



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Petri Åman

Toimistorakennuksen kiertovesiverkoston virtausteknisen säädön toteutus

Opinnäytetyö
Kevät 2021
SeAMK Tekniikka
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: LVI-tekniikka

Tekijä: Petri Åman

Työn nimi: Toimistorakennuksen kiertovesiverkostojen virtausteknisen säädön toteutus

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2021

Sivumäärä: 88

Liitteiden lukumäärä: 2

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia opas ja tutkia toimistorakennuksen LVI-kiertoverkostojen eli lämmitysverkostojen, jäähdytysverkostojen ja lämpimän käyttöveden kiertoverkostojen säätöä ja tasapainotusta ja sen toteutusta käytännössä. Aihepiiristä ei löytynyt yhtenäistä, kattavaa käytännön opasta.

Työssä läpikäytiin toimistorakennuksissa tyypillisiä LVI-kiertoverkostoja, verkoston säätökomponentteja, säätämisen teoriaa, edellytyksiä, mittausmenetelmiä, mittauspaikkoja, eri mittalaitteita, mittalaitteen käyttöä, mittauspöytäkirjan laadintaa ja mittaukseen liittyviä epävarmuustekijöitä. Mittaukset ja säädöt käsiteltiin työssä uudisrakentamisen näkökulmasta, mutta samoja menetelmiä voidaan hyödyntää myös korjausrakentamisessa ja olemassa olevien rakennusten kiertovesiverkostojen perussäätötyössä. Työn referenssikohteena oli uusi toimistorakennus. Työhön sisältyi LVI-kiertoverkostojen virtaamien mittaukset ja huonetilojen lämpötilamittaukset.

Kiertoverkostoja todettiin olevan monenlaisia ja eri verkostoilla olevan erilaisia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat säätö- ja mittaustyön kulkuun. Kiertoverkostojen asianmukaisen suunnittelun, toteutuksen ja käyttöönoton todettiin vaikuttavan eniten säätö- ja mittaustoimenpiteiden onnistumiseen.

¹Asiasanat: jäähdytysvesi, lämmitysjärjestelmät, mittaus.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: HVAC Technology

Author: Petri Åman

Title of thesis: Controlling the fluid flow in circulation systems in office buildings

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2021

Number of pages: 88

Number of appendices: 2

The purpose of the thesis was to guide and examine the measurements and control of fluid flows in fluid circulation systems in office buildings. The fluid circulation systems are heating systems, cooling systems and domestic hot water circulation systems. Controlling and balancing the flow in the fluid systems was presented. Typical circulation systems, components, metering instruments, flow metering and reporting were also presented in the thesis. The emphasis of the thesis was in new buildings but the measures in the thesis would also be suitable for renovation work.

¹ Keywords: cooling water, heating systems, measurement

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva- ja kuvioluettelo.....	7
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	10
1 JOHDANTO	11
2 KIERTOVIKESIVERKOSTOT TOIMISTORAKENNUKSESSA	12
2.1 Lämmitysjärjestelmä.....	12
2.2 Jäähdytysjärjestelmä.....	15
2.3 Lämpimän käyttöveden kiertojärjestelmä	19
3 TEHO, TILAVUUSVIRTA, LÄMPÖTILAERO, PAINEHÄVIÖ	21
3.1 Lämmitysverkosto	21
3.2 Jäähdytysverkosto ja lauhdutinverkosto	22
3.3 Lämpimän käyttöveden kiertojärjestelmä	23
3.4 Painehäviö kiertovesijärjestelmissä	23
4 VIRTAAMAN SÄÄTÖKOMPONENTIT KIERTOVIKESIJÄRJESTELMISSÄ	25
4.1 Patteriventtiilit.....	25
4.2 Jakotukin säätöventtiilit	27
4.3 Linjasäätöventtiilit.....	28
4.4 Paine-erosäätimet	29
4.5 Ohitusputket ja ylivirtausventtiilit.....	31
4.6 Päätelaitteventtiilit	32
4.7 Sekoitusventtiilit	33
4.8 Termostaatit ja toimilaitteet.....	34
4.9 Kiertovesipumput	35
5 MITTALAITTEET VIRTAAMIEN MITTAUKSEEN	39

5.1	Verkoston kiinteät virtausmittarit.....	39
5.1.1	Kohomittarit.....	39
5.1.2	Energiamittarin virtausmittaus.....	40
5.2	Kannettavat virtausmittarit.....	41
5.2.1	Paine-eron mittaukseen perustuvat virtausmittarit	41
5.2.2	Kannettavat ultraäänimittarit	44
6	SÄÄTÄMINEN JA MITTAUS	46
6.1	Tarve vesivirtojen säädölle ja mittaukselle.....	46
6.2	Säädön edellytykset	47
6.3	Verkoston lämmönsiirtonesteet	47
7	SÄÄDETTÄVÄ TYÖKOHDE.....	48
7.1	Työkohteen yleistietoa.....	48
7.2	Työkohteen lämmitysjärjestelmä	48
7.3	Työkohteen jäähdytysverkosto	51
7.4	Työkohteen lämpimän käyttöveden kiertoverkosto	57
8	TYÖKOHTEEN SÄÄTÖ JA VIRTAAMIEN MITTAUS	58
8.1	Lämmitysjärjestelmä.....	58
8.1.1	Patteriverkosto	58
8.1.2	Ilmanvaihtokoneen lämmitysverkosto	64
8.1.3	Lämmitysjärjestelmän pääpiiri.....	67
8.2	Jäähdytysjärjestelmä.....	69
8.2.1	Jäähdytysvesiverkoston pääpiiri	69
8.2.2	Jäähdytyspalkkiipiiri	70
8.2.3	Lauhdutinverkosto.....	72
8.2.4	Hätäjäähdytysverkosto.....	73
8.3	Lämpimän käyttöveden kiertoverkosto	74
9	LÄMPÖTILAMITTAUKSET	75
9.1	Yleistä lämpötilamittauksista	75
9.2	Työkohteen lämpötilamittaukset	75

10 MITTAUSTULOKSIEN RAPORTOINTI	79
10.1 Mittauspöytäkirja	79
10.2 Mittausepävarmuus	79
11 YHTEENVETO	83
LÄHTEET	84
LIITTEET	88

Kuva- ja kuvioluettelo

Kuva 1. Ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatteri.	15
Kuva 2. Danfoss RA-N -merkinen patteriventtiili patterin menoputkessa.	25
Kuva 3. IMI TA TRIM -merkinen paluuventtiili patterin paluuputkessa.	26
Kuva 4. Lattialämmitysjakotukki venttiileineen ja toimilaitteineen.	27
Kuva 5. IMI TA STAD linjasäätöventtiili.....	29
Kuva 6. Kolmitiesekoitusventtiili.	34
Kuva 7. Sähköinen toimilaitte asennettuna patteriventtiiliin.	35
Kuva 8. Grundfos Magna3 kiertovesipumppu asennettuna lämpöjohtoputkeen.	38
Kuva 9. TA-CMI virtausmittari.	43
Kuva 10. TA-CMI mittaustilanne näytöllä.	44
Kuva 11. Lämmityksen alajakokeskus IV-konehuoneessa.	49
Kuva 12. IV-koneen jäähdytyspatterin sekoitusventtiili ja putkikytkennät.	52
Kuva 13. Jäähdytyspalkki neuvottelutilan katossa.	54
Kuva 14. Vedenjäähdytyskoneen kylmävesiasema komponentteineen.....	55
Kuva 15. Vedenjäähdytyskoneen lauhdutinpiirin nestejäähdytin.	56
Kuva 16. Oventrop AV9 esisäädettävä patteriventtiili.	61
Kuva 17. Ilmanvaihdon lämmitysverkoston päävesivirran mittaus alajakokeskuksen linjasäätöventtiililtä.	63
Kuva 18. Kolmeks AE-26/4 SCC -kiertovesipumppu.	64
Kuva 19. Ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatterin sekoitusryhmä.	65

Kuva 20. Schneider Electric SE8300 -huonesäädin.	76
Kuva 21. Infrapunalämpömittarilla lämpötilan mittaaminen seinäpinnasta.....	77
Kuva 22. Putkistoon asennettu nestepatsaslämpömittari.	78
Kuva 23. Saman putkilinjan virtaaman mittaus kahdella eri mittausperiaatteella.....	82
Kuvio 1. Vesikiertoisen patterilämmitysjärjestelmän periaate.	13
Kuvio 2. Tyypillinen toimistorakennuksen välillinen jäähdytysjärjestelmä liuoslauhdutteisella vedenjäähdytyskoneella..	18
Kuvio 3. Lämpimän käyttöveden kiertojärjestelmän periaate.....	20
Kuvio 4. Paine-erosäädin ja linjasäätöventtiili asennettuna putkilinjaan..	31
Kuvio 5. IMI TA BPV ylivirtausventtiili.	32
Kuvio 6. Päätelaiteventtiili Oventrop Cocon QTZ.....	33
Kuvio 7. Pumpun ja putkiverkoston ominaiskäyrä.....	36
Kuvio 8. Lattialämmitysjakotukki virtausmittareilla..	39
Kuvio 9. Linjasäätöventtiili virtausmittarilla.....	40
Kuvio 10. Energiamittari.....	41
Kuvio 11. Ultraäänivirtausmittari..	45
Kuvio 12. Chiller Giant Vari -suurtehokonvektori..	53
Kuvio 13. Leikkaus lämmitysverkoston pohjapiirustuksesta.....	60
Kuvio 14. Leikkaus pohjapiirustuksesta, jossa on patteriverkoston ja ilmanvaihtoverkoston päävirtaamat merkitty.....	62

Kuvio 15. Leikkaus "Lämmönjakokeskuksen mitoitus tiedot" -asiakirjasta, jossa määritetty lämmitysjärjestelmän kiertovesipumput.....	63
Kuvio 16. Ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatterin putkiston kytkentä..	66
Kuvio 17. Leikkaus kytkentäkuvasta pääpiirin sekoitusryhmälle kattilahuoneessa	68
Kuvio 18. Oventrop Cocon QTZ -päätelaitteventtiilin yli vaadittava paine-ero suhteessa nimellisvesivirran asetukseen.	71
Kuvio 19. TA-CMI virtausmittarin mittausalue ja mittavirhe.....	80
Kuvio 20. Linjasäätöventtiili TA STAD mittaustarkkuus.....	81

Käytetyt termit ja lyhenteet

- Lämmitysjärjestelmä** Laitteisto, jolla huonetilan tai rakennuksen sisäilmaan tuodaan lämpöenergiaa väliaineen avulla, jotta sisäilman lämpötila saadaan pidettyä suunnitelmanmukaisena.
- Jäähdytysjärjestelmä** Laitteisto, jolla rakennuksen sisäilman liiallinen lämpöenergia viedään väliaineen avulla pois huonetilasta tai rakennuksesta.
- Virtaama** Putkessa tai kanavassa liikkuvan väliaineen tilavuuden määrä aikayksikköä kohti tarkastelupisteessä. Lukumäärä voidaan ilmoittaa yksiköissä m^3/s , m^3/h , l/s tai l/h .
- Pumppu** Laite, joka kierrättää nestettä putkistossa.
- Väliaine** Putkistossa liikkuva aine, joka sitoo lämpöä itseensä ja luovuttaa sen toisaalle. Aine on yleensä vesi, mutta se voi olla myös vesi-glykoliseos, vesi-etanoliseos, öljy, höyry tai ilma.

1 JOHDANTO

Rakennuksen sisäilmaston suunniteltuja olosuhteita pyritään pitämään yllä LVI-teknisillä järjestelmillä. Olosuhteisiin vaikutetaan lämmitysjärjestelmällä, jäähdytysjärjestelmällä ja ilmanvaihtojärjestelmällä.

Kiertovesiverkostojen oikeilla suunnitelmanmukaisilla virtaamilla on merkittävä vaikutus kiinteistön energiatehokkuuteen ja tätä kautta kustannuksiin. Tätä perussäädöksikin kutsuttua toimenpidettä käytetään, kun uudet vesiverkostot otetaan käyttöön tai saneerauskohteessa, kun lämpötilat vaihtelevat suunnitelluista lämpötiloista. Perussäädössä jokaiselle lämmönluovuttimelle tai jäähdytyslaitteelle asetetaan ja säädetään suunniteltu lämmönsiirtoaineen virtaama, jolla tulisi saavuttaa huonetilaan suunnitellut sisäilmaston olosuhteet. Lisäksi säädetään lämpimän käyttöveden kiertojohdon virtaamat, jotta jokaisesta vesipisteestä saadaan lämmintä vettä riittävän nopeasti ja lämpimän veden lämpötilataso pysyy riittävän korkeana. Liian matala lämpötila lämpimän käyttöveden järjestelmässä saattaa muodostaa putkistoon terveydelle haitallisia legionella-bakteereja.

Virtaaman mittaus, toteaminen ja raportointi tehdään tähän tarkoitukseen tehdyllä virtausmittarilla mittaamalla putkilinjojen lämmönsiirtoaineiden virtaamat. Lisäksi huonetiloista tehdään sisälämpötilamittaukset, joilla varmistetaan laskennallisten mitoituksien toimivuus käytännössä. Tässä työssä keskitytään lämmitysverkoston, jäähdytysverkoston ja lämpimän käyttöveden kiertoverkoston mittaukseen ja säädön perusteisiin, toteutukseen ja raportointiin.

2 KIERTOVIKESIVERKOSTOT TOIMISTORAKENNUKSESSA

2.1 Lämmitysjärjestelmä

Rakennuksen lämmitysverkosto muodostuu lämmönlähteestä, lämmönsiirtoverkostosta ja lämmönluovuttimista. Lämmönlähde voi olla kaukolämmön alajakokeskus, polttoainetta polttava lämmityskattila, sähkökattila tai lämpöpumppu. Lämmönlähde on sijoitettu lämmönjakohuoneeseen tai kattilahuoneeseen. Lämmönsiirtoverkosto muodostuu putkistosta, jossa lämmönsiirrossa käytettävän väliaineen avulla lämmitysenergia siirretään lämmönlähteeltä lämmönluovuttimille ja vastaavasti lämpöenergiansa luovuttanut väliaine palaa lämmönluovuttimilta takaisin lämmönlähteelle lämpenemään uudelleen. Verkostossa lämpöä siirtävä väliaine voi olla vettä, höyryä, ilmaa tai liuosta, pääasiassa vettä. Lämmönsiirtoverkosto koostuu muun muassa putkista, käyristä, T-kappaleista sekä komponenteista, kuten sulkuventtiileistä, linjasäätöventtiileistä, pumpuista ja niin edelleen. Lämmönsiirtoverkoston putkimateriaalina voi olla teräs, kupari, muovi tai komposiitti. Lämmitysverkoston putkisto voidaan rakentaa usealla eri tavalla. Lämmönluovuttimet voidaan kytkeä putkistoon yksiputkikytkentänä, kaksiputkikytkentänä tai jakotukkiperiaatteella, yläjakoisena tai alajakoisena sekä edellä mainittujen tapojen yhdistelminä. (Seppänen 2001, 119-126.)

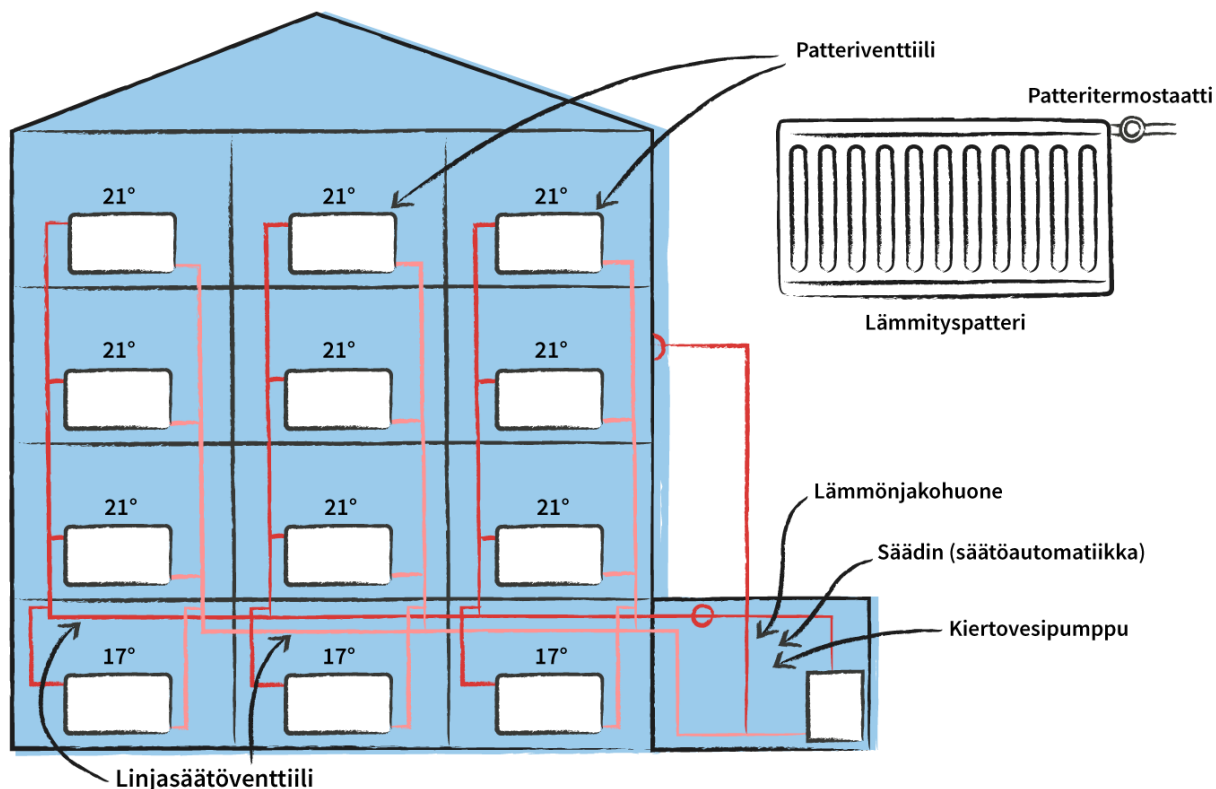
Lämmönluovuttimet siirtävät väliaineessa olevan lämpöenergian huoneilmaan. Perinteinen lämmönluovuttimen tyyppi on lämmityspatteri. Pattereita on olemassa eri mallisia, muun muassa teräslevyradiaattoreita, konvektoreita, liitepattereita, putkipattereita ja ripapattereita. Konvektorien lämmönsiirtotehoa voidaan tehostaa puhaltimella, jolloin puhutaan puhallinkonvektorista tai kiertoilmakojeesta. Konvektori voi olla myös ilmanvaihtojärjestelmän tuloilman lämmitin, jolloin puhutaan kanavapatterista. Patterien lämmönsiirto perustuu sekä säteilyyn että konvektioon. Toinen lämmönluovuttimen tyyppi on rakenteessa oleva putkisto, kuten lattialämmitys ja kattolämmitys. Lattialämmityksessä putkisto lämmittää koko lattiarakenteen, josta lämpö siirtyy huonetilaan pääasiassa lämpösäteilynä. (Seppänen 2001, 160–163, 182–183.)

Vesikiertoisesta kattosäteilylämmityksessä lämmönluovutin koostuu kasettielementeistä, joissa kupariputki on laajennettu alumiiniprofiilin sisään. Lämpö siirtyy putkessa kiertävästä

väliaineesta putkeen ja putkesta alumiiniprofiiliin ja säteilee siitä lämmittäen ympäristön pintoja. Lämmenneet pintamateriaalit lämmittävät ilman. Elementit kiinnitetään yleensä katon sisäpintaan näkyville. Lämmönsiirto perustuu pääasiassa lämpösäteilyyn, vaikka profiilin pinnassa tapahtuu myös konvektiota. Kattosäteilijöitä käytetään pääasiassa hallien lämmityksessä, mutta ne soveltuvat periaatteessa myös muihin tiloihin, kuten toimistotiloihin. (Lindab, [viitattu 28.2.2021].)

Kuviossa 1. on esitelty perinteisen vesikiertoisen patterilämmitysverkoston periaate esimerkiksi toimistorakennuksessa. Kuviossa patterit on kytketty putkistoon kaksiputkijärjestelmän periaatteella, alimmissa kerroksissa yläjakoisena putkituksena ja muissa kerroksissa alajakoisena putkituksena.

VESIKIERTOISEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN KESKEISET OSAT



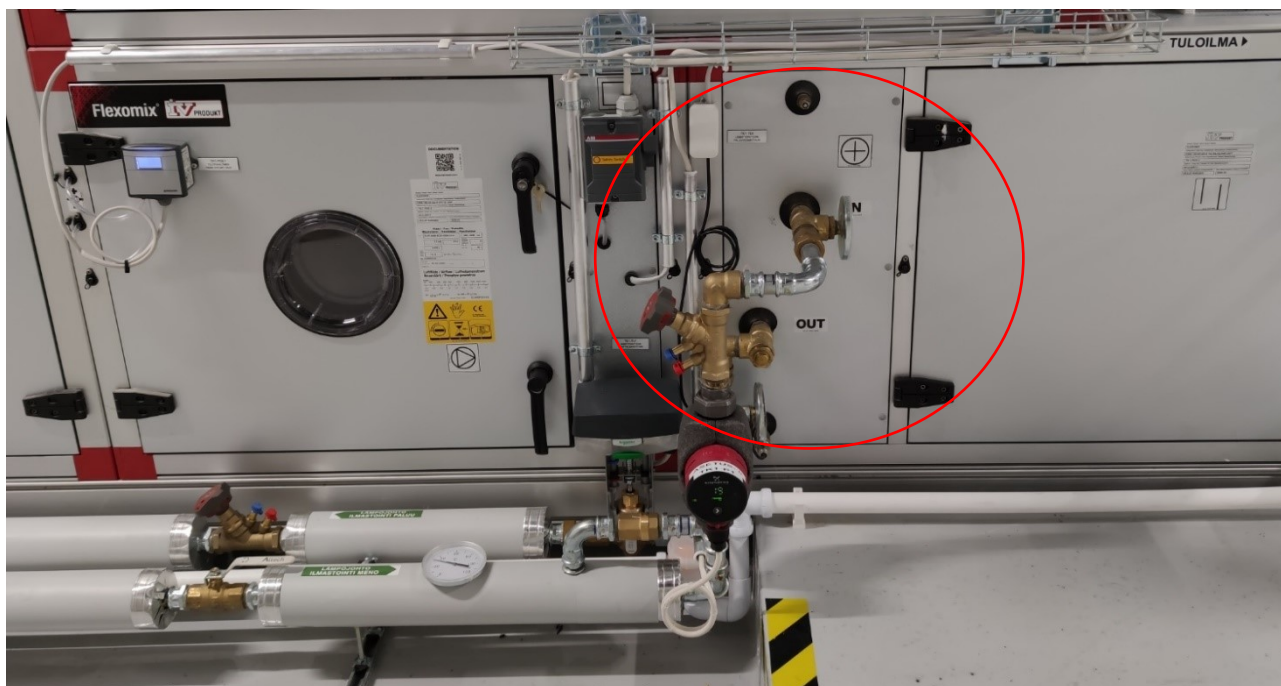
Kuvio 1. Vesikiertoisen patterilämmitysjärjestelmän periaate (HSY, [viitattu 21.2.2021]).

Myös ilmanvaihtojärjestelmän tuloilmaa voidaan käyttää rakennuksen lämmittämiseen. Tuloilma lämmitetään ilmanvaihtokoneen kanavapatterilla. Huonetiloihin puhallettava lämmin tuloilma ja muihin huoneisiin liikkuva siirtoilma lämmittää huonetilat. Ilmalämmitys on enimmäkseen pienempien rakennusten lämmitystapa. (Seppänen & Seppänen 2007, 174.)

Myös ilmanvaihtojärjestelmällä rakennuksen sisään puhallettavaa tuloilmaa joudutaan talvisin lämmittämään, koska pelkkä poistoilman lämmöntalteenotto ei yleensä yksistään kykene lämmittämään tuloilmaa riittävästi. Ilmanvirran lämmitys tapahtuu vesikiertoisella kanavapatterilla, joka on asennettuna yleensä kiinteästi ilmanvaihtokoneen yhteyteen tuloilmavirtaan. Joissain tapauksissa tuloilma lämmitetään ainoastaan vesikiertoisella kanavapatterilla. (Energiatehokas koti, 17.3.2020.)

Ilmanvaihdon jälkilämmitys toteutetaan yleensä omana lämmitysverkostona, jolla on oma säätöpiiri. Tällöin lämmitysverkostoissa voidaan pitää eri lämpötilatasoja ja menoveden lämpötila ilmastointiverkostossa voidaan mitoittaa korkeammaksi kuin esimerkiksi patteriverkostossa. Myös verkostojen käyttöajat voivat olla erilaiset, esimerkiksi patteriverkostossa voi olla yöaikainen lämmönpudotus ja niin edelleen. Mahdolliset patteriverkoston painetason vaihtelut eivät myöskään häiritse ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin lämmityksen säätöä esimerkiksi tilanteessa, kun patteriventtiilien termostaatit sulkeutuvat. Kaukolämpöä käytettäessä lämmitysjärjestelmien eriyttäminen omiksi säätöpiireikseen parantaa laitteiston toimintaa ja kaukolämpöveden jäähtymää. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 92.)

