



Asentajan ohje vesivirtojen virtausmittaukseen ja verkoston tasapainotukseen

Juuso Rintamaa

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2023

Talotekniikka
LVI-talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
LVI-talotekniikka

RINTAMAA, JUUSO:

Asentajan ohje vesivirtojen virtausmittaukseen ja verkoston tasapainotukseen

Opinnäytetyö 31 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Huhtikuu 2023

Valmiit talotekniset verkostot tulee säätää toimimaan oikein. Uusien pienten taloteknisten järjestelmien säätäminen on verrattain yksinkertaista, mikäli ymmärtää verkoston toiminnan periaatteet. Tammelan Talotekniikka Oy:ssä on huomattu, ettei suuremman verkoston säätötyöhön ole helposti saatavilla osaavia henkilöitä.

Opinnäytetyön aiheena oli taloteknisten vesiverkostojen virtausmittaus ja tasapainotus. Työn tavoitteena oli tuottaa ohje, jonka avulla LVI-asentaja voi tasapainottaa ja säätää valmiiksi suunnitellut vesiverkostot toimimaan oikein esisäätömenetelmää käyttäen. Työ esittää verkostojen säätötyöt vaihe vaiheelta alusta loppuun. Lisäksi työssä käydään läpi verkostojen tasapainotukseen olennaisesti vaikuttavat erilaisten pumppujen säädöt ja ominaisuudet.

Virtausmittauksen vaiheet on käyty läpi kohta kohdalta, jotta säätötyö on mahdollisimman helppoa ja yksinkertaista tämän työn avulla. Työ käsittelee virheellisen tasapainotuksen haittoja sekä selvittää tarkoituksenmukaisen säädön hyötyjä. Opinnäytetyö on tehty yhtäaikaisesti todellisten verkostojen säätötyön kanssa. Työhön on kerätty huomioita todellisesta säätötyöstä.

Ohje antaa hyvät valmiudet suurempienkin kompleksien tasapainotukseen, sillä se sisältää kokemuspohjaisia ongelmatilanteita ratkaisuihin sekä esittää erilaisia pumppujen automatisoituja säätötapoja. Työ ei toimi virtausmittarin käyttöohjeena. Opinnäytetyö vahvistaa ymmärrystä pumppujen toiminnasta ja säätöta-voista, sekä itse verkostojen tarkoituksenmukaisen toiminnan merkityksestä.

Asiasanat: virtausmittaus, vesiverkosto, säätö, tasapainotus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services engineering
HVAC Systems

RINTAMAA, JUUSO:
HVAC Fitters' Guide for Measuring and Balancing Waterflows

Bachelor's thesis 31 pages, appendices 1 page
April 2023

All HVAC systems need to be balanced and adjusted to work properly. Adjusting and balancing new systems is considerably easier, if the basic principle of the system is understood. Tammelan Talotekniikka Oy has noticed that it is not easy to find people for adjusting and balancing bigger systems.

Aim of this thesis was to create a guide to HVAC fitters for measuring and balancing waterflows. The thesis includes a guide for the balancing and measuring job step by step. There are also pump adjustment guides for different types of automated adjusting modes. Steps of measuring and balancing are explained one at a time, so the job itself would be easy and smooth with this guide. Moreover, this thesis deals with the consequences of faulty and correct balancing.

The guide gives a good basic understanding for balancing more extensive complexes, because it includes experience-based information about fault situations and solutions. This study was done simultaneously with real adjusting and balancing jobs, so realistic example cases are included. However, this thesis does not work as a user's guide for flow meters. As a result of this study, information about how different systems and adjusting types work was provided. The relevance of correct balancing was also made clear.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	VERKOSTON TASAPAINOTUS	7
	2.1 Miksi verkostot tasapainotetaan?	7
	2.1.1 Väärä virtaama	7
	2.1.2 Energian säästö.....	8
	2.1.3 Putkiston kuluminen	9
	2.1.4 Eroosiokorroosio.....	9
3	OPETUS 2.-ASTEEN KOULUTUKSESSA	11
4	PUMPUN SÄÄTÖ	13
	4.1 Taajuusmuuttaja.....	13
	4.2 Oikosulkumoottoripumppu	13
	4.2.1 Sääto ilman taajuusmuuttajaa	14
	4.2.2 Sääto taajuusmuuttajalla	14
	4.3 EC-pumppu.....	15
	4.3.1 Sääto vakiovirtaaman avulla.....	16
	4.3.2 Sääto vakiopaineen avulla.....	17
	4.3.3 Sääto suhteellisen paineen avulla	17
	4.3.4 Sääto vakiokäyrän avulla.....	19
5	VIRTAUSMITTAUS.....	20
	5.1 Miten verkostot tasapainotetaan?	20
	5.2 Linjasäätöventtiilin toiminta	22
	5.2.1 Esisäädöt.....	23
	5.2.2 Mittaus	24
	5.3 Ongelmatilanteita	27
	5.3.1 Virtaama/paine-ero ei riitä	27
	5.3.2 Mittaustulos vaihtelee	27
	5.3.3 Venttiilistä ei saada mittaustulosta.....	28
	5.3.4 Mittaustulos ei vaikuta todelliselta	28
6	POHDINTA	29
	LÄHTEET	30
	LIITTEET	31
	Liite 1. Mittauspöytäkirja	31

LYHENTEET JA TERMIT

LVI	Lämpö, vesi, ilma
LVK	Lämminvesikiertojohto
kPa	kilopascal
IV	Ilmanvaihto

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoite on tutkia vesiverkostojen tasapainotusta, pumppujen säätöä ja perussäädön opetusta toisen asteen koulutuksessa. Työn tarkoituksena on tuottaa selkolukuinen ohje LV-asentajalle avuksi vesiverkostojen tasapainotukseen esisäätömenetelmällä. Opinnäytetyö tehdään toimeksiantona Tammelan Talotekniikka Oy:lle. Työssä käsitellään vesiverkostojen tasapainotuksen ja oikeanlaisen säätämisen tapoja, tekniikoita ja hyötyjä sekä virheellisesti tasapainotetun verkoston haittoja. Opinnäytetyön kirjoittajalla on useiden vuosien työkokemus LVI-asentajan työtehtävistä ja verkostojen tasapainotuksesta. Opinnäytetyössä on hyödynnetty runsaasti kokemusperäistä tietoa verkostojen säätötyöstä, sillä siitä ei ole juurikaan saatavilla dokumentoitua tietoa. Työssä on myös haastateltu päivittäin verkostojen säätötyötä tekevää asiantuntijaa.

Verkostojen tasapainotus on keskeinen asia rakennuksen käyttökulujen optimoinnissa. Oikeanlainen tasapainotus lisää merkittävästi rakennuksen energiatehokkuutta, minkä vuoksi se on koko ajan tärkeämpi aihe energian hinnan noustessa. Tasapainotus myös lisää putkistojen ja LVI-laitteiden käyttöikä, joten rakennusten elinkaarikustannusten merkityksen kasvaessa kasvaa myös verkostojen tasapainotuksen merkitys kokonaistaloudellisessa rakentamisessa.

Oikeanlaisella LVI-verkostojen tasapainotuksella voidaan saavuttaa koko LVI-järjestelmälle vuosia lisää käyttöaikaa ja merkittävästi pienemmät käyttökustannukset sekä saada koko järjestelmä toimimaan suunnitellulla tavalla. LVI-tekniisten järjestelmien toimivuus on ratkaisevan tärkeä asia koko rakennuksen sisäilman kannalta. Väärin tehdystä tasapainotuksesta aiheutuu valituksia käyttäjiltä sekä huoltokäyntejä, joilla yritetään korjata tilannetta.

