

Juho Simonen

# Dynaaminen patteriventtiili

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

2.12.2018

Tekijä Otsikko	Juho Simonen Dynaaminen patteriventtiili
Sivumäärä Aika	41 sivua + 1 liite 2.12.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	LVI-suunnittelija Juha Peteri yliopettaja Jukka Yrjölä
<p>Opinnäytetyö tehtiin Insinööritoimisto Aavat Oy:n toimeksiannosta. Tavoitteena oli perehtyä dynaamisen patteriventtiin toimintaan ja selvittää, kuinka patteriventtiin sisäinen paine-erosäädin kykenee pitämään patterin virtaaman vakiona paine-eron vaihdeltaessa patteriventtiin yli. Lisäksi työssä perehdyttiin dynaamisen patteriventtiin käyttöön perinteisen patteriverkoston perussäätöyön yhteydessä.</p> <p>Opinnäytetyössä käytettiin apuna valmistajan laatimia teknisiä esitteitä, internetistä saatavia verkkodokumentteja ja Metropolia Ammattikorkeakoulun LVI-laboratoriossa suoritettuja käytännön laboratoriomittauksia.</p> <p>Mittauksissa todettiin, että työssä tutkittujen kahden eri patteriventtiilivalmistajan dynaaminen patteriventtiili kykenee pitämään virtaaman suhteellisen vakiona paine-eron vaihteluista huolimatta. Molempien patteriventtiileiden mittaustulokset poikkesivat venttiilivalmistajan antamista virtausarvoista. Työssä tutkituissa dynaamisissa patteriventtiileissä ei havaittu ääniongelmia. Lisäksi työssä käsitellään perussäätöyön yhteydessä tehtävien säätötöiden suorittamista hyödyntäen lämpötila-anturitekniologiaa.</p>	
Avainsanat	lämmitys, patteriverkosto, patteriventtiili, dynaaminen patteriventtiili, perussäätö

Author Title	Juho Simonen Dynamic Radiator Valve
Number of Pages Date	41 pages + 1 appendix 2 December 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Juha Peteri, HVAC Engineer Jukka Yrjölä, Principal Lecturer
<p>This Bachelor's thesis aimed at establishing how pressure differential controllers function inside dynamic radiator valves. Additionally, the final year project aimed at gaining insight into the use of dynamic radiator valves in the adjustment of traditional radiator systems. The project also included research into the use of temperature sensors in the adjustment of traditional radiator systems.</p> <p>Research into the function of two different dynamic radiator valves was carried out by studying manufacturer brochures and manuals. Practical testing of the dynamic radiator valves was carried out in the laboratory facilities of Metropolia University.</p> <p>The results show that both the dynamic radiator valves researched and tested are able to keep pressure levels at a relatively stable level even under fluctuating pressure differentials. The pressure measurements obtained in tests differ from manufacturers' reference values for both valves. There are no observable noise problems in either of the valves.</p>	
Keywords	HVAC, dynamic radiator valve, heating,

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Perinteinen patteriventtiili	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Patteriventtiin toimintakuvaus	2
2.3	Patteriventtiin toimilaitteet	3
2.3.1	Perinteinen patteritermostaatti	3
2.3.2	Ulkoista anturia hyödyntävä patteritermostaatti	4
2.3.3	Manuaalinen käsisäätöpyörä	4
2.3.4	Metallinen suojahattu	5
2.4	Patteriventtiin esisäätöarvon valinta	6
2.5	Perinteisen patteriventtiin yhteenveto	7
3	Dynaaminen patteriventtiili	8
3.1	Yleistä	8
3.2	Virtausmittaukset laboratoriossa	9
4	Dynaaminen patteriventtiili IMI TA Eclipse	13
4.1.1	Yleistä	13
4.1.2	Esimerkki esisäätöarvon määrittämisestä	14
4.1.3	Paine-eromittaus patteriventtiin yli	16
4.1.4	Virtausmittausten tulokset	17
4.1.5	Virtaamatoleranssi ja vaadittava paine-ero venttiin yli	18
4.1.6	Äänikäyttäytyminen	19
4.1.7	IMI TA Eclipse -osion yhteenveto	20
5	Dynaaminen patteriventtiili Danfoss RA-DV	20
5.1.1	Yleistä	20
5.1.2	Esimerkki esisäätöarvon määrittämisestä	21
5.1.3	Paine-eron mittaus patteriventtiin yli	23
5.1.4	Virtausmittausten tulokset	24
5.1.5	Virtaamatoleranssi ja vaadittava paine-ero venttiin yli	25
5.1.6	Äänikäyttäytyminen	26
5.1.7	Danfoss RA-DV -osion yhteenveto	26

6	Patteriverkoston perussäätö	26
6.1	Yleistä	26
6.2	Patteriverkoston perussäätösuunnittelu perinteisillä patteriventtiileillä	29
6.3	Patteriverkoston perussäätösuunnittelu dynaamisilla patteriventtiileillä	29
6.4	Patteriverkoston hienosäätö	31
6.4.1	Patteriverkoston hienosäätö patteritermostaatit paikoillaan	33
6.4.2	Patteriverkoston hienosäätö patteritermostaatit irrotettuina	34
6.5	Huonelämpötilamittaus	35
6.5.1	Huonelämpötilamittaukset perinteisellä tavalla	35
6.5.2	Huonelämpötilamittaukset anturitekniologian avulla	36
7	Pohdinta	37
8	Yhteenveto	38
	Lähteet	40
	Liitteet	

Liite 1. Virtausmittauksissa käytetyn pumpun Grundfos UPE 25-60 ominaiskäyrä

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on tuoda selkeästi esille patteriventtiilin toimintaperiaate ja sen käyttö perinteisessä patteriverkostossa. Lisäksi on tarkoitus perehdyttää lukija dynaamisen patteriventtiilin toimintatapaan ja sen tuomiin mahdollisuuksiin patteriverkoston perussäätöyön yhteydessä. Työssä tutustutaan dynaamisen patteriventtiilin eroavaisuuksiin perinteiseen patteriventtiiliin verrattuna. Työn tilaajana toimii talotekniikan korjausrakentamiseen suuntautunut Insinööritoimisto Aavat Oy.

Työn tarkoituksena on tutkia kahden eri patteriventtiilivalmistajan dynaamisia patteriventtiileitä. Dynaaminen patteriventtiili on paine-erosta riippumaton venttiili, joka säättää patteriventtiilin yli vallitsevaa paine-eroa yksilöllisesti. Patteriventtiili sisältää sisään rakennetun paine-erosäätimen ja termostaattisen venttiilin. Dynaaminen patteriventtiili pyrkii pitämään patteriventtiilin läpi kulkevan virtaaman vakiona verkoston paine-eron vaihtelusta riippumatta. Työn tavoitteena oli selvittää, millaisella tarkkuudella dynaamisen patteriventtiilin paine-erosäädin kykenee pitämään patterin virtaaman vakiona paine-eron vaihdellessa venttiilin yli.

Opinnäytetyössä käytetään apuna valmistajan laatimia teknisiä esitteitä, internetistä saatavia verkkoaineistoja ja Metropolia Ammattikorkeakoulun LVI-laboratoriossa suoritettuja laboratoriomittauksia.

Dynaamisia patteriventtiileitä valmistavat ainakin IMI TA Hydronic Engineering, Oy Danfoss Ab ja italialainen yritys nimeltään Caleffi Hydronic Solutions.

Opinnäytetyössä tutkittavat patteriventtiilit ovat IMI TA Eclipse ja Danfoss RA-DV. Valituille patteriventtiileille suoritetaan virtausmittauksia Metropolia Ammattikorkeakoulun LVI-laboratoriotiloissa.

Työn tarkoituksena oli perehtyä käytännön kohteeseen, jonka perussäätötyö toteutettiin vuonna 2017 dynaamisilla patteriventtiileillä. Käytännön kohde jäi kuitenkin pois opinnäytetyöstä puutteellisten lähtötietojen myötä.

Dynaaminen patteriventtiili on uusi innovaatio, eikä siitä ole tehty Suomessa aiemmin opinnäytetyötä. Insinööritoimisto Aavat saa tästä työstä arvokasta tietoa koskien dynaamisen patteriventtiilin toimintaa ja käyttöä perussäätötyön yhteydessä.

## 2 Perinteinen patteriventtiili

### 2.1 Yleistä

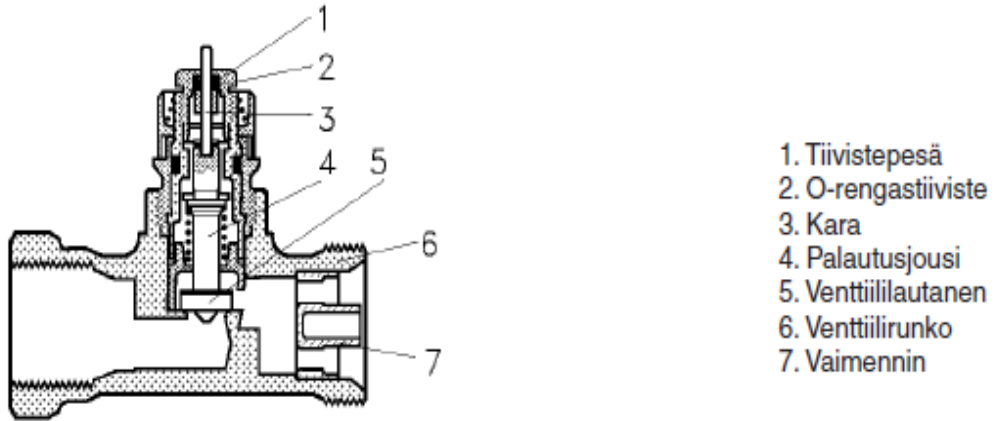
Patteriventtiin tehtävänä on säätää haluttu virtaama patterille. Patteriventtiileillä säädetään huonelämpötilaa muuttamalla veden virtausmäärää. Toinen tehtävä patteriventtiilillä on toimia patterin sulkuventtiilinä. Kuvassa 1 on esitetty perinteinen patteriventtiili ilman termostaattiosaa.



Kuva 1. Danfoss RA-N -patteriventtiili [1].

### 2.2 Patteriventtiin toimintakuvaus

Patteriventtiili koostuu useista eri komponenteista. Patteriventtiin virtaamaa säädetään venttiililautasen avulla ja venttiililautasta ohjataan yleensä termostaatilla tai käsisäätyörällä. Kuvassa 2 on esitetty patteriventtiin leikkauskuva.



Kuva 2. Danfoss RA-N -patteriventtiilin leikkauskuva [1].

## 2.3 Patteriventtiilin toimilaitteet

### 2.3.1 Perinteinen patteritermostaatti

Patteriventtiili varustetaan asuinhuoneissa yleensä termostaatilla, joka säätelee edellä mainitun mukaisesti patterin vesivirtaa pitäen huonelämpötilan halutussa arvossa. Patteritermostaatti ottaa huomioon ulkopuolelta tulevat lämpökuormat, kuten ihmiset, kodinkoneet ja auringon säteilylämmön. Tällä tavalla termostaatin avulla leikataan ylikuumenemista ja säästetään energiaa. Kuvassa 3 on esitetty patteritermostaatin ulkoasu.



Kuva 3. Danfoss RA-2000 -patteritermostaatti [2].

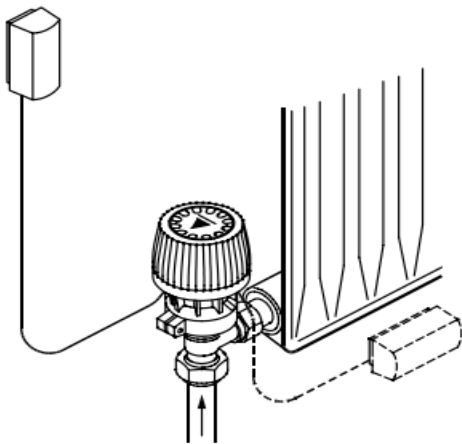
Huonelämpötilan säätö toimii niin, että termostaatti painaa venttiilin karaa sisään, kun huonelämpötila nousee korkeammaksi kuin termostaatin asento. Tällöin venttiililautanen



sulkeutuu ja huonelämpötila laskee veden virtauksen vähenemisen myötä. Jos taas termostaatti tunnistaa huonelämpötilan olevan termostaatin asetusarvoa pienempi, se päästää palautusjousen avulla karaa ulos, jolloin venttiililautanen avautuu ja huonelämpötila nousee patterin virtauksen kasvaessa. [3, s. 10.] Näin saavutetaan taas termostaattiin aseteltu lämpötila-arvo.

### 2.3.2 Ulkoista anturia hyödyntävä patteritermostaatti

Patteriventtiili varustetaan ulkoista anturia hyödyntävällä patteritermostaatilla, kun ilmaantuu esteitä perinteisen termostaatin toiminnan kannalta [4, s. 19]. Näitä ovat tyypillisesti vanhoissa kerrostaloissa ilmenevät patterisyvennykset, patterikotelot, huonekalut ja keittiötasot. Ulkoinen anturi tunnistaa oikean huonelämpötilan ja välittää tiedon kapillaariputken avulla termostaatille, jolloin huoneeseen saadaan haluttu lämpötila. Kuvassa 4 on esitetty ulkoista anturia hyödyntävä patteritermostaatti.



Kuva 4. Danfossin ulkoista anturia hyödyntävä patteritermostaatti [2].

### 2.3.3 Manuaalinen käsisäätöpyörä

Patteriventtiili voidaan varustaa myös manuaalisesti säädettävällä käsisäätöpyörällä. Käsisäätöpyörät ovat manuaalisia säätimiä, joilla säädellään patterin virtaamaa. Ne eivät ota huomioon ulkopuolelta tulevaa lämpökuormaa. Käsisäätöpyöriä käytetään yleensä tiloissa, joissa termostaatin toiminta on estynyt samoista syistä kuin käytettäessä ulkoista anturia hyödyntävää patteritermostaattia. [3, s. 8.] Lisäksi manuaalisia käsipyöriä

käytetään yleisesti pesuhuoneissa ja eteisissä, joissa perinteisen patteritermostaatin toiminta häiriintyy suuren lämpötilavaihtelun takia. Kuvassa 5 on esitetty manuaalisesti säädettävän käsipyörän ulkoasu.