Kuvassa 1. on ilmanvaihtokoneen sisällä oleva tuloilman jälkilämmityspatteri, sen lämmitysputkisto ja sekoitusryhmä. Patterin sijainti on korostettu ympyrällä.



Kuva 1. Ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatteri.

2.2 Jäähdytysjärjestelmä

Koneellinen jäähdytysjärjestelmä jaetaan paikalliseen ja keskitettyyn jäähdytysjärjestelmään. Paikallinen järjestelmä on yhdessä tietyssä huonetilassa oleva viilennyslaite, esimerkiksi split-jäähdytyslaite, puhallinkonvektori tai jäähdytyspalkki. Keskitetyssä järjestelmässä viilennys kohdistuu useampaan tilaan yhtä aikaa, esimerkkinä huoneisiin puhallettavan tuloilman viilennys ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterilla. Huonetilojen jäähdytys voidaan toteuttaa suoraan tai välillisesti. Suorassa jäähdytyksessä jäähdytyslaitteen jäähdytyspatterissa ja jäähdytysputkistossa kiertää kylmäaine, jolloin jäähdytyspatteria kutsutaan suorahöyrysteiseksi. Välillisessä jäähdytyksessä jäähdytyslaitteen jäähdytyspatterissa ja putkistossa kiertää jäähdytysvesi, joka jäähdytetään esimerkiksi vedenjäähdytyskoneella. (Seppänen ym. 2004, 211.)

Rakennuksen jäähdytysratkaisuja ovat rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän sisään puhallettavan tuloilman jäähdytys ja huonekohtainen jäähdytys. Ilmanvaihdon tuloilman jäähdytys on helppo toteuttaa silloin, kun ilmanvaihto tapahtuu keskitetysti eli yksi iso ilmanvaihtokone hoitaa koko rakennuksen tai rakennusosan ilmanvaihdon. Ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterilla jäähdytetään rakennuksen sisään puhallettava ilma. Tällöin jäähdytysteho kohdistuu jokaiseen tilaan, johon ilmanvaihtokoneen tuloilmaa

lämpimämpi vesi säädetään sekoitusventtiilillä sekoittamalla vedenjäähdytyskoneelta tulevaan kylmään jäähdytysveteen palkkiisiin paluuputkesta palaavaa lämmennyt vettä. Jäähdytysverkoston jäähdytyslaitteissa lämmennyt jäähdytysvesi palaa putkistoa pitkin takaisin kylmävesiasemalle. Kylmävesiaseman kylmäkone jäähdyttää lämmenneen jäähdytysveden kylmäainepiirin avulla ja siirtää lämpöenergian lauhduttimeen. Kylmäkoneen kylmäainepiirin lauhdutin voi sijaita rakennuksen ulkona erillisenä lauhdutinyksikkönä, jolloin vedenjäähdytyskonetta kutsutaan ilmalauhduhteiseksi. (Seppänen ym. 2004, 219–234.)

Vedenjäähdytyskone voi joskus olla vesilauhduhteinen. Tällöin kylmäainepiirin lauhdutin on kylmävesiaseman kotelon sisällä ja lämpö siirretään välillisesti lauhdutinvesiputkistoa pitkin vesistöön kuten järveen, jokeen, mereen tai erilliseen jäähdytystorniin. Lauhdutinpiirin kiertovesipumppu kierrättää vettä lauhdutinpiirissä. Vesilauhduhteisessa koneikossa on vaarana muun muassa veden jäätyminen talvella sekä lauhduttimen lämmönsiirtimen likaantuminen veden epäpuhtauksista, mikäli lauhdutinverkosto on avoin. (Seppänen ym. 2004, 224–225.)

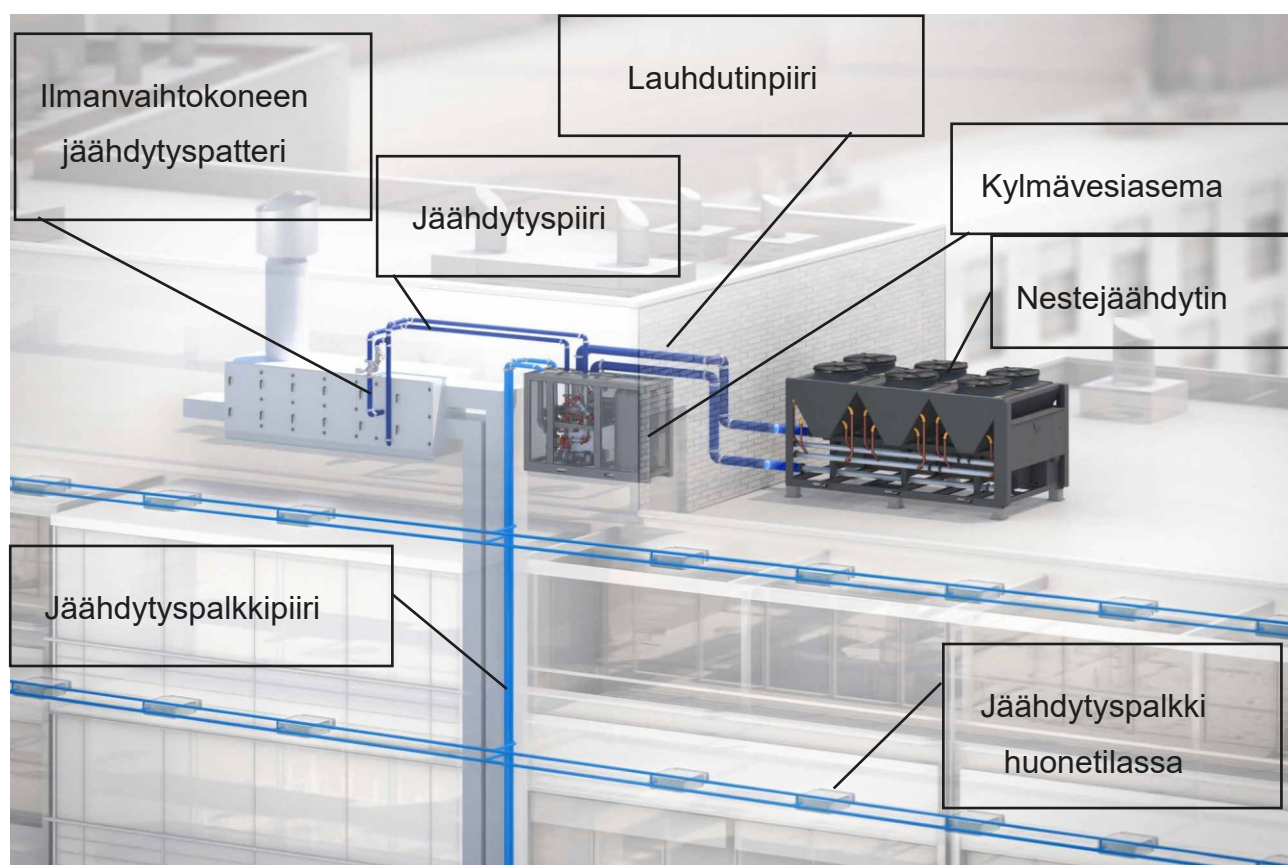
Toimistorakennuksissa vedenjäähdytyskone on yleensä liuoslauhduhteinen. Liuoslauhduhteisen koneikon hyviä puolia ovat muun muassa sen kylmäkoneen kylmäainepiirin pieni kylmäainetäytös ja mahdollisuus vapaajäähdytyksen hyödyntämiseen. Laitteistossa kylmäainepiirin lauhdutin on kylmävesiaseman kotelon sisällä ja lämpö siirretään välillisesti lauhdutinputkistoa pitkin rakennuksen ulkopuolella olevaan nestejäähdyttimeen. Putkistossa oleva lämmönsiirtoneste on vesi-glykoliseos, jotta neste ei jäädy talvella. Kiertovesipumppu kierrättää liuosta kylmävesiaseman lauhduttimen ja pihalla olevan nestejäähdyttimen välillä. Lämmin liuos viilenee nestejäähdyttimessä ulkoilman ilmavirran vaikutuksesta ja palaa takaisin kylmävesiasemalle. Mikäli jäähdytystä tarvitaan rakennuksessa myös talvella, voidaan hyödyntää vedenjäähdytyskoneen vapaajäähdytystoimintoa, jolloin jäähdytysvesi viilennetään suoraan viileällä, pihalta tulevalla lauhdutinputkiston liuksella ilman kylmäkoneen kompressorin käynnistymistä. (Seppänen ym. 2004, 225–226.)

Maalämpöjärjestelmien yleistyttyä kiinteistöissä, on jäähdytykseen alettu hyödyntää myös maalämpöjärjestelmän lämmönkeruupiirin viileää liuosta eli maakylmää. Kylmää liuosta

voidaan kierrättää kiertovesipumpulla ilmanvaihtokoneen tuloilman jäähdytyspatterissa tai huonetilaan asennetuissa puhallinkonvektoreissa. Lämpöenergia siirretään liuksen avulla maaperään, porakaivoon tai vesistöön. (LVI-kalenteri 2020, 71.)

Jäähdytysvesiputkiston materiaalina voidaan käyttää kuparia, ruostumatonta terästä, muovia ja komposiittia. Mustaa terästä tulisi välttää, koska putken ulkopinnalle kondensoituva vesi voi ruostuttaa putken. (LVI-kalenteri 2020, 49.)

Kuviossa 2. esitetään toimistorakennuksessa tyypillisen jäähdytysjärjestelmän periaate. Liuoslauhdutteinen vedenjäähdytyskone viilentää jäähdytysveden, joka kierrättää ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterissa ja huonetilojen jäähdytyspalkkeissa. Vedenjäähdytyskoneen kylmäkoneen lauhduttimelta lämpö siirretään lauhdutinverkoston liukseen ja lämmennyt liuos viilennetään ulkona nestejäähdyttimellä. Lämpö siis siirretään jäähdytysveden ja liuksen avulla rakennuksesta ulos.



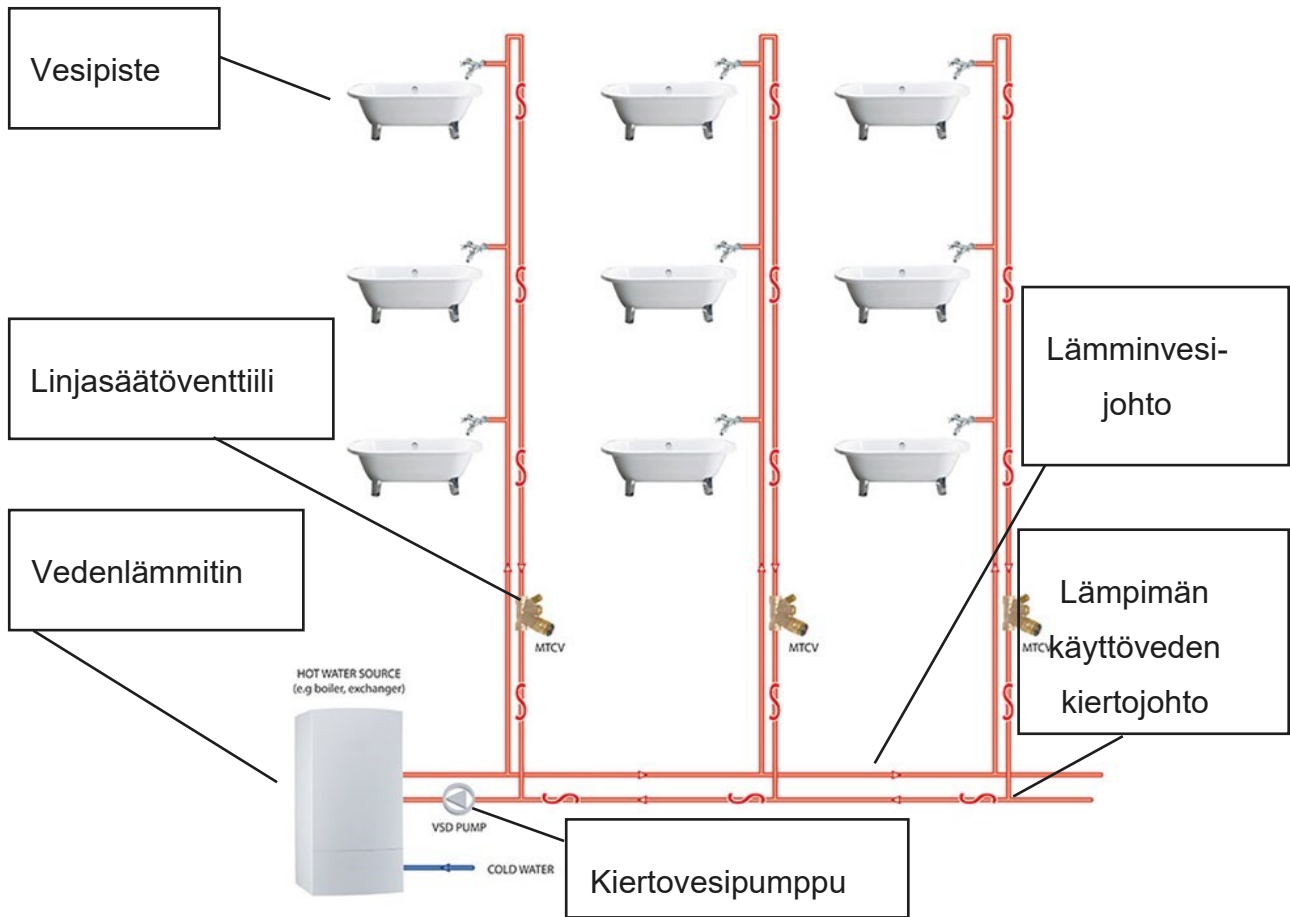
Kuvio 2. Tyypillinen toimistorakennuksen välillinen jäähdytysjärjestelmä liuoslauhdutteisella vedenjäähdytyskoneella (Chiller 2018).

2.3 Lämpimän käyttöveden kiertojärjestelmä

Lämpimän käyttöveden kiertojärjestelmän tarkoitus on ylläpitää lämpimän käyttövesiputkiston veden lämpötila jatkuvasti käyttölämpötilassaan kierrättämällä vettä kiertovesipumpulla vedenlämmittimen ja lämminvesiverkoston välillä, jotta vesipisteen hanasta lämmintä vettä laskettaessa lämpimän veden odotusaika on lyhyt. Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista (A 22.12.2017/1047) määrää, että lämpimän veden odotusaika vesipisteellä saa olla korkeintaan 20 sekuntia. Käytännössä odotusajan olisi hyvä olla enintään 10 sekuntia. Asetus määrää myös, että lämpimän käyttöveden lämpötilan tulee olla vähintään 55°C, jotta terveydelle haitalliset legionella-bakteerit eivät pääse kasvamaan lämminvesijärjestelmässä. Asetuksen mukaan lämpimän käyttöveden lämpötila saa olla turvallisuussyistä vesipisteen hanasta laskettaessa enintään 65°C. Vanhoissa rakennuksissa lämpimän käyttöveden kiertojärjestelmässä saattaa olla asennettuna myös lämmönluovuttimia kuten pattereita. Asetuksen mukaan uudisrakennuksessa lämpimään käyttövesiverkostoon ei saa asentaa lämmönluovuttimia, jolloin uuden järjestelmän lämpöhäviöt aiheutuvat ainoastaan lämminvesiputkistossa. (A 22.12.2017/1047.)

Lämpimän käyttöveden kiertojärjestelmä koostuu lämpimän veden menoputkista eli lämminvesijohdoista, paluuputkista eli lämpimän käyttöveden kiertojohdoista, putkistovarusteista ja venttiileistä kuten linjasäätöventtiileistä, sulkuventtiileistä, yksisuuntaventtiilistä, käyttöveden kiertovesipumpusta, vedenlämmittimestä sekä mahdollisista lämmönluovuttimista venttiileineen. Putkimateriaalina käytetään käyttövesiverkostoon soveltuvia putkimateriaaleja kuten kupariputkea, muoviputkea ja komposiittiputkea. (LVI-kalenteri 2020, 22, 23.)

Kuviossa 3. esitetään lämminvesiverkoston periaatteellinen rakenne.



Kuvio 3. Lämpimän käyttöveden kiertojärjestelmän periaate (Danfoss, [viitattu 18.2.2021]).

3 TEHO, TILAVUUSVIRTA, LÄMPÖTILAERO, PAINEHÄVIÖ

3.1 Lämmitysverkosto

Putkiston tarkoitus on kuljettaa jokaiseen huonetilaan lämmöntarpeen mukainen lämpöteho. Ensin pitää selvittää ja laskea huonetilan tarvitsema lämmitysteho mitoitusolosuhteissa. Tehontarpeen ollessa selvillä saadaan nesteen tilavuusvirta määritettyä lämmitystehon ja lämmityksessä kiertävän nesteen lämpötilaeron mukaan kaavalla (1):

$$q_v = \frac{\phi}{c_p(T_m - T_p)} \quad (1)$$

missä

q_v	on putkiston tilavuusvirta (l/s)
ϕ	on tehontarve (W)
c_p	on nesteen ominaislämpökapasiteetti (kJ / kg°C)
T_m	on menoveden lämpötila (°C)
T_p	on paluueden lämpötila (°C)

Menovedessä oleva lämpöenergia siirtyy lämmönluovuttimen kautta huoneilmaan ja vesi jäähtyy. Tarvittava vesivirta riippuu lämpötilaerosta, jonka vesi jäähtyy. Lämpötilaeron ollessa suuri riittää pienempi vesivirta kuljettamaan saman lämmitystehon. Lämpötilaero vaikuttaa myös merkittävästi lämmönluovuttimien ja putkien kokoon. Veden pieni lämpötilaero vaatii suurempia virtaamia, jolloin putkien pitää olla suurempia ja lämmönluovuttimien kokojen isompia. (Seppänen 2001, 119–120.)

Lämpötilaerot ovat pitkälti ennalta määritelty erilaisissa mitoitusohjeissa ja määräyksissä. Energiansäästövaatimusten ja hyötysuhdevaatimusten vuoksi nykyään suositaan matalia lämpötilatasoja lämmitysverkostoissa. Esimerkiksi kaukolämmön jäähtymän kannalta tulisi kaukolämpöön liitetyissä uudiskohteissa patteriverkoston mitoituslämpötilat olla 45/30°C ja ilmanvaihdon lämmitysverkoston mitoituslämpötilat olla 60/30°C. Myös

lämpöpumppujärjestelmissä paras hyötysuhde lämmöntuotolle saadaan matalilla lämmitysverkoston lämpötiloilla. (LVI-kalenteri 2020, 70–71, 78.)

3.2 Jäähdytysverkosto ja lauhdutinverkosto

Jäähdytysteho tuodaan huoneeseen putkistoa pitkin välillisesti jäähdytysvesiverkoston vedellä, joka kiertää jäähdytyslaitteen jäähdytyspatterissa. Huonetilan tarvittava jäähdytysteho määritetään laskemalla. Tehontarpeen, vesivirtaaman ja lämpötilaeron suhde määräytyy kaavalla (1), kuten lämmityksessäkin, vain lämpötilat ovat nyt toisinpäin eli menovesi on viileämpää kuin paluuvesi. Jäähdytysveden mitoituslämpötilaan vaikuttaa se, sallitaanko huoneilman vesihöyryn kondensoitua jäähdytyslaitteen pintaan. Mikäli kondensoitumista jäähdytyslaitteessa ei sallita, kuten on yleensä esimerkiksi toimistohuoneiden jäähdytyspalkeissa, on tapana käyttää jäähdytysvesiverkoston mitoituslämpötiloina noin 15/18°C. Mikäli kondensoituminen jäähdytyslaitteissa sallitaan, kuten esimerkiksi ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterissa, on tapana käyttää noin 7/12°C mitoituslämpötiloja. (Seppänen ym. 2004, 229–231.)

Putkikoot jäähdytysverkostossa ovat suuria, koska jäähdytysvesiputkiston lämpötilaero meno- ja paluuveden välillä on pieni, jolloin virtaaman täytyy olla suuri, jotta tarvittava jäähdytysteho saadaan siirrettyä jäähdytyslaitteille. (LVI-kalenteri 2020, 49.)

Liuoslauhdutteisessa vedenjäähdytyskoneessa liuosta kierrätetään putkistossa sisätilassa olevan kylmävesiaseman lauhduttimen ja ulkona olevan nestejäähdyttimen patterin välillä. Virtaama määritetään lauhdutustehon ja mitoituslämpötilojen mukaan. Tämäkin virtaama saadaan määritettyä kaavalla (1). Väliaineena on vesi-glykoliseos, joten nesteen ominaislämpökapasiteetti on eri suuruinen kuin vedellä. Tämä täytyy ottaa huomioon laskentakaavaa käytettäessä. Lauhdutinverkoston mitoituslämpötilana käytetään yleensä 42/36°C eli lämpötilat ovat nestejäähdyttimelle tulevan liuoksen lämpötila ja nestejäähdyttimeltä takaisin vedenjäähdytyskoneelle palaavan liuoksen lämpötila. (Seppänen ym. 2004, 225–227.)

3.3 Lämpimän käyttöveden kiertojärjestelmä

Lämpimän käyttöveden kiertojärjestelmän tarkoituksena on pitää lämpimän käyttöveden putkiston vesi sallitulla lämpötilavälillä. Järjestelmän putkiston lämpöhäviöt määritetään laskemalla. Mahdolliset lämmönluovuttimien lämmitystekot lisätään putkiston lämpöhäviöihin. Mitoituslämpötilana tavataan käyttää nykyään 58/55°C eli vedenlämmittimeltä vesipisteille lähtevä vesi on 58°C ja lämpimän käyttöveden kiertojohdosta vedenlämmittimelle palaava vesi on 55°C. Verkoston lämpöhäviöt ja sallittu veden jäähtymä määrittävät järjestelmän virtaaman kaavan (1) mukaan. (LVI-kalenteri 2020, 22–23.)

3.4 Painehäviö kiertovesijärjestelmissä

Virtaava neste aiheuttaa putkistossa kitkan takia virtausvastusta. Virtausvastus kasvaa, kun nesteen virtausnopeus putkessa kasvaa. Virtausnopeus on sitä suurempi mitä pienempi on putken sisähalkaisija. Virtausvastuksen suuruuteen vaikuttaa myös putken materiaali (karheus) ja virtaavan nesteen tiheys. Virtausnopeudesta ja nesteen laadusta riippuen nesteen virtaus putkistossa voi olla laminaarista eli tasaista tai turbulenttista eli pyörteistä. Pienellä virtausnopeudella virtaus on laminaarista ja suurella nopeudella turbulenttista. (Seppänen 2001, 137–139.)

Putkikäyrät, T-kappaleet, venttiilit ynnä muut putkiston osat aiheuttavat nestevirtauksen pyörteilyä ja häiriötä, jolloin nesteen virtaukseen kohdistuu painehäviötä. Putkiston osat ovat siis virtauksen kannalta niin sanottuja kertavastuksia. Myös kertavastuksen suuruuteen vaikuttaa nesteen virtausnopeus ja nesteen tiheys. Verkoston kokonaispainehäviö on putkiverkoston pisimmän tai ”vaikeimman” reitin putkien kitkapainehäviön ja osista aiheutuvien kertavastuksien painehäviöiden summa. Painehäviöiden sallittu suuruus määrittää putkiverkoston putkien kokoluokan. Pienistä putkista aiheutuvat liian suuret painehäviöt lisäävät pumppauskustannuksia ja kasvattavat putkiston paine-eroja aiheuttaen verkoston komponenteissa ääntä ja hankaloittaen säätöventtiilien säätötoimintaa ja verkoston perussäätöä. (Seppänen 2001, 137–139, 147.)

Nesteellä on taipumus kiertää helpointa putkireittiä eli reittiä, jolla on pienin painehäviö. Tämän vuoksi putkiverkostot täytyy tasapainottaa eli helpoille reiteille tuotetaan tahallaan

lisää painehäviötä, jotta virtaava neste kiertäisi näitä reittejä huonommin, jolloin neste virtaisi tarvittavan määrän myös vaikeampia reittejä. Painehäviötä tuotetaan kuristamalla vesivirtaa säätöventtiileillä eli muun muassa patteriventtiileillä ja linjasäätöventtiileillä. (Seppänen 2001, 172–174.)