2 VERKOSTON TASAPAINOTUS

2.1 Miksi verkostot tasapainotetaan?

Kaikki LVI-tekniset verkostot tasapainotetaan rakennuksen energiatehokkuuden, toiminnan sekä kestävyuden varmistamiseksi. Tasapainotuksella saadaan aikaan oikea virtaama eri järjestelmiin ja järjestelmän osiin. Oikea virtaama on oleellinen osa verkostojen toimintaa, sillä kaikki LVI-verkostot on mitoitettu toimimaan yksilöllisillä arvoilla. Mikäli virtaama ei ole oikea, verkoston komponentit eivät toimi oikein, ne voivat rikkoutua ja järjestelmä voi kuluttaa ylimääräistä energiaa, minkä lisäksi järjestelmän käyttöikä voi kärsiä.

2.1.1 Väärä virtaama

Liian pienestä virtaamasta voi tavanomaisesti seurata jäätymisriski. Maallikko voi huomata liian pienen virtaaman huonelämpötilan laskemisena, kun lämmitysteho on riittämätön. Virheellisesti tasapainotetussa verkostossa voi olla osia, joissa virtaama jää liian pieneksi, vaikka toisissa osissa virtaama olisi liian suuri. Jos lämmitysverkosto on tasapainotettu virheellisesti, seurauksena voi olla rakennuksen lämpeneminen vain osittain. Osassa rakennusta voi silloin olla kylmä, vaikka lämmitysverkostoon ajettaisiin kuumaa vettä.

Esimerkki 1: Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin virtaama

Mikäli IV-koneen lämmityspatterin virtaama on liian pieni, voi lämmityspatteri jäätymään. IV-koneen pattereissa on jäätymissuoja, joka sammuttaa koko IV-koneen, jos patterissa kiertävä vesi jäähtyy liikaa. Mikäli jäätymissuoja laukeaa, tulee se kuitata IV-konehuoneesta fyysisesti. Tämä aiheuttaa ylimääräistä työtä, joka olisi voitu välttää oikealla virtaamalla. Toinen, energiatehokkuuden kannalta pahempi ongelma aiheutuu patterin epätasaisesta lämpenemisestä. IV-patterin hyötysuhde heikkenee, jos se lämpiää epätasaisesti.

Esimerkki 2: Lämmityspatterin virtaama on liian pieni.

Jos lämmityspatterin vesivirta on liian pieni, ei patteri saavuta mitoitustehoaan. Tämä voi aiheuttaa huonelämpötilan laskemisen.

Esimerkki 3: Lämpimän käyttöveden kiertojohdossa on liian pieni virtaama.

Liian pienestä virtaamasta LVK-verkostossa voi aiheutua lämpimän veden lämpötilan laskun liian alas. Jos lämpimän käyttöveden lämpötila laskee alle 55 °C:een, olosuhteet ovat suotuisat legionellabakteerien kasvulle ja käyttökohteessa joudutaan lisäksi odottamaan lämpimän veden saapumista liian kauan. (Suomen rakentamismääräyskokoelma D1 2007)

Liian suuri virtaama aiheuttaa putkistoissa ennen aikaista kulumista sekä heikentää energiatehokkuutta ylimääräisten pumppauskustannusten ja lämpöhäviöiden muodossa. Maallikko voi huomata liian suuret virtaamat meluhaittana, putkistoista voi alkaa kuulua kohinaa suurien painehäviöiden takia.

Esimerkki 1: IV-koneen lämmityspatterin virtaama

Mikäli IV-koneen lämmityspatterin virtaama on liian suuri, pumppauskustannukset shunttiryhmän pumppauksessa voivat kasvaa tarpeettoman suuriksi ja lämmityspatterissa voi tapahtua ennen aikaista kulumista eroosioroosion muodossa (kappale 2.1.6).

Esimerkki 2: Lämmityspatterin liian suuri virtaama

Jos lämmityspatterin virtaama on liian suuri, patteriventtiin suuresta paine-erosta aiheutuu termostaatin toimiessa häiritsevää kohinaa. Lisäksi suuresta virtaamasta aiheutuu ylimääräisiä pumppauskustannuksia ja energian menetystä.

Esimerkki 3: Lämpimän käyttöveden kiertojohdossa on liian suuri virtaama.

Liian suuri virtaama LVK-verkostossa aiheuttaa pääasiassa eroosioroosiota (kappale 2.1.6) putkistossa, mutta myös ylimääräisiä lämpöhäviöitä voi aiheutua, mikäli käyttövesi on liian lämmintä.

2.1.2 Energian säästö

Energian säästö on tämän opinnäytetyön kirjoittamishetkellä hallitsevan maailmantilanteen vuoksi erittäin merkittävä aihe, energian hinnat ovat moninkertaisesti, ja energiaa pyritään säästämään mahdollisimman paljon taloudellisten säästöjen toivossa ja sähkönsaannin turvaamiseksi. LVI-teknisten verkostojen oikeanlaisella säädöllä saavutetaan merkittäviä säästöjä energian kulutuksessa.

LVI-järjestelmien säädöllä voidaan vaikuttaa energiankulutukseen järjestelmän oikeanlaisella, mahdollisimman energiatehokkaalla säädöllä ja oikeilla lämpötiloilla. Liian korkeat lämpötilat aiheuttavat turhia lämpöhäviöitä, ja pumpput kuluttavat enemmän energiaa pyöriessään liian kovalla. Pumpun tehoa voidaan laskea, kun verkosto säädetään mahdollisimman väljäksi, tällöin pumppu ei tarvitse suurta nostokorkeutta ja sen virrankulutus on alhaisempi.

Verkostojen oikeanlaiset säädöt vaikuttavat kuitenkin energiankulutukseen eniten oikein ja pitkään toimivien järjestelmien kautta. Pumpun energiankulutus on hyvin pieni verrattuna itse järjestelmien kulutukseen. Huonolla hyötysuhteella toimiva virheellisesti säädetty järjestelmä kuluttaa merkittävästi enemmän energiaa, kuin oikein mitoitettu ja säädetty järjestelmä. Pahimmassa tapauksessa osassa rakennusta käyttäjät jäähdyttävät tiloja avaamalla ikkunoita samaan aikaan, kun muissa saman rakennuksen osissa palellaan. (Motiva, patteriverkon perussäätö 2023)

2.1.3 Putkiston kuluminen

Virheellisesti säädetty verkosto kuluu nopeammin. Oikeanlaisella säädöllä voidaan saavuttaa putkistolle kymmeniä vuosia lisää käyttöaika. Putkiston kuluminen eli korrosio aiheutuu virtausnopeuksista. Suomen kaksi tyypillisintä korrosiomuotoa putkistoissa on pistekorrosio ja eroosikorrosio. Pistekorrosioon on syynä veden laatu ja eroosikorrosioon eli mekaaniseen kulumiseen liian suuri virtausnopeus.

2.1.4 Eroosikorrosio

Eroosikorrosiota (kuva 1) syntyy kaikissa putkissa, mutta kupariputkissa ongelma on pahin, sillä kupari on materiaalina pehmeää verrattuna muihin putkimateriaaleihin. Kuparin pehmeys mahdollistaa putken pinnan kulumisen voimakkaasti veden liian suuren virtausnopeuden takia.