Kuva 5. IMI TA -käsiasäätöpyörä [5].

#### 2.3.4 Metallinen suojahattu

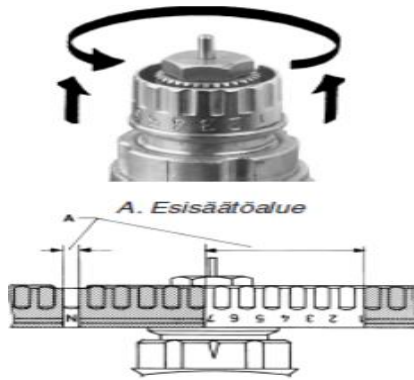
Patteriventtiili voidaan varustaa myös metallisella suojahatulla. Metalliset suojahatut ovat nimensä mukaisesti patteriventtiin suojana, niillä ei tehdä säätötoimenpiteitä. Suojahatut eivät ota huomioon ulkopuolelta tulevaa lämpökuormaa. Patteriventtiin säädetään patteriverkoston perussäätöyön yhteydessä ja sen toiminta suojataan sen jälkeen metallisella suojahatulla. Metallisia suojahattuja käytetään yleisesti eteisissä, joiden pattereissa on ilkivalta- tai jäätymisvaara. Näistä syistä suojahattuja käytetään yleisesti eteisissä, rappukäytävissä ja muissa yleisissä tiloissa. Suojahatulla varmistetaan, että ulkopuoliset ihmiset eivät pääse säätämään patterin virtausta. Kuvassa 6 on esitetty metallisen suojahatun ulkoasu.



Kuva 6. IMI TA -metallinen suojahattu [6].

## 2.4 Patteriventtiilin esisäätöarvon valinta

Patteriventtiili sisältää esisäätöosan, jonka avulla patterille säädetään haluttu virtaama. Patterin virtaamalla säädetään huonelämpötilaa edellä mainittujen toimilaitteiden avulla. Kuvassa 7 on esitetty patteriventtiilin esisäätöarvon asetusalue.



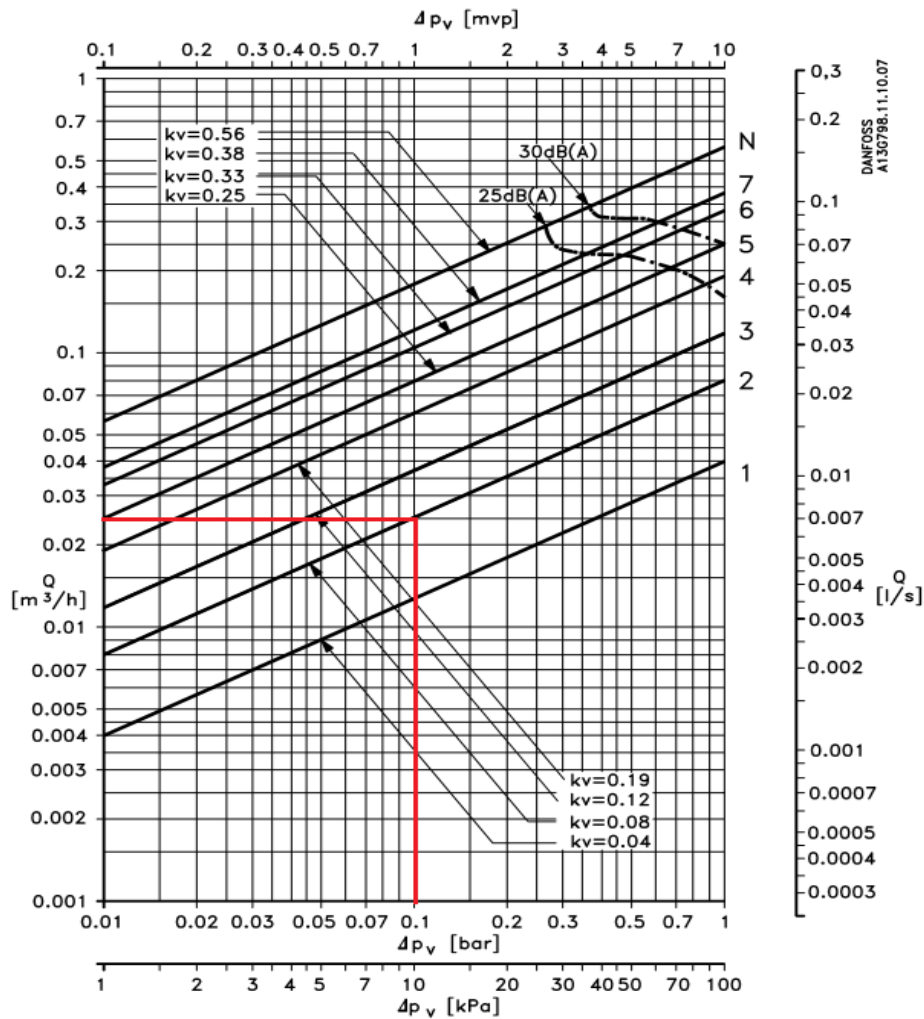
Kuva 7. Danfoss-patteriventtiilin esisäätöarvon asetusalue [1].

Patteriventtiilin esisäätöarvo katsotaan patteriventtiilivalmistajan toimittamasta esisäätöarvotaulukosta lasketun virtaaman ja patteriventtiilin painehäviön mukaan. Taulukossa 1 on esitetty patteriventtiilin esisäätöarvon valinta.

### Mitoitus esimerkki 1

- $Q = 0.025 \text{ m}^3/\text{h}$  (laskettu virtaama patterille)
- $\Delta p_v = 10 \text{ kPa}$  (patteriventtiilin painehäviö)
- Etene käyrästä vaakasuoraan virtaaman  $0.025 \text{ m}^3/\text{h}$  kohdalta pisteeseen, jossa paine-ero on  $10 \text{ kPa}$ .
- Esisäätöarvo luetaan ko. leikkauskohdasta vinolta viivalta. Vastaus on  $es = 2$ .

Kuvan 8 patteriventtiilin esisäätöarvodiagrammissa havainnollistettu punaisella viivalla mitoitus esimerkin mukainen esisäätöarvon mitoitus tilanne.



Kuva 8. Danfoss RA-N DN10 -patteriventtiilin esisäätöarvodiagrammi [1].

## 2.5 Perinteisen patteriventtiilin yhteenveto

Perinteisellä patteriventtiilillä toteutetun lämmitysverkoston tasapainotusta varten tarvitaan lämpöhäviölaskelmien lisäksi kattavat painehäviölaskelmat. Painehäviölaskelmat tarvitaan jokaisen patteriventtiilin ja linjasäätöventtiilin esisäätöarvon määrittämiseksi. Perinteisen patteriventtiilin esisäätöarvon muutos vaikuttaa koko kiinteistön tasapainotilaan. Tästä syystä perinteisillä patteriventtiileillä toteutettu lämmitysverkosto menettää usein tasapainonsa. Tämän myötä on kehitelty uusi innovaatio, joka on nimeltään dynaaminen patteriventtiili.

### 3 Dynaaminen patteriventtiili

#### 3.1 Yleistä

Dynaaminen patteriventtiili on suunniteltu pumpulla varustettuihin kaksiputkijärjestelmiin ja patteriventtiili sopii tavanomaisiin perinteisiin pattereihin, kylpyhuone/design-pattereihin ja lattialämmitysjärjestelmiin [7].

Dynaaminen patteriventtiili tarjoaa yksinkertaisen ja automaattisen ratkaisun, jossa yhdistyvät tavallinen patteriventtiili ja sisäänrakennettu paine-erosäädin [8, s. 4]. Paine-erosäädin säätää patterin läpi kulkevaa virtaamaa yksilöllisesti paine-eron perusteella. Dynaaminen patteriventtiili sisältää virtauksenrajoittimen, joka eliminoi ylivirtaamat. Tämän myötä venttiilistä aseteltu virtaama ei ylitä, vaikka järjestelmän kuorma muuttuisi, muut venttiilit sulkeutuisivat tai lämpötila nousisi lämpötilanpudotuksen jälkeen. [7.]

Mikäli verkoston painesuhteet muuttuvat ja virtaama venttiilissä kasvaa, noussut paine liikuttaa venttiilin sisällä olevaa holkkia sekä siten jatkuvasti rajoittaa virtaaman asetusarvoonsa. Näin ollen asetettu virtaama ei tämän takia koskaan ylitä. Jos virtaama laskee alle asetusarvon, jousi painaa holkin takaisin alkuperäiseen paikkaansa. [9, s. 3.]

Mikäli paine-ero venttiilin yli laskee alle mitoitusarvon, ei venttiili kykene kasvattamaan virtaamaa. Tämän takia patteriventtiilillä täytyy aina olla käytettävissä riittävä paine-ero, jotta virtaamat toteutuvat pattereilla.

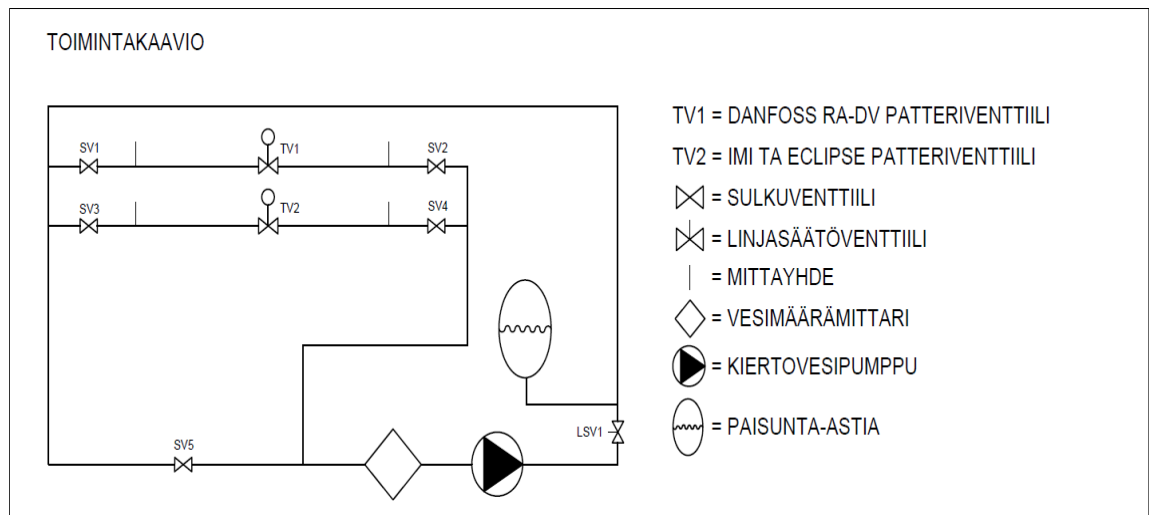
Dynaamisen patteriventtiilin etuna on, että verkosto ei menetä tasapainoaan yksittäisten patteriventtiileiden esisäätöarvoja muutettaessa ja lämmönjakelu on optimaalinen myös osakuormilla. Tämän myötä järjestelmä on oikein tasapainotettu kaikissa olosuhteissa. [7.]

Dynaamisella patteriventtiileillä tasapainotus on helppoa järjestelmissä, joiden mitoitus-tietoja ei tunneta. Patteriventtiilin esisäätöarvo asetellaan tarvittavan tehon mukaan, jolloin painehäviölaskelmia ei tarvita. [9, s. 3.] Tieto lämmitysverkoston mitoituslämpötiloista ja tilaa koskevista lämpöhäviöistä riittää.

Patteriverkoston tasapainotukseen dynaamisilla patteriventtiileillä riittää esisäätöarvojen asettelun jälkeen, että vaikeimman piirin patteriventtiilillä on käytävissä riittävä paine-ero. Tämän lisäksi on varmistettava, että helpoimman piirin paine-ero ei nouse liian korkeaksi. Tämän jälkeen verkosto on tasapainossa.

### 3.2 Virtausmittaukset laboratoriossa

Opinnäytetyössä tutkittaville dynaamisille patteriventtiileille IMI TA Eclipse ja Danfoss RA-DV suoritettiin virtausmittauksia Metropolia Ammattikorkeakoulun Leppävaaran yksikön LVI-laboratoriossa. Virtausmittaukset suoritettiin alla olevan toimintakaavion mukaisessa ympäristössä. Kuvassa 9 on esitetty Metropolia Ammattikorkeakoulun LVI-laboratorion toimintakaavio.



Kuva 9. Metropolian Leppävaaran yksikön LVI-laboratorion toimintakaavio.

Virtausmittaukset suoritettiin niin, että kiertovesipumpun käydessä kaikki vesivirta ohjattiin mitattavan patteriventtiilin kautta, jolloin pystyimme mittaamaan patteriventtiilin läpi kulkevan vesimäärän vesimittarin avulla. Pumpun 7-portaista säätöasteikkoa muuttamalla mitattiin virtaama venttiilissä, kun paine-ero venttiilin yli oli 20, 30, 45 ja 56,5 kPa.

Mitattaessa patteriventtiiliä TV1 olivat ainoastaan sulkuventtiilit SV1 ja SV2 auki, ja sulkuventtiilit SV3, SV4 ja SV5 olivat kiinni. Taas mitattaessa patteriventtiiliä TV2 olivat ainoastaan sulkuventtiilit SV3 ja SV4 auki, ja sulkuventtiilit SV1, SV2 ja SV5 olivat kiinni.

Tarkka paine-ero mitattavan patteriventtiin yli säädettiin linjasäätöventtiin LSV1 esisäätöarvoa muuttamalla.

Molempien tarkasteltavien patteriventtiileiden valmistajat on kehittänyt oman mittalaitteen, jolla voidaan mitata patteriventtiin yli vallitseva paine-ero paineenalaisena. Virtausmittaukset suoritettiin molemmille patteriventtiileille erikseen.

Oy Danfoss Ab:n toimittama mittalaite nimeltään Danfoss dP-tool oli virheellinen, joten mittalaitetta ei ollut mahdollista käyttää mittauksissa. Danfoss RA-DV -patteriventtiin virtausmittauksissa paine-ero mitattiin paine-eromittarilla Tecsis Manoport 3904. Paine-ero patteriventtiin yli mitattiin toimintakaavion (kuva 9) mukaisista mittayhteistä.