4 VIRTAAMAN SÄÄTÖKOMONENTIT KIERTOVIESIJÄRJESTELMISSÄ

4.1 Patteriventtiilit

Lämmitysverkoston patteriventtiilillä säädetään tietyn lämmityspatterin läpi kulkeva vesivirta, jolla patteriin saadaan tuotua tarvittava lämmitysteho huoneen lämmittämistä varten. Suunnittelija laskee jokaiselle patterille esisäätöarvon, joka asetetaan patteriventtiiliin esisäätöpyörän asetuksella. Esisäätöarvo määrittää patterin suurimman vesivirran, joka patteriin pitäisi tulla mitoitusilanteessa. Esisäätöarvon suuruus riippuu halutusta vesivirrasta ja venttiiliin kohdistuvasta paine-erosta. Paine-eron kasvaessa myös virtaama kasvaa esisäätöarvon pysyessä samana. Toimivan säädön varmistamiseksi patteriventtiiliin kohdistuva paine-ero tulisi olla vähintään 2–4 kPa. Varsinainen lämmityspatterin lämpötilasäätö tapahtuu venttiiliin asennettavalla patteritermostaatilla. Patteritermostaatti säätelee suhteellisesti säätökaran asentoa muuttamalla patterin vesivirtaa huoneen lämpötilan ja termostaatin asetusarvon perusteella. (Seppänen 2001, 144–145, 194, 197.)

Kuva 2. esittää tyypillistä perinteistä esisäädettävää patteriventtiiliä.

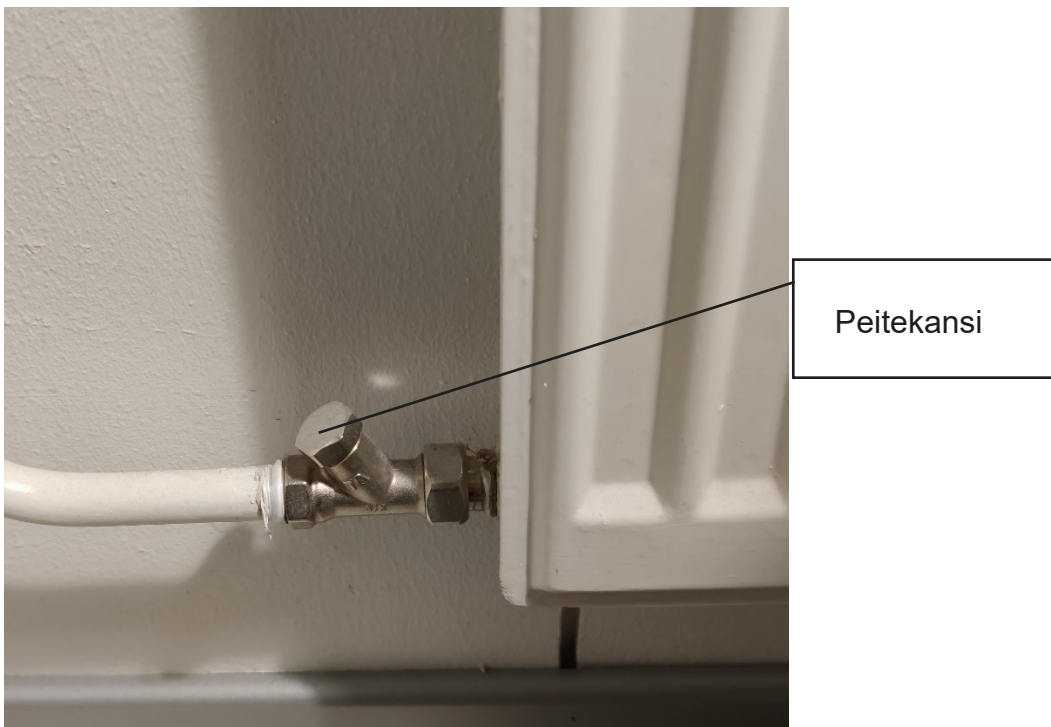


Kuva 2. Danfoss RA-N -merkkinen patteriventtiili patterin menoputkessa.

Markkinoille on tullut viime aikoina uusia dynaamisia paineesta riippumattomia patteriventtiilejä, joissa on sisäänrakennettu paine-erosäädin. Ne pitävät patterin vesivirran vakiona, vaikka verkoston paine-ero muuttuisi. Tavallisen patteriventtiin tapauksessa paine-eron kasvaessa myös venttiin läpi kulkeva vesivirta kasvaa. Dynaamisen patteriventtiin esisäätöarvo lukitsee virtaaman ylärajan, joten virtaama ei kasva, vaikka patteriventtiin kohdistuva paine-ero kasvaisi. Venttiin esisäätöasetuksella asetetaan suoraan nimellinen vesivirta, joka venttiin läpi halutaan virtaavan. (Danfoss, [viitattu 16.2.2021].)

Patterien paluupuolella käytetään paluuventtiinä niin sanottua säätötulppaa tai sulkutulppaa. Sillä pystytään sulkemaan patterin paluupuoli. Sillä pystyy periaatteessa myös säätämään patterin vesivirtaa, mutta sitä ei suositella, koska patterin pohjalta kulkeutuvat mahdolliset roskat voivat tukkia kuristetun paluuventtiin. (Seppänen 2001, 145.)

Kuvassa 3. on paluuventtiili asennettuna patterin paluuputkeen. Venttiin säätö/sulkukara on peitekannen alla.



Kuva 3. IMI TA TRIM -merkkinen paluuventtiili patterin paluuputkessa.

4.2 Jakotukin säätöventtiilit

Lattialämmitysjärjestelmässä huoneiden lämmönsäätö tapahtuu jakotukilta. Jokaiseen huonetilaan lähtee yksi tai useampi putkipiiri. Jakotukissa on jokaiselle putkipiirille esisäätöventtiili, jolla putkipiireille voidaan asettaa haluttu vesivirta. Varsinainen lämmönsäätö tapahtuu huonetermostaateilla, jotka ohjaavat jakotukin putkipiirien venttiileihin asennettuja toimilaitteita. (Harju 2004, 97–98, 100.)

Kuvassa 4. on lattialämmitysjärjestelmän jakotukki. Ylemmän eli menopuolen jakotukin punaiset nupit ovat esisäätöventtiilejä, joilla virtaamat säädetään kullekin lattialämmityspiirille oikeaksi. Alemmassa paluujakotukissa on sinisen väriset sähkötermiset toimilaitteet, joita ohjataan huonetermostaateilla.



Kuva 4. Lattialämmitysjakotukki venttiileineen ja toimilaitteineen.

4.3 Linjasäätöventtiilit

Linjasäätöventtiilejä käytetään tietyn putkilinjan vesivirran säätöön ja virtauksen mittaukseen. Venttiilissä on numeroasteikolla varustettu säätökara. Venttiilin jokaiselle säätöasennolle on määritetty kv-arvo, joka määrittää venttiilin vesivirran läpäisyn kyseisellä säätöasennolla. Linjasäätöventtiilissä on myös sulkuventtiili sekä mittausyhteet, joista voidaan mitata venttiilin läpi kulkeva vesivirta. Venttiilin asennuksessa tulee yleensä huomioida suojaetäisyydet eli sen välittömässä läheisyydessä putkessa ei saisi olla kulmia tai haaroja, jotta venttiilin virtaaman mittauksen mittaustarkkuus pysyisi hyvänä. Venttiilin kyljessä voi olla nuoli, joka osoittaa virtaussuunnan. Suunnittelija määrittää venttiilille esisäätöarvon tai virtaaman, joka venttiilin läpi halutaan mitoitusolosuhteissa virtaavan. (Oras, [viitattu 7.2.2021].)

Linjasäätöventtiiliä voidaan kutsua myös kertasäätöventtiiliksi. Kuvassa 5. on linjasäätöventtiili asennettuna patteriverkoston ohitusputkeen. Tässä TA STAD venttiilissä esisäätöarvo säädetään punaisella käsipyörällä. Käsipyörässä on näyttö, josta näkee venttiilin avausasennon, joka on myös venttiilin esisäätöarvo. Esisäätöarvo voidaan lukita kuusiokoloavaimella käsipyörän keskellä olevasta reiästä. Venttiili avautuu tällöin vain kyseiseen lukittuun säätöasentoon saakka. Venttiilin asetusarvo voidaan säätää 0.1 pykälän välein välillä 0–4 eli venttiilillä on 40 mahdollista säätöasentoa. Ulkokehän näytössä näkyvät kokonaiset kierrokset ja keskemällä olevassa näytössä desimaalit. Asento 0.0 sulkee venttiilin. Kuvassa 5. venttiilin asetusarvo on 0.3. Paine-eromittaus tapahtuu punaisen ja sinisen korkin alla olevista itsetiivistyvistä mittausyhteistä.



Kuva 5. IMI TA STAD linjasäätöventtiili.

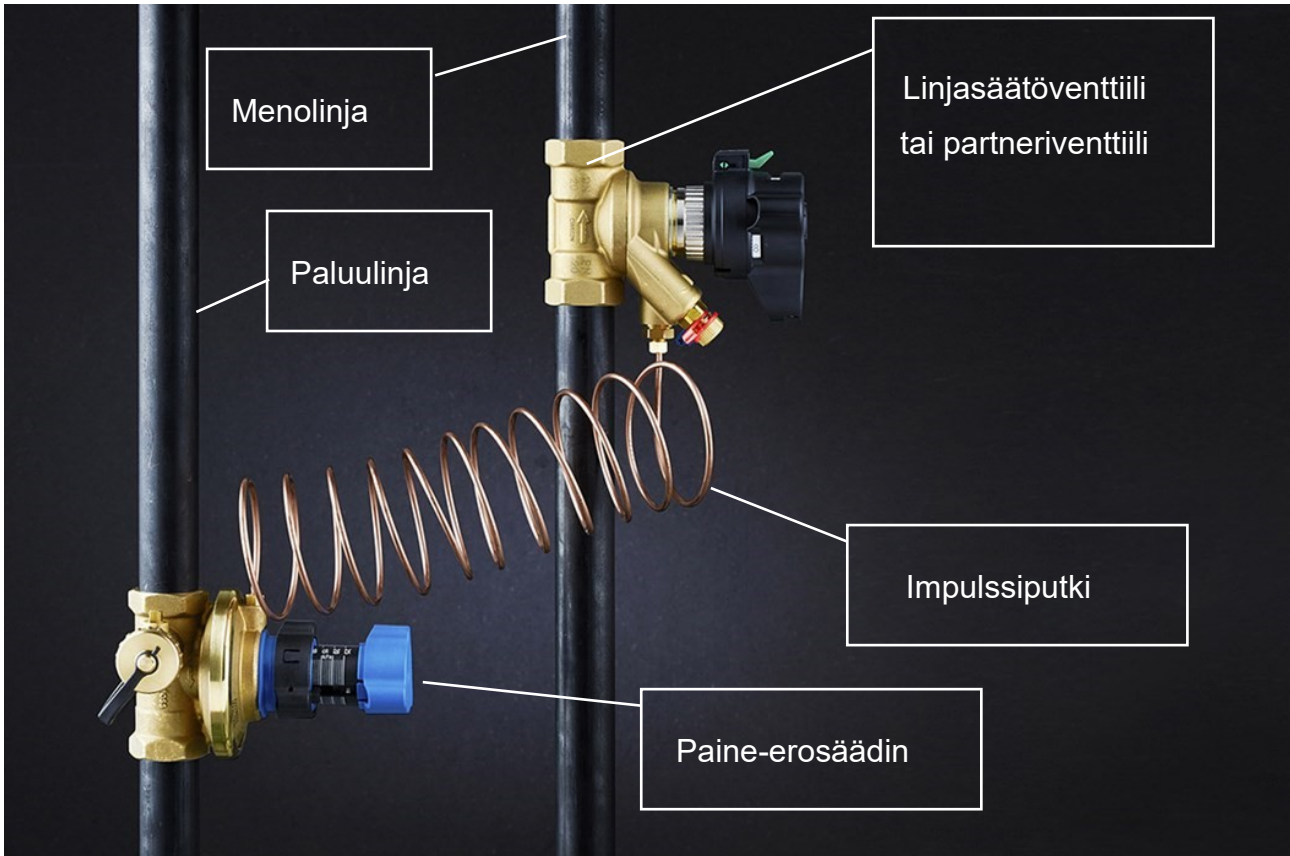
4.4 Paine-erosäätimet

Kiertovesipumpun lähimpänä olevissa putkilinjoissa ja haaroissa saattaa patteriventtiileihin tai muihin säätöventtiileihin kohdistuva paine-ero olla niin suuri, että se aiheuttaa venttiilien säätöominaisuuksien heikkenemistä ja häiritsevää ääntä. Myös patteritermostaattien tai toimilaitteiden sulkiessa venttiileitä saattaa paine kasvaa verkoston muissa osissa aiheuttaen samoja ongelmia. Ongelmia voi esiintyä etenkin suurissa putkiverkostoissa, joissa kiertovesipumpun tuottama paine-ero on suuri. Näissä tapauksissa saattaa olla tarve asentaa verkostoon paine-erosäätimiä. (Seppänen 2001, 197–198.)

Paine-erosäätimellä saadaan pudotettua tietyn verkoston osan paine-ero pienemmäksi. Se myös pitää tietyn putkilinjan paine-eron vakiona eli vaikka muiden linjojen vesivirtaa kuristettaisiin, paine ei nouse paine-erosäätimeen asetettua paine-eron asetusarvoa

suuremmaksi. Tällainen tilanne verkostossa voi syntyä esimerkiksi silloin, kun patteritermostaatit sulkevat vesivirran useasta patterista samanaikaisesti. Paine-erosäädin helpottaa verkoston haaralinjojen säätöä ja säätötoimintoja yleisesti. Paine-eron asetusarvo säädetään paine-erosäätimen käsipyörällä suunniteltuun arvoon. Paine-erosäätimeen kuuluu niin sanottu impulssiputki, joka on ohutta kupariputkea. Sen toinen pää liitetään toisessa putkilinjassa olevaan linjasäätöventtiiliin. Paine-erosäädin asennetaan paluulinjaan ja linjasäätöventtiili menolinjaan. Paine-erosäädin mittaa impulssiputkea pitkin menolinjan paineen ja säätää painetta impulssiputken mittauksen mukaan pitäen linjan paine-eron säädettyssä arvossa. Paine-erosäätimeen liitetyllä linjasäätöventtiilillä säädetään ja mitataan putkilinjassa kulkeva vesivirta. (IMI TA 2020, 1–8.)

Paine-erosäädintä voidaan kutsua myös automaattiseksi linjasäätöventtiiliksi tai omavoimaiseksi linjasäätöventtiiliksi. Paine-erosäätimeen impulssiputkella liitettyä linjasäätöventtiiliä jotkut valmistajat kutsuvat myös partneriventtiiliksi. Kuviossa 4. esitetään paine-erosäätimen asennusperiaate putkistoon. Mikäli oletetaan kuvion 4. putkiston olevan lämmitysverkosto, olisi kuvan ylöspäin jatkuvien putkien perässä lämmönluovuttimia ja alaspäin jatkuvien putkien päässä lämmönlähde.



Kuvio 4. Paine-erosäädin ja linjasäätöventtiili asennettuna putkilinjaan (Danfoss, [viitattu 1.3.2021]).

4.5 Ohitusputket ja ylivirtausventtiilit

Verkoston ohitusputkella ja siihen asennetulla ylivirtausventtiilillä voidaan estää verkoston paine-eron kasvaminen liian suureksi tilanteessa, jossa termostaatit tai toimilaitteet sulkevat venttiilejä ja verkoston virtaus vähenee. Mikäli termostaatit tai toimilaitteet sulkevat kaikki kiertopiirit, ylivirtausventtiili ylläpitää verkostossa minimivirtaaman eikä kiertoveden lämpötila pääse laskemaan. Ylivirtausventtiili avautuu, kun venttiiliin kohdistuva paine-ero ylittää venttiiliin säädetyn paine-eron asetusarvon. Venttiili avautuu suhteellisesti sitä enemmän mitä suurempi paine-ero siihen kohdistuu. (IMI TA 2021, 2.)

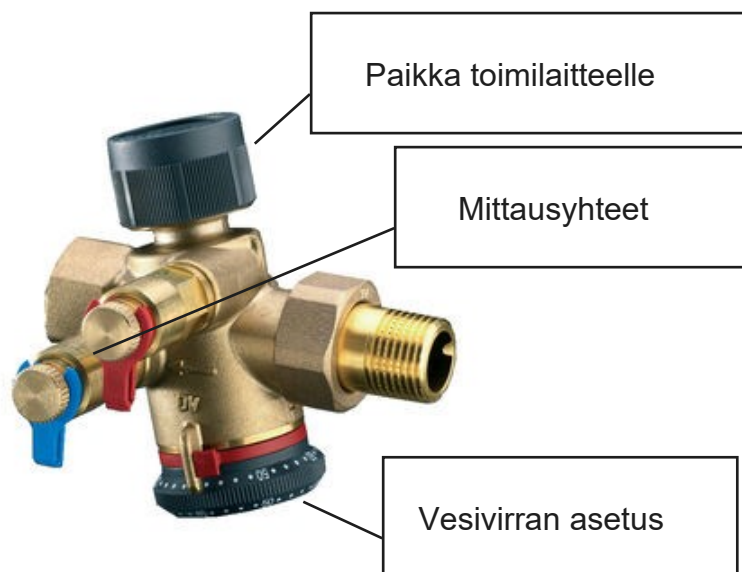
Kuviossa 5. on esitetty IMI TA:n valmistama ylivirtausventtiili. Ylivirtausventtiilin sijasta ohitusputkessa voidaan käyttää myös voimakkaasti kuristettua linjasäätöventtiiliä. Ohitusputki sijaitsee yleensä putkiston "latvaosassa" ja se yhdistää toisiinsa verkoston menoputken ja paluuputken. Aiemmin esitetyssä kuvassa 5. on esimerkki ohitusputkesta, johon on asennettu ylivirtausventtiilin sijasta linjasäätöventtiili.



Kuvio 5. IMI TA BPV ylivirtausventtiili (IMI TA 2021).

4.6 Päätelaitteventtiilit

Muun muassa jäähdytyspalkkien, jäähdytyskattojen ja jäähdytyskonvektorien säätöventtiilinä käytetään yleensä päätelaiteventtiiliä. Venttiiliä voidaan käyttää myös lämmitysverkostoissa. Venttiili koostuu yleensä virtaaman esisäätösasta, säätö- ja sulkuosasta sekä mittausyhteistä. Kehittyneimmissä venttiileissä on lisäksi sisäänrakennettu paine-erosäädin sekä vakiovirtaamasäädin, jolla voidaan suoraan säätää venttiilin läpi haluttu nimellinen virtaama. Venttiilin säätökaraan asennetaan toimilaite, jolla venttiiliä voidaan ohjata huonesäätimellä huonelämpötilan mukaan. Kuviossa 6. on päätelaiteventtiili, johon voidaan asettaa suoraan haluttu virtaama (yksikkönä l/h). Tumman korkin tilalle asennettavalla toimilaitteella voidaan venttiili avata ja sulkea (ON/OFF-säätö) huonetilan lämpötilaohjauksen mukaan. Venttiilissä on lisäksi mittausyhteet paine-eron mittaamiseen. (Itula 2011.)

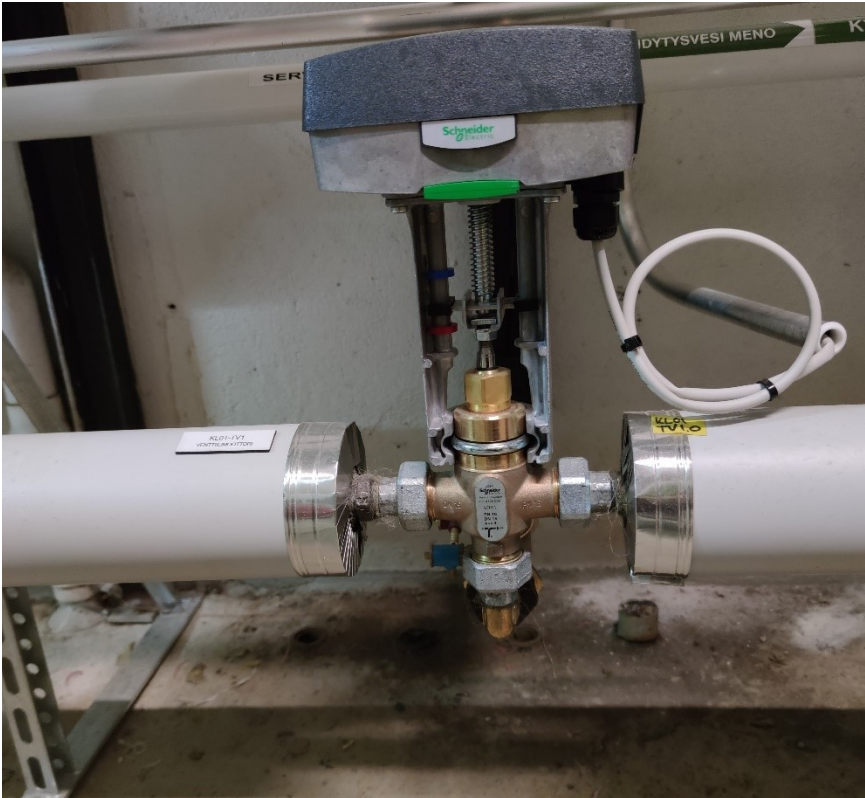


Kuvio 6. Päätelaitteventtiili Oventrop Cocon QTZ (Oventrop, [viitattu 21.2.2021]).

4.7 Sekoitusventtiilit

Sekoitusventtiilillä säädetään verkoston veden lämpötilaa. Esimerkiksi lämmitysjärjestelmässä sekoitetaan lämmönlähteeltä saatavaa kuumaa vettä verkostosta palaavaan viileään veteen, jolloin saadaan verkoston menojohtoon halutun lämpöistä vettä. Sekoitusventtiili voi olla rakenteeltaan kaksitieventtiili tai kolmitieventtiili. Sekoitusventtiilin säätökaran asentoa muuttaa yleensä toimilaitemoottori, jota ohjataan elektronisella lämmönsäätimellä. Sekoitusventtiili voi olla myös omavoimainen termostaattiventtiili. Sekoitusventtiilillä voidaan jakaa verkosto eri lämpötilatasoihin, jolloin pääpiirissä voi kiertää lämpoisempi tai viileämpi vesi kuin sekoituspiirissä. Esimerkkinä lattialämmityspotkiston liittäminen patteriputkistoon, jolloin lattialämmitykseen syötetään viileämpää vettä kuin patteriverkostoon. Sekoitussäätöä käytetään myös ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin lämpötilan säädössä. (Seppänen 2001, 187, 190, 196.)

Kuvassa 6. on istukkamallinen kolmitiesekoitusventtiili, joka säätelee lämmitysverkostoon lähtevän veden lämpötilaa sekoittamalla kuumaan kattilasta tulevaan veteen verkostosta palaavaa viileää paluuvettä. Venttiiliin on asennettu toimilaitemoottori, joka säätelee venttiilin asentoa rakennusautomaatiojärjestelmästä tulevan säätöviestin perusteella pyrkien pitämään verkostoon lähtevän menoveden lämpötilan säätökäyrään asetetussa lämpötila-arvossa.



Kuva 6. Kolmitiesekoitusventtiili.

4.8 Termostaatit ja toimilaitteet

Termostaatit ovat omavoimaisia laitteita, jotka säätävät suhteellisesti esimerkiksi patteriventtiin läpi kulkevaa vesivirtaa huoneen lämpötilan ja termostaatin asetusarvon perusteella. Lämpötilan noustessa omavoimaisen termostaatin sisällä oleva kaasu tai neste laajenee ja alkaa sulkea venttiiliä. Lämpötilan laskiessa kaasu supistuu ja venttiili aukeaa venttiin säätökarassa olevan jousen voimalla. Kiintoanturityyppisessä termostaatissa lämpötilan mittaus tapahtuu termostaattiosassa itsessään. Lämpöä mittaava osa voi olla myös etäällä itse termostaatin runko-osasta, jolloin sitä kutsutaan irtoanturitermostaatiksi. Patteritermostaatteja on myös elektronisia, jolloin termostaatin sähköinen toimilaitemoottori säätää venttiiliä lämpötilamittauksen ja asetetun lämpötila-arvon perusteella. Elektronisiin termostaatteihin voidaan ohjelmoida erilaisia lämmönsäätöohjelmia ja lämmönpudotusohjelmia. Venttiin säädin voi olla termostaatin sijasta myös pelkkä toimilaitte, jota ohjataan erillisestä säädinyksiköstä. Termostaattien ja toimilaitteiden tehtävänä on pitää huoneen lämpötila säädetyssä arvossa huonetilan lämpökuorman vaihdellessa. Ne pysäyttävät huonetilan lämmityksen esimerkiksi, kun huonetilaan tulee

ilmaista lämpöenergiaa muista lämmönlähteistä kuten auringosta tai ihmisistä. (Harju 2004, 178–179, 181.)

Kuvassa 7. on patteriventtiiliin asennettu sähköinen toimilaitemoottori ohjaamaan lämmityskonvektorin lämmitystä.



Kuva 7. Sähköinen toimilaitte asennettuna patteriventtiiliin.