Eroosiokorroosio aiheutuu liian suuresta virtaamasta, eroosiokorroosio on putkiston mekaanista kulumista, jonka aiheuttaa virtaava vesi. Eroosiokorroosiota tapahtuu aina, mutta oikeilla virtaamilla sitä voidaan vähentää. Putkistoissa, joissa vesi virtaa koko ajan, saa virtausnopeus olla maksimissaan 1 m/s, mitoitusarvo on kuitenkin 0,5 m/s. Muissa putkissa, kuten käyttövesiverkostossa, kylmän veden virtausnopeus saa olla maksimissaan 4 m/s ja lämmin vesi 3 m/s. (Suomen rakentamismääräyskokoelma D1 2007)

Eroosiokorroosiosta voi seurata vesivahinko, sillä se puhkaisee putken ajan mittaan, pahimmat korroosiosta kärsivät kohdat ovat yleisesti putken käyriä. Eroosiokorroosiota voi syntyä myös putken katkaisukohtiin putken katkaisusta jääneistä jäysteistä aiheutuvista pyörteistä veden virtauksessa. Tällöin eroosiokorroosiokohta on katkaisukohdan vieressä. (opinnäytetyö Antti Kaijalainen 2011)



KUVA 1. Eroosiokorroosio (opinnäytetyö Antti Kaijalainen 2011)

3 OPETUS TOISEN ASTEEN KOULUTUKSESSA

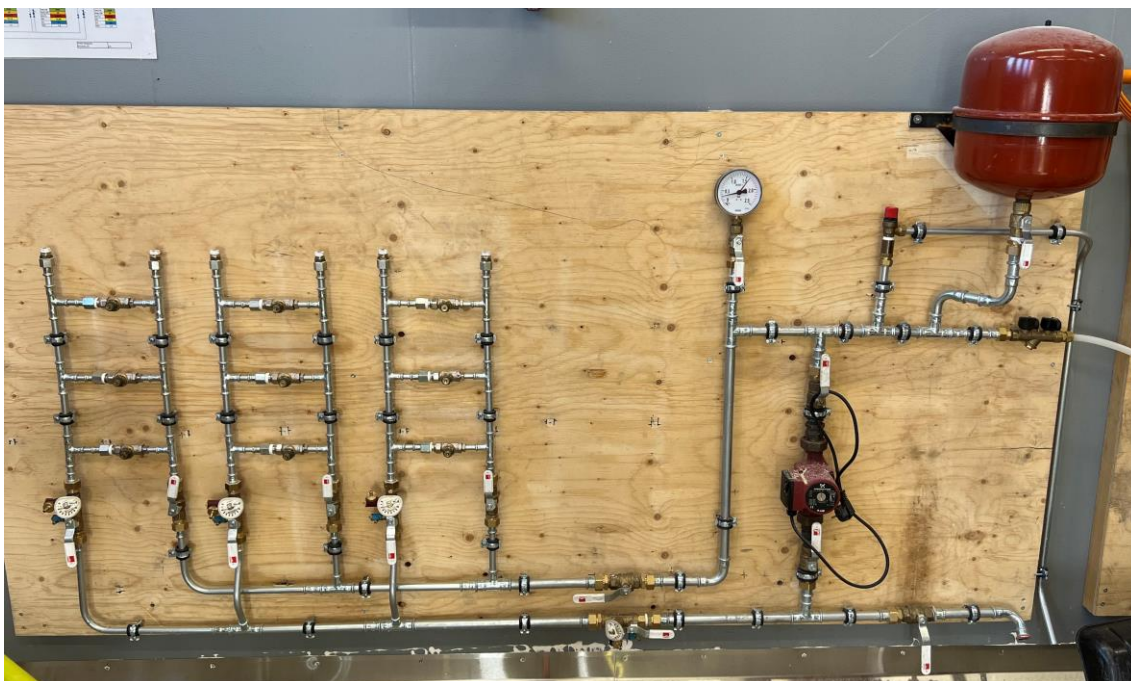
Yksi syy tämän opinnäytetyön tekemiselle on verkoston tasapainotuksen opetus toisen asteen koulutuksessa. Tammelan Talotekniikka Oy:ssä on havaittu, että valmistuneet LVI-asentajat eivät omien sanojensa mukaan ole koskaan kuulleetkaan verkostojen tasapainotuksesta. Myöskään kokeneilla asentajilla ei yleensä ole riittävää ammattitaitoa suurempien verkostojen oikeanlaiseen tasapainotukseen.

Tasapainotukseen perehtymättömät saavat yleensä säädettyä yksinkertaisia järjestelmiä, mutta suurempien kompleksien kanssa syntyy lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä ongelmia viimeistään lämmitys- ja jäähdytyskaudella takuuajana. LVI-verkostojen tasapainotuksessa tulee ymmärtää verkoston toiminnan periaatteet hyvin, jotta verkostot tulee säädettyä oikeaoppisesti.

Tampereen ammattiopistossa Kangasalan toimipisteessä on tehty harjoitustyö (kuva 2) virtausmittauksia varten, harjoitus on osa valinnaista kurssia, joten kaikki LVI-asentajat eivät tule tekemään virtausmittausharjoitusta. Harjoitus on yksinkertainen patteriverkosto kolmella nousulla. Harjoituksesta on tehty kaksi versiota, joista toisessa on käytetty pelkästään yhdenmerkkisiä venttiileitä ja toiseen on sekoitettu eri mallisia venttiileitä.

Harjoitustyössä opiskelijalle voidaan antaa lähtötiedoiksi erilaisia suureita. Helppoisimmassa versiossa opiskelijalle annetaan patterien tehot, verkoston lämpötilaero ja kaava oikean virtaaman laskemiseen. Opiskelija katsoo venttiilivalmistajan taulukosta lasketun virtaaman perusteella oikeat esisäätöarvot patteriventtiileille ja säätää verkoston.

Kun verkosto on esisäädetty, opiskelija käynnistää pumpun ja alkaa säätää verkostoa linjasäätöventtiileistä virtausmittarin avulla. Pumppu on yksinkertainen kolmeasentoinen EC-pumppu eli opiskelijalla on valittavissa kolme asetusta oikeanlaiseen verkoston säätöön.



KUVA 2. virtausmittauksen harjoitusseinä Tampereen ammattiopisto Tredussa

Tampereen ammattiopisto Tredun opettajan Pasi Kollanderin mukaan virtausmittausharjoitus on tehty tuomaan opiskelijalle perusymmärrystä verkoston toiminnasta ja verkoston säätötyöstä. Harjoituksen vaikeustasoon voidaan vaikuttaa annettavilla lähtötiedoilla, jolloin opiskelijan halutessa voidaan harjoituksesta tehdä vaikeampi osaamisen syventämiseksi.

Harjoituksessa opiskelija suunnittelee virtaamat ja esisäädöt sekä säätää verkoston itse, jotta opiskelija joutuu myös miettimään verkoston toimintaa. Jos lähtötiedot annettaisiin suoraan opiskelijalle, voisi tehtävän vain suorittaa oppimatta mitään. Opiskelija tekee mittaustuloksista pöytäkirjan valmiiseen pohjaan. Pöytäkirjasta tulee ilmetä mitatun venttiilin tiedot.

