/kaukolammon-yleiset-sopimusehdot-2021-suositus-1/>>. Luettu 17.4.2024.
- 10 Heinonen, Jarkko & Sandberg, Esa. 2016. Ilmastointitekniikka, osa 1: sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut.
- 11 Kaukojäähdytyksen järjestelmäohje. Verkkoaineisto. Helen. <https://www.helen.fi/globalassets/jaahdytys/ammattilaiset/kaukojaahdytys/kaukojaahdytyksen_jarjestelmaopas.pdf>. Luettu 17.4.2024.
- 12 Rakennuautomaatiodokumentit, projekti LSC1. 2022. Yrityksen sisäinen aineisto. Caverion Suomi Oy.

- 13 Rakennusautomaatiojärjestelmät. 2018. ST-käsikirja 17. Sähköinfo.
- 14 Rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu. 2022. ST 701.32. Sähköinfo.
- 15 Ouman S203 kolmipiirinen lämmönsäädin. Verkkoaineisto. Ouman Oy. <<https://kauppa.ouman.fi/tuote/s203/>>. Luettu 17.4.2024.
- 16 Heinonen, Jarkko & Sandberg, Esa. 2016. ilmastointitekniikka, osa 2: Ilmastointilaitoksen mitoitus: opastusta sisäilmaston, ilmastointilaitoksen järjestelmien, tilailmastoinnin, kanavistojen, koneiden sekä jäähdytys- ja rakennusautomaatiojärjestelmien suunnitteluun ja mitoitukseen. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut.
- 17 Ympäristöluokitukset. Verkkoaineisto. Green Building Council Finland. <<https://figbc.fi/ymparistoluokitukset>>. Luettu 21.4.2024.
- 18 Laiho, Esa-Matti. 1997. Säätoventtiilit. Opintomateriaali. Mikkelin ammattikorkeakoulu.
- 19 Sipola, Ville. 2018. LVI-järjestelmien hydraulisten piirien säätoventtiilien mitoitus. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 20 Notes for project planning: 2-way and 3-way characterised control valves. Verkkoaineisto. 2024. Belimo. <https://www.belimo.com/mam/europe/technical-documentation/project_planning_notes/belimo_notes-for-project-planning_2-way-3-way-characterised-control-valves_en-gb.pdf>. Luettu 9.5.2024
- 21 8 reasons for the use of characterised control valves. Verkkoaineisto. Belimo. <https://www.belimo.com/mam/europe/marketing_communication/brochures-and-flyers/water_solutions/eu_en-gb/belimo_characterised-control-valve_8-reasons_brochure_a4_emea_en-gb.pdf>. Luettu 17.4.2024.
- 22 Nestekiertoiset lämmitys- ja jäähdytysverkot. Virtauksien säätö. 2022. RT 103452. Rakennustieto.
- 23 Notes for project planning: Belimo ZoneTight – QCV 2-way characterised control valve and 3-way changeover ball valve. Verkkoaineisto. Belimo. <https://www.belimo.com/mam/europe/technical-documentation/project_planning_notes/belimo_notes-for-project-planning_ZoneTight-QCV_en-gb.pdf>. Luettu 17.4.2024.
- 24 Hickey, Lisa. 2015. Improving Chilled Beam Performance and Cost-Effectiveness. Verkkoaineisto. Belimo.

<<https://blog.belimo.com/blog/blog/bid/78051/improving-chilled-beam-performance-and-cost-effectiveness>>. Luettu 17.4.2024.

- 25 Taajuusmuuttajakäytöt rakennusautomaatiossa, suunnittelu. 2018. ST 715.10. Sähköinfo.