4.9 Kiertovesipumput

Kiertovesipumpun tehtävänä on kierrättää nestettä putkiverkostossa. Pumpun tulee pystyä kierrättämään verkostossa mitoitusolosuhteiden suunniteltu virtaama. Pumpun paineentuoton tulee ylittää verkoston painehäviöt kyseisellä virtaamalla. Pumpun vaadittava paineentuotto eli nostokorkeus määräytyy putkiverkoston pisimmän tai vaikeimman lenkin putkiston ja venttiilien painehäviöiden summasta. Pumpun suorituskyky ilmaistaan Q/H-käyrällä. Kuviossa 7. piirretty pumpun suorituskäyrä ja verkoston ominaiskäyrä. Nostokorkeus esitetään kuviossa metreinä, jolloin 1 m vastaa painehäviönä noin 10 kPa. Putkiston virtausvastuksen kasvaessa pumpun tuottama virtaama pienenee ja virtausvastuksen pienentyessä virtaama kasvaa. Myös putkiverkoston virtaama painehäviön

suhteen voidaan esittää käyrällä. Kuvion ylempi käyrä on pumpun tuottokäyrä, alempi putkiston ominaiskäyrä. Käyrien leikkauspiste on pumpun toimintapiste. (Seppänen 2001, 229, 235, 237.)

Putkiverkoston käyrä noudattaa kaavaa (2):

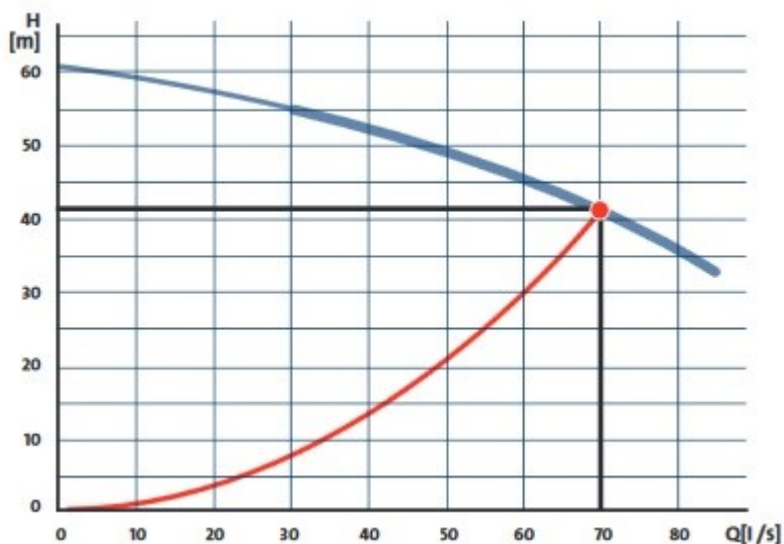
$$\Delta p = k * q_v^2 \quad (2)$$

missä

Δp on putkiverkoston painehäviö (kPa)

k on putkiverkostokohtainen vakio

q_v on putkiverkoston virtaama (l/s)



Kuvio 7. Pumpun ja putkiverkoston ominaiskäyrä (Grundfos Ecademy 1.11.2019, 2).

Saadakseen putkistoon oikea nestevirtaama, täytyy pumpun tuottoa yleensä säätää. Säättöön on erilaisia vaihtoehtoja. Pumpun tuottoa voidaan säätää kuristamalla verkoston virtausta, jolloin virtaama pienenee mutta paineentuohto nousee ja pumpun hyötysuhde heikkenee. Toinen vaihtoehto on ohjata vain osa pumpun virtaamasta verkostoon ja

ylimääräinen virtaama ohjataan ohitusputkea pitkin takaisin pumpun imupuolelle. Ylimääräisen ohitusvirtaaman liike-energia menee hukkaan ja muuttuu lämpöenergiaksi. Kolmas vaihtoehto on muuttaa pumpun juoksupyörän halkaisijan kokoa. Isommalla juoksupyörällä tuotto kasvaa ja pienemmällä vähenee. Neljäs vaihtoehto on muuttaa pumpun pyörimisnopeutta. Pumpun nopeussäätö voi olla joko portaallinen tai portaaton. Nykyään käytetyin tapa säätää pumpun tuottoa on portaaton kierrosnopeussäätö. Säätämällä pumpun tuottoa kierrosnopeutta muuttamalla saadaan pumpun hyötysuhde pidettyä hyvänä. (Seppänen 2001, 240-242.)

Nykyaikaisissa pumppuissa on laajat ohjaus- ja säätömahdollisuudet, jonka ansiosta pumpun tuottoa tarvitsee enää harvoin säätää kuristamalla tai verkoston ohitusputkella. Pumpun kierrosnopeutta voidaan yleensä ohjata portaattomasti. Pumpun tuottoa voidaan säätää erilaisilla säätöohjelmilla, jotka on ohjelmoitu pumpun säätimeen. Pumppuun on asennettu paine- ja imupuolelle paine-eroanturit, joten pumppua voidaan ohjata vakio painesäädöllä. Vakio painesäätö pitää paine-eron pumpun yli vakiona. Tällöin verkoston virtaaman pienenessä paineentuotto ei nouse kuten vakiokäyräisellä perinteisellä pumpulla kävisi, vaan nostokorkeus pysyy säätimeen asetetussa arvossa. Nostokorkeuden asetusarvo voidaan asettaa 0,1 metrin (1 kPa) tarkkuudella. (Grundfos 2021, 20–27.)

Pumppua voidaan ohjata myös suhteellisen paineen säätötavalla. Tällöin verkoston virtaaman pienenessä pumpun nostokorkeutta lasketaan lineaarisesti suhteessa virtaamaan pienenemiseen. Säädön ajatuksena on, että runkoputkiston virtaaman laskiessa virtaaman aiheuttama putkiston painehäviö vähenee koko verkostossa, jolloin nostokorkeuttakin voidaan laskea. Pumpun suhteellinen säätötapa voi tapahtua myös automaattisesti, jolloin pumppu osaa toimia tietyllä pumpun käyrästä alueella itsenäisesti. Pumppu hakee itse sopivan toimintapisteen perustuen paine-eron muutokseen verkostossa ja tehtaalla pumpun säätimeen asetettuun toimintalogiikkaan. Tätä niin sanottua autoadapt-toimintoa voidaan käyttää esimerkiksi, jos ei tiedetä tarkasti verkoston painehäviöitä. Pumpun säätimen näytöltä voidaan lukea nostokorkeus ja virtaama. Säätimellä näkyvään virtaamalukeman tarkkuuteen tulee suhtautua kriittisesti, koska se perustuu pumpun paine-eroantureiden mittauksen perusteella laskettuun arvoon ja sen mittausepävarmuus on melko suuri etenkin pienillä virtaamilla. (Grundfos 2021, 20–27.)

Kuvassa 8. on esimerkki nykyaikaisesta säätimellä varustetusta kiertovesipumpusta.



Kuva 8. Grundfos Magna3 kiertovesipumppu asennettuna lämpöjohtoputkeen.

Samassa putkiverkostossa voi olla useita kiertovesipumppuja. Esimerkiksi ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin veden kierrättämisessä käytetään omaa erillistä pumppua. Tällöin ilmanvaihdon lämmitysverkoston pääpumpun tehtävänä on tuoda riittävä lämpöteho ja virtaama jälkilämmityspatterin sekoitusryhmälle ilmanvaihdon tuloilman lämmittämiseksi. Jälkilämmityspatterin oman erillisen kiertovesipumpun tehtävänä on ylläpitää turbulenttinen vakiovirtaama patterilla, jotta patteri ei talvella pääse jäätymään ja tuloilman sisäänpuhalluksen lämmönsäätö toimii oikein. (IV Produkt, [viitattu 18.2.2021].)

5 MITTALAITTEET VIRTAAMIEN MITTAUKSEEN

5.1 Verkoston kiinteät virtausmittarit

5.1.1 Kohomittarit

Putkiverkostoon voi olla asennettuna kiinteästi virtausmittareita. Kiinteitä virtausmittareita on monesti lattialämmityksen menoveden jakotukeissa. Virtausmittari on jakotukin jokaisen putkilähdön yläpuolella oleva läpinäkyvä muovinen suojakupu, jonka kylkeen on merkitty virtaaman asteikko l/min yksikössä. Veden virtaus putkipiiriin saa suojakuvun sisällä olevan kohon nousemaan, jolloin kohon kohdalta asteikolta voidaan lukea nesteen virtaama kyseiseen lämmityspiiriin. Koho nousee sitä korkeammalle mitä voimakkaampi on virtaus kyseiseen putkipiiriin. Virtausmittarin runko-osa jakotukin sisällä toimii myös kyseisen piirin esisäätöventtiilinä, jolla säädetään haluttu virtaama. Sääto voi tapahtua esimerkiksi pyörittämällä virtausmittaria ympäri kehällään. (Itula 2020, 10–11.)

Kuviossa 8. on esillä lattialämmitysjakotukki, jossa jokaisella lämmityspiirillä on kohomallinen kiinteä virtausmittari.



Kuvio 8. Lattialämmitysjakotukki virtausmittareilla (Muovitech, [viitattu 10.3.2021]).

Myös linjasäätöventtiilissä voi olla kiinteä kohomallinen virtausmittari. Tällöin virtausmittarista voidaan suoraan lukea venttiilin läpi kulkeva virtaama säädettäessä venttiiliä. Venttiilissä ei ole mittausyhteitä paine-eron avulla tehtäviä virtausmittauksia

varten. Kuviossa 9. on linjasäätöventtiili kiinteällä virtausmittarilla. Venttiilin säätö tapahtuu sinisen suojahatun alla olevalla säätöruuvilla. Venttiilin kyljessä on virtausmittari l/min asteikolla. (Scanoffice, [viitattu 1.3.2021].)



Kuvio 9. Linjasäätöventtiili virtausmittarilla (Scanoffice, [viitattu 1.3.2021]).

5.1.2 Energiamittarin virtausmittaus

Verkostoon voidaan asentaa kiinteästi ultraäänimittaukseen perustuva virtausmittari. Tällainen on esimerkiksi energiamittarin yhteydessä oleva virtausanturi. Energiamittarin laskurin näytöltä voidaan lukea putken nesteen virtaama. Tällaista energiamittaria voidaan hyödyntää virtauksen mittauksessa siinä tapauksessa, kun sellainen on verkostoon asennettu. Mittari ei edellytä suojaetäisyyksiä putkistoasennuksessa. Mittari on todella tarkka, valmistajan mukaan virheprosentti on keskimäärin 1 %. Kuviossa 10. on esimerkki energiamittarista, jossa on ultraäänitoiminen virtausanturi. (Saint-Gobain PAM 19.11.2018, 1–4.)



Kuvio 10. Energiamittari (Saint-Gobain PAM 19.11.2018).

5.2 Kannettavat virtausmittarit

5.2.1 Paine-eron mittaukseen perustuvat virtausmittarit

Paine-eroon perustuva mittaus on tyypillisin tapa mitata rakennusten kiertovesijärjestelmien virtaamia. Putkilinjan nesteen virtaaman määrittäminen perustuu epäsuoraan mittaukseen. Mittari mittaa varsinaisesti paine-eron ja paine-eron avulla määritetään putken virtaama. Putkilinjassa olevasta linjasäätöventtiilistä mitataan siis venttiilin säätökarvan yli muodostuva paine-ero. Ennen käytettiin perinteistä manometriä, josta näki paine-erolukeman ja tämän lukeman sekä venttiilin asetusasetuksen perusteella luettiin venttiilin käyrästä virtaama. Uudet mittarit ovat digitaalisia mittareita, jotka laskevat automaattisesti virtaaman paine-eron ja mitattavan venttiilin säätöasetuksen perusteella. Mittariin on tallennettu useimpien venttiilivalmistajien käyrästä valmiiksi. Mittariin määritetään vain mitattavan venttiilin malli, koko ja säätöasento. Mittari voi ottaa huomioon myös mitattavan nesteen lämpötilan vaikutuksen virtaamaan. Mikäli mitattavan venttiilin käyrästä ei ole tallennettuna mittariin, käytetään venttiilin kv-arvoa, joka syötetään mittariin. Virtaaman määrittäminen voidaan tehdä myös pelkän paine-erolukeman perusteella katsomalla venttiilivalmistajan kyseisen venttiilin

käyrästöstä paine-eron ja venttiilin säätöasennon mukaan virtaama. (LVI 014-10291 1999, 1–2.)

IMI TA Scope on esimerkki nykyaikaisesta digitaalisesta mittarista verkostojen paine-eron, virtaaman, lämpötilan ja tehon mittaamiseen. Mittalaite koostuu kahdesta yksiköstä, anturiyksiköstä ja näyttöyksiköstä. Anturiyksikkö liitetään mitattavaan venttiiliin letkuilla ja mittausyhteillä. Paine-eron lisäksi mittarilla voidaan mitata virtaavan nesteiden lämpötila erillisellä lämpötila-anturilla. Anturiyksikkö kommunikoi näyttöyksikön kanssa langallisesti tai langattomasti. Näyttöyksikköön on tallennettu venttiilien käyrästöt ja erilaisten nesteiden ominaisuudet eri lämpötiloissa. Näyttöyksikkö opastaa mittauksen suorituksessa ja näyttöyksikköön voidaan luoda ja tallentaa putkiverkostoja sekä tallentaa mitatut tiedot muistiin. Tiedot voidaan siirtää tietokoneelle IMI TA Hyselect -ohjelmaan, jolla voidaan muun muassa tulostaa mittauskohteesta mittauspöytäkirjan. (IMI TA, [viitattu 14.2.2021].)

IMI TA:n säätöoppaan mukaan mitattaessa linjasäätöventtiilistä mittauspaine-eron tulisi olla vähintään 3 kPa, jotta mittaus on riittävän luotettava. (IMI TA, [viitattu 4.3.2021].)

Kuva 9. esittää TA-CMI virtausmittaria, joka on vanhempi versio TA SCOPE -mittarista. Sen laskennalliset ja tietotekniset ominaisuudet eivät ole yhtä kehittyneet kuin TA SCOPE -mittarissa. Mittarilla voi mitata putkistoista paine-erot, virtaamat ja lämpötilat. Mittariin on tallennettu useiden eri venttiilivalmistajien venttiilien käyrästöt. Mittari osaa ottaa huomioon erilaisten virtausaineiden ominaisuudet ja niiden lämpötilan, mutta vain mitattaessa tiettyjä IMI TA:n valmistamia säätöventtiilejä. Muiden valmistajien venttiileillä mittari olettaa virtausaineen olevan vettä. Kuvassa 9. oikealla on näyttöyksikkö ja vasemmalla anturiyksikkö. Näyttöyksikön ja anturiyksikön virtalähteenä toimii ladattavat akut. Yksikköjen tiedonsiirto tapahtuu langattomasti tai kaapelia pitkin. Kuvan anturiyksikköön on liitetty mittausletkut ja mittausletkujen päähän kulmamalliset mittausneulat. Mittausneuloja käytetään mitattaessa paine-eroa itsetiivistyvien mittausyhteiden kautta, jollaiset on esimerkiksi kaikissa uusissa IMI TA:n valmistamissa linjasäätöventtiileissä. Mittausneulat painetaan venttiilien mittausyhteiden läpi venttiilin vesitilaan. Mittauksen päätyttyä vedettäessä neulat pois mittausyhteistä, roiskuu neuloista yleensä muutamia pisaroita mitattavaa nestettä, joten täytyy olla varovainen, mikäli mittauspaikan lähetyillä on

kosteudelle herkkiä laitteita, pintoja tai muuta sellaista. Mitattava neste voi myös olla kuumaa tai myrkyllistä, joten soveltuvia henkilösuojaimia tulee tarvittaessa käyttää.

Kuvassa 9. on irrallisena myös pikaliittimet niin sanottuihin vanhanmallisiin mittausyhteisiin, joita on tietyn merkkinisissä säätöventtiileissä. Pikaliittimet asennetaan mittausletkuihin mittausneulojen tilalle. Mittausletkut, mittauspäät ja mittausyhteet ovat värikoodattu sinisellä ja punaisella värillä eli mittausletkut, mittauspäät ja mittausyhteet liitetään väri väriin. Mikäli venttiilin mittausyhteissä ei ole värejä, kytketään punainen mittauspää virtaussuunnassa ensimmäiseen yhteeseen ja sininen virtaussuunnassa jälkimmäiseen yhteeseen. Kuvassa on alimpana lämpötilan mittausstikka, jolla pystyy mittaamaan virtaavan nesteen lämpötilan linjasäätöventtiin itsetiivistyvän mittausyhteen kautta. (TA 2005, 6–28.)



Kuva 9. TA-CMI virtausmittari.

Kuvassa 10. on käynnissä mittaus tilanne TA-CMI mittarilla. Mittarin ylimmällä rivillä näkyy venttiilin mittauspaine-ero yksikössä kPa. Toisella rivillä näkyy mittarin laskema virtaama venttiilin läpi yksikössä l/h. Kolmannella rivillä näkyy mitattava venttiilin malli ja koko, eli malli on TA STAD ja koko on DN 25. Neljännellä rivillä näkyy venttiilin esisäädön asetusarvo ja kyseistä asetusarvoa vastaava kv-arvo. Viidennellä rivillä näkyy mitattava neste, joka on kuvan tapauksessa vesi. Kuudennella rivillä näkyy mitattavan nesteen lämpötila. Suureiden

yksiköitä voidaan muuttaa mittarissa myös kesken mittauksen, esimerkiksi virtaaman yksikön l/h voi muuttaa l/s ja niin edelleen. (TA 2005, 20.)



Kuva 10. TA-CMI mittaustilanne näytöllä.

5.2.2 Kannettavat ultraäänimittarit

Putken nestevirtauksia voidaan mitata myös putken päältä niin sanotulla ”clamp-on”-mallisella kannettavalla ultraäänimittarilla. Mittari perustuu ultraäänilähtettimeen ja vastaanottimeen, jotka asennetaan putken pintaan. Ultraäänianturit lähettävät signaalin nesteeseen. Signaali heijastuu takaisin, jolloin mittari laskee nesteen virtausnopeuden ja tilavuusvirran. Mittaria voidaan käyttää yksittäisissä mittauksissa kohteissa, joissa putkistossa ei ole paine-eromenetelmällä mittaamiseen soveltuvia venttiilejä. Mittausmenetelmän käytössä tulee valita putken kohta, jossa virtaama on mahdollisimman tasainen ja asennuksen suojaetäisyydet täyttyvät. Mittauksen tarkkuus on noin 5 %. (LVI 014-10291 1999, 3–4.)

Kuvio 11. esittää "clamp-on"-virtausmittarilla mittaamista putken pinnalta.



Kuvio 11. Ultraäänivirtausmittari (Säätö, [viitattu 1.3.2021]).

6 SÄÄTÄMINEN JA MITTAUS

6.1 Tarve vesivirtojen säädölle ja mittaukselle

Uudisrakentamisen osalta vesivirtojen säätämistä edellytetään tietyissä asetuksissa ja säädöksissä. Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista (A 22.12.2017/1047) määrää, että erityisalan työnjohtajan on huolehdittava, että lämpimän käyttöveden kiertojohdon virtaama mitataan ja säädetään ennen kuin rakennus otetaan käyttöön. Lisäksi kyseisen rakennusvaiheen vastuuhenkilön tulee merkitä virtaaman säätötyön suoritus rakennustyön tarkastusasiakirjaan. (A 22.12.2017/1047.)

TalotekniikkaRYL 2002 Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset antaa myös ohjeita kiertovesiverkostojen säädöistä. Sen määräyksen G08.23 mukaan LVI-järjestelmien ja -laitteiden suunnitelmanmukainen toiminta tulee säätää ja mitata hyväksytyjen toimintakokeiden jälkeen. Mittaustulokset ja asetetut säätöarvot tulee kirjata mittauspöytäkirjoihin ja merkitä laitteille. (Rakennustieto Oy 2002, 49.)

TalotekniikkaRYL 2002 kohdan G1000.08.23.16 vaatimus mainitsee vielä lämmitysverkostoista erikseen, että käyttöönoton yhteydessä tai rakennuksen käyttöönottokatselmuksen jälkeen lämmitysverkosto tulee alustavasti perussäätää suunnittelijan antamien vesivirtojen ja esisäätöarvojen mukaan. Varsinainen perussäätö tulee tehdä talvella, kun lämpötila on alle -5°C . Perussäädöstä tulee tehdä pöytäkirja, josta näkyy päivämäärä, perussäädön tekijä, huonelämpötilat ja ulkolämpötila. (Rakennustieto Oy 2002, 63.)

Olemassa olevassa rakennuksessa perussäätöön voi olla tarvetta ryhtyä, mikäli eri huonetilojen lämpötilat poikkeavat merkittävästi toisistaan ja joissain huoneissa lämpötila on liian matala. Näissä tapauksissa lämmitysvettä kiertää todennäköisesti liikaa tietyissä putkilinjoissa ja liian vähän muissa linjoissa. Myös poikkeuksellisen korkealle säädetty lämmitysverkoston menoveden säätökäyrä voi kertoa perussäädön tarpeesta, koska menoveden lämpötila on todennäköisesti jouduttu nostamaan korkealle huonosti lämpenevien huonetilojen vuoksi. Huono lämpeneminen johtuu yleensä veden huonosta kierrosta lämmönluovuttimissa. Tarpeettoman korkea lämmitysverkoston veden lämpötila

lisää ylimääräistä energiankulutusta. Muutokset ja ongelmat saattaa huomata myös kasvaneista lämmityskustannuksista. (Seppänen & Seppänen 2007, 123–124.)

6.2 Säädön edellytykset

Verkoston vesivirtojen säätäminen edellyttää, että verkosto on valmis, toimintakunnossa, huuhdeltu ja ilmattu kunnolla ja että laitoksen toimintakokeet on pidetty. Putkiston lianerottimet tulee olla puhtaat. Pattereilla ja muilla päätelaitteilla tulisi olla toimivat esisäädettävät venttiilit, joilla kyseisten lämmönluovuttimien (tai jäähdytyslaitteiden) vesivirta voidaan säätää. Eri putkilinjoilla tulee olla toimivat linjasäätöventtiilit, joilla linjojen vesivirrat voidaan säätää, tasapainottaa ja mitata. Verkosto pitää olla suunniteltu ja mitoitettu, linjoille ja venttiileille määritetty vesivirrat ja mielellään myös esisäätöarvot. Verkostoon liittyvät LVI-suunnitelmat ja -asiakirjat tulee olla saatavilla ja niiden paikkansapitävyys tulee varmistaa. Nestevirtauksien mittaamiseen tarvitaan mittari, joka on yleensä paine-eron mittaukseen perustuva digitaalinen virtausmittari. (Harju 2004, 90–93.)

6.3 Verkoston lämmönsiirtonesteet

Yleisin lämmönsiirtoneste putkiverkostoissa on vesi johtuen sen hyvistä lämmönsiirto-ominaisuuksista. Verkoston komponenttien käyrästöt ja mittalaitteiden käyrästöt on yleensä laskettu ja piirretty sillä oletuksella, että lämmönsiirtoaineena on vesi. Tietyissä tapauksissa ja tietyissä järjestelmissä veteen sekoitetaan lisäaineita, esimerkiksi jäätymisenestoaineita kuten glykolia. Lämmönsiirtonesteen viskositeetti on tällöin eri suuruinen kuin vedellä, yleensä suurempi, joten verkoston lämmönsiirtoneste on tällöin jäykempää. Lämmönsiirtoneste vaikuttaa etenkin pumpun tehoon, joten suuremman viskositeetin omaava neste vaatii enemmän pumppaustehoa ja mahdollisesti suuremman kiertovesipumpun. (Seppänen 2001, 119, 245.)

Lämmönsiirtonesteen ollessa muuta kuin pelkkää vettä, täytyy se ottaa huomioon paineeroon perustuvissa mittauksissa. Verkoston nesteen laatu ja pitoisuus tulee olla tiedossa. Linjasäätöventtiilivalmistajilla on eri lämmönsiirtonesteille ja niiden eri sekoitussuhteille korjauskertoimia, joilla virtausmittarin näyttämä vedelle oletettu virtaamalukema kerrotaan, jotta saadaan oikea virtaama kyseisellä lämmönsiirtonesteellä. (Oras, [viitattu 7.2.2021].)

7 SÄÄDETTÄVÄ TYÖKOHDE

7.1 Työkohteen yleistietoa

Opinnäytetyön varsinaisena säätötyökohteena on uusi neljäkerroksinen toimistorakennus, joka valmistui ja otettiin käyttöön syyskuussa 2020. Rakennus toimii teollisuuskonsernin emoyhtiön toimitiloina. Rakennuksen pinta-ala on yhteensä noin 1 100 m². Rakennus rakennettiin osittain kiinni olemassa olevaan teollisuuden tuotantorakennukseen. Kerroksissa 1–3 on toimistotiloja sekä neuvotteluhuoneita. 4. kerros on pienempi kuin muut kerrokset ja siellä sijaitsee yhdistetty ilmanvaihtokonehuone ja lämmönjakohuone. Edestäpäin katsottuna rakennuksen takareunassa keskellä on tekniikkakuilu, jossa putkilinjat kulkevat kerroksien välillä. Kerroksissa 1–3 on wc-tilat molemmin puolin tekniikkakuilua. Keskellä rakennusta on hissi, joka palvelee kerroksia 1–3. Hissikuilun ympärillä on portaat kerroksien 1–3 välillä. Toimistohuoneet ovat rakennuksen etuosassa ja sivuilla. IV-konehuoneeseen kulku tapahtuu rakennuksen 3. kerroksen katolta. Katolle kulku tapahtuu rakennuksen ulkopuolella olevaa kierreportaikkaa pitkin.