4 PUMPUN SÄÄTÖ

Ennen pumppujen säätöä tulee varmistaa, että kaikkien verkoston venttiilien esisäätöarvot on asetettu ja venttiilit ovat auki. Reilusti pielessä oleva säätö, tai kiinni oleva verkoston osa voi aiheuttaa tarpeen säätää koko verkosto uudelleen alusta alkaen. Jos verkoston virtaama ei ole koko ajan vakio, kuten esimerkiksi lämmitys- ja jäähdytysverkostoissa, pumpun tai taajuusmuuttajan automatisoituja säätö ominaisuuksia tulee käyttää parhaan energiatehokkuuden ja verkoston toimivuuden varmistamiseksi.

4.1 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on moottorinohjain. Taajuusmuuttajalla voidaan säätää moottorin taajuutta ja jännitettä. Taajuuden ja jännitteen muutos vaikuttaa moottorin pyörimisnopeuteen. Pumpuissa moottorin pyörimisnopeutta säädetään paremman energiatehokkuuden ja oikean virtaaman saavuttamiseksi. Taajuusmuuttaja voidaan säätää kerran vakionopeudelle tai sitä voidaan ohjata automaation avulla pitämään verkostossa haluttu suure, yleensä paine-ero.

4.2 Oikosulkumoottoripumppu

Oikosulkumoottoripumpulla (kuva 3) tarkoitetaan pumppua, jonka moottori toimii tekemällä oikosulun sähköverkkoon. Tämä tarkoittaa, että pumppu pyörii aina sillä taajuudella, joka pumppuun liitettyssä sähköverkossa on. Pumppuun liitetyn sähköverkon taajuutta voidaan muuttaa taajuusmuuttajalla. Ilman taajuusmuuttajaa Suomen sähköverkon taajuus on 50 Hz, joka on yleensä pumpun maksimitaajuus, tällöin pumppu pyörii 100 %:lla teholla.

Oikosulkumoottoripumppuja voidaan käyttää missä verkostoissa tahansa taajuusmuuttajan avulla, mutta ilman taajuusmuuttajaa sitä käytetään vain verkostoissa, joissa virtaama pysyy aina vakiona. Tällaisia kohteita voivat olla esimerkiksi LVK-verkosto ja IV-patterien shunttipiirit.



KUVA 3. oikosulkumoottoripumppu (Kolmeks.com n.d)

4.2.1 Säätö ilman taajuusmuuttajaa

Mikäli oikosulkumoottori kytketään ilman taajuusmuuttajaa, pyörii se koko ajan vakionopeudella. Tällöin pumpussa ei ole säätömahdollisuutta, mutta pumpun takana olevan verkoston virtaamaa voidaan säätää kertaluonteisesti linjasäätöventtiilillä kuristamalla.

4.2.2 Säätö taajuusmuuttajalla

Jos oikosulkumoottorin kytkentään lisätään taajuusmuuttaja (kuva 4), voidaan pumpun kierroksia säätää taajuusmuuttajalla. Taajuusmuuttajaa voidaan ohjata automaation avulla monin eri parametrein, joista yleisin on paine-eron mittaus joko pumpun yli tai verkoston päässä. Ohjaus voidaan jättää pois, jolloin säätö tehdään kertaluonteisesti verkoston tasapainotuksen yhteydessä, näin voidaan toimia ainoastaan, jos verkoston virtaama pidetään vakiona.

Pumpun pyörimisnopeus pyritään säätämään mahdollisimman matalaksi parhaan energiatehokkuuden saavuttamiseksi. Taajuusmuuttaja voi olla erillään tai kiinni oikosulkumoottoripumpussa.



KUVA 4. Taajuusmuuttaja

4.3 EC-pumppu

EC-pumpulla (kuva 5) tarkoitetaan pumppua, jonka moottori toimii EC-tekniikalla. EC-moottorin kierrosnopeutta voidaan säätää suoraan moottorin ohjainlaitteella, joka on kiinni pumppussa. Seuraavassa esitetyt säätövaihtoehdot löytyvät yleisesti käytetyistä EC-pumpuista. Yleisimmät käytössä olevat pumppujen säätötavat ovat vakiopaine ja suhteellinen paine. (Pumppujen säätötavat: Perussäätötoiminnot, Wilo.com)



KUVA 5. EC-pumppu Grundfos Magna 3 (grundfos.com n.d.)

4.3.1 Säätö vakiovirtaaman avulla

Vakiovirtaama-asetusta kuvataan kirjainyhdistelmällä Q-const.

Vakiovirtaaman avulla suositellaan säätämään verkostoja, joissa ylläpidetään yhtä määrättyä virtaamaa. Tällaisia kohteita voi olla esimerkiksi IV-koneen lämmityspatterin shunttipiiri.

Vakiovirtaama-asetuksen avulla voidaan tehdä yksinkertaisen verkoston säätötyö. Säätötyötä aloittaessa voidaan syöttää pumpulle vaadittu virtaama, jonka jälkeen tasapainotetaan verkoston venttiilit. Monimutkaisessa verkostossa tämä on todella haastavaa, sillä yhtä venttiiliä kuristaessa siirtyy sen virtaama muille venttiileille, minkä takia säätötyö on loputon.

4.3.2 Sääto vakiopaineen avulla

Vakiopaineasetusta kuvataan symbolilla ja kirjainyhdistelmällä:



Vakiopaineen avulla säädetään verkostoja, joissa painehäviön vaihtelut ovat pieniä suhteessa virtaaman vaihteluihin. Esimerkiksi patteriventtiilit aiheuttavat verkostossa merkittäviä painehäviön vaihteluita, jolloin pidettäessä vakio nostokorkeus virtaamasta huolimatta alkaa verkostossa kuulua kohinaa patteriventtiileistä suuren paine-eron vuoksi.

Vakiopaineasetusta käytetään, kun halutaan mitata paine-ero kauempaa verkostosta ja kun paine-ero halutaan pitää vakiona. Vakiopaine asetus on paras asetus verkoston tasapainotustilanteessa. Kun on varmistettu, että vaikeimmalle reitille saadaan riittävä paine-ero, osaa pumppu sopeutua verkoston muihin hienosäätöihin.

Kun sääto tehdään vakiopaineella ilman automaation paine-ero säätoä, ongelmaksi muodostuu virtaaman ja paineenkorotuksen suhde, jos virtaama vaihtelee paljon. Virtaaman tuplaantuessa paineenkorotus nelinkertaistuu. Paineenkorotuksen pysyessä vakiona tämä tarkoittaa sitä, että pumppu ei pysty reagoimaan riittävän hyvin verkoston suuriin muutoksiin. Tämä ongelma korjaantuu käytettäessä säätoä tapana suhteellista painetta.

4.3.3 Sääto suhteellisen paineen avulla

Suhteellisen paineen asetusta kuvataan symbolilla ja kirjainyhdistelmällä:



Suhteellisen paineen asetuksella ei voida tehdä verkoston tasapainotusta. Suhteellinen paine asetetaan säätötavaksi vasta, kun verkosto on tasapainotettu vakioasetauksella ja tarvittava paineenkorotus on tiedossa. Verkosto tulee vielä tarkistus mitata yhdestä venttiilistä, kun säätötapa vaihdetaan.