IMI TA Eclipse -patteriventtiin paine-eron mittaamiseen käytettiin TA SCOPE -virtausmittaria ja siihen erikseen suunniteltua mittauskaraa.

### 3.2.1 Virtausmittauksissa käytetyt laitteet

#### 3.2.1.1 Kiertovesipumppu

Virtausmittausten kiertovesipumppuna toimi Grundfos UPE 25-60 -kiertovesipumppu. Kiertovesipumpun säätötapa virtausmittauksissa oli käyttö vakiokäyrällä. Pumpun ominaiskäyrä on tämän työn liitteenä 1. Pienin mitattava paine-ero patteriventtiin yli virtausmittauksissa oli 20 kPa ja suurin 56,5 kPa. Kuvassa 10 on esitetty virtausmittauksissa käytetty Grundfos UPE 25-60 180 -kiertovesipumppu.



Kuva 10. Virtausmittauksissa käytetty kiertovesipumppu Grundfos UPE 25-60 180.

Optimaalisessa tilanteessa virtausmittauksissa olisi ollut käytettävissä oikein mitoitettu taajuusmuuttajapumppu, jolloin virtausmittaukset olisi voitu toteuttaa useammassa toimintapisteessä.

### 3.2.1.2 Vesimittari

Tarkasteltavien patteriventtiileiden virtausmittaukset suoritettiin kalibroidulla Krohne Optiflux 4000F DN20 -vesimittarilla. Kyseinen vesimittarin mittaustarkkuus on  $\pm 0,5\%$  [10, s. 43]. Virtausmittauksissa käytetty vesimittari on valmistettu vuonna 2005. Kuvassa 11 on esitetty virtausmittauksissa käytetty vesimittari Krohne Optiflux 4000F -vesimittari.



Kuva 11. Mittauksissa käytetty Krohne Optiflux 4000F -vesimittari.

### 3.2.1.3 Paine-eromittari RA-DV virtausmittauksissa

Danfoss RA-DV -patteriventtiin virtausmittauksissa paine-ero patteriventtiin yli mitattiin Tectis Manoport 3904 -paine-eromittarilla. Tämän paine-eromittarin mittaustarkkuus on  $\pm 0,4\%$  [11, s. 17]. Kuvassa 12 on esitetty Danfoss RA-DV -patteriventtiin virtausmittauksissa käytetty Tectis Manoport 3094 -paine-eromittari.





Kuva 12. Danfoss RA-DV -patteriventtiin mittauksissa käytetty Tecsis Manoport 3094 -paine-eromittari.

#### 3.2.1.4 Paine-eromittari IMI TA Eclipse virtausmittauksissa

IMI TA Eclipse -patteriventtiin virtausmittauksissa paine-ero patteriventtiin yli mitattiin IMI TA Scope -paine-eromittarilla. Tämän paine-eromittarin mittatarkkuus on  $\pm 0,1$  kPa tai 1 % näyttöarvosta sen mukaan, kumpi on suurempi [12, s. 2]. Kuvassa 13 on esitetty IMI TA Eclipse -patteriventtiin virtausmittauksissa käytetty TA Scope -paine-eromittari.



Kuva 13. IMI TA Eclipse -patteriventtiin virtausmittauksissa käytetty IMI TA Scope -paine-eromittari [13, s. 11].

## 4 Dynaaminen patteriventtiili IMI TA Eclipse

### 4.1.1 Yleistä

IMI TA Eclipse -patteriventtiilissä yhdistyy kaksi toimintoa, jotka ovat automaattinen virtauksen säätöosa sekä termostaattinen venttiili. Virtauksen säätöosan avulla asetellaan haluttu virtaama suoraan venttiilistä. [7.] Kuvassa 14 on esitetty dynaaminen patteriventtiili IMI TA Eclipse.

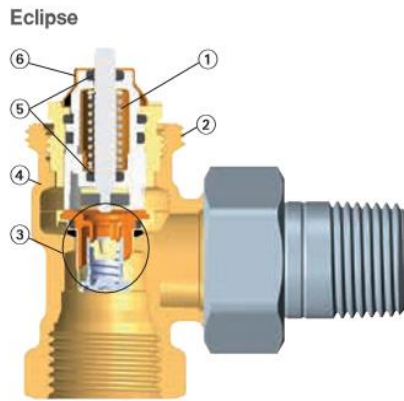


Kuva 14. Dynaaminen patteriventtiili IMI TA Eclipse [9].

Eclipse patteriventtiili toimii virtausalueella 10–150 l/h. Valmistajan mukaan patteriventtiili tarvitsee virtausalueella 10–100 l/h vähintään paine-eron 10 kPa ja virtausalueella 100–150 l/h vähintään paine-eron 15 kPa venttiilin yli, jotta se toimii suunnitellulla tavalla. [9, s. 4.]

Termostaattinen venttiili varmistaa, että huonelämpötila pysyy halutussa arvossa. Huonelämpötilan laskiessa termostaattinen venttiili aukeaa termostaatin ohjaamana, mutta aseteltu virtaama ei ylitä, vaikka huonelämpötila on laskenut alle asetusravon. Huonelämpötilan noustessa termostaattinen venttiili säätelee huonelämpötilaa, jolloin termostaatti painaa venttiilin karaa sisään ja huonelämpötila laskee haluttuun arvoon. [7.]

IMI TA Eclipse koostuu useista eri komponenteista. Suurimpana erona perinteiseen patteriventtiiliin on automaattinen virtauksenrajoitin ja sisäosan vaihdettavuus paineenalaisena. Kuvassa 15 on esitetty IMI TA Eclipse -patteriventtiilin leikkauskuva.



1. Vahva palautusjousi takaa että venttiili ei juutu ja pysyy jämään koko käyttökänsä ajan
2. IMI TA M30x1,5 liitäntä termostaattianturille ja toimilaitteelle
3. Automaattinen virtauksen rajoitin
4. Venttiilin runko tehty messingistä
5. Pitkäikäiset kaksinkertaiset O-rengas tiivisteet
6. Virtauksen asettelu

#### Vaihdeettava sisäosa

Koko sisäosa voidaan vaihtaa vaihtotyökalun avulla ilman että järjestelmä täytyy tyhjentää.

Kuva 15. IMI TA Eclipse -patteriventtiilin leikkauskuva [9, s. 3].

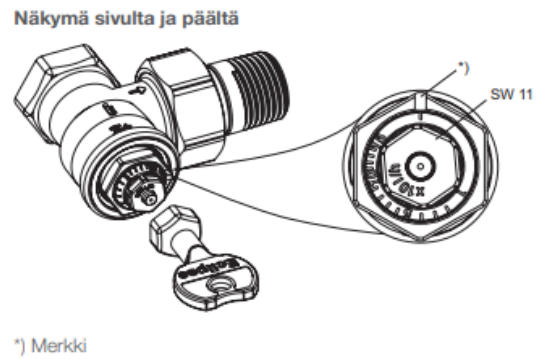
Mikäli verkoston painesuhteet muuttuvat ja paine-ero venttiilin yli kasvaa, noussut paine liikuttaa venttiilin sisällä olevaa holkkia (numero 3) ja siten jatkuvasti rajoittaa virtaaman asetusarvoonsa. Jos verkoston painesuhteet edelleen muuttuvat ja paine-ero venttiilin yli laskee, laskenut paine liikuttaa venttiilin sisällä olevaa holkkia (numero 3) sekä siten jatkuvasti säättää virtaamaa asetusarvoonsa. Jos virtaama laskee alle asetusarvon, jousi painaa holkin takaisin alkuperäiseen paikkaansa. Patteriventtiilin yli täytyy olla joka tilanteessa riittävä paine-ero, jotta venttiilin automaattisella virtauksen rajoittimella on edellytykset toimia suunnitellulla tavalla.

#### 4.1.2 Esimerkki esisäätöarvon määrittämisestä

IMI TA Eclipse -patteriventtiilin esisäätöarvon määrittäminen tapahtuu portaattomalla 1–15 (10–150 l/h) asteikolla vaaditun virtaaman mukaan. Esisäätöarvo asetellaan erityisellä esisäätöavaimella tai 11 mm:n kiintoavaimella suoraan venttiilistä. [9, s. 4.] Patteriventtiilin esisäätöarvo valitaan seuraavan mitoitusmerkin ja kuvan mukaisesti. Kuvassa 16 on esitetty IMI TA Eclipse -patteriventtiilin esisäätöarvon valinta vaadittavan virtaaman mukaan.

#### Mitoitusmerkki 2

- $q = 70$  l/h (laskettu virtaama patterille)
- $\Delta p_v = 10$  kPa (venttiilin minimi painehäviö)
- aseta esisäätöavain venttiilin sisäosan päälle
- käännä esisäätöavainta siten, että haluttu arvo seitsemän (7) osoittaa venttiilirungossa olevaan merkkiin\* (taulukko 2)
- poista avain tai 11 mm kiintoavain
- venttiili on nyt säädetty



Esisäätö	1	1	1	1	5	1	1	1	1	10	1	1	1	1	15
l/h	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150

Kuva 16. IMI TA Eclipsen esisäätöarvon valinta vaadittavan virtaaman mukaan [9, s. 4].

#### 4.1.2.1.1 Esisäätöasetukset ja poikkeamat

Lähtökohtaisesti IMI TA Eclipse -patteriventtiilin esisäätöarvon asettelu tapahtuu edellä mainitun virtaamataulukon mukaan. Venttiilin yli vallitseva paine-ero vaikuttaa kuitenkin hieman virtauksen säätöön, joten tarkan esisäätöarvon määrittäminen tapahtuu seuraavan taulukon mukaisesti. Taulukossa 1 on esitetty IMI TA Eclipse -patteriventtiilin esisäätöasetukset ja poikkeamat.

Taulukko 1. IMI TA Eclipsen esisäätöasetukset ja poikkeamat [9, s. 5].

$q_{design}$ [l/h]	10 kPa			15 kPa			20 kPa			25 kPa		
	Esisäätö- arvo	q [l/h]	Poikkeama [%]	Esisäätö- arvo	q [l/h]	Poikkeama [%]	Esisäätö- arvo	q [l/h]	Poikkeama [%]	Esisäätö- arvo	q [l/h]	Poikkeama [%]
10	1	11	110	1	12	120	1	13	130	1	13	130
20	3	22	110	2	20	100	2	22	110	2	23	115
30	4	30	100	3	28	93	3	30	100	3	30	100
40	6	43	108	4	37	93	4	38	95	4	39	98
50	7	50	100	5	46	92	5	48	96	5	49	98
60	9	63	105	6	55	92	6	59	98	6	60	100
70	10	68	97	8	74	106	7	69	99	7	70	100
80	12	85	106	9	82	103	8	80	100	8	80	100
90	13	94	104	10	84	93	9	90	100	9	91	101
100	14	101	101	11	100	100	10	95	95	10	100	100
110	15	110	100	12	110	100	11	109	99	11	110	100
120				13	116	97	12	120	100	12	119	99
130				15	130	100	13	128	98	13	130	100
140							14	138	99	14	141	101
150							15	145	97	15	149	99

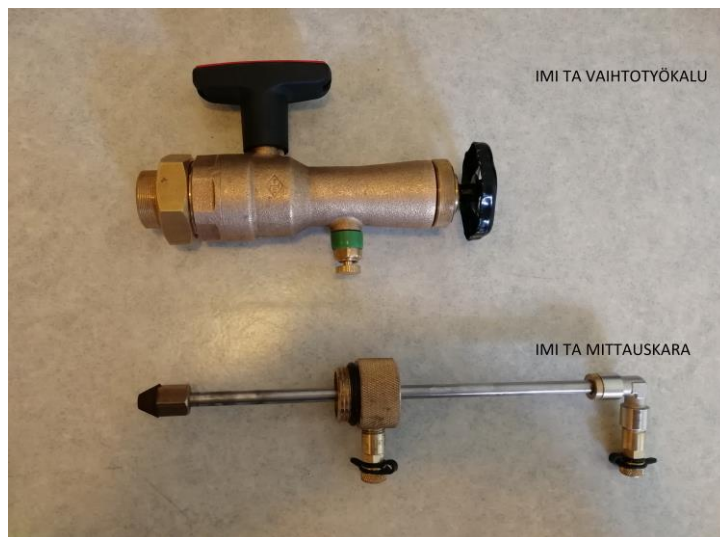
#### 4.1.3 Paine-eromittaus patteriventtiin yli

IMI TA on kehittänyt vaihtotyökalun, jonka avulla voidaan vaihtaa patteriventtiin sisäosa paineenalaisena. Kuvassa 17 on esitetty IMI TA Eclipse -patteriventtiin sisäosa.



Kuva 17. IMI TA Eclipse -patteriventtiin sisäosa [14].

Tähän vaihtotyökaluun on kehitetty mittauskara, jonka avulla mitataan IMI TA Scope -mittalaitteella paine-ero IMI TA Eclipse -patteriventtiin yli. Paine-ero patteriventtiin yli mitataan venttiin ollessa suljettuna. Kuvassa 18 on esitetty IMI TA -patteriventtiin sisäosan vaihtotyökalu ja paine-eron mittaamiseen kehitetty mittauskara.