Rakennuksen LVI-tekniikka koostuu käyttövesiverkostosta, patterilämmitysverkostosta, ilmanvaihtolämmitysverkostosta, jäähdytysvesiverkostoista, jätevesiviemäreistä ja sadevesiviemäreistä sekä ilmanvaihtojärjestelmästä. Rakennuksen LVI-järjestelmissä käytetään osittain hyväksi teollisuuden tuotantorakennuksen LVI-järjestelmiä. Muun muassa käyttövesiputkisto on kytketty tuotantorakennuksen käyttövesiverkostoon ja lämmitysjärjestelmän lämmönlähteenä käytetään tuotantorakennuksen maakaasukattiloita.

7.2 Työkohteen lämmitysjärjestelmä

Työkohteen lämmitysjärjestelmä on vesikiertoinen patterilämmitysjärjestelmä. Lämmönlähteenä on teollisuuden tuotantolaitoksen kaksi maakaasukattilaa. Uuden rakennuksen lämmitysverkostot on kuitenkin erotettu tuotantotilojen lämmitysverkostosta lämmityksen epäsuoralla kytkennällä eli käyttämällä kaukolämmön alajakokeskusta. Kaukolämpövetenä toimii tuotantolaitoksen kattiloilta tuleva lämmitysvesi. Tätä kaukolämpöputkistoa kutsutaan tässä työssä lämmityksen pääpiiriksi. Kaukolämmön

alajakokeskuksen lämmönsiirtimissä kiertävä pääpiirin vesi lämmittää toimistorakennuksen lämmitysveden. Kuvassa 11. on esitetty työkohteen lämmitysjärjestelmän alajakokeskus.



Kuva 11. Lämmityksen alajakokeskus IV-konehuoneessa.

Rakennuksen patterilämmityksen lämmönjakoputkisto on rakennettu kaksiputkijärjestelmän periaatteella. Patteriverkoston runkoputkisto on rakennettu sinkitystä teräsputkesta puristusosin. Runkoputkisto laskee lämmönjakohuoneesta alas muihin kerroksiin tekniikkakuilussa. Kerroksien 1–3 wc-tiloissa on patteriverkoston jakotukit. Jakotukeilta patteriputket lähtevät lämmityspattereille alajakokeskuksesta suojausputkeen asennetulla happidiffuusiosuojatulla muoviputkella betonivalussa. Patterien menopuolen venttiilit ovat Oventrop AV9 -merkkiset esisäädettävät patteriventtiilit. Patterien paluupuolen venttiilit ovat TA TRIM -merkkisiä. Verkoston lämmönluoventtimet ovat kaikki lämmityspattereita.

Lämmityspatterit ovat Stravent Modul Compact -merkkisiä teräslevyradiaattoreita ja Stravent Lisa -merkkisiä konvektoreita. Patteritermostaatit ovat pääasiassa Oventrop -merkkisiä 24 voltin sähkötermisiä toimilaitteita ON/OFF-säädöllä. Huonetilojen lämmönsäätö tapahtuu huonetilan seinällä olevalla Schneider Electric SE8300 -huonesäätimellä. Muutamissa huonetiloissa on Oventrop vindo TH -merkkiset perinteiset omavoimaiset patteritermostaatit.

Putkilinjoihin on asennettu linjasäätöventtiilit jokaiselle jakotukille erikseen. Lisäksi pisimmän patteriputkilinjan päässä on ohitusputki, jossa on linjasäätöventtiili. Lämmönjakokeskuksella lähtevässä runkolinjassa on linjasäätöventtiili, josta pystyy mittaamaan koko patteriverkoston virtaaman. Patteriverkoston mitoituslämpötilat ovat 45/30°C.

Ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatterin lämmitysjärjestelmä on erillään patteriverkostosta omana lämmitysverkostona. Verkostolla on oma kiertovesipumppu, oma lämmönsiirrin ja oma lämmönsäätölaitteisto. Verkoston vesi ei ole yhteydessä patteriverkoston. Verkoston putkisto on rakennettu sinkitystä teräsputkesta puristusosin. Verkoston lämmönluovuttimia ovat ilmastointikoneen jälkilämmityspatteri sekä ilmanvaihtokonehuoneen kaksi lämmityspatteria. Ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatterilla on oma kiertopiiri ja kiertovesipumppu. IV-jälkilämmityspatterin kiertopiirin lämpötila säädetään 2-tiesekoitusventtiilillä. Ilmanvaihdon lämmitysverkoston mitoituslämpötilat ovat 60/30°C. Ilmanvaihdon jälkilämmityspatteri on mitoitettu kuitenkin lämpötiloille 50/30°C.

Lämmityksen pääpiiri siirtää lämmön tuotantorakennuksen kattilahuoneen maakaasukattiloilta uuden toimistorakennuksen lämmönjakohuoneen lämmönjakokeskuksen lämmönsiirtimille. Maakaasukattiloilta lähtevistä tuotantorakennuksen lämpöjohdoista haaroitettiin uudet lämpölinjat, jotka nousevat tekniikkakuilua pitkin lämmönjakohuoneen lämmönjakokeskukselle. Pääpiirillä on oma kiertovesipumppu ja sekoitusventtiili, jolla säädetään veden lämpötila ensiöpiiriin ulkolämpötilan mukaan. Pääpiiriin on asennettu myös energiamittari, jolla saadaan mitattua koko uuden toimistorakennuksen lämmitysenergian kulutus. Pääpiiriin mitoituslämpötilat ovat 70/35°C.

7.3 Työkohteen jäähdytysverkosto

Työkohteen jäähdytysjärjestelmänä on sekä keskitetty jäähdytys että paikallinen jäähdytys. Rakennuksessa viilennetään sekä ilmanvaihtokoneen sisäänpuhaltamaa tuloilmaa että huonetilojen sisäilmaa paikallisesti. Kohteessa on vesikiertoinen välillinen jäähdytysvesiverkosto. Jäähdytysverkoston putkisto on rakennettu sinkitystä teräsputkesta puristusosin. Jäähdytysvesiverkosto jakaantuu kahteen eri jäähdytyspiiriin, joilla on eri lämpötilatasot.

Jäähdytyksen pääpiiri jäähdyttää ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatteria sekä serveritilan suurtehojäähdytyskonvektoreita. Sen mitoituslämpötilat ovat 10/15°C. Pääpiirin jäähdytyslaitteiden pintaan sallitaan kondenssiveden tiivistyminen ja laitteissa on kondenssiveden viemäröinti. Kuvassa 12. on jäähdytyksen pääpiiriin kytketty ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatteri, jonka jäähdytystehoa säädetään kolmitiesekoitusventtiilillä muuttamalla jäähdytyspatterin läpi virtaavaa jäähdytysveden virtaamaa.



Kuva 12. IV-koneen jäähdytyspatterin sekoitusventtiili ja putkikytkennät.

Rakennuksessa on serverihuone, jota täytyy suuren lämpökuorman takia jäähdyttää ympäri vuoden. Serverihuoneen kattoon on asennettu kaksi kappaletta kuvion 12. mukaista Chiller Giant Vari -suurtehojäähdytyskonvektoria. Konvektoreilla on omat laitteeseen sisäänrakennetut kolmitiesekoitusventtiilit, jotka säätävät konvektorien jäähdytystehoa muuttamalla jäähdytyspatterin läpi virtaavaa jäähdytysvesivirtaa.



Kuvio 12. Chiller Giant Vari -suurtehokonvektori (Chiller 2019).

Rakennuksen toinen jäähdytyspiiri on jäähdytyspalkki, joka jäähdyttää toimistohuoneiden, neuvotteluhuoneiden ja sisääntuloaulan kattoon asennettuja jäähdytyspalkkeja. Jäähdytyspalkkeihin ei sallita kondenssiveden tiivistymistä, joten jäähdytysveden lämpötila on palkkiirissä korkeampi kuin jäähdytyksen pääpiirissä. Palkkiirin jäähdytysveden mitoituslämpötilat ovat 15/18 °C. Palkit ovat niin sanottuja aktiivipalkkeja eli ilmanvaihtokoneen tuloilma puhalletaan niiden läpi huonetilaan. Jäähdytysteho säädetään jäähdytyspalkkiin liitettyllä Oventrop Cocon QTZ -merkkisellä päätelaiteventtiilillä. Päätelaiteventtiiliin säätökaraan on asennettu Oventropin 24 voltin sähköterminen toimilaite, joka säätelee palkin läpi kulkevaa jäähdytysvesivirtaa ON/OFF-periaatteella huonesäätimen lämpötilaohjauksen mukaan. Huonesäädin on sama laite, joka ohjaa myös huoneiden lämmitystä säätämällä lämmityspattereiden patteriventtiilien toimilaitteita. Kuvassa 13. on neuvottelutilan jäähdytyspalkki. Palkkien jäähdytysvesiputkisto ja päätelaiteventtiilit ovat huonetilan alaslasketun kattorakenteen yläpuolella näkymättömissä.



Kuva 13. Jäähdytyspalkki neuvottelutilan katossa.

Jäähdytysverkoston vesi jäähdytetään keskitetysti Chillerin valmistamalla liuoslauhdutteisella vedenjäähdytyskoneella. Vedenjäähdytyskoneen kylmävesiasema on asennettu rakennuksen 4. kerrokseen IV-konehuoneeseen. Molemmilla jäähdytysvesipiireillä on omat kiertovesipumpunsa. Palkkiin jäähdytysveden lämpötila säädetään korkeammaksi kuin pääpiirin lämpötila ja tämä säätö tapahtuu kolmitiesekoitusventtiilillä. Kiertovesipumput, sekoitusventtiilit, säätimet, ohjaimet ynnä muut komponentit on asennettu tehtaalla kylmävesiaseman sisälle ja integroitu aseman toimintoihin.

Kylmävesiasemaan liittyy myös lauhdutinpiiri, jossa glykoli-vesiseos siirtää kylmäainepiirin lauhduttimelta lämpöenergian ulos nestejäähdytimeen. Nestejäähdytin on rakennuksen 3. kerroksen katolla IV-konehuoneen vieressä ulkopuolella. Lauhdutinpiirillä on oma kiertovesipumppu ja kolmitiesekoitusventtiili kylmävesiaseman sisällä. Lauhdutinpiirin

mitoituslämpötilat ovat 43/36 °C. Lauhdutinputkisto on rakennettu haponkestävästä teräsputkesta puristusosin. Kuvassa 14. on kylmävesiasema putkistoineen ja varusteineen IV-konehuoneessa. Kuvassa 15. nähdään ulkona katolla oleva nestejäähdytin.



Kuva 14. Vedenjäähdytyskoneen kylmävesiasema komponentteineen.



Kuva 15. Vedenjäähdytyskoneen lauhdutinpiirin nestejäähdytin.

Rakennuksen serverihuoneen jäähdytykseen on asennettu varmistukseksi niin sanottu hätäjäähdytysjärjestelmä. Mikäli vedenjäähdytyskoneen toimintaan tulee häiriö, syötetään serverihuoneen suurtehokonvektoreille jäähdytysvedeksi kylmää käyttövettä vesijohtoverkostosta. Hätäjäähdytysjärjestelmä kytkeytyy automaattisesti toimintaan neljällä eri vaihtoventtiilillä. Vaihtoventtiili on tässä tapauksessa toimilaitemoottorilla ohjattu sulkuventtiili. Hätäjäähdytysjärjestelmän kytkeytyessä ensin toimii kaksi varsinaiseen jäähdytyslinjaan asennettua vaihtoventtiiliä, jotka sulkevat vedenjäähdytyskoneelta tulevan jäähdytyslinjan. Tämän jälkeen avautuu kaksi vaihtoventtiiliä, jotka avaavat vesijohtoverkoston syöttöputken ja jätevesiviemäriin johtavan poistoputken. Vesijohtoverkoston kylmä vesi virtaa suurtehokonvektoreiden jäähdytyspatterille ja virrattuaan konvektorien jäähdytyspatterien läpi se johdetaan jätevesiviemäriin. Vaihtoventtiilien toimilaitteet ovat niin sanottuja jousipalautteisia toimilaitteita eli hätäjäähdytys kytkeytyy päälle mekaanisesti jousivoiman avulla myös siinä tapauksessa, että tulisi sähkökatkos. Hätäjäähdytysverkoston putkisto on rakennettu komposiittiputkesta puristusosin.

7.4 Työkohteen lämpimän käyttöveden kiertoverkosto

Uuden toimistorakennuksen käyttövesiverkosto on haaroitettu suoraan tuotantorakennuksen käyttövesiverkostosta. Uuden toimistorakennuksen lämpimän käyttöveden kiertoverkosto on siis samaa verkostoa tuotantorakennuksen käyttövesiverkoston kanssa. Verkoston kiertovesipumppu on yhteinen ja se sijaitsee tuotantorakennuksen kattilahuoneessa. Uudessa toimistorakennuksessa kiertoputkiston putkilenkit käyvät jokaisen kerroksen kohdalla tekniikkakuilussa. Lenkkien päädyissä on linjasäätöventtiilit, joilla kiertoputkiston putkilenkkien virtaamat mitataan ja säädetään. Käyttövesiverkosto on rakennettu komposiittiputkesta puristusosin.

8 TYÖKOHTEN SÄÄTÖ JA VIRTAAMIEN MITTAUS

Työkohteen säädöissä sovelletaan pumppuvalmistaja Kolmeksin pikasäätöohjetta. Pikaohje opastaa muun muassa pumpun säätimen käyttöä ja säätötoimenpiteiden etenemistä käytännössä. (Kolmeks 15.8.2012.)

Virtausmittaukset suoritetaan paine-eroon perustuvalla mittaustavalla putkiston linjasäätöventtiileistä. Virtausmittari on TA-CMI.

8.1 Lämmitysjärjestelmä

8.1.1 Patteriverkosto

Työkohteen patteriverkoston vesivirran säätökomponentit ovat kiertovesipumppu, linjasäätöventtiilit ja esisäädettävät patteriventtiilit. Verkostossa ei ole paine-erosäätimiä, koska verkoston paine-erotasot ovat matalat. Patteriverkostossa on linjasäätöventtiilillä varustettu ohitusputki pisimmän runkolinjan päässä alimman kerroksen siivouskomerossa. Patteriverkoston jokaisen jakotukin runkolinjassa on linjasäätöventtiili, joka on IMI TA STAD -merkinen. Patteriverkoston kiertovesipumpun merkki on Kolmeks AE-26/4 SCC. Pumpun tuottoa säädetään portaattomasti taajuusmuuttajalla. Pumppua ohjataan vakio paine-erosäädöllä. Pumpun säädin siis mittaa verkoston paine-eroa menoputken ja paluuputken väliltä ja pitää putkiston paine-eron pumpun säätimeen asetetussa arvossa. Patteriverkostossa kiertää vesi.

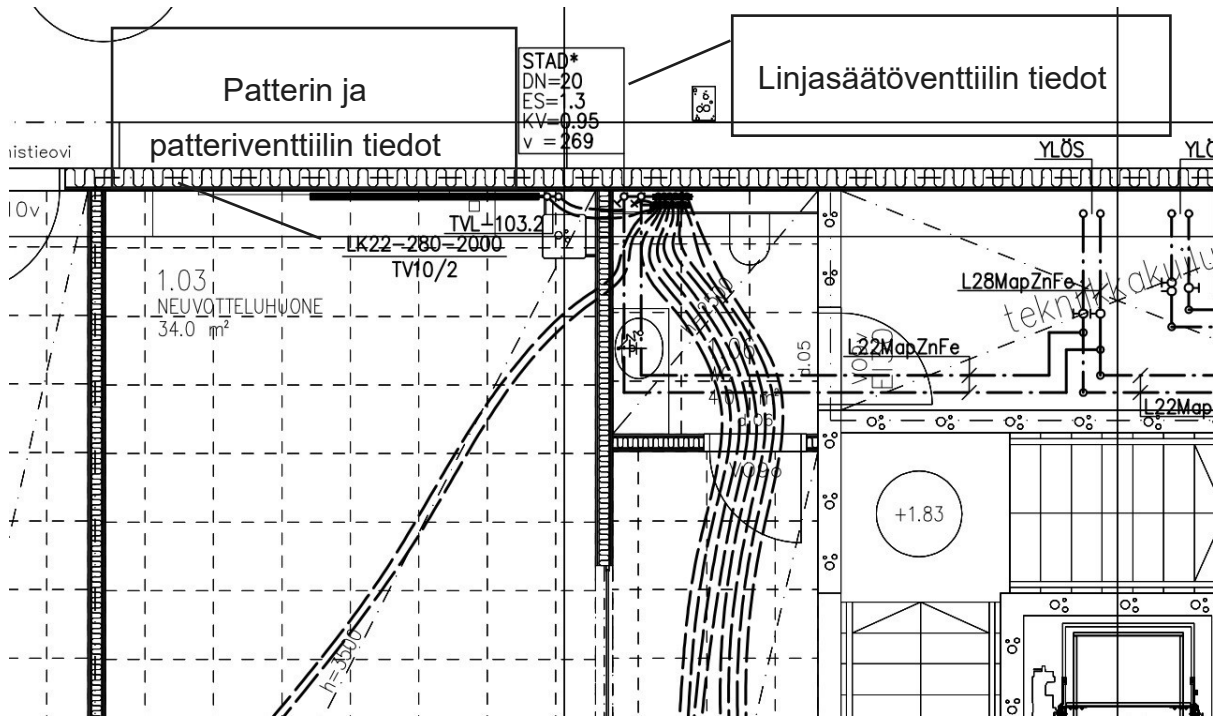
Patteriverkosto on tässä vaiheessa asennuksien osalta valmis, täytetty vedellä, huuhdeltu ja ilmattu. Venttiilien säätöasentojen tulee olla täysin auki, kun verkostoa täytetään, huuhdellaan ja ilmataan, koska kuristetut venttiilit haittaavat kyseisiä toimia. Venttiilit toimitetaan tehtaalta yleensä täysin auki-asennossa.

Verkoston säätö ja mittaus aloitetaan käynnistämällä kiertovesipumppu. Patteriventtiileistä irrotetaan termostaatit ja toimilaitteet, mikäli ne on asennettu paikoilleen. LVI-suunnitelmista katsotaan ja asetetaan suunnitellut esisäätöarvot patteriventtiileille ja linjasäätöventtiileille.

Alimmassa kerroksessa olevan ohitusputken linjasäätöventtiiliä avataan vain hieman, esimerkiksi asetusarvoon 0.3.

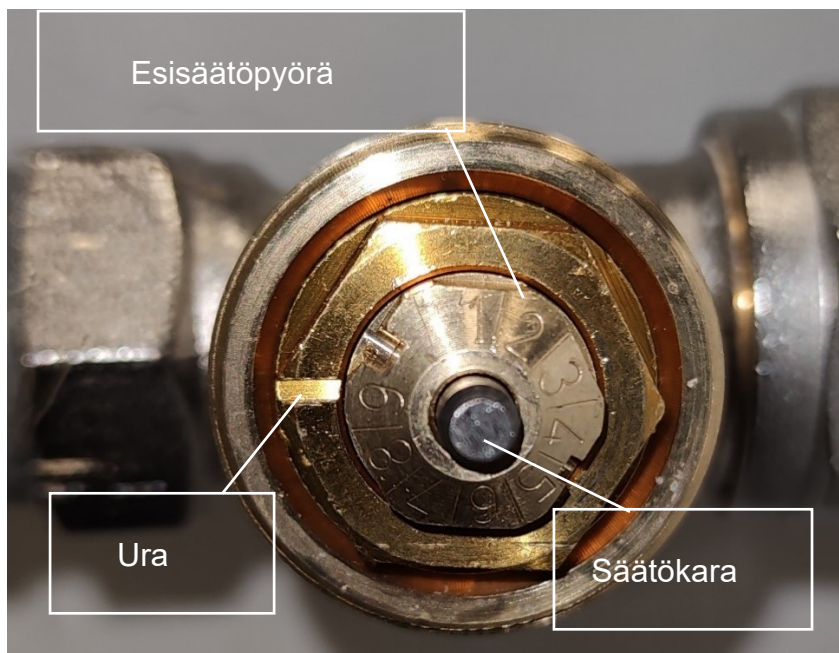
Kuvio 13. esittää osaa LVI-suunnitelman lämmityspiirustuksesta, johon on merkitty rakennuksen 1. kerroksen lämmitysjakotukin runkolinjan linjasäätöventtiilin tiedot. Venttiili on IMI TA STAD -merkkinen, jonka koko on DN 20, esisäätöarvoksi on määritetty 1.3, kv-arvoksi on määritetty 0.95 ja virtaamaksi on määritetty 269 l/h. Esisäätöarvo 1.3 asetetaan siis kyseisen venttiilin asetusarvoksi. Mitattaessa venttiilistä virtausmittarilla, virtaama tulisi lopulta saada lähelle arvoa 269 l/h. Venttiilin kv-arvoa voidaan käyttää silloin, kun virtausmittariin ei ole tallennettuna kyseisen venttiilimallin käyrästöjä. Tässä tapauksessa mittariin syötetään venttiilin asetusarvon mukainen kv-arvo, jolloin mittari laskee mitatun paine-eron ja kv-arvon perusteella venttiilin läpi kulkevan virtaaman. Jokaisen venttiilin jokaiselle esisäätöasennolle on oma kv-arvonsa eli kv-arvo muuttuu, kun venttiilin säätöasentoa muutetaan.

Kuvioon 13. on merkitty myös lämmityspatterin ja patteriventtiilin malli. Patterin malli on Lisa -konvektori tyyppi 22, jonka korkeus on 280 mm ja pituus 2 000 mm. Patterissa on DN 10 - kokoinen termostaattinen patteriventtiili, jonka esisäätöarvoksi on määritetty 2. Patteriventtiilin merkkiä ei ole määritetty tässä piirustuksessa, vaan se on määritetty toisessa suunnitteluasiakirjassa.



Kuvio 13. Leikkaus lämmitysverkoston pohjapiirustuksesta (Insinööritoimisto Sartekno Oy 9.10.2019).

Kuva 16. esittää yhtä työkohteessa olevaa Oventrop AV9 esisäädettävää patteriventtiiliä. Karan ympärillä olevaa numeroitua esisäätöpyörää jakoavaimella tai erityisellä säätöavaimella pyörittämällä muutetaan venttiilin esisäätöarvoa. Esisäätöarvon määritys kohta on kehysmutterissa oleva ura. Kuvan venttiilin esisäätöarvo on siis 9. Esisäätöpyörä ja säätökara jäävät piiloon patteritermostaatin tai toimilaitteen alle. Tällä tavoin jokaiselle patteriventtiilille asetetaan piirustuksissa määritetty esisäätöarvo.

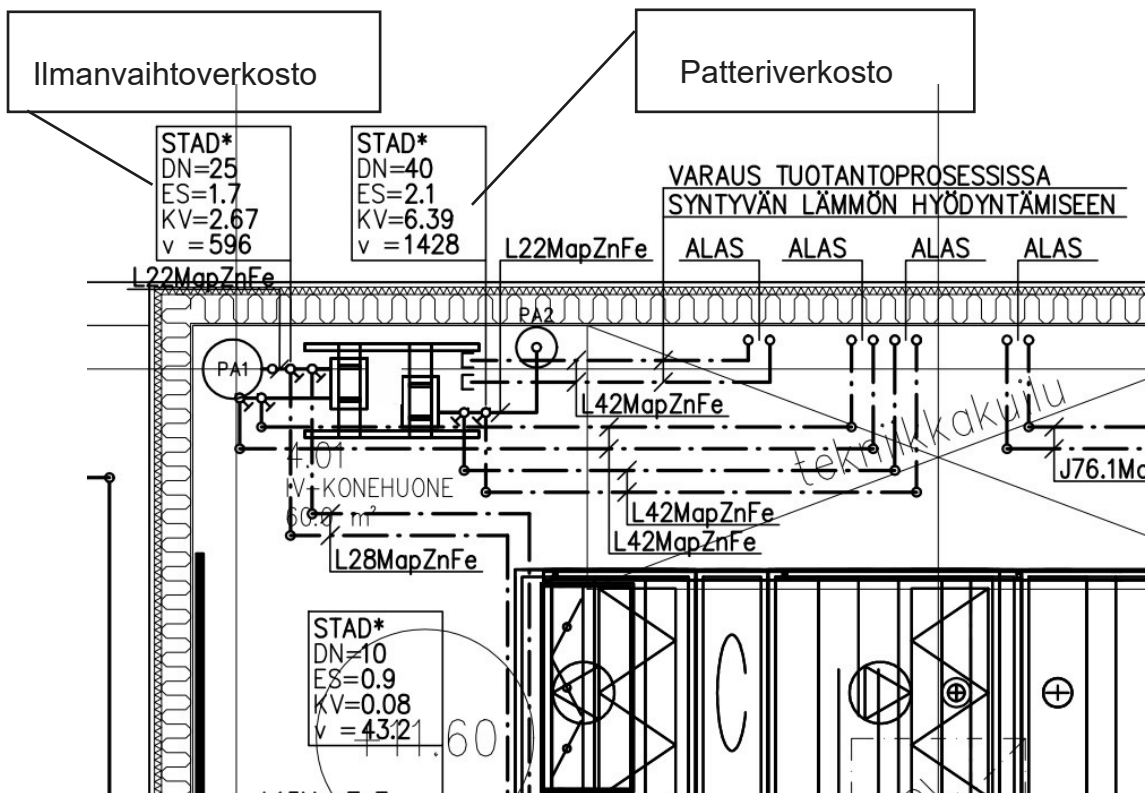


Kuva 16. Oventrop AV9 esisäädettävä patteriventtiili.