Suhteellisen paineen avulla säädetään verkostoja, joiden jakeluputkien painehäviöt ovat suuria. Suhteellista painetta käytettäessä pumppu säättää nostokorkeutta suhteessa virtaamaan kompensoidakseen suuria painehäviöitä. Tällaisia kohteita voivat olla esimerkiksi verkostot, joissa on paljon huonekohtaisia laitteita ja joissa toimilaitteilla säädetään virtaamaa tai joissa laitteen sammussa virtaama pysäytetään kokonaan, esimerkiksi konvektori- tai patteriverkosto.

Tällaisten verkostojen jakojohdoissa on paljon suuria vaihtelevia painehäviöitä kuten säätöventtiileitä, jotka aiheuttavat jatkuvan säätötarpeen pumpulle. Kun huonekohtainen laite alkaa toimimaan ja toimilaitte avaa säätöventtiilin, aiheuttaa lisääntynyt virtaama pienemmän paine-eron verkostoon, virtaaman kasvaessa pumppu alkaa vähitellen suurentamaan paineenkorotusta, jotta riittävä paine-ero saavuttaa viimeisetkin käyttökohteet.

Pumppu lisää nostokorkeutta vähitellen, jotta verkosto ehtii sopeutua paine-eron muutokseen. Nostokorkeuden säätäminen pumpulla aiheuttaa käyttökohteissa säätöventtiileillä muutoksia. Nostokorkeuden rauhallinen nostaminen on tärkeää, jotta vältetään loputon säätäminen.

Suhteellinen paine tekee saman asian kuin vakioasetus erillisellä paine-eron mittauksella, muttei niin hyvin. Suhteellisella paineella pumpun säätöalue on paljon rajatumpi kuin erillisellä paine-eron mittauksella varustetulla vakioasetauksella. Suhteellisen paineen säätö on ikään kuin ”köyhän miehen” vakioasetus paine-eron mittauksella eli suhteellista painetta käytetään vain jos erillistä paine-ero mittausta ei ole käytettävissä.

4.3.4 Sääto vakiokäyrän avulla

Vakiokäyrä-asetusta kuvataan symbolilla ja kirjainyhdistelmällä:

$$n = \text{const.}$$

Vakiokäyräasetuksella säädetään pumppu pyörimään vakionopeudella. Vakiokäyrää käytetään harvoin, sillä mikäli säätoominaisuuksille ei ole tarvetta, oikosulkumoottorillinen pumppu on usein edullisempi vaihtoehto. Vakiokäyrää voidaan käyttää vain sellaisissa järjestelmissä, joissa ei tapahdu muutoksia painehäviöissä. Pumppu säädetään kerran kohdilleen, eikä se pysty mukautumaan verkoston muutoksiin. Vakiokäyrän käyttökohteita voivat olla esimerkiksi LVK-verkostot, joissa virtaama ja painehäviöt ovat aina vakioita.

5 VIRTAUSMITTAUS

5.1 Miten verkostot tasapainotetaan?

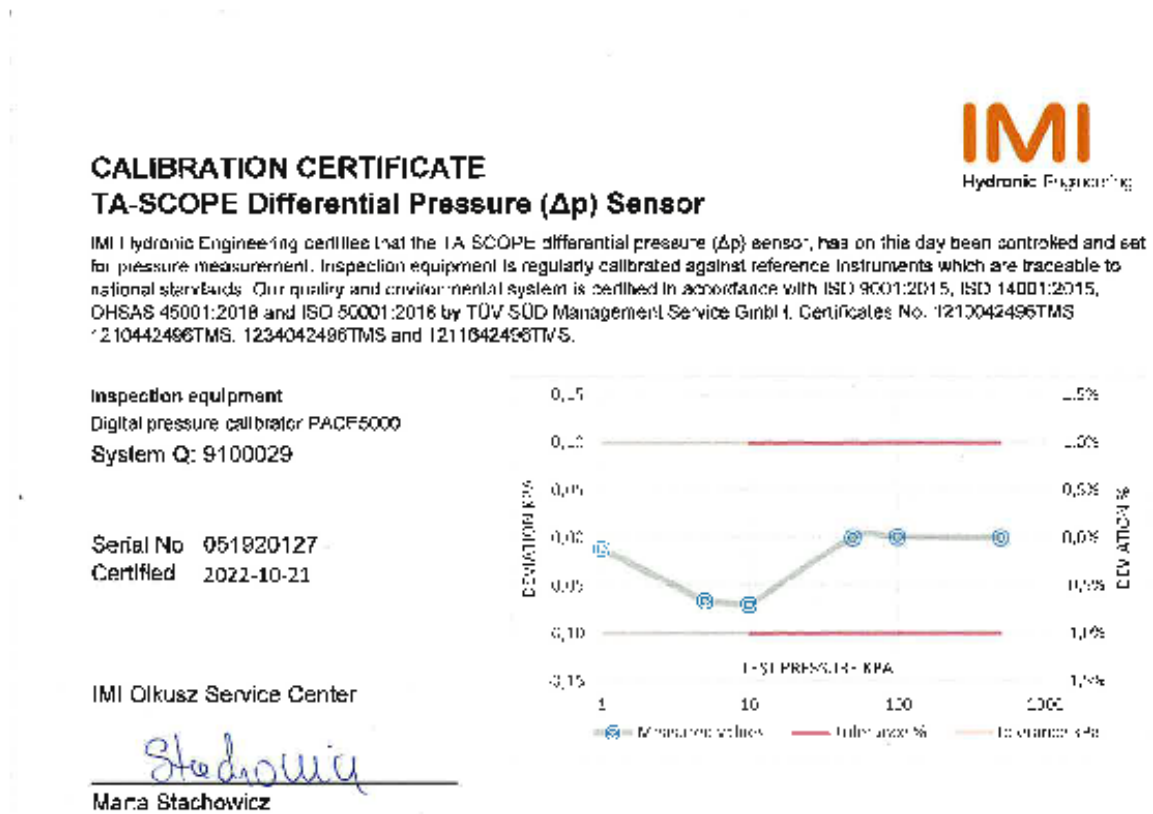
Ennen verkostojen tasapainotusta on hyvä sisäistää, että paine-ero liikuttaa vettä eli saa aikaan virtaamaa, painehäviö puolestaan jarruttaa virtaamaa. Kun pumppu nostaa painetta esimerkiksi 5 m, eli 50 kPa, on se suurin käytettävissä oleva paine-ero, eli pumpun nostokorkeus. Käytettävissä oleva paine-ero laskee putkiston painehäviöiden myötä. Jokainen putkimetri, käyrä tai muu este aiheuttaa painehäviötä. Tästä voidaan päätellä, että pumpusta virtaussuunnassa kaukaisimmalle venttiilille jää pienin paine-ero käytettäväksi.

Paine-ero ei kuitenkaan käyttäydy näin yksinkertaisesti. Jos pumpusta painehäviöllisesti yhtä kaukana on kaksi linjasäätöventtiiliä eri virtaamilla, jää pienempi paine-ero sille venttiilille, jonka virtaama on suurempi. Näin ollen voi olla tilanne, jolloin pumppua lähellä olevalle suuren virtaaman venttiilille jää pienempi paine-ero kuin verkoston päässä olevalle pienemmälle venttiilille. Tämä tulee huomioida, kun pumppua säädetäessä etsitään venttiiliä, jolle jää pienin paine-ero. Jokainen linjasäätöventtiili tarvitsee vähintään 3 kPa:n paine-eron, jotta mittaustulos on luotettava.