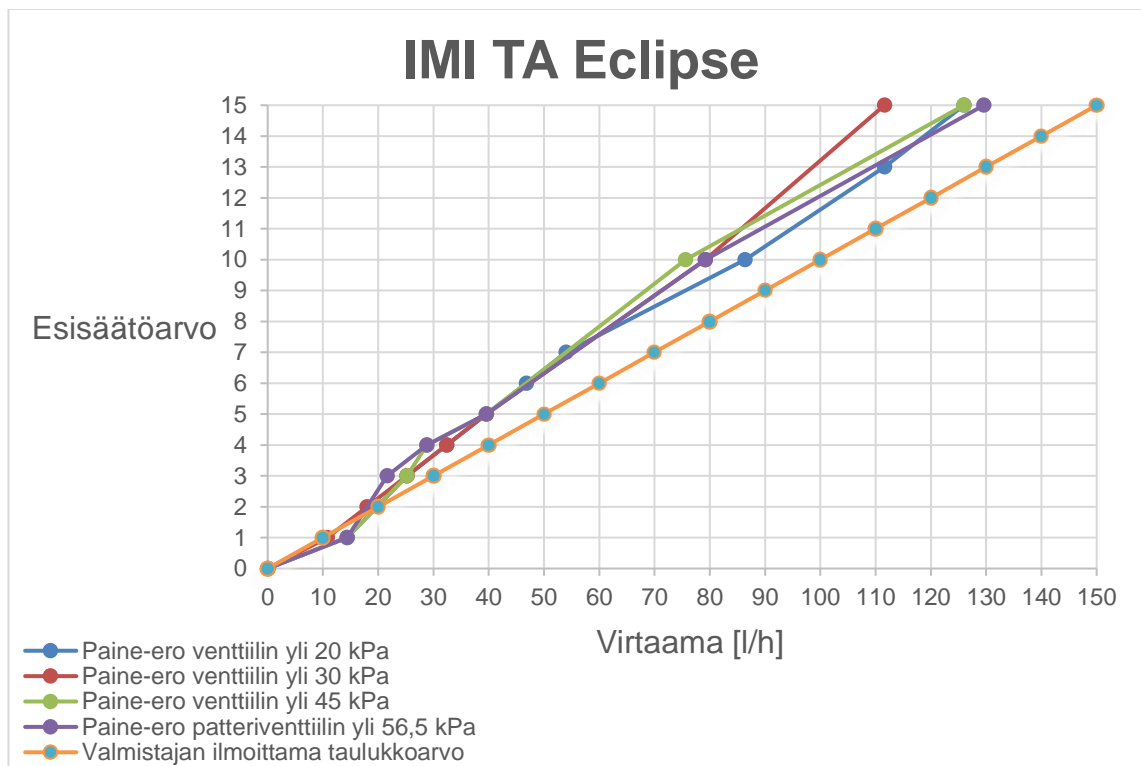
Kuva 18. IMI TA -patteriventtiin sisäosan vaihtotyökalu ja paine-eron mittaamiseen kehitetty mittauskara.

Paine-eron mittaamisen kulku:

1. Irrotetaan termostaatti tai käsipyörä patteriventtiilistä.
2. Kierretään vaihtotyökalu patteriventtiin kiinni.
3. Poistetaan patteriventtiin sisäosa vaihtotyökalun avulla.
4. Asennetaan mittauskara vaihtotyökaluun.
5. Mitataan patteriventtiin yli vallitseva paine-ero mittauskaran mittayhteistä IMI TA Scope -mittalaitteella.
6. Poistetaan mittauskara vaihtotyökalusta.
7. Asennetaan patteriventtiin sisäosa takaisin vaihtotyökalun avulla.
8. Kierretään termostaatti tai käsipyörä takaisin paikalleen.

#### 4.1.4 Virtausmittausten tulokset

IMI TA Eclipse -patteriventtiin virtausmittauksissa todettiin, että paine-erolla venttiin yli ei ollut suurta vaikutusta virtaamaan. Mittauksissa havaittiin, että patteriventtiin sisäinen paine-erosäädin rajoitti paine-eron muuttuessa venttiin yli virtaamaa siten, että ero kuvassa 16 ilmoitettuun virtaamaan oli enimmillään 44 % sekä keskimäärin 22 %. Kuvassa 19 on esitetty IMI TA Eclipse -patteriventtiin virtausmittausten tulokset. Kuvan 19 pallot esittävät virtausmittauksissa niitä esisäätöarvoja, joilla virtaamat kirjattiin ylös.



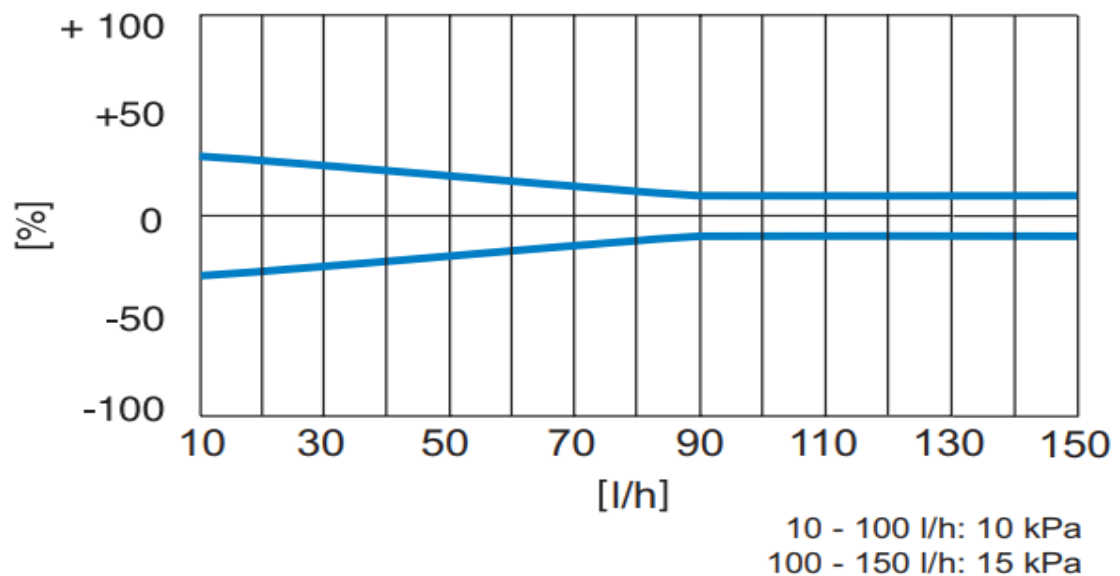
Kuva 19. IMI TA Eclipse -patteriventtiin virtausmittausten tulokset.

Kuvan 19 graafista käy ilmi valmistajan ilmoittama virtaamataulukkoarvo, johon patteriventtiin toteutunutta virtaamaa verrattiin. Taulukkoarvo on tässä työssä aiemmin mainitun IMI TA-esisäätöarvon valinnan kuvan 16 mukainen. Huomionarvoista on, että valmistaja on ilmoittanut erikseen IMI TA Eclipsen esisäätöasetukset ja poikkeamat taulukossaan (taulukko 1) tarkat virtausarvot tietyllä paine-erolla patteriventtiin yli. Tämä poikkeaa hieman virtausmittauksissa käytetyistä vertailuarvoista (kuva 16).

Mittauksissa toteutuneet virtausmittausarvot olivat kauttaaltaan alle valmistajan antamista taulukkoarvoista. Virtausarvot jäivät valmistajan antamista taulukkoarvoista suhteellisesti saman verran pienemmällä ja suuremmilla virtaama-arvoilla.

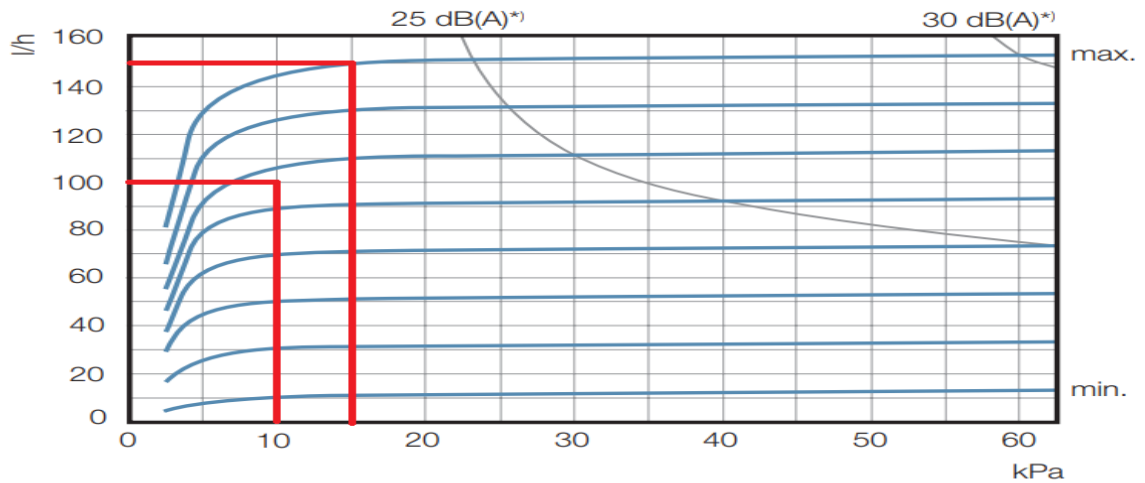
#### 4.1.5 Virtaamatoleranssi ja vaadittava paine-ero venttiin yli

Valmistajan ilmoittaman virtaamatoleranssitaulukon mukaan suuremmilla virtaamilla hajonta on pienempää. Virtausmittauksissa tehtyjä tuloksia analysoitaessa on otettava huomioon, että suuremmilla virtaamilla virtausmittaukset suoritettiin pelkästään esisäätöarvoilla 7, 10 ja 15. Kun paine-ero venttiin yli oli 20 kPa, mittaus suoritettiin myös esisäätöarvolla 13. Kuvassa 20 on esitetty IMI TA Eclipse -patteriventtiin virtaamatoleranssi.



Kuva 20. Valmistajan ilmoittama IMI TA Eclipse -patteriventtiin virtaamatoleranssitaulukko [9, s. 5].

Kuvassa 21 on esitetty IMI TA Eclipse -patteriventtiilin vaatima vähimmäispaine-ero venttiilin yli. Virtaaman noustessa sataan litraan tunnissa täytyy patteriventtiilin paine-eron venttiilin yli olla vähintään 10 kPa. Tällöin päästään valmistajan mukaiseen virtaamaan. Virtaaman kasvaessa tätä suuremmaksi täytyy venttiilin yli vallitsevan paine-eron olla vähintään 15 kPa, jotta päästään valmistajan ilmoittamiin virtaama-arvoihin.



\*) P-alue [xp] max. 2 K.

Kuva 21. Valmistajan ilmoittama taulukko IMI TA Eclipse -patteriventtiilin yli vallitsevan paine-eron suhteesta virtaamaan [9, s. 5].

#### 4.1.6 Äänikäyttäytyminen

Metropolian LVI-laboratoriossa suoritettujen virtausmittausten yhteydessä kiinnitettiin myös huomiota venttiilin äänitekniisiin ominaisuuksiin. Mittauksissa korkein mitattu paine-ero venttiilin yli oli 56,5 kPa, jolloin ei havaittu häiritsevää ääntä. Äänimittaukset suoritettiin kuuntelemalla patteriventtiiliä korvakuulolla. Kiertovesipumppu sijaitsi mitattavien patteriventtiileiden läheisyydessä, minkä vuoksi äänimittarilla ei olisi saatu luotettavia tuloksia.

Valmistajan mukaan enimmäispaine-ero venttiilin yli on 60 kPa, jolloin venttiilin äänikynnys on pienempi kuin 30 dB (A) [9, s. 2]. Verkoston täytyy olla tämän lisäksi oikein säädetty ja ilmattu, jotta valmistajan mukainen äänikynnys toteutuu [9, s. 3].



#### 4.1.7 IMI TA Eclipse -osion yhteenveto

Voidaan todeta, että IMI TA Eclipse -patteriventtiin paine-erosäädin pitää virtaaman suhteellisen vakiona paine-eron muuttuessa patteriventtiin yli välillä 20–56,5 kPa. Virtausmittausten tulokset jäivät kuitenkin kauttaaltaan valmistajan antamista virtausarvoista.

Mittauksissa oli useita mahdollisia mittausvirhettä aiheuttavia tekijöitä. Mittausvirhettä mittauksissa saattoivat aiheuttaa muun muassa vesimittari, esisäätoarvon asetteleminen ja mittareiden lukemavirheet.

Työn tilaajalle virtausarvoja tärkeämpää on tieto siitä, että patteriventtiin sisäinen paine-erosäädin kykenee pitämään virtaaman vakiona paine-eron vaihteluista huolimatta.

## 5 Dynaaminen patteriventtiili Danfoss RA-DV

### 5.1.1 Yleistä

Danfoss RA-DV -patteriventtiilissä yhdessä venttiilissä yhdistyy myös kaksi toimintoa, jotka ovat sisään rakennettu paine-erosäädin ja termostaattinen venttiili. Venttiilin esisäätoosan avulla voidaan asettaa patterille haluttu enimmäisvirtaama ilman erillisiä työkaluja. [8, s. 4.] Kuvassa 22 on esitetty dynaaminen patteriventtiili Danfoss RA-DV ilman termostaattiosaa.



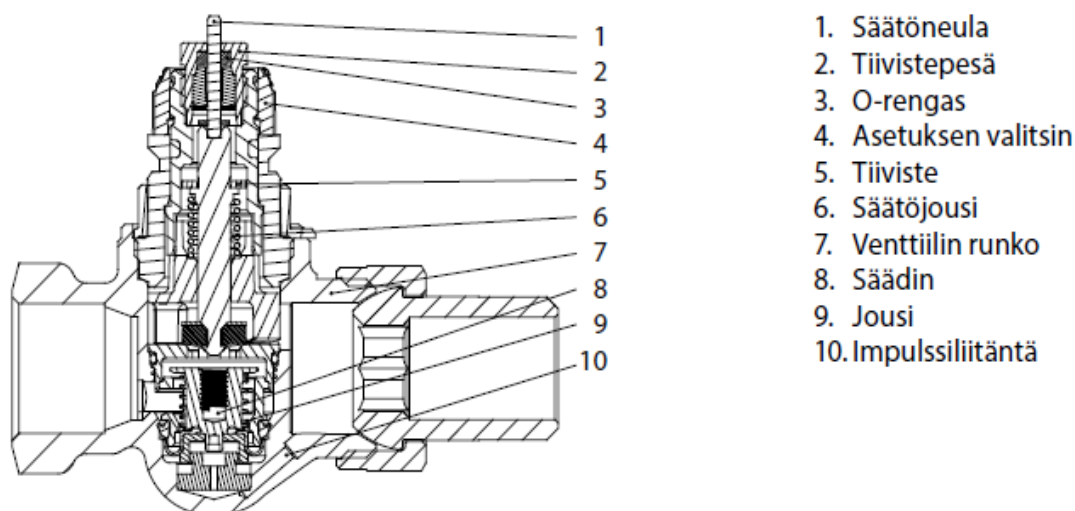
Kuva 22. Suora patteriventtiili Danfoss RA-DV [15, s. 1].