Patteriventtiilien ja linjasäätöventtiilien esisäättöarvojen asetusten ja kiertovesipumpun käynnistämisen jälkeen aloitetaan mittaukset. Mittaukset aloitetaan lämmönjakokeskukselta. Keskuksessa on linjasäätöventtiili, josta voidaan mitata koko patteriverkoston päävirtaama. Virtausmittarin mittaletkut kytketään linjasäätöventtiiliin itsetiivistyviin mittausyhteisiin. Linjasäätöventtiilin asetusarvoa kuristetaan tarvittaessa niin paljon, että saadaan mittarille luotettava paine-erolukema. STAD -venttiilillä ja TA CMI-mittarilla mittauspaine-eron lukeman tulee olla vähintään 3 kPa. Kiertovesipumpun säätimeltä muutetaan paine-eron (nostokorkeus) asetusarvoa siten, että virtausmittarin näytöltä voidaan lukea suunnittelijan suunnittelema patteriverkoston kokonaisvirtaama. Tarkemmat ohjeet pumpun säätimen käyttöön löytyy pumpun valmistajalta. Pumppu ja sen säädin esitetään kuvassa 18. Kuviossa 14. esitetään lämmityspiirustuksessa lämmitysverkostojen päävirtaamat "v" yksikössä l/h.

Pumppua ja linjasäätöventtiiliä säädetään siten, että saadaan mitattua suunnitelmanmukainen päävirtaama mittauspaine-eron ollessa esimerkiksi 3-4 kPa. Tästä on esimerkki kuvassa 17. Mittarissa tulee aina muistaa muuttaa venttiilin asetusarvoa (tai kv-arvoa) mitattavan linjasäätöventtiilin asetusarvoa vastaavaksi, kun muutetaan linjasäätöventtiilin säätöasetusta, jotta mittari laskee virtaaman oikein.

Mikäli halutaan, ettei tästä päävesivirran mittausventtiilistä jää verkostoon turhaa ylimääräistä painehäviötä, toimitaan seuraavaksi kerrotulla tavalla. Katsotaan mittarin näytöltä, mikä on venttiilin mittauspaine-ero, kun virtaama on saatu suunnitelmanmukaiseksi. Tämän jälkeen vähennetään pumpun säätimen paine-eron asetusarvosta kyseinen linjasäätöventtiilistä mitattu paine-eron lukuarvo. Tämän jälkeen asetetaan kyseinen linjasäätöventtiili täysin auki. Patteriverkoston päävirtaama on nyt säädetty suunnitelmanmukaiseksi.



Kuvio 14. Leikkaus pohjapiirustuksesta, jossa on patteriverkoston ja ilmanvaihtoverkoston päävirtaamat merkitty (Insinööritoimisto Sartekno Oy 9.10.2019).

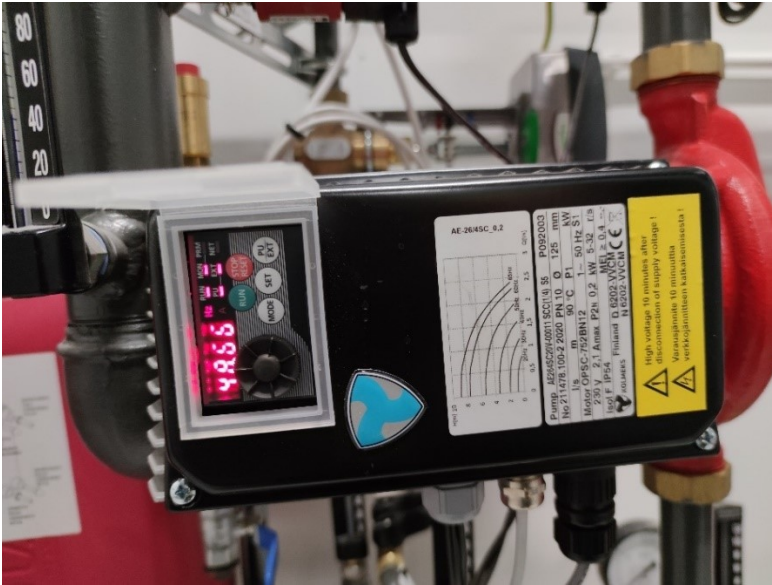
Päävesivirtaamat löytyvät myös lämmönjakokeskuksen mitoitus tietojen kiertovesipumppujen tiedoista, kuten kuviossa 15. näkyy. Tässä tulee huomata, että virtaaman yksikkö on eri kuin pohjakuvaan merkityssä virtaamassa. Kuvion 14. pohjakuvaan yksikkönä on l/h, kuviossa 15. yksikkönä on m³/h.

KIERTOVIESTIPUMPUT		Lämmitys P1	Ilmanvaihto P2
Valmistaja		Kolmeks	Kolmeks
Malli		AE-26/4SCC 0,2 kW	AE-26/4SCC 0,2 kW
Virtaus	m ³ /h	1.43	0.60
Nostokorkeus	kPa	40	46
Teho / Virta	W/A	200/2.00	200/2.00
Jännite	V	230, 1 vaihe	230, 1 vaihe

Kuvio 15. Leikkaus "Lämmönjakokeskuksen mitoitus tiedot" -asiakirjasta, jossa määritetty lämmitysjärjestelmän kiertovesipumput (Insinööritoimisto Sartekno Oy 9.10.2019).



Kuva 17. Ilmanvaihdon lämmitysverkoston päävesivirran mittaus alajakokeskuksen linjasäätöventtiililtä.



Kuva 18. Kolmeks AE-26/4 SCC -kiertovesipumppu.

Päävirtaaman säädön jälkeen mitataan yksittäisten linjojen linjasäätöventtiilit. Mitatut virtaamat pitäisi osua melko lähelle piirustuksissa merkittyjä, mikäli verkosto on rakennettu suurin piirtein kuten piirustuksiin on piirretty. Pientä hienosäätöä linjasäätöventtiilien asetusarvoissa voidaan joutua tekemään. Mikäli näyttää, että johonkin linjaan ei millään saada suunniteltua virtaamaa, voi kyseisen linjan perässä olevien patteriventtiilien esisäätöarvoja joutua nostamaan yhden pykälän verran. Ohitusputken linjasäätöventtiin asetusarvo on alle 0.5, joten mittari ei suostu sitä mittaamaan. Ohitusputken tarkoitus on, että kaikkien patteriventtiilien ollessa suljettuna hyvin pieni virtaama pääsee kiertämään linjassa ohitusputken kautta. Ohitusputken avausasento on hyvin pieni ja sen virtaamaa on epäolennaista mitata.

Kun kaikki virtaamat on saatu lähelle suunniteltuja arvoja, asennetaan patteriventtiilien termostaatit ja toimilaitteet paikoilleen, jolloin verkosto alkaa toimia itsenäisesti. Linjasäätöventtiilien asetusarvot lukitaan. Kaikkien linjasäätöventtiilien malli, koko, säätöasento, paine-eron mittausarvo ja mitattu virtaama kirjataan mittauspöytäkirjaan.

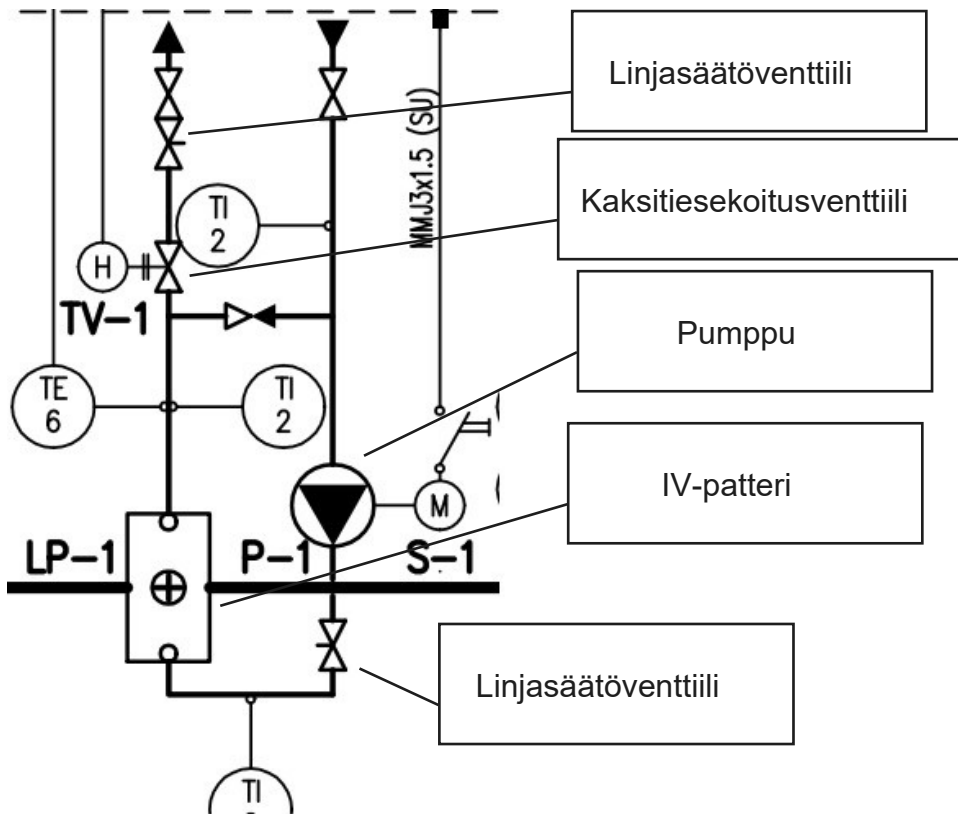
8.1.2 Ilmanvaihtokoneen lämmitysverkosto

Ilmanvaihdon lämmitysverkoston säätäminen ja mittaus tapahtuu pääosin samalla tavalla kuin patteriverkoston. Verkostossa kiertää vesi. Ensimmäisenä käynnistetään verkoston kiertovesipumput. Pääpumppu on tässäkin verkostossa Kolmeks AE-26/4 SCC -merkkinen.

Ilmastointikonehuoneen kahden lämmityspatterin patteriventtiileihin asetetaan esisäätoarvot, kuten piirustuksissa on määritetty. Linjasäätoventtiilien esisäätoarvot asetetaan kuten piirustuksissa on määritetty. IV-jälkilämmityspatterille lämpöä syöttävässä putkessa on ohitusputki, jonka linjasäätoventtiili asetetaan esimerkiksi arvoon 0.3. Suurin ero patteriverkostoon on tässä verkostossa ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatterin oma kiertopiiri, johon sisältyy oma erillinen kiertovesipumppu ja kaksitiesekoitusventtiili. Ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatterilla on oma vakioitu vesikierto, joka ei ole riippuvainen muun verkoston kierrosta. Kuva 19. esittää tätä kytkentää käytännössä ja kuviossa 16. on sama kytkentä esitettyä LVI-suunnitelman piirustuksessa.



Kuva 19. Ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatterin sekoitusryhmä.



Kuvio 16. Ilmanvaihtokoneen jälkilämmityspatterin putkiston kytkentä (Insinööritoimisto Sartekno Oy 9.10.2019).

Säädön aikana ilmanvaihtokone olisi hyvä olla pois päältä ainakin talvella, jotta ei ole vaarana jälkilämmityspatterin jäätyminen. Säättäminen voidaan aloittaa erillisestä IV-patterikierron piiristä. IV-patterin läpi halutaan jatkuva vakiovirtaama tuloilman lämmönsäädön toiminnan vuoksi ja jotta patteri ei pääse talvella jäätymään. Ensin suljetaan IV-patterin kiertopiirin kaksitiesekoitusventtiili käyttämällä venttiilin toimilaitemoottorin käsikäyttövipua. Tällä vivulla saadaan myös lukittua toimilaitemoottorin ja venttiilin asento. Kun tämä kaksitiesekoitusventtiili suljetaan, lämmönjakokeskuksen ilmanvaihtoverkoston pääpumppu ei pääse vaikuttamaan IV-patterikiertoon. IV-patterin kiertopiirin oman kiertovesipumpun merkki on Grundfos Alpha1 25–40. Virtausmittari liitetään pumpun yläpuolella olevaan STAD DN 25 -linjasäätöventtiiliin. Tälle venttiilille ei ole suunnitelmassa määritettyä esisäätöarvoa. Kuristetaan venttiilin säätöasentoa siten, että virtausmittarille saadaan vähintään 3 kPa mittauspaine-eroa. Asetetaan pumpun säätötavaksi vakiokäyräsäätö ja kokeillaan, millä pumpun nopeusasetuksella, 1, 2 vai 3 saavutetaan suunnitelmassa määritetty virtaama patterille. Tässä tapauksessa nopeus 1 ei riitä, mutta nopeus 2 ylittää tarvittavan virtaaman. Pumppu siis jätetään nopeudelle 2.

Linjasäätöventtiiliä voidaan sen jälkeen kuristaa siten, että saavutetaan suunniteltu virtaama, mutta tässä kiertopiirissä pienestä ylivirtaamastakaan ei ole haittaa.

Kun IV-patterin kiertopiirin virtaama on saatu säädettyä suunnitelman mukaiseksi, lukitaan edellä mainittu IV-patterin kiertopiirin kaksitiesekoitusventtiili tällä kertaa täysin auki-asettoon. Seuraavaksi säädetään ilmanvaihtoverkoston päävirtaama lämmönjakokeskuksen linjasäätöventtiilistä. Virtausmittari kiinnitetään venttiiliin ja pumpun paine-eron säätöarvoa muutetaan siten, että mittarista voidaan lukea suunniteltu virtaama.

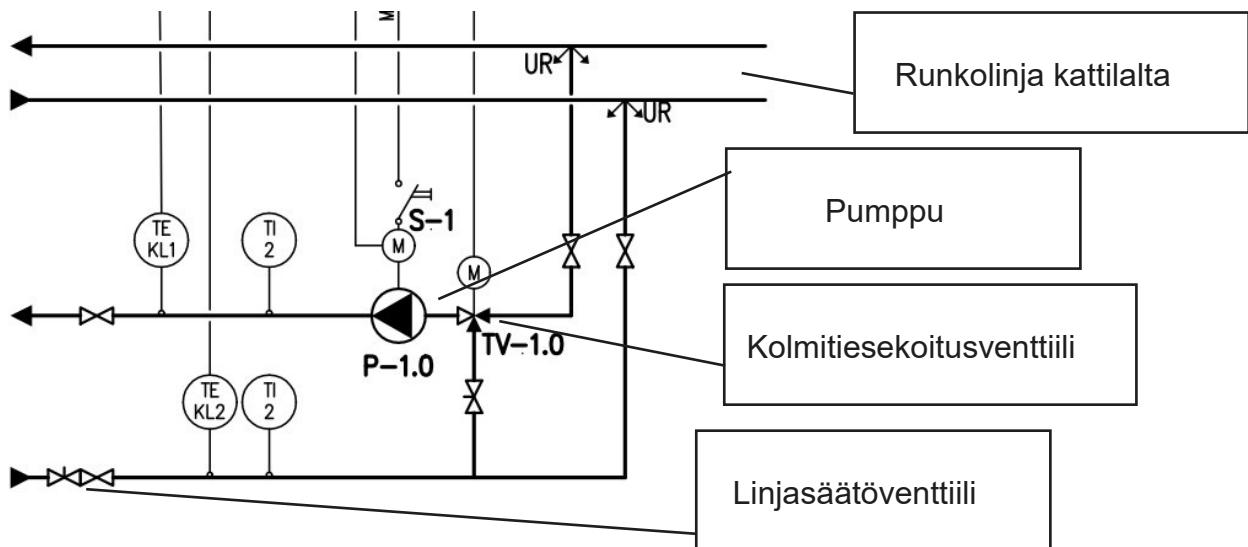
Päävirtaaman säädön jälkeen mitataan ilmanvaihtokoneen patterin kiertopiirille lämpöä syöttävän linjan linjasäätöventtiili sekä ilmastointikonehuoneen lämmityspatterien linjan linjasäätöventtiili. Mikäli vesivirrat eivät täsmää suunnitelmissa olevilla esisäätöarvoilla, hienosäädetään venttiilien esisäätöarvoja. Tarkistetaan lopuksi kaikkien venttiilien virtaamat ja tarvittaessa säädetään vielä pumpun paine-eron asetusarvoa. Mitatut arvot kirjataan pöytäkirjaan.

Lopuksi asetetaan IV-patterin kiertopiirin sekoitusventtiilin toimilaitemoottori automaattiasennolle ja asennetaan patteriventtiilien termostaatit paikoilleen. Verkosto alkaa toimia tämän jälkeen itsenäisesti. Mittaustulokset ja asetusarvot merkitään mittauspöytäkirjaan. Linjasäätöventtiilien asetusarvot lukitaan.

8.1.3 Lämmitysjärjestelmän pääpiiri

Lämmitysjärjestelmän pääpiiri on niin sanottu kaukolämmön ensiöpuolen lämmitysputkisto kattilahuoneen maakaasukattilan lämpöjohdon runkolinjasta toimistorakennuksen 4. kerroksen ilmanvaihtokonehuoneen lämmityksen lämmönjakokeskukselle. Lämmönjakokeskuksessa on kaksi kappaletta kaksitiesäätöventtiilejä toimilaitemoottoreineen. Ne säätelevät pääpiirin vesivirtaa patteriverkoston lämmityksen lämmönsiirtimelle ja ilmanvaihdon lämmitysverkoston lämmönsiirtimelle näiden toisiopuolen verkostojen lämmöntarpeiden mukaan. Lisäksi säätöventtiilien yhteydessä on linjasäätöventtiilillä varustettu ohitusputki, jotta pääpiirin vesikierto säilyy, jos molemmat kaksitiesäätöventtiilit sulkeutuvat. Pääpiirin kiertovesipumppu sijaitsee kattilahuoneessa. Tämäkin pumppu on Kolmeks AE-26/4 SCC -merkkinen. Kattilahuoneessa on myös

toimilaitemoottorilla ohjattu kolmitiesekoitusventtiili, joka säättää pääpiirin kiertoveden lämpötilan. Kuvio 17. esittää kyseistä säätöpiiriä.



Kuvio 17. Leikkaus kytkentäkuvasta pääpiirin sekoitusryhmälle kattilahuoneessa (Insinööritoimisto Sartekno Oy 9.10.2019).

Verkostossa kiertää vesi. Pääpiirin säätäminen aloitetaan asettamalla ja lukitsemalla lämmönjakokeskuksen kaksitiesäätöventtiilit täysin auki-asentoon. Ohitusputken linjasäätöventtiili asetetaan esimerkiksi arvoon 0.3. Kattilahuoneen kolmitiesekoitusventtiili asetetaan täysin auki-asentoon. Kiertovesipumppu käynnistetään. Linjassa on pumpun vieressä linjasäätöventtiili, josta virtaama mitataan. Pumpun paine-eron asetusarvoa säädetään siten, että saavutetaan pääpiiriin suunnittelijan määrittämä vesivirta. Tähän putkilinjaan on asennettu myös energiamittari, jonka virtausmittausanturia voidaan myös käyttää mittaukseen. Kun pääpiirin vesivirta on saatu säädettyä suunnitelmanmukaiseksi, asetetaan säätöventtiilien ja sekoitusventtiilin toimilaitemoottorit takaisin automaattiasentoon. Verkosto alkaa tämän jälkeen toimia itsenäisesti. Mittaustulokset ja asetusarvot merkitään mittauspöytäkirjaan. Linjasäätöventtiilien asetusarvot lukitaan.

8.2 Jäähdytysjärjestelmä

8.2.1 Jäähdytysvesiverkoston pääpiiri

Jäähdytysjärjestelmän säätö aloitetaan jäähdytysvesiverkoston pääpiiristä. Verkostossa kiertää vesi. Linjasäätöventtiileille asetetaan suunnitelmissa laaditut esisäätöarvot. Ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterin kolmitiesekoitusventtiilin toimilaitemoottori lukitaan täysin auki-asentoon. Serveritilan suurtehokonvektorien kolmitiesäätöventtiilien toimilaitemoottorit lukitaan täysin auki-asentoon. Verkoston kiertovesipumppu on kylmävesiaseman sisällä. Kylmävesiasema ja sen kiertovesipumput tulisi pystyä käynnistämään ilman, että kylmävesiasema alkaa jäähdyttää kiertävää vettä. Kylmävesiasema käynnistetään ja pääpiirin kiertovesipumpun tuottoa säädetään pumpun erilliseltä taajuusmuuttajalta noudattaen kylmävesiaseman valmistajan ohjetta. Pumpun ohjaustila on asetettu tehtaalla muuttuvalle paine-erolle eli niin sanotulle suhteelliselle paineelle. Taajuusmuuttaja säättää pumpun tilavuusvirtaa riippuen verkoston paine-erosta. Pumpulle määritetään paine-eron säätöalue, joten määritettävät pisteet ovat pumpun suurin paine-ero ja pienin paine-ero. Säätilanteessa säädetään mitoitusolosuhteita, jolloin pumpun tuotto on suurimmillaan. Pumpulle haetaan siis suurinta paine-eron asetusarvoa, joka tarvitaan vaadittavan virtaaman aikaansaamiseksi verkostoon. Virtausmittari kytketään kylmävesiaseman yläpuolella olevaan pääpiirin linjasäätöventtiiliin, josta mitataan jäähdytysverkoston päävirtaama. Paine-eron ylintä asetusarvoa muutetaan siten, että venttiilistä saadaan mitattua suunniteltu vesivirtaama. Pumpun pienimmän paine-eron tehdasasetusarvoa ei muuteta.

Seuraavaksi mitataan ja todennetaan virtaamat IV-koneen jäähdytyspatterin kierron linjasäätöventtiilistä ja serveritilan kahden suurtehokonvektorin linjasäätöventtiileistä. Kun virtaamat todetaan suunnitelmanmukaisiksi, sekoitusventtiilien toimilaitemoottorit asetetaan takaisin automaattiasentoon, jolloin verkosto alkaa toimia itsenäisesti. Mittaustulokset ja asetusarvot merkitään mittauspöytäkirjaan. Linjasäätöventtiilien asetusarvot lukitaan.

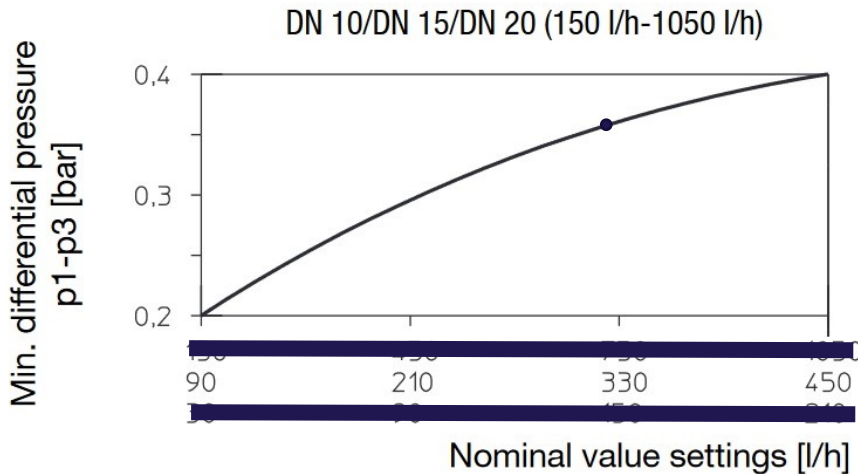
8.2.2 Jäähdytyspalkkiiri

Palkkiiri on oma erillinen jäähdytysvesiverkosto. Verkostossa virtaa sama jäähdytysvesi kuin jäähdytyksen pääpiirissä, mutta verkostolla on oma kolmitiesekoitusventtiili ja kiertovesipumppu. Palkkiirin jokaisella jäähdytyspalkilla on oma päätelaiteventtiili. Venttiilissä on sisäänrakennettu vakiovirtaamasäädin, johon voidaan suoraan asettaa suunnitelmissa määritetty nimellisvirtaama. Venttiilissä on myös sisäinen paine-erosäädin. Paine-erosäädin pitää venttiilin paine-eron vakiona venttiilin yli verkoston painevaihteluista huolimatta. Tämä vakauttaa päätelaiteventtiilin säätöä ja vakiovirtaamasäätimen toimintaa.