Tasapainotuksen ensimmäinen askel on esisäätöjen tarkastaminen. Kaikki linjasäätöventtiilit tulee olla esisäädetty, jonka jälkeen verkostosta voidaan etsiä venttiili, jolle jää pienin paine-ero. Kun pienimmän paine-eron venttiili on löydetty, säädetään pumppu tuottamaan sopiva paine-ero. Sopiva paine-ero linjasäätöventtiilille on mahdollisimman pieni, mutta aina vähintään 3 kPa. Jos verkostossa on käytössä itsesäätyviä kertasäätöventtiileitä, tulee niiden saavuttaa valmistajan ilmoittama vaadittava paine-ero, joka on usein yli 10 kPa.

Kun pumppu on säädetty heikoimman paine-eron venttiilin avulla, voidaan jatkaa muiden venttiilien säätöä. Kun kaikki venttiilit on säädetty kohdalleen, tulee vielä tehdä muutama tarkistusmittaus, sillä yhden venttiilin säätäminen vaikuttaa aina muuhunkin verkostoon.

Järjestelmien vesivirtausmittauksien vaadittuja tarkkuuksia ei ole säännelty määräyksillä. Yleensä vaadittava mittaustarkkuus on +/-10 % suunnitellusta virtaamasta, mikäli muuta ei vaadita esimerkiksi kohteen LVI-työselostuksessa. Mittalaitteiden tulee olla kalibroituja, TA scope -virtausmittari tulee käyttää valmistajalla tarkastuksessa 1 vuoden välein.

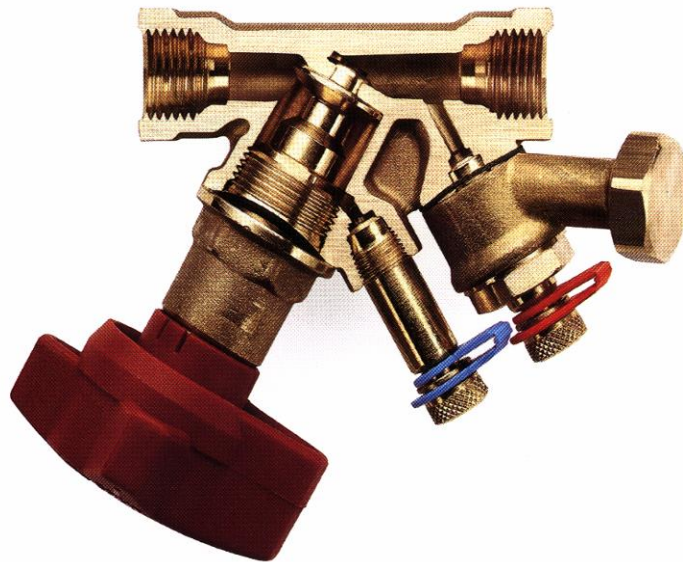


KUVA 6. TA-SCOPE-kalibrointitodistus

TA-SCOPE-mittarin kalibrointi suoritetaan 1–1000 kPa:n paine-eroilla (kuva 6), jolloin mittarin suurin sallittu virhe on 1 %. Voidaan siis todeta, että mittari mittaa yhden prosenttiyksikön tarkkuudella oikean paine-eron. Käytännössä merkittävät mittavirheet johtuvat aina mittaajan asettamista vääristä asetuksista mittariin.

5.2 Linjasäätöventtiilin toiminta

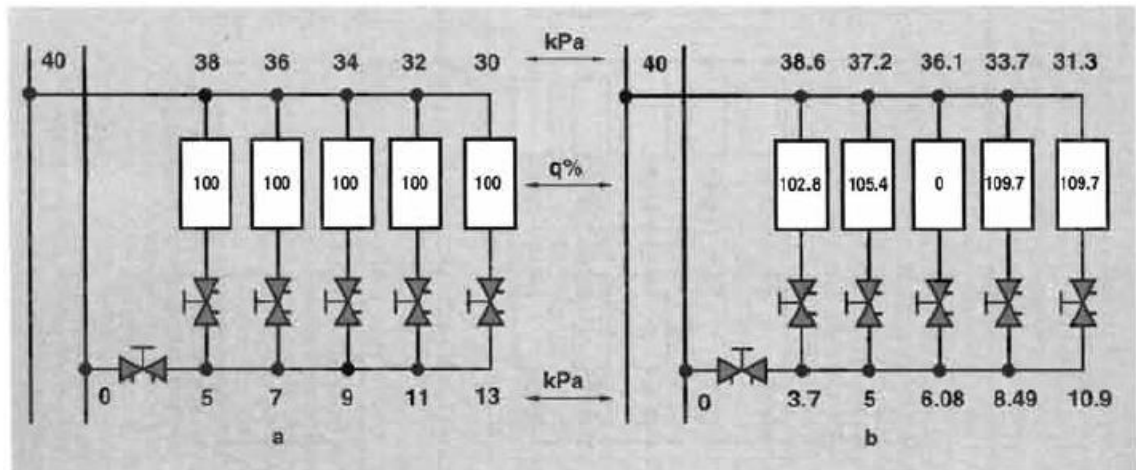
Linjasäätöventtiilit kuristavat virtausta. Verkoston suunnitteluvaiheessa verkostolle mitoitetaan linjasäätöventtiilit, joilla verkosto saadaan tasapainotettua. Tasapainotuksella saadaan säädeltyä verkoston eri osien virtaamia suhteessa toisiinsa, jos pumpun kierrokset pidetään vakiona, linjasäätöventtiiliä kiristämällä vähenee venttiilin takana olevan verkosto-osuuden virtaama. Pumpun säätöjen pysyessä vakiona venttiiliä kiristämällä venttiilin painehäviö kasvaa ja virtaama siirtyy kulkemaan reittiä, jossa on pienempi painehäviö.



KUVA 7. linjasäätöventtiilin leikkauskuva (IMI-hydronic.com 27.3.2023)

Kuvassa 7 on TA-STAD-linjasäätöventtiilin leikkauskuva. Kuvassa virtaussuunta on oikealta vasemmalle. Keskellä on venttiilin kara, joka aukeaa tai sulkeutuu venttiilin esisäätöä muuttamalla. Mittayhteet on sijoitettu karan molemmiin puolin eli virtausmittari mittaa paine-eron karan yli. Virtausmittari laskee virtaaman mitatun paine-eron ja mittariin syötettyjen arvojen perusteella. Virtausmittari ei siis kirjaimellisesti mittaa virtaamaa.

Yleensä verkostoissa on useita moduuleita kuvan 8 mukaisesti, Jos moduulin sisäisesti mittauksen aikana löytyy haara, joka on kiinni, ei se vaikuta muuhun verkostoon oleellisesti. Kyseinen moduuli joudutaan säätämään uudestaan, mutta koko verkoston säätöä ei tarvitse aloittaa alusta. Mikäli yksi kokonainen moduuli on kiinni, on sillä jo suuri vaikutus koko verkostoon. (TA KÄSIKIRJA, jakelujärjestelmien säätäminen n.d.)



KUVA 8. Paine-eron muutos moduulin sisäisesti (TA KÄSIKIRJA, jakelujärjestelmien säätäminen n.d.)

5.2.1 Esisäädöt

Kun suunnitteluvaiheessa verkosto on kokonaisuudessaan suunniteltu ja tiedetään venttiilin tyyppi ja sen koko, saadaan esisäätöarvo joko käsin laskemalla tai suoraan mitoitusohjelmasta. Linjasäätöventtiilin esisäätö muuttaa venttiilin kv-arvoa. Kv-arvo on luku, joka kuvaa venttiilin läpi kulkevaa tilavuusvirtaa yksikössä m^3/h yhden baarin paine-erolla.