Danfoss RA-DV toimii samoin kuin IMI TA Eclipse -patteriventtiili, joten patteriventtiili pyrkii pitämään lämpöpatterin virtaaman vakiona paineenvaihteluista huolimatta. Automaattisen virtauksenrajoittimen myötä patterin enimmäisvirtaama ei ylitä missään tilanteessa.

Patteriventtiili on yhteensopiva kaikkien Danfoss RA- sekä RAW-, RAE-, RAS-C-, Danfoss Eco™- ja Danfoss Link™ -kytkentäisten termostaattien kanssa. [8, s. 10.]

Danfoss RA-DV patteriventtiili toimii virtausalueella 25–135 litraa tunnissa ja tarvitsee vähintään 10 kPa:n paine-eron venttiilin yli toimiakseen suunnitellulla tavalla. Myös Danfoss RA-DV -patteriventtiilin sisäosa on vaihdettavissa paineenalaisena. [15, s. 1.]

Danfoss RA-DV -patteriventtiili koostuu useista eri komponenteista. Suurimpana erona perinteiseen patteriventtiiliin on säädin (numero 8) ja sisäosan vaihdettavuus paineenalaisena. Kuvassa 23 on esitetty Danfoss RA-DV -patteriventtiilin leikkauskuva.

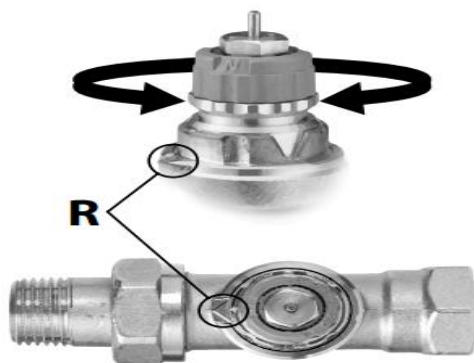


1. Säätöneula
2. Tiivistepesä
3. O-rengas
4. Asetuksen valitsin
5. Tiiviste
6. Säätöjousi
7. Venttiilin runko
8. Säädin
9. Jousi
10. Impulssiliitäntä

Kuva 23. Danfoss RA-DV -patteriventtiilin leikkauskuva [15, s. 4].

### 5.1.2 Esimerkki esisäätöarvon määrittämisestä

Danfoss RA-DV -patteriventtiilin esisäätöarvon määrittäminen tapahtuu portaattomalla 1–N (25–135 l/h) asteikolla virtaaman mukaan. Esisäätöarvo voidaan asettaa ilman työkaluja suoraan patteriventtiilistä. [15, s. 3.] Kuvassa 24 on esitetty Danfoss RA-DV -patteriventtiilin esisäätöarvon asettaminen.



Kuva 24. Danfoss RA-DV:n esisäätöarvon asettaminen [15, s. 3].

Patteriventtiilin esisäätöarvo valitaan seuraavan mitoitus esimerkin ja taulukon 2 mukaisesti.

### Mitoitus esimerkki 3

- $Q = 95 \text{ l/h}$  (laskettu virtaama patterille)
- $\Delta p_v =$  vähintään 10 kPa (venttiilin minimi painehäviö)
- venttiiliä ohjaa RA 2000 termostaattianturi
- väännä asetusrengasta siten, että haluttu arvo seitsemän osoittaa venttiilirungossa olevaan referenssimerkkiin (R)

Danfoss RA-DV -patteriventtiilin esisäätöarvon valinnassa on huomioitava, että venttiiliä ohjaavan anturin mallilla on vaikutusta patterin virtaukseen. Tämän myötä patteriventtiiliä ohjaavan toimilaitteen valinta vaikuttaa myös esisäätöarvon valintaan, kuten taulukosta 2 käy ilmi. Patteriventtiiliä ohjaavat toimilaitteet toimivat erilaisilla toiminta-alueilla, jonka myötä patterin virtaama vaihtelee toimilaitteesta riippuen [16]. Taulukossa 2 on esitetty Danfoss RA-DV -patteriventtiilin tekniset tiedot sekä esisäätöarvon valinta venttiiliä ohjaavan anturin ja vaaditun virtaaman mukaan.

Taulukko 2. Danfoss RA-DV -patteriventtiilin tekniset tiedot sekä esisäätöarvon valinta venttiiliä ohjaavan anturin ja vaaditun virtaaman mukaan [14, s. 3].

Maksimikäyttöpaine <sup>1)</sup>	10 baaria							
Maks. paine-ero	0,6 bar							
Min. paine-ero	0,1 bar							
Koepaine	16 bar							
Maks. käyttölämpötila	95 °C							
Min. käyttölämpötila	2 °C							
Esisäätö	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>N</b>
• living-anturi & TWA <sup>3)</sup>	25 l/h	30 l/h	35 l/h	45 l/h	60 l/h	80 l/h	100 l/h	135 l/h
• RA 2000 -anturilla <sup>2)</sup>	20 l/h	25 l/h	30 l/h	40 l/h	50 l/h	75 l/h	95 l/h	125 l/h
• RAW-, RAE- tai RAS-C-anturi <sup>2)</sup>	15 l/h	20 l/h	30 l/h	40 l/h	50 l/h	70 l/h	90 l/h	110 l/h

<sup>1)</sup> Käyttöpaine = staattinen + paine-ero. Määritely maksimipaine-ero on paine, jossa venttiileitä voidaan säätää tyydyttävästi.

<sup>2)</sup> Asetuksessa N arvo ilmoitetaan EN 215:n mukaan, XP = 2K, ts. venttiili suljetaan 2 °C korkeammassa huoneen lämpötilassa. Alhaisemmillä asetuksilla XP-arvo laskee arvoon 0,5K asetusarvossa 1. Kaikki arvot ovat maks.virtaamalle paine-erossa 0,1 bar

<sup>3)</sup> Arvot osoittavat maksimivirtaaman venttiilin ollessa täysin auki paine-erossa 0,1 bar.

### 5.1.3 Paine-eron mittaus patteriventtiilin yli

Danfoss on kehittänyt dP-tool-vaihtotyökalun, jonka avulla mitataan paine-ero RA-DV-patteriventtiilin yli. Vaihtotyökalun avulla voidaan myös vaihtaa patteriventtiilin sisäosa paineenalaisena. Mittauksissa ei päästy hyödyntämään paine-eron mittaamisessa kyseistä työkalua, koska Oy Danfoss Ab:n toimittama dP-tool-vaihtotyökalu oli virheellinen. Vaihtotyökalussa ilmenneen valmistusvirheen myötä Danfoss RA-DV-patteriventtiilin virtausmittauksissa patteriventtiilin yli vallitsevan paine-eron mittaamiseen käytettiin Tectis Manoport 3904 -paine-eromittaria. Kuvassa 25 on esitetty Danfoss dP-tool -vaihtotyökalu.



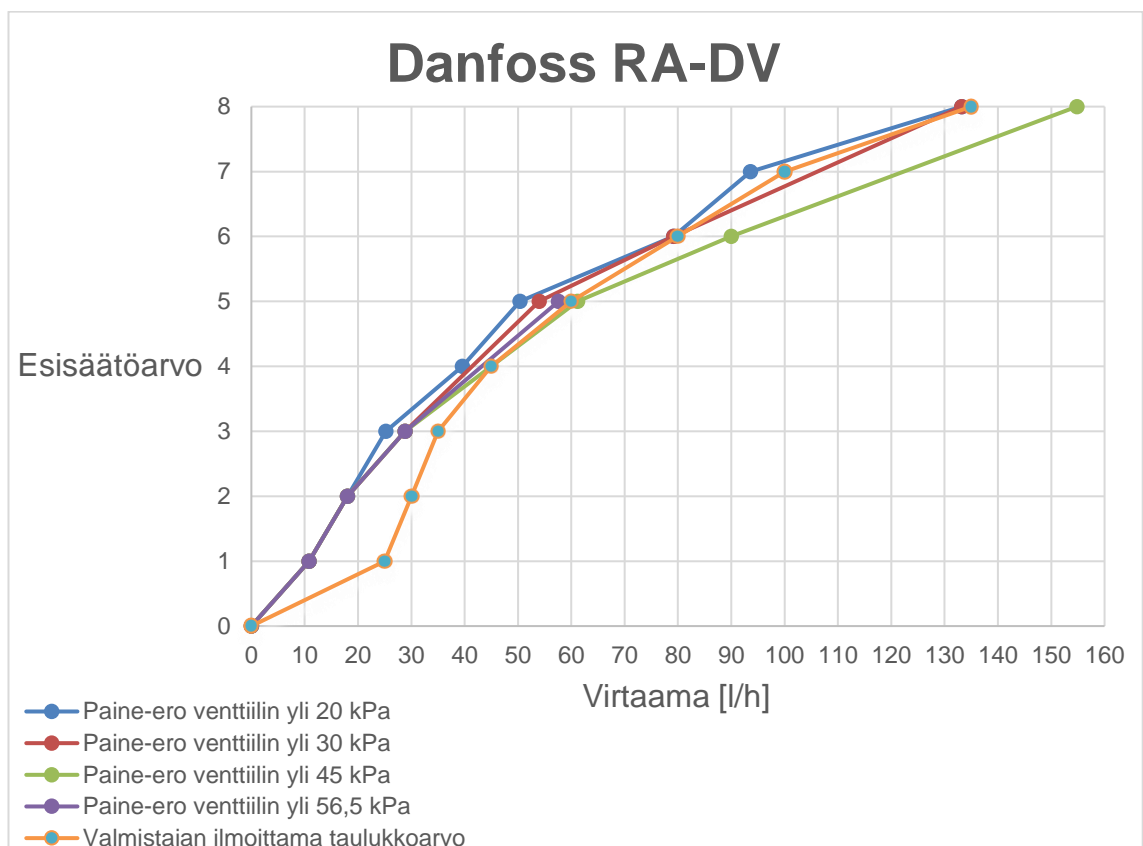
Kuva 25. Vaihtotyökalu Danfoss dP-tool [8, s. 10].

#### 5.1.4 Virtausmittausten tulokset

Danfoss RA-DV -patteriventtiilille suoritettiin yhdenmukaiset virtausmittaukset IMI TA Eclipse -patteriventtiin kanssa. RA-DV:n virtausmittauksissa todettiin, että paine-erolla venttiin yli ei ollut suurta vaikutusta virtaamaan. Mittauksissa havaittiin, että patteriventtiin sisäinen paine-erosäädin rajoitti paine-eron muuttuessa venttiin yli virtaamaa siten, että ero taulukossa 2 ilmoitettuun virtaamaan oli enimmillään 56,8 % sekä keskimäärin 22 %. Suuri keskimääräinen poikkeama valmistajan ilmoittamista taulukkoarvoista syntyy selkeästi pienemmillä virtaamilla.

Mittauksissa toteutuneita virtaamia verrattiin valmistajan ilmoittamaan virtaamatauluksoon (taulukko 2). Vertailu arvoina käytettiin enimmäisvirtaamaa 25–135 l/h, koska patteriventtiilissä ei ollut toimilaitetta paikallaan mittausten aikana.

Kuvassa 26 on esitetty RA-DV-patteriventtiin virtausmittausten tulokset. Taulukon esisäätöarvo 8 esittää patteriventtiin esisäätöarvoa N, ja taulukon pallot esittävät virtausmittauksissa niitä esisäätöarvoja, joilla virtaamat kirjattiin ylös.



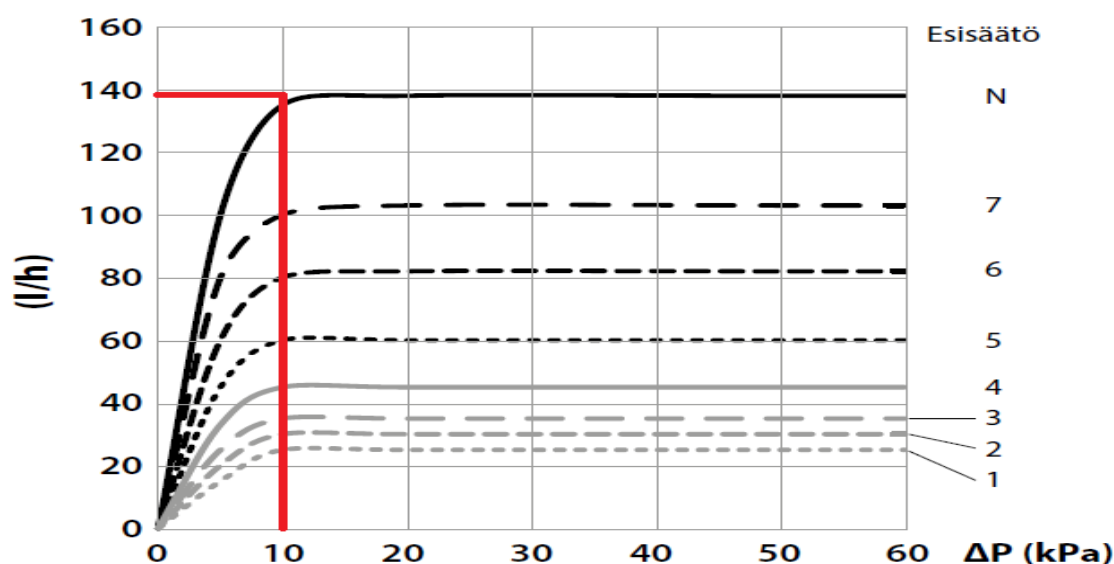
Kuva 26. Danfoss RA-DV -patteriventtiin virtausmittausten tulokset.

Verrattuna IMI TA Eclipse -patteriventtiilille suoritettuihin patteriventtiiliin virtausmittauksiin Danfoss RA-DV -patteriventtiiliin mittaustuloksissa havaittiin hieman enemmän hajontaa pienemmillä virtaamilla, kun taas suuremmilla virtaamilla virtausarvot olivat lähempänä valmistajan ilmoittamia arvoja (taulukko 2). Taulukossa huomionarvoista on, että etenkin pienillä esisäätöarvoilla mittaustuloksemme poikkeavat huomattavasti valmistajan antamista mittaustuloksista.