Säätäminen aloitetaan irrottamalla päätelaiteventtiileistä toimilaitemoottorit, mikäli ne on asennettu paikoilleen. Jäähdytyspalkkien päätelaiteventtiilien vakiovirtaamasäätimeen asetetaan suunnitelmissa määritetyt virtaaman arvot. Verkostossa on kaikissa rakennuksen kolmessa kerroksessa oma linjasäätöventtiili. Linjasäätöventtiileihin asetetaan suunnitellut esisäätöarvot. Linjojen päässä on kaikissa kerroksissa myös ohitusputket, joissa on linjasäätöventtiili. Ohitusputkien tarkoitus on pitää runkolinjan vesi jatkuvasti kiertämässä ja viileänä tilanteissa, kun toimilaitteet sulkevat kaikkien jäähdytyspalkkien päätelaiteventtiilit. Tällöin linjassa on välittömästi saatavilla viileää jäähdytysvettä päätelaiteventtiilin avautuessa. Ohitusputkien linjasäätöventtiilien asetusarvoksi asetetaan esimerkiksi 0.3.

Palkkiirin kiertovesipumppu sijaitsee kylmävesiaseman sisällä. Kiertovesipumppu on toiminnoiltaan ja säädöiltään samanlainen kuin jäähdytyksen pääpiirissä. Pumppu käynnistetään. Myös tämän pumpun ohjaustila on asetettu muuttuvalle paine-erolle eli suhteelliselle paineelle. Pumpulle etsitään siis suurinta paine-eron asetusarvoa. Tässä verkostossa täytyy ottaa huomioon se, että päätelaiteventtiilit vaativat suuren paine-eron toimiakseen kunnolla. Päätelaiteventtiileille tulee varata tämän työkohteen virtaamalla paine-eroa jopa 35 kPa, kuten kuvio 18. osoittaa.

Suunniteltu virtaama yksittäiselle jäähdytyspalkille on suurimmillaan 324 l/h. Tämän kohteen päätelaiteventtiilien Cocon QTZ DN 15 nimellisvirtaaman säätöasteikko on kaikissa venttiileissä välillä 90–450 l/h. Kun katsotaan kuvion 18. käyrää 324 l/h kohdalta (piste käyrällä), on vasemmalla vastaavassa kohdassa määritetty pienin paine-ero venttiilin yli 0,35 bar eli 35 kPa. Eli nimellisvirtaaman asetuksella 324 l/h tulee venttiilin yli oleva paine-ero olla käyrän mukaan vähintään 35 kPa.



Kuvio 18. Oventrop Cocon QTZ -päätelaitteventtiin yli vaadittava paine-ero suhteessa nimellisvesivirran asetukseen (Oventrop 2017, 7).

Kiertovesipumpun paine-eron säätöarvo tulee asettaa siten, että päätelaitteventtiileille saavutetaan riittävä paine-ero.

Verkoston kolmitiesekoitusventtiin toimilaitemoottori kylmävesiaseman sisällä tulee lukita täysin auki-asentoon ennen mittausta. Virtausmittarin mittausletkut kiinnitetään kylmävesiaseman yläpuolella olevaan palkkiipiirin linjasäätöventtiin ja mitataan ja säädetään verkoston päävirtaama. Päävirtaaman säädön jälkeen mitataan ja tarkistetaan jokaisen kerroksen linjojen virtaamat. Lopuksi mitataan päätelaitteventtiileistä vielä paine-erot, jotta varmistetaan riittävän paine-eron toteutuminen. Päätelaitteventtiin mittausyhteet ovat samanlaiset itsetiivistyvät yhteet kuin IMI TA STAD linjasäätöventtiilissä. Mikäli päätelaitteventtiin paine-ero jää alle vaaditun lukeman, nostetaan pumpun taajuusmuuttajalta paine-eron asetusarvoa vaadittavan paine-eron ja mitatun paine-eron erotuksen verran. Päätelaitteventtiin paine-eron mittausarvolla ei pystytä määrittämään päätelaitteventtiin läpi kulkevaa virtaamaa, vaan mittauksella vain varmistetaan, että venttiili toimii oikealla paine-eroalueella. Lopuksi, kun virtaamat on saatu mitattua ja säädettyä oikeiksi sekä päätelaitteventtiilien paine-eroarvot ovat todettu riittäviksi, asetetaan sekoitusventtiin toimilaitemoottori takaisin automaattiasentoon ja asennetaan päätelaitteventtiilien toimilaitteet paikoilleen. Mittaustulokset ja asetusarvot merkitään mittauspöytäkirjaan. Linjasäätöventtiilien asetusarvot lukitaan.

8.2.3 Lauhdutinverkosto

Vedenjäähdytyskoneen lauhdutinverkostossa on vakiovirtaama. Kiertovesipumppu on kylmävesiaseman sisällä. Pumpun tuottoa säädetään muuttamalla pumpun kierrosnopeutta taajuusmuuttajan taajuuden asetusarvoa säätämällä. Putkistossa on myös kolmitiesekoitusventtiili, joka säätää nestejäähdyttimeltä kylmäkoneen lauhduttimelle saapuvan liuoksen lämpötilaa. Verkoston liuksena on 35 % vesi-etyleeniglykoliseos. Verkostossa on linjasäätöventtiili, josta virtaama saadaan mitattua. Linjasäätöventtiilin merkki on Vexve DN 65 ja se on malliltaan teräksinen laippaventtiili. Tälle venttiilille ei ole määritetty suunnitelmissa esisäätöarvoa, vaan ainoastaan linjan virtaama. Virtausmittari TA CMI:ssä Vexven linjasäätöventtiilin käyrästöt löytyvät nimellä Vexve 140. Tässä venttiilissä mittausyhteet ovat erilaiset kuin IMI TA STAD-venttiilissä. Mittausyhteet ovat niin sanottuja vanhan mallin yhteitä, jolloin mittarin letkuihin kytketään vanhan mallin yhteisiin tarkoitettut pikaliittimet. Mittausyhteet eivät ole itsetiivistyviä ja itsesulkeutuvia, vaan ne pitää erikseen avata ja sulkea mittausyhteessä olevasta venttiilistä esimerkiksi patterin ilmausavaimella.

Mittaus aloitetaan asettamalla verkoston kolmitiesekoitusventtiilin toimilaitemoottori kylmävesiaseman sisältä täysin auki-asentoon. Kiertovesipumppu käynnistetään. Virtausmittari kytketään linjasäätöventtiiliin. Mitattaessa vesi-glykoliseosta mittarin näyttämä virtaaman arvo tulee kertoa korjauskertoimella, koska TA-CMI ei ota huomioon muiden valmistajien kuin IMI TA:n venttiileillä mitattavan nesteen ominaisuuksia, vaan olettaa mitattavan nesteen olevan vettä. Kysely venttiilivalmistajalle selvitti, että mittarissa näkyvä virtaaman lukema pitäisi olla 8 % suurempi kuin suunnitelman virtaama, jolloin glykoliseoksen virtaama on todellisuudessa suunnitelman mukainen. Suunnitelmassa lauhdutinpiirin virtaamaksi on määritetty 11880 l/h, jolloin edellä mainitulla periaatteella virtausmittarin näytölle pitäisi saada noin 12830 l/h, jotta glykoliliuoksen virtaama olisi oikein.

Kiertovesipumpun tuottoa säädetään kylmävesiaseman taajuusmuuttajalta siten, että saavutetaan suunnitelmissa määritetty virtaama. Lopuksi sekoitusventtiilin toimilaitemoottori asetetaan automaattiasentoon. Mittaustulokset ja asetusarvot merkitään mittauspöytäkirjaan. Linjasäätöventtiilin asetusarvo lukitaan.

8.2.4 Häätäjäähdytysverkosto

Serveritilan jäähdytys on varmistettu vedenjäähdytyskoneen vikatilaa varten varalta häätäjäähdytysputkistolla, jossa virtaa kylmä käyttövesi jäähdytysvetenä. Virtaamaan vaadittu paine-ero muodostuu putkistoon kunnallisen vesijohtoverkoston paineesta. Linjan painetta säädetään Oras-vakiopaineventtiilillä, joka on asennettu häätäjäähdytysputkistoon jäähdytysvettä syöttävään putkilinjaan. Lisäksi suurtehokonvektoreilla on molemmilla STAD-linjasäätöventtiilit, joilla voidaan säätää, tasapainottaa ja mitata erikseen kummankin konvektorin läpi kulkeva vesivirta. Suurtehokonvektorien jäähdytyskennojen läpi virrannut vesi ohjataan jätevesiviemäriin.

Säätäminen aloitetaan asettamalla vakiopaineventtiiliin sopiva paineasetus. Paineasetus asetetaan riittävän korkeaksi, jotta virtaama on varmasti riittävä. Tämän jälkeen katkaistaan vedenjäähdytyskoneelta tulevan jäähdytysvesikierron virtaus suurtehokonvektoreissa sulkemalla jäähdytyslinjojen vaihtoventtiilit käsin. Sen jälkeen lukitaan suurtehokonvektorien kolmitiesekoitusventtiilien toimilaitemootorit auki-asentoon. Seuraavaksi avataan käsin häätäjäähdytysveden syöttöputken vaihtoventtiili sekä viemäröintiputken vaihtoventtiili. Vesijohtovesi alkaa nyt virrata suurtehokonvektorien läpi. Virtausmittari kytketään suurtehokonvektorien häätäjäähdytyslinjan linjasäätöventtiileihin. Virtaamat tulisi saada suurin piirtein tasan molemmille konvektoreille. Häätäjäähdytyksen virtaamat konvektorien läpi tulisi olla vähintään yhtä suuret kuin varsinaisen jäähdytysjärjestelmän virtaamien. Virtaamat säädetään konvektorien kesken yhtä suuriksi linjasäätöventtiileillä. Kokonaisvirtaamaa säädetään muuttamalla vakiopaineventtiilin paineen asetusarvoa. Kun virtaamat on saatu suunnitelmanmukaiseksi, suljetaan häätäjäähdytyksen vaihtoventtiilit ja avataan vedenjäähdytyskoneelta tulevien putkien vaihtoventtiilit. Vaihtoventtiilien toimilaitteet asetetaan automaattitoiminnolle. Konvektorien kolmitiesekoitusventtiilin toimilaitemootorit palautetaan automaattiasentoon. Mittaustulokset ja asetusarvot merkitään mittauspöytäkirjaan. Vakiopaineventtiilin ja linjasäätöventtiilien asetusarvot lukitaan.

8.3 Lämpimän käyttöveden kiertoverkosto

Lämpimän käyttöveden kiertoverkosto sisältää seitsemän kappaletta linjasäätöventtiilejä, kaksi jokaisessa toimistokerroksessa ja yksi kappale lämmönjakohuoneessa. Venttiilit sijaitsevat tekniikkakuilussa. Verkoston kiertovesipumppu on Kolmeksin valmistama vanha yksinopeuksinen pumppu, joka sijaitsee tehdasrakennuksen kattilahuoneessa. Säättötoimenpitein pumpun tuottoa voidaan muuttaa ainoastaan linjasäätöventtiin kuristuksella.

Tässä työssä säädetään ja mitataan ainoastaan uuden toimistorakennuksen lämpimän käyttöveden kiertojohtojen linjasäätöventtiilien vesivirta. Jokaiselle linjasäätöventtiilille on suunniteltu tässä työkohteessa sama vesivirta. Linjasäätöventtiilit ovat IMI TA STAD-merkkisiä. Linjasäätöventtiileihin asetetaan suunnitellut esisäätöarvot ja mitataan virtaamat samalla periaatteella kuin lämmitysverkostossa. Mitatut paine-erot jäivät tässä kohteessa näillä venttiileillä alle 3 kPa, mutta virtaamat saatiin kuitenkin määritettyä riittävän tarkasti. Mittauksen päätteeksi esisäätöarvot lukitaan ja mittausarvot merkitään pöytäkirjaan.

9 LÄMPÖTILAMITTAUKSET

9.1 Yleistä lämpötilamittauksista

Sisälämpötilojen mittauksella varmistetaan säätöjen toimivuus. Lämpötilamittaukset tehdään lämmitysverkoston osalta talviaamuna. Ulkolämpötilan tulee olla alle -5°C , mielellään välillä -5°C – -15°C . Säätilan olisi hyvä olla pilvinen, jotta auringon lämpö ei vaikuttaisi mittauksiin. Sisälämpötilan mittaus tehdään jokaisesta huonetilasta. Mittaus tulisi tehdä huoneen keskeltä 1,5 metrin korkeudelta lattiasta nopeasti reagoivalla sähköisellä mittalaitteella. Lämmitysverkostojen menolämpötilat ja paluulämpötilat luetaan putkistoon asennetuista lämpömittareista tai soveltuvalla lämpömittarilla putken pinnalta. (Seppänen 2001, 176–177.)

9.2 Työkohteen lämpötilamittaukset

Työkohteen lämpötilamittaukset suoritettiin aamuaikaan helmikuussa 2021. Ulkolämpötila oli mittaushetkellä -18°C . Ulkolämpötila todettiin rakennusautomaatiojärjestelmän ulkolämpötila-anturin osoittaman lukeman perusteella. Huoneiden sisälämpötilamittauksissa hyödynnettiin huoneilojen lämpötilasäätimen näytöllä näyttämää huonelämpötilan lukuarvoa. Huonesäätimet on asennettu noin 1,5 metrin korkeudelle lattiasta ja etäälle lämmönlähteistä. Huonesäädin on esitelty kuvassa 20.



Kuva 20. Schneider Electric SE8300 -huonesäädin.

Huonesäätimen valmistajan mukaan lämpötilamittaus tapahtuu säätimen sisäisellä NTC 10k -tyyppisellä termistorilla. Laite näyttää sisälämpötilan 0,1°C tarkkuudella. Lämpötilamittauksen mittavirhemarginaali on $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ sisälämpötilassa 21°C. (Schneider Electric 2016.)

Huonetiloista, joissa ei ole huonesäädintä, mitattiin lämpötilat kuvassa 21. esitetyllä CEM DT-8810 -infrapunalämpötilamittarilla huonetilan sisäseinän pinnasta 1,5 metrin korkeudelta, etäältä lämmönlähteistä.

Kyseiselle infrapunalämpömittarille valmistaja ilmoittaa mittaustarkkuudeksi $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Mittarissa on kiinteä emissiivisyyskerroin 0,95. (CEM, [viitattu 18.3.2021].)



Kuva 21. Infrapunalämpömittarilla lämpötilan mittaaminen seinäpinnasta.

Ilmanvaihdon tuloilman lämpötila jälkilämmityspatterin jälkeen todettiin kanavaan asennetusta lämpömittarista sekä rakennusautomaatiojärjestelmän tuloilman lämpötila-anturin mittauslukemasta.

Eri järjestelmien putkiston menolämpötila ja paluulämpötila luettiin alajakokeskuksen putkiin asennetuista lämpömittareista, jollaisesta on esimerkki kuvassa 22. Mittarin näyttämiä lukemia voidaan verrata lisäksi rakennusautomaatiojärjestelmän antureiden näyttämiin lukuarvoihin. Lämpimän käyttövesijärjestelmän menoputken ja kiertoputken lämpötilat tarkistettiin kattilahuoneessa putkistoon asennetuista lämpömittareista ja varmistettiin, että lämpötilat olivat sallitulla lämpötilavälillä 65–55°C.



Kuva 22. Putkistoon asennettu nestepatsaslämpömittari.

10 MITTAUSTULOKSIEN RAPORTOINTI

10.1 Mittauspöytäkirja

Mittaustuloksista laaditaan mittauspöytäkirja. Vesivirtojen ja paine-erojen mittaustulokset kootaan omaan pöytäkirjaan. Lämpötilamittauksien tuloksista laaditaan oma pöytäkirja. Mittauspöytäkirjassa esitetään muun muassa rakennuskohde, mittaaja, mittauksen päivämäärä, mittalaitteet, sääolosuhteet, mitattavat laitteet ja niiden sijaintipaikka sekä mitattavat suureet (virtaama, paine, lämpötila). Myös mittauksen virhemarginaali voidaan esittää. (LVI 014-10290 1999, 2.)

Liitteessä 1. on esitetty työkohteesta laadittu mittauspöytäkirja virtaamien mittauksesta ja liitteessä 2. sisälämpötilamittauksista.

10.2 Mittausepävarmuus

Mittaustulokseen sisältyy aina mittausvirhettä. Kokonaismittausvirhe aiheutuu mittalaitteesta, mittaustavasta ja lukeman tulkitsemisvirheestä. Kokonaismittausvirhe m määritetään kaavalla (3):

$$m = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2} \% \quad (3)$$

missä

m_1 on mittalaitteen virhe (%)

m_2 on mittaustavan virhe eli menetelmävirhe (%)

m_3 on lukemavirhe, tulkitsemisvirhe (%)

Digitaalista mittaria käytettäessä mahdollisuutta tulkita mittaustulos väärin mittausasteikolta ei ole, koska mittaustulos näkyy lukuarvona suoraan mittarin näytöllä. Nykyaikaisilla

digitaalisilla mittareilla termi m_3 voidaan jättää pois kokonaismittausvirheen kaavasta. (LVI 014-10290 1999, 2-3).

Virtausmittarin TA-CMI valmistaja ilmoittaa ohjekirjassa kuvion 19. mukaisen mittalaitteen mittavirheen. Itse mittarin tarkkuus voidaan olettaa olevan $\pm 1\%$. Mittarin tarkkuuteen vaikuttaa myös mittarin kunto ja kalibrointi.

Tekniset tiedot		TA-CMI
Mitta-alue		
Kokonaispaine		maksimi 2 500 kPa
Paine-ero		-9 – 200 kPa
Virtausnäytön vaatima paine-ero		0.5 – 200 kPa
Lämpötila (ilman)		-20 – 120°C
Lämpötila (virtausaineen)		-20 – 120°C
Mittavirhe		
Paine-ero	$\pm 0,2$ kPa tai $\pm 1\%$ lukemasta kun $\Delta p > 20$ kPa	
Virtaus	Sama kuin paine-ero + venttiilin käyrästövirhe	
Lämpötila	$< 0,2^\circ\text{C}$ + anturin virhe	

Kuvio 19. TA-CMI virtausmittarin mitta-alue ja mittavirhe (TA 2005, 36).

Linjasäätöventtiilille IMI TA STAD valmistaja ilmoittaa virtaaman mittaustarkkuuden käyrällä suhteessa venttiilin säätöasentoon. Pienillä venttiilin säätöasunnoilla mittaustarkkuus heikkenee merkittävästi. Pienin venttiilin säätöasento, jolla venttiilistä voidaan mitata, on 0.5. Säätöasunnoilla 2-4 venttiilin mittaustarkkuus on parhaimmillaan, tällöin mittavirhe on noin $\pm 5-6\%$. Käyrän paikkansapitävyys edellyttää myös, että venttiili on asennettu virtaussuuntaan nähden oikein päin ja asennuspaikan suojaetäisyydet ovat ohjeen mukaiset. Suojaetäisyydet ilmoitetaan yleensä tavalla, jossa esitetään, montako kyseisen venttiilikoon tai putken halkaisijan mittaa täytyy olla etäisyyttä virtauksen häiriölähteisiin. Esimerkiksi pumppuun tulisi mitattavalla venttiilillä olla etäisyyttä 10 kertaa venttiilin DN-koko, yksikkönä millimetri. DN 25-kokoisella venttiilillä tämä tekisi suojaetäisyydeksi 250 mm. (IMI TA 2019, 3.)

Kuviossa 20. esitetään IMI TA STAD -linjasäätöventtiilin mittaustarkkuus ja asennuksen suositeltavat suojaetäisyydet. Merkittävin epävarmuus paine-eroperusteisessa mittauksessa digitaalisella mittarilla johtuu siis mitattavan venttiilin mittaustarkkuudesta.

Mittaustarkkuus

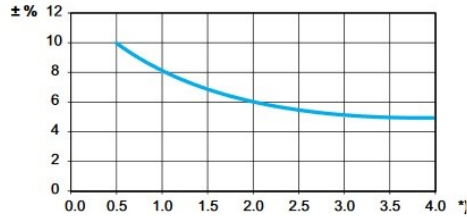
Nolla-asento on kalibroitu. Kahvan asentoa ei saa muuttaa.

Virtauksen muuttuminen eri esisäätöarvoilla

Kuvan 1 käyrästä on voimassa kun asennus on tehty tavanomaisin liittimin ja virtaussuunta (kuva 2) on oikea. Tämän lisäksi tulee välttää venttiilin asentamista välittömästi pumpun tai muun putkistovarusteen yhteyteen.

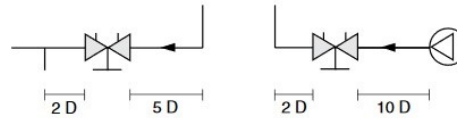
Venttiilit voidaan asentaa myös päinvastaiseen virtaussuuntaan. Käyrästä tiedot pätevät myös tällöin, mutta poikkeamat voivat olla suurempia (maks. 5% suurempia).

Kuva 1



*) Esisäätökierrosten lukumäärä.

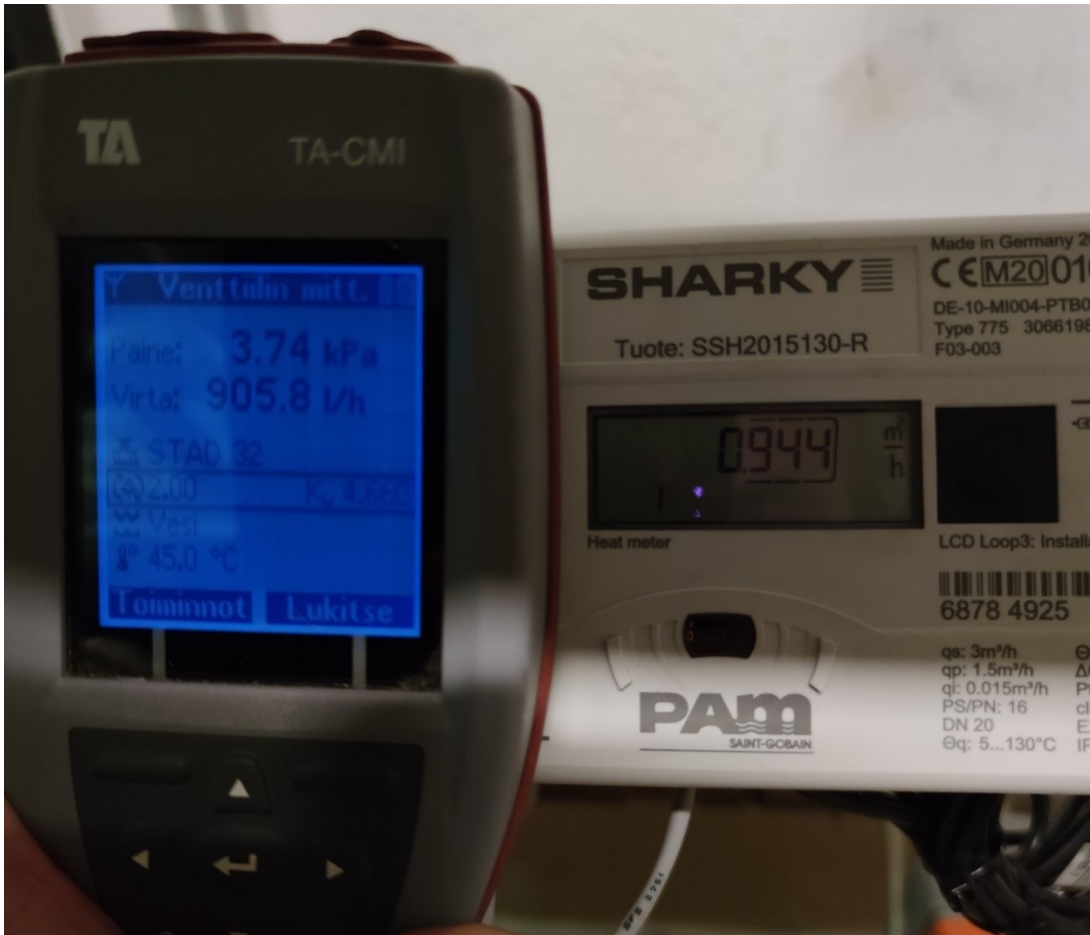
Kuva 2



D = Venttiilin DN

Kuvio 20. Linjasäätöventtiili TA STAD mittaustarkkuus (IMI TA 2019).

Kuvassa 23. mitataan putkilinjan linjasäätöventtiilistä TA-CMI -paine-eroperusteisella mittarilla ja verrataan mittaustulosta Sharky 775 -ultraäänienergiamittarin näyttämään lukemaan. TA CMI -mittari näyttää putken virtaamaksi noin 906 l/h. Ultraäänimittari näyttää saman putken virtaamaksi samalla hetkellä 0,944 m³/h eli 944 l/h. Sharky 775 näyttää noin 4 % suuremman virtaaman TA-CMI:n verrattuna. Valmistajan esitteen tyyppillinen virhekäyrä osoittaa Sharky 775 -ultraäänimittarin mittausrvirheeksi ±1 %. Paine-eroperusteisessa mittauksessa yksistään linjasäätöventtiilin mittausrvirhe asetusarvolla 2 on ±6 % eli kyseinen virtaamien ero mittareiden välillä mittausrvirhe huomioiden on täysin mahdollinen.