Esisäätöarvo on venttiilikohtainen säätöarvo, jolla venttiilin kv-arvo on x. Tämän takia esisäätöarvot eivät ole yhteensopivia muiden venttiilien kanssa. Mikäli käytetään suunnitelmista poikkeavaa venttiiliä, tulee verrata venttiileiden kv-arvoja oikean esisäätöarvon löytämiseksi. Myös mittauksen kannalta on tärkeää, että virtausmittariin on asetettu oikea venttiili.

Suunnitelmissa esiintyvä esisäätoarvo pitää paikkansa, mikäli verkosto on todellisuudessa toteutettu tismalleen niin kuin suunniteltu. Tämä ei kuitenkaan useinkaan ole mahdollista, joten usein lähes jokaista esisäätoarvoa joudutaan säätämään tasapainotuksen aikana

5.2.2 Mittaus

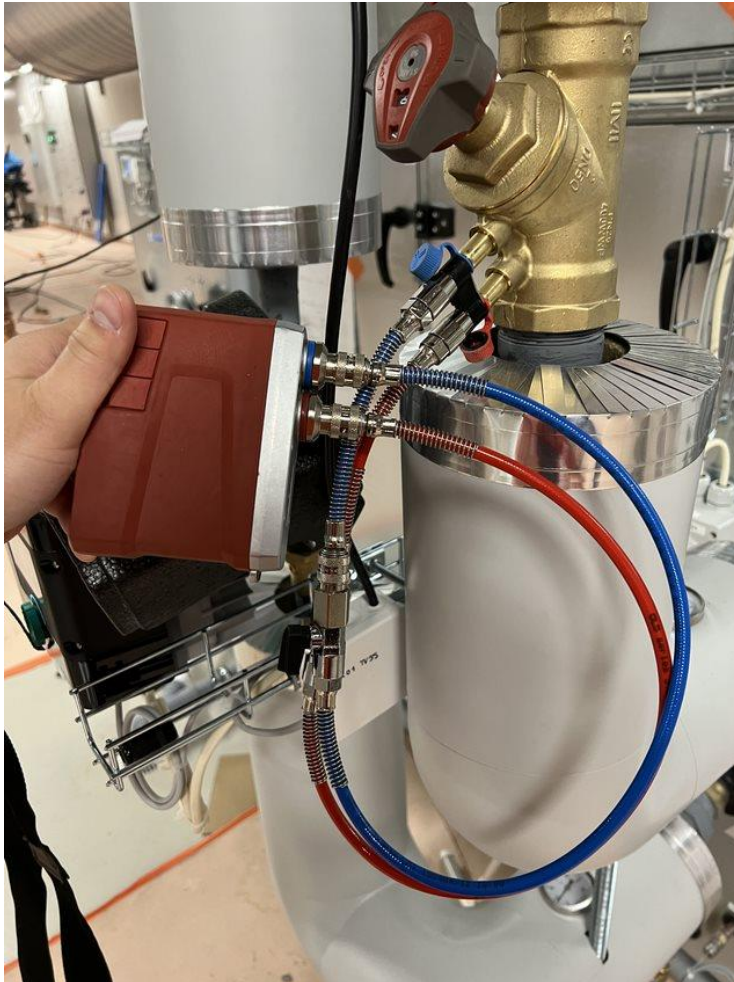
Ennen mittauksen aloittamista tulee selvittää, kuinka kyseinen verkosto toimii. Verkoston säätötyö helpottuu ja nopeutuu, kun tiedetään, mitä missäkin verkoston osassa tapahtuu kutakin venttiiliä säädettäessä. Suurien verkostojen kohdalla voi olla helpointa piirtää verkosto paperille mahdollisimman yksinkertaisesti moduuleihin jakaen.

Verkostosta tulee selvittää venttiilityypit. Mikäli verkostossa on itsesäätyviä venttiileitä, ne ovat poikkeuksetta paineriippuvaisia eli vaativat reilun painehäviön. Itsesäätyvyyden takia näiltä venttiileiltä voidaan mitata vain paine-eron riittävyys. Riittävän paine-eron määrittelee venttiilin valmistaja. Itsesäätyvien venttiilien kohdalla mitataan virtaama verkoston rungosta ja palautetaan linjasäätöventtiili kokonaan auki -asentoon.

Virtausmittaus voidaan aloittaa, kun kaikki esisäädöt on asetettu, verkosto on ilmatu huolellisesti, mutapussi on puhdistettu ja pumppu pyörii. Ensimmäisenä asetetaan pumpulla verkostolle suunniteltu virtaama, jonka jälkeen etsitään suunnitelmista venttiili, joka on kauimpana pumpusta tai jonka suunniteltu virtaama on merkittävästi suurempi kuin muiden. Esimerkitapauksen koko verkoston kokonaisvirtaama oli 2,8 l/s ja yhden IV-patterin suunniteltu virtaama 1,66 l/s, joka on yli puolet koko verkoston virtaamasta.

Epäselvissä tapauksissa käydään kokeilemassa virtausmittarilla muutama mahdollinen venttiili. Kun pienimmän painehäviön venttiili on löydetty, säädetään se suunniteltuun virtaamaan, usein tässä vaiheessa joudutaan säätämään pumppua riittävän paine-eron saavuttamiseksi. Pumppu säädetään siten, että vaikeimman reitin venttiilin paine-ero on mahdollisimman pieni, mutta vähintään 3 kPa.

Virtausmittari liitetään venttiin mittayhteisiin ja mittausyksikkö pidetään mitattavan venttiin kanssa samalla korkeudella oikean lukeman saavuttamiseksi (kuva 9). Pienempien venttiilien mittatarkkuus on yleisesti paljon tarkempi ja paine-eron kasvaessa mittatarkkuus kasvaa.



KUVA 9. Paine-eromittari liitettynä mitattavaan venttiin

Tämän jälkeen virtausmittarille syötetään venttiin tiedot ja haluttu virtaama. Venttiin tietojen tulee olla täysin oikein, muuten mittaustulos on virheellinen. Tässä esimerkissä on käytössä TA STAD- linjasäätöventtiili DN50-koossa ja venttiin esisäätö on 4 eli venttiili on kokonaan auki. Uudet paineluokan PN25 venttiilit on merkitty TA Scope mittarissa merkinnällä STAD*.



KUVA 10. Virtausmittarin asetukset

Kuvassa 10 mitattavan venttiilin suunniteltu virtaama on 1,69 l/s ja mittari näyttää 1,66 l/s, joka on 98 % suunnitellusta. Myös paine-ero on 3,43 kPa. Tämän venttiilin perusteella pumppu on säädetty oikein, joten verkoston mittaus voidaan aloittaa. Mittaustulokset kirjataan ylös, minkä jälkeen siirrytään seuraavaan venttiiliin.

Virtausmittauksista tehdään pöytäkirja (liite1), josta selviävät mitatut arvot ja pumpun asetukset. Venttiilien virtaamat merkitään kilvillä venttiileihin. Esisäätöarvot myös lukitaan niin, ettei venttiiliä voi avata enempää kuin sen lopullinen esisäätöarvo on. STAD-venttiilissä lukitus tehdään kuusiokoloavaimella säätökaran keskeltä.