Danfoss RA-DV:n virtausmittaustaulukosta käy hyvin ilmi, että paine-erojen vaihdellessa patteriventtiiliin yli kykenee paine-erosäädin pitämään virtaaman vakiona. Patteriventtiiliin yli vallitsevan paine-eron ollessa 45 kPa ilmenee tuloksia analysoidessa suurilla virtaamilla selkeästi yksittäinen poikkeama. Tämä voi johtua venttiilin rakenteellisesta syystä tai mittalaitteista johtuvasta mitta- tai lukemavirheestä.

#### 5.1.5 Virtaamatoleranssi ja vaadittava paine-ero venttiiliin yli

Patteriventtiiliin vaatima vähimmäispaine-ero ilmenee alla olevasta valmistajan ilmoittamasta paine-ero taulukosta. Danfoss RA-DV -patteriventtiiliin valmistajan mukaiseen virtaamatarkkuuteen päästään myös suurilla virtaamilla 10 kPa:n paine-erolla [15, s. 3]. IMI TA Eclipse -patteriventtiiliin vaatima vähimmäispaine-ero on 15 kPa virtaaman noustessa yli sataan litraan tunnissa [9, s. 5]. Kuvassa 27 on esitetty Danfoss RA-DV -patteriventtiiliin yli vallitsevan paine-eron suhteesta virtaamaan.



Kuva 27. Valmistajan ilmoittama taulukko Danfoss RA-DV -venttiiliin yli vallitsevan paine-eron suhteesta virtaamaan [14, s. 3].

### 5.1.6 Äänikäyttäytyminen

Metropolian LVI-laboratoriossa suoritettujen virtausmittausten yhteydessä kiinnitettiin myös huomiota äänitekniisiin ominaisuuksiin. Mittauksissa korkein mitattu paine-ero venttiilin yli oli 56,5 kPa, jolloin ei ollut havaittavissa häiritsevää ääntä. Äänimittaukset suoritettiin kuuntelemalla patteriventtiiliä korvakuulolla. Valmistajan ilmoittama enimmäispaine-ero RA-DV patteriventtiilille on 60 kPa [8, s. 9].

### 5.1.7 Danfoss RA-DV -osion yhteenveto

Voidaan todeta, että myös Danfoss RA-DV -patteriventtiin paine-erosäädin pitää virtaaman suhteellisen vakiona paine-eron muuttuessa patteriventtiin yli välillä 20–56,5 kPa. Virtausmittausten tulokset jäivät pienillä esisäätöarvoilla huomattavasti valmistajan antamista arvoista. Suuremmilla virtaamilla ja esisäätöarvoilla virtaamat olivat lähempänä valmistajan ilmoittamia arvoja.

Mittauksissa oli useita mahdollisia mittausvirhettä aiheuttavia tekijöitä. Mittausvirhettä mittauksissa saattoivat aiheuttaa muun muassa vesimittari, esisäätöarvon asetteleminen ja mittareiden lukemavirheet.

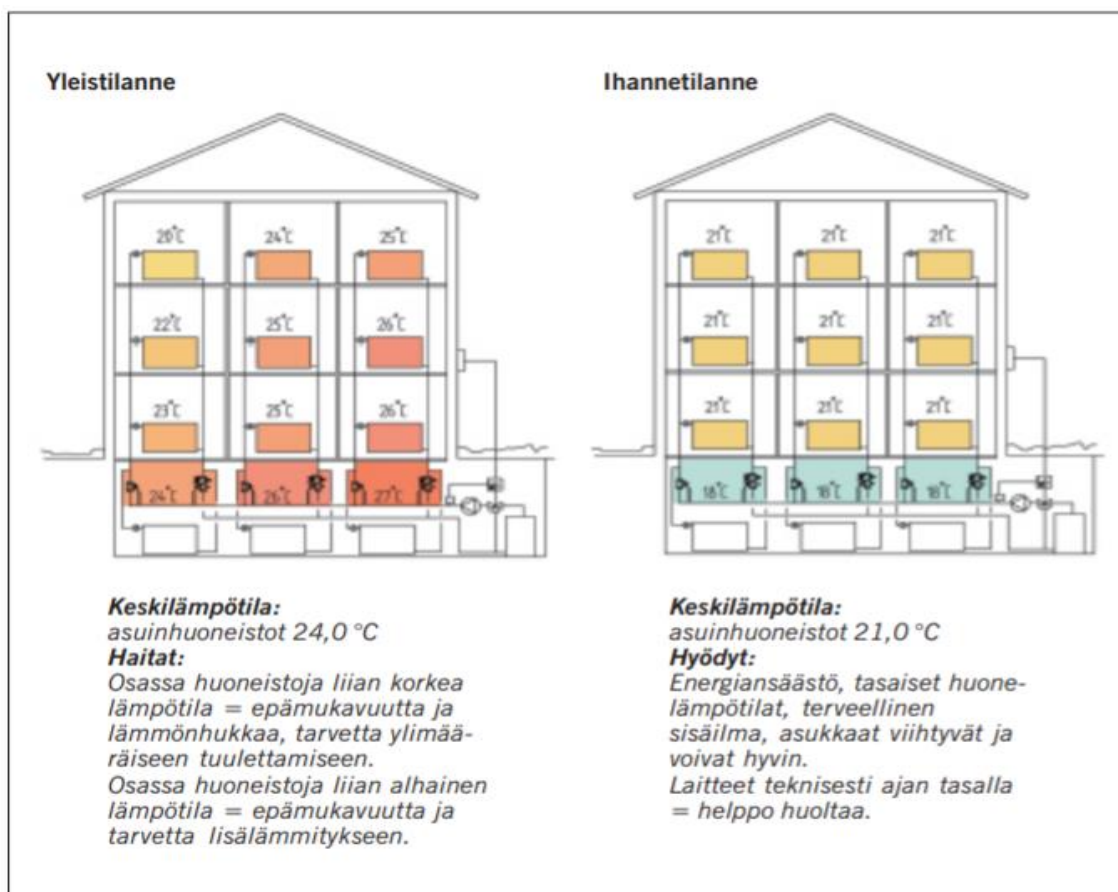
Työn tilaajalle virtausarvoja tärkeämpää on tieto siitä, että patteriventtiin sisäinen paine-erosäädin kykenee pitämään virtaaman vakiona paine-eron vaihteluista huolimatta.

## 6 Patteriverkoston perussäätö

### 6.1 Yleistä

Patteriverkoston perussäädöllä tarkoitetaan kiinteistön lämmitysverkoston tasapainotustyötä, jonka tarkoitus on nimensä mukaisesti tasata rakennuksen eri tilojen väliset lämpöolot. Tämä parantaa luonnollisesti asumisviihtyvyyttä ja terveellisyyttä. Allergiaoireet ja kuivan ilman sekä pölyn aiheuttamat ongelmat vähenevät ylälämpötilojen poistumisen myötä. Kosteus- ja siitä aiheutuvat bakteeri- ja homeongelmat vähenevät taas alilämpötilojen poistumisen myötä. [17, s. 4.]

Suomen rakennuskannasta on arvioiden mukaan tällä hetkellä perussäädetty puutteellisesti noin 75 %. Näissä kohteissa lämpötilaerot ovat arvioiden mukaan keskimäärin suuremmat kuin 3 °C. Kuudenkaan asteen lämpötilaerot eivät ole harvinaisia. [17, s. 4.] Motivan arvion mukaan oikein tehdyllä perussäätötyöllä voidaan saavuttaa säästöjä lämmitysenergian kulutuksesta noin 10–15 % [18]. Kuvassa 28 on esitetty tavanomainen asuinrakennuksen tilanne ennen perussäätötyötä ja tavoitetilanne perussäätötyön jälkeen.



Kuva 28. Tavanomainen asuinrakennuksen tilanne ennen perussäätötyötä ja tavoitetilanne perussäätötyön jälkeen [17, s. 4].

Lämmitysverkoston perussäätötyö jakautuu suunnitteluun, verkoston osien uusimiseen, vesivirtojen alustavaan säätöön ja lämpötilojen hienosäätöön, eli varsinaiseen perussäätötyöhön.

Saneerauskohteen perussäätötyön suunnitteluun vaikuttavat oleellisesti kiinteistön perustiedot, kuten lämpöhäviöt, olemassa olevan lämmitysverkoston toteutustapa ja lämmitysverkoston mitoituslämpötilat. Perussäätötyön suunnittelussa on otettava huomioon



kiertovesipumpun valinta ja säätötapa, jolla saadaan lämmitysverkosto toimimaan suunnitelmien mukaisella tavalla. Koko perussäätötyösuunnittelun tulee tähdätä lämpötilojen hienosäätötyöhön, jolloin huonelämpötilat säädetään tasapainoon toisiinsa nähden.

Saneerauskohteen perussäätötyön yhteydessä uusitaan tyypillisesti lämmitysverkoston patteriventtiilit, sulku tulpat, linjasäätö- ja sulkuventtiilit sekä tarvittaessa samassa yhteydessä myös pattereiden ilmaruuvit. Tässä opinnäytetyössä perehdytään tarkemmin ainoastaan perussäätötyön vesivirtojen- ja lämpötilojen hienosäätöosuuteen. Aiemmin mainitut patteriverkoston osat uusitaan aina ennen varsinaisen perussäätötyön tekemistä.

Patteriverkoston perussäätötyösuunnittelun aluksi suoritetaan kohteen lämpöhäviölaskelma. Kiinteistön rakenteiden U-arvot selvitetään ja mahdollisesti tehdyt remontit huomioidaan lämpöhäviölaskelmassa. Jokaisen lämmitettävän tilan lämpöhäviöt lasketaan, ja niiden mukaan mitoitetaan vaadittava lämpöteho tiloja palvelevilta pattereilta.

Lämmitysverkoston lämpöhäviölaskelman jälkeen selvitetään lämmitysverkoston menoveden mitoitustilapötila ja verkoston mitoitustilapötilaero. Rakennuksissa on käytetty aiemmin menoveden mitoitustilapötilana jopa 90 °C. Tähän aikaan mitoitustilapötilaero oli yleisesti 20 °C. Tämä on liian korkea lämpötila jo pintalämpötilan vuoksi, ja lisäksi kaukolämpöjärjestelmien kaukolämpöveden jäähtymisen kannalta on parempi, kun lämpötila on matalampi kuin 90 °C. [19, s. 18.]

1970-luvulla patteriverkoston mitoitustilapötila laski näistä syistä 80 °C:seen ja 1980-luvulla 70 °C:seen [18, s. 18]. Samalla mitoitustilapötilaerona alettiin käyttämään yleisesti 30 °C:ta.

Lämpötilaeron kasvaessa putkikokoa voidaan pienentää, mutta vastaavasti samaan lämpötehoon tarvitaan suurempi patteripinta-ala, kun patterin keskilämpötila kasvaa [18, s. 19]. Nykyisin uusissa kaukolämmitteisissä taloissa suosituksena patteriverkoston mitoitustilapötilaeroksi on 45–30 °C:ta [20, s. 8].

Verkoston mitoitustilapötila vaikuttaa oleellisesti pattereiden keskilämpötilaan ja sitä kautta pattereista saatavaan lämpötehoon. Tämän lisäksi olemassa olevan kiinteistön perussäätötyötä suunnitellessa täytyy ottaa huomioon, että vanhoissa rakennuksissa on tyypillisesti ylimitoitusta pattereissa.

## 6.2 Patteriverkoston perussäätösuunnittelu perinteisillä patteriventtiileillä

Perinteisillä patteriventtiileillä toteutettavan perussäätötyön lämmitysverkosto mallinnetaan ja mitoitetaan suunnitteluohjelmalla. Mitoitusohjelmaan syötetään lämpöhäviölaskelman pohjalta laskettu teho jokaiselle patterille ja suoritetaan lämmitysverkoston painehäviölaskelma.

Perussäätötyötä suunniteltaessa suunnittelijan on tehtävä päätös patteriventtiileiden ja linjasäätöventtiileiden vähimmäispaine-eron suhteen. Vähimmäispaine-erona venttiilin yli käytetään yleensä 3–10 kPa riippuen käytettävästä venttiilimallista. Paine-ero venttiilin yli täytyy olla riittävän iso, jotta verkosto on säädettävissä. Toisaalta liian suuri paine-ero venttiilin voi yli aiheuttaa ääniongelmia ja ylimääräisiä kustannuksia kiertovesipumpulla.

Painehäviölaskelmassa lasketaan jokaiselle patteriventtiilille ja linjasäätöventtiilille vaadittu virtaama ja painehäviö. Näiden avulla venttiileille lasketaan esisäätöarvo aiemmin tässä työssä mainitulla tavalla (mitoitusesimerkki 1). Linjasäätöventtiileiden esisäätöarvo lasketaan samalla tavalla kuin patteriventtiilin esisäätöarvo. Linjasäätöventtiilin esisäätöarvon laskemiseen tarvitaan säädettävän venttiilin painehäviö- ja virtaustiedot. Esisäätöarvojen perusteella tehdään lämmitysverkoston vesivirtojen säätö- ja hienosäätötyö.

## 6.3 Patteriverkoston perussäätösuunnittelu dynaamisilla patteriventtiileillä

Suurin ero patteriverkoston perussäätösuunnittelussa dynaamisilla patteriventtiileillä on painehäviön ja esisäätöarvon laskemisessa venttiileille. Dynaamisilla patteriventtiileillä patteriverkoston mallintaminen ei ole välttämätöntä. Niin kuin tässä työssä aiemmin todettiin, dynaamisen patteriventtiilin esisäätöarvot määritetään patterin virtaaman avulla.

Näin ollen patteriventtiilin esisäätöarvon laskemiseen täytyy tietää lämmitysverkoston mitoitukslämpötilaero, väliaineen ominaisuudet ja patterilta vaadittava lämpöteho. Patterilta vaadittava lämpöteho määritellään lämpöhäviölaskelman avulla. Kaavassa 1 on esitetty lämmityspatterin virtaaman laskenta.

$$qv = \frac{\dot{Q}}{c_{pv}\rho_v(t_m - t_p)} \quad (1)$$

$q_v$  on patterin vesivirta,  $\text{dm}^3/\text{s}$

$\emptyset$  on patterin teho, kW

$c_{pv}$  on veden ominaislämpökapasiteetti,  $4,2 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$

$\rho_v$  on veden tiheys,  $1\,000 \text{ kg/m}^3$

$t_m$  on menoveden lämpötila,  $^\circ\text{C}$

$t_p$  on paluuv veden lämpötila,  $^\circ\text{C}$

Dynaamisen patteriventtiin vähimmäispaine-ero on patterin virtauksesta riippuen 10–15 kPa. Patteriverkoston tasapainotuksen yhteydessä on varmistettava, että verkoston vaikeimman reitin venttiilillä on käytettävissä vähintään tämä paine-ero. Verkoston vaikeimman reitin yli oleva paine-ero säädetään kiertovesipumpun avulla.