Kuva 23. Saman putkilinjan virtaaman mittaus kahdella eri mittausperiaatteella.

Lämpötilamittauksien osalta mittausepävarmuus riippuu mittaustavasta, mittarin ominaisuuksista, mittarin laadusta sekä mittarin soveltuvuudesta kyseiseen mittaukseen. Mittausvirhe on tyypillisillä lämpömittareilla keskimäärin $\pm 0,5\text{--}1^\circ\text{C}$. (LVI 014-10290 1999, 3-5.)

11 YHTEENVETO

LVI-kiertoverkostot voidaan rakentaa monella eri tavalla. Kiertoverkostojen tyyppi, rakenne ja ominaisuudet vaikuttavat säätöön ja mittauksen kulkuun. Verkostojen pääasiallinen lämmönsiirtoaine on vesi. Verkoston poikkeava lämmönsiirtoaine, kuten vesi-glykoliseos vaikuttaa yleensä säätöä ja mittausta hankaloittavasti. Kiertoverkostojen asianmukainen suunnittelu, toteutus ja käyttöönotto vaikuttavat eniten säätö- ja mittaustoimenpiteiden onnistumiseen. Virtaamien mittauksessa on vakiintunut LVI-alalla paine-eroon perustuvat mittauserämenetelmät ja digitaaliset mittalaitteet. Lämpötilamittauksissa voidaan käyttää monenlaisia mittalaitteita. Suosittuja lämpömittareita ovat nykyään infrapunalämpömittarit niiden nopeuden ja helpon käytettävyyden vuoksi. Kaikkiin mittauksiin sisältyy jonkin verran mittauserävarmuutta johtuen mittalaitteesta ja mittauserämenetelmästä.

Työkohteen kiertoverkostojen säätötyö onnistui hyvin suunnittelijan määrittämällä esisäätöarvoilla. Muutamien venttiilien esisäätöarvoja jouduttiin hieman muuttamaan suunnitelmissa merkityistä lukuarvoista. Jäähdytysverkoston mittaus ja säätö vaati hieman perehtymistä vedenjäähdytyskoneen toimintoihin ja asetuksiin. Häätjäähdytysjärjestelmän säätö ja mittaus oli poikkeuksellinen, koska vastaavia järjestelmiä tulee harvoin vastaan. Virtaamien säätö ja mittaus tehtiin alkusyksystä. Huonelämpötilojen mittaus tehtiin talvella. Jäähdytysjärjestelmän toimintaa ja huonelämpötilojen toteutumista kesäolosuhteissa ei ole vielä päästy toteamaan, koska rakennus valmistui syksyllä. Liitteissä 1. ja 2. esitellään työkohteen mittauksien perusteella laaditut mittauseräpöytäkirjat.

LVI-kiertoverkostojen mittaus ja säätö on aihealueena sellainen, että yhtenäistä, yksiselitteistä ja kattavaa käytännönläheistä ohjeistusta aihepiiriin ei tahdo löytyä ainakaan yhdestä paikasta tai teoksesta. Erinäisiä ohjeita ja oppaita asiaan kyllä löytyy muun muassa venttiilivalmistajilta, pumppuvalmistajilta, mittarivalmistajilta sekä muutamasta LVI-kortista.

LÄHTEET

A 22.12.2017/1047. Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista.

CEM. Ei päiväystä. DT-8810. [Verkkosivu]. [Viitattu 18.3.2021]. Saatavana: <http://www.cem-instruments.com/en/Product/detail/id/886>

Chiller. 2018. Chillquick. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 27.2.2021]. Saatavana: https://www.chiller.eu/wp-content/uploads/2018/01/Chillquick_Chiller_web.jpg

Chiller. 2019. Giant Vari. [Verkkosivu]. [Viitattu 7.3.2021]. Saatavana: https://www.chiller.eu/wp-content/uploads/2019/09/Giant_brochure_10_2019_fi.pdf

Danfoss. Ei päiväystä. Automaattiset linjasäätöventtiilit. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.3.2021]. Saatavana: <https://www.danfoss.com/fi-fi/products/valves/dhs/hydronic-balancing-and-control/automatic-balancing-valves/>

Danfoss. Ei päiväystä. Dynaaminen venttiili. [Verkkosivu]. [Viitattu 16.2.2021]. Saatavana: <https://www.danfoss.com/fi-fi/products/radiator-and-room-thermostats/dhs/radiator-thermostats/radiator-valves/dynamic-valve/#tab-overview>

Danfoss. Ei päiväystä. Example of a thermal balanced dhw-system. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 18.2.2021]. Saatavana: <https://www.danfoss.com/media/2040/example-of-a-thermal-balanced-dhw-system.jpg?anchor=center&mode=crop&width=515>

Energiatehokas koti. 17.3.2020. Tuloilman lämmitys. [Verkkosivu]. [Viitattu 27.2.2021]. Saatavana: https://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/miten_tehdaan_energiatehokas_koti/energiatehokas_ilmanvaihto_ja_jaahdytys/tuloilman_lammitys

Grundfos. 2021. Magna3 Asennus ja käyttöohjeet. [Verkkosivu]. [Viitattu 18.2.2021]. Saatavana: <https://api.grundfos.com/literature/Grundfosliterature-5995192.pdf>

Grundfos Ecademy. 1.11.2019. Pumppukäyristä. [Verkkosivu]. [Viitattu 7.2.2021]. Saatavana: <https://www.grundfos.com/content/dam/global/page-assets/learn/ecademy/pdfs/fi-36-module-4-pumppuk%C3%A4yrist%C3%A4.pdf>

Harju, P. 2004. Lämmitystekniikan oppikirja. Oppilaan kirja. 2.p. Kouvola: Penan Tieto-Opus Ky.

HSY. Ei päiväystä. Vesikiertoisien lämmitysjärjestelmän keskeisimmät osat. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 21.2.2021]. Saatavana: <https://koutsi.hsy.fi/wp-content/uploads/h5p/content/41/images/image-5e382771b3c6e.png>

- IMI TA. 2019. Linjasäätöventtiilit. [Verkkosivu]. [Viitattu 5.3.2021]. Saatavana: https://www2.imi-hydronic.com/Handlers/FileDownloaderHandler.ashx?path=%2fProductFiles%2fProducts%2fdocuments%2fCatalogues%2fFinland%2fPDF_low%2fSTAD_PN25_FI_low.pdf
- IMI TA. 2020. Omavoimaiset linjasäätöventtiilit. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.2.2021]. Saatavana: https://www2.imi-hydronic.com/Handlers/FileDownloaderHandler.ashx?path=%2fProductFiles%2fProducts%2fdocuments%2fCatalogues%2fFinland%2fPDF_low%2fSTAP_DN15-50_FI_MAIN.pdf
- IMI TA. 2021. Ylivirtausventtiilit. [Verkkosivu]. [Viitattu 18.3.2021]. Saatavana: https://www2.imi-hydronic.com/Handlers/FileDownloaderHandler.ashx?path=%2fProductFiles%2fProducts%2fdocuments%2fCatalogues%2fFinland%2fPDF_low%2fBPV_FI_MAIN.pdf
- IMI TA. Ei päiväystä. Jakelujärjestelmien säätäminen. [Verkkosivu]. [Viitattu 4.3.2021]. Saatavana: <http://vantarvi.fi/wp-content/uploads/2014/05/TA-K%C3%84SIKIRJA-Jakeluj%C3%A4rjestelmien-S%C3%A4%C3%A4t%C3%A4minen-2011.pdf>
- IMI TA. Ei päiväystä. TA-SCOPE. [Verkkosivu]. [Viitattu 14.2.2021]. Saatavana: <https://www2.imi-hydronic.com/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/ta-balancing-and-control/mittausvalineet/mittalaitteet/TA-SCOPE1/>
- Insinööri toimisto Sartekno Oy. 9.10.2019. Työkohteen LVI-urakka-asiakirjat. Alavus: Insinööri toimisto Sartekno Oy.
- Itula. 2011. "Cocon QTZ" säätöventtiili. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.2.2021]. Saatavana: https://www.itula.fi/sites/default/files/2020-02/Cocon_QTZ_esite_2011.pdf
- Itula. 26.7.2017. Itula lattiaviilennys viilentää huoneilman tekemättä lattiasta kylmää. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.2.2021]. Saatavana: <https://www.itula.fi/ajankohtaista/asiantuntija-artikkelit/itula-lattiaviilennys-viilentaa-huoneilman-tekematta>
- Itula. 2020. Itufloor-lattialämmitys ja -viilennys. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.3.2021]. Saatavana: <https://www.itula.fi/sites/default/files/2020-12/ItuFloor%20Yleiset%20asennusohjeet%201.1.pdf>
- IV Produkt. Ei päiväystä. Shunttiryhvät ja jäätymissuojaus. [Verkkosivu]. [Viitattu 18.2.2021]. Saatavana: <https://intervent.fi/wp-content/uploads/2019/09/Shunttiryhmaet%20ja%20jääetymissuojaus.pdf>
- Kolmeks. 15.8.2012. SCC-kiertopumpun paine-erosäätö lämmönjakokeskuksessa. [Verkkosivu]. [Viitattu 9.3.2021]. Saatavana:

https://www.kolmeks.fi/Download/21787/scc- pumpun_paine-erosaato_ljk_uudis_tai_perusparannus_sisaltyy_tasapainotus_20120815.pdf

Kurnitski, J. Ei päiväystä. Kesäaikaisten lämpötilojen hallinta asuinkerrostaloissa. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Rakennustieto Oy. [Viitattu 6.2.2021]. Saatavana: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK080304.pdf>

Lindab. Ei päiväystä. Kattolämmityksen opas. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.2.2021]. Saatavana: <http://www.lindab.com/fi/Documents/Ilmastointi/esitteet%20ja%20dokumentit/Kattol%C3%A4mmitys.pdf>

LVI 014-10290. 1999. LVI-laitosten mittaukset. Helsinki: Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto.

LVI 014-10291. 1999. Lämmitysverkostojen vesivirran mittaus. Helsinki: Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto.

LVI-Kalenteri. 2020. Helsinki: Suomen Kalenterit.

Motiva. 25.1.2019. Perussäädön toteutus. [Verkkosivu]. [Viitattu 4.3.2021]. Saatavana: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/patteriverkoston_perussaato/perussaado_toteutus

Muovitech. Ei päiväystä. Lattialämmitys by Muovitech. [Verkkosivu]. [Viitattu 10.3.2021]. Saatavana: <https://www.muovitech.com/?page=lattial%E4mmitys&underpage=&show=sami&lang=EN>

Mäkelä, V-M. & Tuunanen, J. 2015. Suomalainen kaukolämmitys. Mikkeli: Mikkelin ammattikorkeakoulu.

Oras. Ei päiväystä. Linjasäätöventtiili 4100. [Verkkosivu]. [Viitattu 7.2.2021]. Saatavana: https://www.oras.com/fileadmin/resources/15807_4100_Linjasaaotventtiili.pdf

Oventrop. 2017. Combined control and regulating valve "Cocon QTZ". [Verkkosivu]. [Viitattu 7.3.2021]. Saatavana: https://www.ventrop.com/Pools/Files/manual/en/L_114611080_f702c73b-8948-4da6-b500-f6dc1d136809.pdf

Oventrop. Ei päiväystä. Pressure independent control valve "Cocon QTZ" PN 16 with pressure test points. [Verkkosivu]. [Viitattu 21.2.2021]. Saatavana: <https://www.ventrop.com/en-GB/products/productgroups/article/1146004>

Rakennustieto Oy. 2002. TalotekniikkaRYL 2002 Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2002 Osa 1. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Saint-Gobain PAM. 19.11.2018. Sharky 775 -yhdistelmäenergiamittarin asennusohje. [Verkkosivu]. [Viitattu 14.2.2021]. Saatavana: https://www.pamline.fi/Download/23228/Ohje_MIT_Sharky%20775.pdf

Scanoffice. Ei päiväystä. Valitse älykkäät linjasäätöventtiilit. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.3.2021]. Saatavana: https://kauppa.scanofficegroup.fi/WebRoot/vilkasfi02/Shops/2015081104/5890/59A8/22D5/66EC/2DF5/0A28/1012/8DD7/NC_Flow_netiversio.pdf

Schneider Electric. 2016. SE8300 Low Voltage Fan Coil Controller and Zone Controller. [Verkkosivu]. [Viitattu 6.3.2021]. Saatavana: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Technical+leaflet&p_File_Name=SE8300+-+Low+Voltage+Fan+Coil+Room+Controller+-+Specification+Sheet.pdf&p_Doc_Ref=SDS-SE8300-A4

Seppänen, M. & Seppänen, O. 2007. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. 5.p. Espoo: SIY Sisäilmatieto Oy.

Seppänen, O. 2001. Rakennusten lämmitys. 2. päivitetty p. Jyväskylä: Gummerrus kirjapaino Oy.

Seppänen, O., Hausen, A., Hyvärinen, K., Heikkilä, P., Kaappola, E., Kosonen, R., Oksanen, R., Railio, J., Ripatti, H., Saari, A., Tarvainen, K. & Vuolle, M. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Säätö. Ei päiväystä. Ultraäänivirtausmittari puhtaille nesteille. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.3.2021]. Saatavana: <https://saato.fi/tuotteet/ultraaanivirtausmittari-puhtaille-nesteille/>

TA. 2005. TA-CMI Käyttöohje/Käsikirja. Vantaa: Tour & Andersson Oy.

Warmia. Ei päiväystä. Coolia-vesikiertoinen kattojäähdytysjärjestelmä. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.2.2021]. Saatavana: <https://warmia.fi/coolia-kattojaahdytys/>

LIITTEET

Liite 1. Virtaamien mittauspöytäkirja

Liite 2. Huonelämpötilojen mittauspöytäkirja

Liite 1. Virtaamien mittauspöytäkirja

Virtaamien mittauspöytäkirja						
Rakennuskohde:						
Päivämäärä:	28.8.2020		Mittaaja:	LVI-Åman Oy, Petri Åman		
Mittalaite:	TA-CMI					
Olosuhteet:	Ulkolämpötila +18°C , sisälämpötila +23°C					
Huone	Patterilämmitysjärjestelmä 45/30 °C					
Mittauspaikka	Venttiilin	Venttiilin	Mitattu	Mitattu	Suunniteltu	Virtaaman
Krs./piir.n:o	tyyppi	asetusarvo	paine-ero (kPa)	virtaama (l/h)	virtaama (l/h)	poikkeama
1. kerros vasen	STAD 20	1.6	9	271	269	101 %
1 kerros oikea	STAD 20	1.2	8	255	244	105 %
2. kerros vasen	STAD 15	1.0	16,5	148	145	102 %
2. kerros oikea	STAD 15	1.4	16,5	190	187	102 %
3. kerros vasen	STAD 20	1.3	9	295	287	103 %
3. kerros oikea	STAD 20	1.2	11,5	306	294	104 %
Ohitusputki 1krs siivouskomero	STAD 15	0.3				
Päävesivirta	STAD 50	1.5	3,3	1300	1428	91 %
Lämpöjohtopumppu:	Kolmeks AE-26/4 SCC					
Pumpun säätötapa:	Vakiopaine-ero					
Nostokorkeus (h) (kPa):	37					
Huone	Ilmanvaihtolämmitysverkosto 60/30 °C					
Mittauspaikka	Venttiilin	Venttiilin	Mitattu	Mitattu	Suunniteltu	Virtaaman
Krs./piir.n:o	tyyppi	asetusarvo	paine-ero (kPa)	virtaama (l/h)	virtaama (l/h)	poikkeama
Lämmityspatterit	STAD 10	0.7	34	49	43,2	113 %
IV-lämmitys	STAD 25	1.7	4,7	580	553	105 %
IV-patterikierto 50/30 °C	STAD 25	2	8	1030	828	124 %
Ohitusputki	STAD 20	0.3				
Päävesivirta	STAD 25	1.7	5	600	596	101 %
Lämpöjohtopumppu:	Kolmeks AE-26/4 SCC					
Pumpun säätötapa:	Vakiopaine-ero					
Nostokorkeus (h) (kPa):	22					
IV-patterikierron pumppu:	Grundfos Alpha1 25/40-180					
Pumpun säätötapa:	Vakiokäyrä					
Pumpun nopeus:	II					
Huone	Lämmitys pääpiiri 70/35 °C					
Mittauspaikka	Venttiilin	Venttiilin	Mitattu	Mitattu	Suunniteltu	Virtaaman
Krs./piir.n:o	tyyppi	asetusarvo	paine-ero (kPa)	virtaama (l/h)	virtaama (l/h)	poikkeama
Kattilahuone	STAD 32	2.4	3	1150	1180	97 %
Ohitusputki IV-huone	STAD 20	0.3				
Lämpöjohtopumppu:	Kolmeks AE-26/4 SCC					
Pumpun säätötapa:	Vakiopaine-ero					
Nostokorkeus (h) (kPa):	40					

Huone	Lämpimän käyttöveden kierto 58/55 °C					
Mittauspaikka	Venttiilin	Venttiilin	Mitattu	Mitattu	Suunniteltu	Virtaaman
Krs./piir.n:o	tyyppi	asetusarvo	paine-ero (kPa)	virtaama (l/h)	virtaama (l/h)	poikkeama
1. kerros vasen	STAD 15	1.1	2	55	72	76 %
1 kerros oikea	STAD 15	1.1	2	55	72	76 %
2. kerros vasen	STAD 15	1.2	2	55	72	76 %
2. kerros oikea	STAD 15	1.3	1,5	55	72	76 %
3. kerros vasen	STAD 15	1.4	1,5	55	72	76 %
3. kerros oikea	STAD 15	1.4	1,5	55	72	76 %
IV-konehuone	STAD 10	2.2	1,5	55	72	76 %
Huone	Jäähdytysjärjestelmän lauhdutinpiiri 43/36 °C					
Mittauspaikka	Venttiilin	Venttiilin	Mitattu	Mitattu	Suunniteltu	Virtaaman
Krs./piir.n:o	tyyppi	asetusarvo	paine-ero (kPa)	virtaama (l/h)	virtaama (l/h)	poikkeama
Lauhdutinsiipi, etyleeniglykoli 35%	VEXVE DN 65	9	4	12000	11880	101 %
Lämpöjohtopumppu:	Grundfos CM10 (Chiller)					
Pumpun säätötapa:	Vakiovirtaama					
Pumpun taajuus:	40 Hz					
Huone	Jäähdytysjärjestelmä jäähdytysiipi 10/15 °C					
Mittauspaikka	Venttiilin	Venttiilin	Mitattu	Mitattu	Suunniteltu	Virtaaman
Krs./piir.n:o	tyyppi	asetusarvo	paine-ero (kPa)	vesivirta (l/h)	vesivirta (l/h)	poikkeama
IV-jäähdytys	STAD 50	2.4	5,1	3450	3492	99 %
Serverihuone vasen konvektori	STAD 32	2.6	5,4	1770	1451	122 %
Serverihuone oikea konvektori	STAD 32	2.7	4,7	1750	1451	121 %
Päävesivirta	STAD 50	4	3,9	6500	6394	102 %
Lämpöjohtopumppu:	Grundfos (Chiller)					
Pumpun säätötapa:	Paine-ero muuttuva					
Nostokorkeus (h) (kPa):	70					
Paine-ero säätöalue (kPa):	Paine min 40, paine max 70					
Huone	Serveritila hätäjäähdytysputkisto					
Mittauspaikka	Venttiilin	Venttiilin	Mitattu	Mitattu	Suunniteltu	Virtaaman
Krs./piir.n:o	tyyppi	asetusarvo	paine-ero (kPa)	virtaama (l/h)	virtaama (l/h)	poikkeama
Serverihuone vasen konvektori	STAD 32	1.2	80	2090	1451	144 %
Serverihuone oikea konvektori	STAD 32	1.2	73	2010	1451	139 %
Vakiopaineventtiilin asetus (kPa):	350					
Huone	Jäähdytysjärjestelmä palkkiipiiri 15/18 °C					
Mittauspaikka	Venttiilin	Venttiilin	Mitattu	Mitattu	Suunniteltu	Virtaaman
Krs./piir.n:o	tyyppi	asetusarvo	paine-ero (kPa)	vesivirta (l/h)	vesivirta (l/h)	poikkeama
1. krs	STAD 40	1.9	6,2	1420	1728	82 %
2. krs	STAD 40	2.7	3,3	1860	2304	81 %
3. krs	STAD 40	2	7,9	1720	2052	84 %
Ohitusputki 1. krs	STAD 15	0.3				
Ohitusputki 2. krs	STAD 15	0.3				
Ohitusputki 3. krs	STAD 15	0.3				
Päävesivirta	STAD 50	3.5	3,6	5010	6084	82 %
Lämpöjohtopumppu:	Grundfos (Chiller)					
Pumpun säätötapa:	Paine-ero muuttuva					
Nostokorkeus (h) (kPa):	124					
Paine-ero säätöalue (kPa):	Paine min 70, paine max 124					

Huone	Jäähdytyspalkit					
Mittauspaikka	Venttiilin	Venttiilin	Mitattu	Mitattu	Suunniteltu	Virtaaman
Krs./piir.n:o	tyyppi	asetusarvo	paine-ero (kPa)	vesivirta (l/h)	vesivirta (l/h)	poikkeama
102.1	Cocon QTZ 15	18	46		180	
102.2	Cocon QTZ 15	18	46		180	
105.1	Cocon QTZ 15	18	49		180	
105.2	Cocon QTZ 15	18	53		180	
105.3	Cocon QTZ 15	18	51		180	
112.1	Cocon QTZ 15	18	45		180	
113.1	Cocon QTZ 15	32.4	41		324	
113.2	Cocon QTZ 15	32.4	41		324	
201.1	Cocon QTZ 15	18	46		180	
201.2	Cocon QTZ 15	18	46		180	
202.1	Cocon QTZ 15	18	46		180	
206.1	Cocon QTZ 15	28.8	42		288	
207.1	Cocon QTZ 15	28.8	44		288	
208.1	Cocon QTZ 15	28.8	43		288	
209.1	Cocon QTZ 15	18	48		180	
209.2	Cocon QTZ 15	18	46		180	
209.3	Cocon QTZ 15	18	47		180	
209.4	Cocon QTZ 15	18	49		180	
210.1	Cocon QTZ 15	18	49		180	
301.1	Cocon QTZ 15	18	46		180	
304.1	Cocon QTZ 15	28.8	42		288	
305.1	Cocon QTZ 15	28.8	43		288	
306.1	Cocon QTZ 15	28.8	44		288	
307.1	Cocon QTZ 15	28.8	42		288	
308.1	Cocon QTZ 15	18	46		180	
308.2	Cocon QTZ 15	18	48		180	
312.1	Cocon QTZ 15	18	46		180	
312.2	Cocon QTZ 15	18	46		180	

Liite 2. Huonelämpötilojen mittauspöytäkirja

Huonelämpötilojen mittauspöytäkirja		
Rakennuskohde:		
Päivämäärä:	11.2.2021	
Mittalaite:	Infrapunalämpömittari CEM DT-8810	
Säätötila:	-18 °C, 2 m/s, poutaa	
Mittaja:	LVI-Åman Oy, Petri Åman	
Lämmitysverkoston lämpötilat:	39/31°C	
Huone/mittauspaikka	Mitattu	Huomiot
Krs./piir.n:o	lämpötila °C	
1.01 Käytävä	18	
1.02 Neuvotteluhuone	20,5	
1.03 Neuvotteluhuone	21	
1.04 Tuulikaappi	19	
1.05 Aula	20,5	
1.06 WC	21	
1.07 WC	20	
1.08 Siivouskomero	21	
1.09 Serverihuone	21	
1.10 Varasto	22	
1.11 Kokoushuone	21,5	
1.12 Työhuone	21	
1.13 Kokoushuone	21	
Tekniikkakuilu	21	
2.01 Vapaan työskentelyn tila	21	
2.02 Hiljaisen työskentelyn tila	21,5	
2.03 Taukotila	21,5	
2.04 WC	22	
2.05 Aula	22	
2.06 Työhuone	22	
2.07 Työhuone	22	
2.08 Työhuone	21	
2.09 Tiimitila	22	
2.10 IT-tiimitila	21,5	
2.11 Varasto/studio	21	
2.12 WC	21	
3.01 Työhuone	22,5	
3.02 Neuvotteluhuone	20,5	
3.03 WC	24	Termostaatin asetus oli suurella
3.04 Työhuone	21	
3.05 Työhuone	22	
3.06 Työhuone	22	
3.07 Työhuone	21	
3.08 Hankinnat	22	
3.09 Aula	22	
3.10 WC	22	
3.11 Varasto	21	
3.12 Tiimitila	20,5	
4.01 IV-konehuone	18	