5.3 Ongelmatilanteita

Tässä kappaleessa käsitellään yleisiä virtausmittauksessa esiintyviä ongelmatilanteita ja niiden ratkaisuja. Suurin yksittäinen ongelma verkostoissa on ilma. Verkostot tulee ilmata huolellisesti ennen virtausmittauksien aloittamista. Verkostoissa olisi hyvä kierrättää vettä ja antaa ilmakellojen ilmata verkostoa pitkään ennen säätöä huolellisen ilmauksen lisäksi. Verkostossa oleva ilma voi olla syynä kaikkiin seuraaviin ongelmatilanteisiin.

Knowtek Oy:ltä on saatavilla verkostojen alipainetäyttö eli Airsepex. Airsepexillä verkosto imetään ensin alipaineeseen, jonka jälkeen se täytetään hapettomalla vedellä, Tällöin verkostosta saadaan lähes täydellisesti kaikki ilma pois ja suurin osa virtausmittausta häiritsevistä tekijöistä poistuu.

5.3.1 Virtaama/paine-ero ei riitä

Mikäli venttiiliä säädettäessä ei saavuteta riittävää virtaamaa, tulee varmistua, ettei putki ole tukossa, ettei verkostossa ole venttiileitä kiinni eikä putkistossa ole ilmaa. Ilma voi myös aiheuttaa mittaustuloksen voimakkaan vaihtelun, jolloin mittaustarkkuus ei ole luotettava.

Jos verkostossa on oikosulkumoottorilla varustettu pumppu, voi se myös pyöriä väärinpäin. Pumpun pyöriessä väärään suuntaan se tuottaa heikon virtaaman, mutta vesi kuitenkin virtaa oikeaan suuntaan. Oikosulkumoottorin pyörimissuunta vaihdetaan kääntämällä kaksi vaihetta keskenään, tämän saa tehdä vain sähköluvut omaava henkilö.

5.3.2 Mittaustulos vaihtelee

Jos mittaustulos vaihtelee merkittävästi, esimerkiksi yli 5 % mitoitusvirtaamasta, syynä on tavallisesti ilma verkostossa. Syynä voi olla myös säätyvät moottoriventtiilit. Moottoriventtiilien tulee olla kokonaan auki -asennossa koko mittauksen ajan.

Virtausmittarin tulos voi myös vaihdella, jos mittari on pitkään kalibroimatta. TA-SCOPE virtausmittari kalibroi itsensä, kun mittaus aloitetaan. Uudelleen kalibrointi suoritetaan poistumalla mittaustilasta ja aloittamalla mittaus uudestaan.

5.3.3 Venttiilistä ei saada mittaustulosta

Mikäli venttiilistä ei saada mitään tulosta, Syynä voi olla se, että vesi ei liiku, venttiili on liian väljä tai venttiili on väärinpäin suhteessa virtaussuuntaan. Ensin kokeillaan kääntää venttiiliä kiinni, tällä saadaan venttiilille suurempi paine-ero. Mikäli siltikään ei saada mittaustulosta, tarkistetaan virtaussuunta.

Virtaussuunnan voi tarkistaa kääntämällä mittayhteet väärinpäin. Mikäli venttiili on väärinpäin virtaussuuntaan nähden, näyttää mittari jotain virtaamaa. Tällöin mittaustulos ei ole luotettava, joten linjasäätöventtiili on käännettävä oikein päin.

Jos virtaussuunnan tarkistuksellakaan ei saada mittaustulosta, voidaan todeta, ettei venttiilin kohdalla ole virtausta. Silloin tarkistetaan venttiilit ja varmistetaan, ettei verkostossa ole tukoksia tai ilmaa estämässä virtaamaa.

5.3.4 Mittaustulos ei vaikuta todelliselta

Jos venttiilin asennuksessa ei ole otettu huomioon turvaetäisyyksiä, voi se näyttää väärää lukemaa. Tämä ilmiö johtuu liian lähellä venttiiliä olevien käyrien tai muiden putkiosien aiheuttamista pyörteistä veden virtauksessa. TA STAD venttiilin turvaetäisyydet on virtaussuunnassa ennen venttiiliä viisi kertaa venttiilin halkaisija ja venttiilin jälkeen kaksi kertaa venttiilin halkaisija. Tämä tarkoittaa, että luotettavan mittaustuloksen saamiseksi venttiilistä tulee lähteä em. pituudet suoraa putkea ennen käyriä tai muita vastuksia.

6 POHDINTA

Työn toimeksiantaja Tammelan Talotekniikka Oy on havainnut ongelman verkoston säätötyötä tekevän työvoiman saatavuudessa ja osaamisessa. Työn tarkoituksena oli selvittää mistä ongelma johtuu, sekä tuottaa ohje verkoston säätötyöhön LV-asentajalle.

Työssä tutkittiin virtausmittauksen ja verkoston säätötöiden kulkua sekä sen opettamista toisen asteen koulutuksessa. Lisäksi työn tavoitteena oli tehdä ohje asentajalle virtausmittauksia varten. Lopputuloksena syntyi työ, jonka avulla pystytään tasapainottamaan ja säätämään verkostoja ja jonka avulla voidaan selvittää yleisimpiä virtausmittauksessa esiintyviä ongelmatilanteita.

Työ antaa valmiudet erilaisten pumppujen oikeanlaiseen säätöön sekä selventää pumppujen ja venttiileiden toimintaperiaatetta, joka on tärkeää sisäistää ennen suurempien verkostojen mittaustyötä.

Työstä on hyötyä monelle muullekin yritykselle, sillä toisen asteen opetusta tutkiessa ilmeni, että virtausmittaus on ammatillisessa opetuksessa vain valinnaisen kurssin osa, eivätkä kaikki ammattiin valmistuvat tee virtausmittausharjoitusta. Kaikki LVI-tekniset verkostot tulee säätää, joten tätä työtä voidaan hyödyntää jokaisessa remontti- tai uudisrakennuskohteessa.

LÄHTEET

THL: Legionellabakteerit vesijärjestelmissä. Viitattu 15.11.2022.

<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/legionellabakteerit-vesijarjestelmissa>

TA KÄSIKIRJA, Jakelujärjestelmien säätäminen. Viitattu 10.04.2023.

<http://vantalvi.fi/wp-content/uploads/2014/05/TA-K%C3%84SIKIRJA-Jakeluj%C3%A4rjestelmien-S%C3%A4%C3%A4t%C3%A4minen-2011.pdf>

Suomen rakentamismääräyskokoelma D1. Viitattu 20.3.2023.

https://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf

Mikko Jarvansalo, Knowtek oy, haastateltu 24.3.2023.

Pasi Kollander, Tampereen ammattiopisto Tredu, haastateltu 4.4.2023.

Perussäätötoiminnot, Wilo. Viitattu 17.4.2023.

<https://cms.media.wilo.com/dcianimpfinder/wilo503027/5923455/maxo/fi-FI/183234315396273803.html>

IMI-hydronic

<https://www.imi-hydronic.com/fi>

Grundfos pumpput

<https://product-selection.grundfos.com/fi/categories/pumps?tab=categories>

Kolmeks pumpput

<https://kolmeks.com/pumpput/>

Kupariputkien korroosio käyttövesijärjestelmissä, opinnäytetyö 2011, Antti Kaijalainen

Motiva, patteriverkon perussäätö, viitattu 19.4.2023.

https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/ taloyhtiöt_ -_ yhdessä_ energiätehokkaasti/ lammitys/ patteriverkon_ perussaato