Tämän lisäksi varmistetaan verkoston helpoimman reitin patteriventtiin yli vallitseva paine-ero, joka ei valmistajan mukaan saa ylittää 60 kPa.

Patteriverkoston mallintaminen suunnitteluohjelmalla ei ole välttämätöntä, mutta on suositeltavaa edelleen käytettäessä dynaamista patteriventtiiliä. Tämä on suositeltavaa siihen saakka, kun dynaamisen patteriventtiin toiminnasta on riittävästi kokemusta kenttäolosuhteissa. Tällöin suunnitteluohjelman painehäviölaskelmasta saadaan suoraan selville verkoston helpoin ja vaikein reitti, joka helpottaa verkoston säätötyötä.

Painehäviölaskelman avulla voidaan tarkastella, onko verkoston linjoja tarvetta kuristaa linjasäätöventtiileillä. Mikäli vaikeimman reitin patteriventtiilillä on käytettävissä vaadittava paine-ero ja helpoimman reitin patteriventtiin paine-ero ei ylitä valmistajan antamaa enimmäisarvoa, linjasäätöventtiileillä ei ole säätötarvetta. Tällöin olemassa olevat linjasäätöventtiilit säädetään täysin auki, ja niiden tehtävänä on toimia linjan sulkuventtiilinä.

Kuvitellaan tilanne, että perinteisillä patteriventtiileillä toteutetun lämmitysverkoston vaikeimman reitin patteriventtiin painehäviöksi valitaan 5 kPa. Tämän lisäksi vaikeimman reitin linjasäätöventtiin painehäviöksi valitaan 5 kPa. Näin ollen vaikeimman reitin patteriventtiin ja linjasäätöventtiin yhteenlasketuksi painehäviöksi muodostuu 10 kPa. Mikäli sama verkosto toteutetaan dynaamisilla patteriventtiileillä ja vaikeimman reitin patteriventtiin painehäviöksi riittää 10 kPa ja linjasäätöventtiileillä ei ole säätötarvetta, ei dynaaminen patteriventtiili nosta pumppauskustannuksia.

Mikäli patteriverkostoa ei mallinneta suunnitteluohjelmalla, täytyy verkoston vaikein ja helpoin reitti päätellä itse. Tällaisessa tapauksessa on suositeltavaa mitata paine-ero useamman kuin kahden patteriventtiilin yli, millä varmistutaan, että jokaisen patteriventtiilin yli vallitseva paine-ero on valmistajan vaatimalla tasolla.

Patteriverkoston hienosäätötyön kulku dynaamisilla patteriventtiileillä:

1. Asetellaan suunnitellut esisäätöarvot uusittuihin patteriventtiileihin.
2. Säädetään kaikki linjasäätöventtiilit täysin auki.
3. Mitataan paine-ero lämmitysverkoston vaikeimman reitin patteriventtiilin yli min 10–15 kPa (venttiilin minimi painehäviö).
4. Säädetään tarvittaessa kiertovesipumppua niin, että minimi painehäviö toteutuu vaikeimmalla reitillä.
5. Mitataan paine-ero lämmitysverkoston helpoimman reitin patteriventtiilin yli max 60 kPa (venttiilin maksimi painehäviö).
6. Kuristetaan tarvittaessa helpoimman reitin patteriventtiilin linjaa linjasäätöventtiilillä niin, että reitin helpoimman patteriventtiilin yli oleva paine-ero laskee alle 60 kPa (venttiilin maksimi painehäviö).
7. Tarkistetaan, että minimi paine-ero toteutuu lämmitysverkoston vaikeimman reitin patteriventtiilillä.
8. Tarkistus mitataan lämmitysverkoston toiseksi helpoimman reitin patteriventtiilin yli vallitseva paine-ero (eri linjassa kuin edellinen helpoimman reitin patteriventtiili).
9. Toistetaan tarvittaessa samalla periaatteella linjasäätöventtiilin säätötyö.
10. Kun helpoimman reitin patteriventtiilin paine-ero ei ylitä arvoa 60 kPa, tarkistetaan vielä, että minimi paine-ero toteutuu lämmitysverkoston vaikeimman reitin patteriventtiilillä.
11. Verkosto on tasapainossa.

#### 6.4 Patteriverkoston hienosäätö

Patteriverkoston hienosäätötyö sisältää patteriventtiileiden esisäätöarvojen hienosäädön ja kiinteistön lämpötilamittaustyön. Hienosäätötyössä nimensä mukaisesti hienosäädetään lämpötilamittausten perusteella perussäätötyön yhteydessä uusitut patteriventtiilit. Perussäätötyön patteri- ja säätöventtiileiden vaihdon yhteydessä venttiileiden esisäätöarvot on aseteltu suunniteltuihin arvoihin.

Perussäätötyöt painottuvat usein lämmityskauden ulkopuolelle, joten hienosäätötyötä ei tehdä urakan yhteydessä. Lämpötilamittaus- ja hienosäätötyö tulisi tehdä lämmityskaudella, jolloin ulkolämpötila on alle  $-5\text{ °C}$  ja pidemmän aikaa tasainen. Tällöin lämpötilamittauksista saadaan luotettavat mittaukset lämmitysjärjestelmän toiminnasta. [3, s. 14.]

Oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvona käytetään yleensä lämpötilaa 21°C. Huonelämpötila voidaan suunnitella perustellusta syystä poikkeavaksi suunnitellusta arvoista (taulukko 3). Oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan suunnitteluarvosta hyväksyttävä poikkeama huonetilan keskellä 1,1 m:n korkeudella on  $\pm 1^\circ\text{C}$ . [21, s. 5.] Taulukossa 3 on esitetty lämmityskauden huonelämpötilojen ohjearvotaulukko.

Taulukko 3. Lämmityskauden huonelämpötilojen ohjearvotaulukko [21, s. 5].

**TAULUKKO 1. LÄMMITYSKAUDEN HUONELÄMPÖTILAN TILAKOHTAISIA OHJEARVOJA TILOILLE, JOIDEN HUONELÄMPÖTILAN SUUNNITTELUARVO EI OLE 21 °C**

Tila	Huonelämpötila °C
Porrashuone	17
Kylpyhuone, pesuhuone	22
Kuivaushuone	24
Myymälä	18
– myymälän kiinteä työpiste	21
Liikuntahalli	18
Kirkkosali	18
Tehdashalli, keskiraskas työ	17
Autokorjaamo, katsastustilat	17
Hissikuilu	17

Hienosäätötyö tehdään joko patteritermostaatit paikoillaan tai irrotettuina. Olisi suositeltavaa tehdä hienosäätötyö patteritermostaatit irrotettuina, koska silloin asunnot ovat tasa-arvoisessa asemassa toisiinsa nähden ja termostaatit eivät pääse vaikuttamaan sisälämpötiloihin.

Patteriverkoston hienosäätötyössä on merkittäviä etuja, kun käytetään dynaamisia patteriventtiileitä perinteisen venttiileiden sijaan. Perinteisen patteriventtiin esisäätöarvoa säädettäessä muutetaan tällöin koko verkoston tasapainotilaa. Hienosäätötyön suorittaminen voi olla haastavaa, mikäli suunnittelussa ei ole ollut mahdollista ottaa kaikkia kiinteistön yksilöllisiä piirteitä huomioon.

Dynaamisilla patteriventtiileillä hienosäätötyö voidaan toteuttaa suoraa hienosäätötyön yhteydessä tehtävän lämpötilamittauserroksen perusteella. Yksittäisen patteriventtiin esisäätöarvon muutos ei vaikuta muun kiinteistön tasapainotilaan, joten hienosäätötyö voidaan tehdä tarkasti ja yksilöllisesti lämpötilamittauserroksen perusteella. Tiloja voidaan

säätää yksilöllisesti tilakohtaisen lämpötilamittausdatan mukaan ilman huolta verkoston tasapainon menettämisestä.

#### 6.4.1 Patteriverkoston hienosäätö patteritermostaatit paikoillaan

Ennen hienosäätötyötä täytyy säätää kiinteistön lämmitysverkoston säätökäyrä. Etenkin silloin kun hienosäätötyö tehdään termostaatit paikoillaan. Säätökäyrä täytyy säätää sillä tavalla, että kiinteistön keskilämpötila on huomattavasti alle patteritermostaatin maksimilämpötilarajan. Näin termostaatti ei rajoita tilojen sisälämpötilaa.

Aluksi huoneistoihin jaetaan tiedote ennen lämpötilamittauskierrosta, kun hienosäätötyö tehdään patteritermostaatit paikoillaan. Tiedotteessa pyydetään asukasta poistamaan esteet termostaattien toiminnan kannalta ja avaamaan termostaatit täysin auki. Tällä tavalla pyritään saamaan asunnot samanarvoiseen asemaan ja lämpötilamittauskierroksen mittaustuloksista tarkempi lopputulos.

Tiedote ei kuitenkaan aina tavoita kaikkia asukkaita, tai asukkaat ovat estyneitä suorittamaan pyydetty toimenpiteet. Tästä syystä tekemällä hienosäätötyön termostaatit paikoillaan lämpötilamittausten lopputulos on aina heikempi, koska eriarvoisuutta ilmenee asuntojen välillä.

Patteriverkoston hienosäätö termostaatit paikoillaan jatkuu tiedottamisen jälkeen lämpötilamittauskierroksella, jolloin mitataan asuntojen lämpötilat. Mittausten perusteella selvitetään kiinteistön keskilämpötila ja tilojen väliset lämpötilaerot. Tyypillisesti perussäätötyön projektinjohtajana toimii suunnittelija, joka ilmoittaa urakoitsijalle lämpötilamittauspöytäkirjan perusteella tilojen säätötarpeet.

Toisella kierroksella urakoitsija säätää pattereiden esisäätöarvoja suunnittelijan ilmoittamalla tavalla, mikäli kiinteistössä on säätötarvetta. Optimaalisessa tilanteessa ensimmäisellä kierroksella tehtyjen lämpötilamittausten perusteella kiinteistö on tasapainossa. Urakoitsija tekee toisella kierroksella suunnittelijan vaatimat säätötoimenpiteet, mittaa asuntojen lämpötilat uudestaan ja lähettää lopullisen lämpötilamittauspöytäkirjan suunnittelijalle hyväksyttäväksi.

#### 6.4.2 Patteriverkoston hienosäätö patteritermostaatit irrotettuina

Termostaatit irrotettuina tehdyn hienosäätötyön yhteydessä huoneiston termostaatti ei rajoita huonelämpötilaa missään tilanteessa. Tällöin myöskään termostaatti ei ota huomioon asuntoon vaikuttavia ulkoisia lämpökuormia, kuten kodinkoneita, ihmisiä ja valaistusta.

Lämpötilojen mittauksessa termostaattien ollessa irti on otettava huomioon erilaiset patteriventtiileiden tyypit. Joidenkin valmistajien patteriventtiileiden esisäätöarvoja on mahdollista muuttaa helposti termostaattien ollessa irrotettuina. Tämä täytyy ottaa huomioon, mikäli kiinteistössä asutaan lämpötilamittausten aikana. Patteriventtiileihin täytyy asentaa suojahatut lämpötilamittausten ajaksi, jos on vaarana asukkaiden tekemät säätötoimenpiteet lämpötilamittausten aikana [3, s. 14].

Patteriverkoston tasapainotus termostaattien ollessa irrallaan vaatii vähintään neljä käyntiä asunnossa, mikäli kiinteistö on asutettu hienosäätötyön aikaan. Ensimmäisellä kierroksella irrotetaan termostaatit patteriventtiileistä, minkä voi tehdä esimerkiksi kohteen huoltomies. Tämän jälkeen sisälämpötilan annetaan tasaantua vähintään kahden vuorokauden ajan.

Toisella kierroksella mitataan asuntojen lämpötilat, minkä perusteella selvitetään kiinteistön keskilämpötila ja tilojen väliset lämpötilaerot. Tämän jälkeen urakoitsija toimittaa lämpötilamittauspöytäkirjan suunnittelijalle, joka ilmoittaa urakoitsijalle lämpötilamittauspöytäkirjan perusteella tilojen säätötarpeet. Optimaalisessa tilanteessa lämpötilamittausten tekemisen jälkeen selviää, että kiinteistössä ei ole lainkaan säätötarvetta ja voidaan kiinnittää patteritermostaatit takaisin paikoilleen.

Yleisesti säätötoimenpiteille on tarvetta, ja kolmannella kierroksella urakoitsija tekee tarvittavat säätötoimenpiteet suunnittelijan ilmoittamalla tavalla ja lähettää lopullisen lämpötilamittauspöytäkirjan suunnittelijalle hyväksyttäväksi.

Kun suunnittelija on hyväksynyt lämpötilamittauspöytäkirjan, hän antaa urakoitsijalle luvan kiinnittää termostaatit paikoilleen. Tarvittaessa neljännellä kierroksella termostaattien takaisin asentamisen yhteydessä mitataan tilojen lämpötilat uudestaan ja tehdään hienosäätöjä.

Kun asuinhuoneiden lämpötilat on saatu keskenään tasapainoon, muutetaan lämmityksen säätökäyrää siten, että saavutetaan tavoiteltu sisälämpötila.

## 6.5 Huonelämpötilamittaus

Kuten aiemmin mainittiin, tasapainotustyön yhteydessä tehtävien huonelämpötilamittausten perusteella tehdään varsinainen lämmitysverkoston hienosäätötyö. Hienosäätötyöhön on erityisen tärkeää käyttää aikaa ja suorittaa työ huolellisesti, erityisesti kun tasapainotus tehdään olemassa olevaan kiinteistöön. Kiinteistöt ovat aina yksilöllisiä, ja suunnittelijalla ei ole aina kaikkia tarvittavia lähtötietoja saatavilla. Tämän myötä kaikkia tasapainotustyöhön liittyviä asioita ei ole aina mahdollista ottaa suunnittelussa huomioon. Hienosäätötyö määrittää usein perussäätötyön onnistumisen, ja se on mahdollista tehdä monella tavalla.

Hienosäätötyön onnistumiseen vaikuttavat oleellisesti kiinteistössä tehtävät lämpötilamittaukset. Seuraavaksi perehdytään lämpötilamittausten tekemiseen jo aiemmin mainitulla perinteisellä menetelmällä ja jatkuvasti yleistyvään tapaan, jossa käytetään hyväksi kiinteästi asennettuja lämpötilamittausantureita.

### 6.5.1 Huonelämpötilamittaukset perinteisellä tavalla

Tasapainotustyön yhteydessä tehtävät huonelämpötilamittaukset tehdään perinteisesti kiertämällä tilat läpi ja mittaamalla huonelämpötila lämpötilamittarilla. Mittalaitteiden täytyy olla kalibroituja, ja mittalaitteen tyyppi- ja kalibrointitiedot merkitään dokumentoitavaan mittauspöytäkirjaan [22, s. 14].

Huonelämpötilojen toteuttamisessa perinteisellä tavalla on monta asiaa, jotka aiheuttavat mittaukseen epätarkkuutta. Asukkaat vaikuttavat oleellisesti mittauksen lopputulokseen, mikäli kiinteistö on asuttu hienosäätötyön aikaan. Asukkaille täytyy jakaa ennen lämpötilamittausten suorittamista tiedote, jossa pyydetään olemaan käyttämättä uunia, polynimuria tai muuta lämpöä tuottavaa laitetta ja olemaan tuulettamatta asuntoa. On selvää, että kaikki asukkaat eivät onnistu välttämään pyydettyjä toimenpiteitä, joten asunnot ovat toisiinsa nähden eriarvoisessa asemassa mittauksella.



Tämän lisäksi mittausepä tarkkuutta aiheuttavat mittausajankohta ja mitattavan huoneiston sijainti kiinteistössä. Suuressa kiinteistössä lämpötilamittaukset voivat kestää aamupäivästä iltapäivään saakka. Asuntojen lämpötilaolosuhteet ovat eriarvoisessa asemassa toisiinsa nähden, mikäli ensimmäisen huoneiston lämpötilamittaukset suoritetaan aamupäivällä ja toisen iltapäivällä. Mikäli huoneisto sijaitsee auringon puolella, on lämpötila aivan toinen kuin varjopuolen asunnossa. Tämän takia lämpötilamittaukset olisi suositeltavaa tehdä pilvisenä päivänä lämpötilan ollessa alle  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### 6.5.2 Huonelämpötilamittaukset anturitekniikan avulla

Perinteisen ohjaustavan mukaan kiinteistön sisälämpötilaa ohjataan ulkolämpötila-anturin mukaan. Tekniikan kehittymisen myötä kiinteistöjä on alettu ohjaamaan uudella tavalla. Anturitekniikan halpenemisen myötä kiinteistönomistajat ovat alkaneet sijoittaa tarkempaan lämpötilansäätöön. Ulkolämpötilamittauksien sijaan kiinteistöjä ohjataan nykyisin kasvavissa määrin kiinteistön reaaliaikaisen sisälämpötilatiedon mukaan.

Tämä toteutetaan asentamalla kiinteistön tiloihin anturit, jotka mittaavat reaaliaikaisesti langattoman mittausverkon kautta kiinteistön sisätilojen olosuhteita. Samoilla antureilla voidaan mitata lämpötilaa, suhteellista kosteutta, paine-eroa ja hiilidioksidipitoisuutta. Antureiden asentaminen vaatii useissa tapauksissa uuden kiinteistöautomaatiojärjestelmän asentamisen, mutta osaan ohjausjärjestelmistä anturit ovat suoraan yhteensopivia. Reaaliaikainen data tallennetaan pilvipalveluun, jolloin sitä voidaan analysoida myös jälkeenpäin.

Reaaliaikaisen sisälämpötilatiedon mukaan voidaan luonnollisesti säätää kiinteistön lämpötilaa huomattavasti tarkemmin ja yksilöllisemmin. Anturit ottavat huomioon jokaisen tilan kaikki ulkoiset lämpökuormat. Asumismukavuus ja terveellisyys saavutetaan yli- ja alilämpöjen välttämällä ja samalla säästetään energiaa yllämmittämisen välttämällä [22].

Tasapainotustyön yhteydessä käyttämällä huoneistoihin asennettuja lämpötila-antureita lämpötilamittausten suorittamiseen päästään huomattavasti parempiin lopputuloksiin. Tällä tavalla kiinteistön lämpötilamittaukset voidaan suorittaa lämmityskaudella ilman ulkoisia häiriötekijöitä. Lämpötilamittauspöytäkirja voidaan täyttää lämpötiladatan perusteella ja pyytää urakoitsijaa tekemään tarvittavat toimenpiteet kiinteistön lämpötilakes-

kiarvosta riittävästi poikkeavien huoneistojen osalta. Tämän lisäksi huoneistojen lämpötilatiedot on mahdollista ottaa aamuyön tunteina, jolloin ulkoiset häiriötekijät eivät vaikuta asuntoihin.

Reaaliaikaisen lämpötilamittaustiedon hyödyntäminen korostuu, kun patteriverkosto on toteutettu dynaamisilla patteriventtiileillä. Yksittäisen patteriventtiin esisäätöarvon muutos ei vaikuta muun verkoston tasapainotilaan, joten hienosäätötyö voidaan tehdä suoraan lämpötilamittaustiedon avulla. Lämmitysverkoston hienosäätötyö voidaan näin ollen tehdä ilman, että verkoston painehäviöitä ja niiden muutoksia täytyy ottaa huomioon.

Lämmitysverkoston tasapainotus dynaamisilla patteriventtiileillä tehdään säätämällä keskiarvosta poikkeavia asuntoja kohti kiinteistön keskilämpötilaa. Säätkierroksen jälkeen annetaan kiinteistön keskilämpötilan tasoittua vähintään 3 vuorokautta ja tehdään tarvittaessa uusi säätkierros reaaliaikaisen lämpötilamittaustiedon perusteella. Tällä tavalla dynaamisen patteriventtiin tasapainotus on helppoa, ja kiinteistö on hienosäädetty tarkasti todellisen lämpötilamittaustiedon perusteella.

## 7 Pohdinta

Laboratoriossa mittaukset patteriventtiileille onnistuivat kohtalaisen hyvin, vaikka mittausympäristö ei ollut aivan optimaalinen patteriventtiileiden virtausmittauksille. Optimaalisessa mittausympäristössä olisi patteriventtiilikohdaiset virtausmittarit ja taajuusmuuttajalla toimiva kiertovesipumppu. Tällöin mittauksissa päästäisiin laajemmalle toiminta-alueelle sekä mahdollisesti tarkempiin mittaustuloksiin.

Dynaamiset patteriventtiilit eivät ole vielä kovin yleisiä käytännössä, joten aika näyttää, miten venttiilit toimivat. Ajan kuluessa näemme, kuinka dynaaminen patteriventtiili toimii olemassa olevassa patteriverkostossa verrattuna perinteiseen patteriventtiin. Olemassa olevan patteriverkoston vesi on aina hieman likaisempaa verrattuna uudiskohteeseen, joten on mielenkiintoista nähdä, kuinka dynaaminen patteriventtiili käyttäytyy ajan kuluessa saneerauskohteissa.

Insinööriyö opetti paljon dynaamisen patteriventtiin toiminnasta ja sen käytöstä perinteisessä patteriverkostossa. Tätä opinnäytetyötä voivat hyödyntää suunnittelijat, urakoit-

sijat ja aiheesta kiinnostuneet. Opinnäytetyöstä voivat hyötyä uudet talotekniikan opiskelijat, jolle asia on vielä tuntematon. Tutkimustyö on opettanut tekijälleen, miten tietoja hankitaan eri lähteistä. Työn tekijänä on ollut mielenkiintoista tehdä tutkimusta merkittävästä aiheesta, josta on vielä kovin vähän kokemusta ja tietoa suomen kielellä.

## 8 Yhteenveto

Opinnäytetyö tehtiin talotekniikan korjausrakentamiseen suuntautuneen Insinööritöimisto Aavat Oy:n tilaamana. Työn tavoitteena oli selvittää, kuinka dynaamisen patteriventtiin paine-erosäädin kykenee pitämään patterin virtaaman vakiona paine-eron vaihdelta patteriventtiin yli. Tämän lisäksi tarkoituksena oli tutustua dynaamisen patteriventtiin toimintaan ja suorittaa kahden patteriventtiilivalmistajan dynaamiselle patteriventtiilille virtaus- ja äänimittauksia Metropolia Ammattikorkeakoulun LVI-laboratoriossa. Lisäksi työn tarkoituksena oli perehdyttää lukija dynaamisen patteriventtiin toimintatapaan ja sen tuomiin mahdollisuuksiin patteriverkoston perussäätötyön yhteydessä.

Tämän lisäksi opinnäytetyössä tutkittiin dynaamisen patteriventtiin käyttöä perussäätötyön yhteydessä. Työssä tuodaan esille dynaamisen patteriventtiin toimintaperiaate ja eroavaisuudet perinteiseen patteriventtiin verrattuna. Lopuksi käsiteltiin vielä, kuinka dynaamisesta patteriventtiilistä saa täyden hyödyn irti perussäätötyön yhteydessä nykyaikaisella lämpötilamittausteknologialla.

Opinnäytetyössä käytettiin apuna valmistajan laatimia teknisiä esitteitä, internetistä saatavia verkkodokumentteja ja Metropolia Ammattikorkeakoulun LVI-laboratoriossa suoritettuja käytännön laboratoriomittauksia.

Mittauksissa todettiin, että molempien patteriventtiilivalmistajan dynaaminen patteriventtiili kykenee pitämään virtaaman suhteellisen vakiona paine-eron vaihteluista huolimatta. Työssä tutkituissa dynaamisissa patteriventtiileissä ei havaittu ääniongelmia. Molempien patteriventtiileiden mittaustulokset poikkeavat venttiilivalmistajan antamista arvoista.

Mittauksissa oli useita mahdollisia mittausrvirhettä aiheuttavia tekijöitä. Mittausvirhettä mittauksissa saattoivat aiheuttaa muun muassa vesimittari, esisäätöarvon asetteleminen ja mittareiden lukemavirheet.

Tutkimusta voisi jatkaa paremmissa mittausolosuhteissa. Olisi mielenkiintoista selvittää, kuinka lähelle valmistajan ilmoittamia virtausarvoja päästäisiin tarkemmissa ja monipuolisemmissa mittausolosuhteissa. Tämän lisäksi olisi mielenkiintoista suorittaa myös Danfoss RA-DV -patteriventtiin paine-eromittaukset heidän kehittämällään mittalaitteella. Tämän opinnäytetyön aikana ei onnistuttu saamaan heiltä toimivaa paine-eromittauslaitetta.

## Lähteet

- 1 RA 2000 Venttiilirungot. 2012. Verkkoaineisto. Oy Danfoss Ab <<http://products.danfoss.fi/productrange/documents/heatingsolutions/patteriventtiilit-ja-termostaatit/patteriventtiilit/esisaadettavat-venttiilit/#/>> Luettu 18.5.2018.
- 2 RA 2000 Termostaattianturit. 2011. Verkkoaineisto. Oy Danfoss Ab < <http://products.danfoss.fi/productrange/documents/heatingsolutions/patteriventtiilit-ja-termostaatit/patteritermostaatit/kiinto-ja-irtoanturit/#/>> Luettu 18.5.2018
- 3 Holmberg Sami. 2012. Vesikiertoisen patterilämmityksen perussäätö. Opinnäytetyö. Metropolian Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 4 Reinikainen Jarno. 2015. Patteriverkoston perussäätö - Menetelmät ja mahdollisuudet. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Talotekniikan koulutusohjelma. Theseus-tietokanta.
- 5 TRV 300 Termostaattianturit. 2017. Verkkoaineisto. IMI Hydronic Engineering <<http://www2.imi-hydronic.com/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/heimeier-thermostatic-control/termostaatit-ja-patteriventtiilit/termostaattianturit/TRV-3001/>> Luettu 18.5.2018
- 6 Metallihattu patteriliitin TA M30 TRV TA50399-006. Verkkoaineisto. Bauhaus & CO. <<https://www.bauhaus.fi/metallihattu-patteriliitin-ta-m30-trv-ta50399-006.html>> Luettu 12.9.2018
- 7 Eclipse – Termostaattiventtiilien uusi. IMI Hydronic Engineering. Verkkoaineisto. < <https://www.youtube.com/watch?v=PObpJ-HliMM>> Katsottu 13.9.2018
- 8 Yksinkertainen ratkaisu arjen haasteisiin. 2016. Verkkoaineisto. Oy Danfoss Ab. <[http://heating.danfoss.com/PCMPDF/VBGWL320\\_Dynaaminen\\_venttiili\\_12s\\_lores.pdf](http://heating.danfoss.com/PCMPDF/VBGWL320_Dynaaminen_venttiili_12s_lores.pdf)>
- 9 Eclipse. Verkkoaineisto. IMI Hydronic Engineering. <<http://www2.imi-hydronic.com/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/heimeier-thermostatic-control/termostaatit-ja-patteriventtiilit/termostaattiset-patteriventtiilit/Eclipse/>> Luettu 13.9.2018
- 10 OPTIFLUX 4000 Electromagnetic flow sensor. 2016. Verkkoaineisto. Krohne Messtechnik GmbH. <<https://www.instrumart.com/assets/Krohne-optiflux4000-manual.pdf>>. Luettu 11.9.2018
- 11 Tecsis Manoport 3904 käyttöohje.
- 12 TA-SCOPE. 2017. Verkkoaineisto. IMI Hydronic Engineering. <<http://www2.imi-hydronic.com/fi/tuotteet-ja-ratkaisut/ta-balancing-and-control/mittausvalineet/mitalaitteet/>> Luettu 1.9.2018

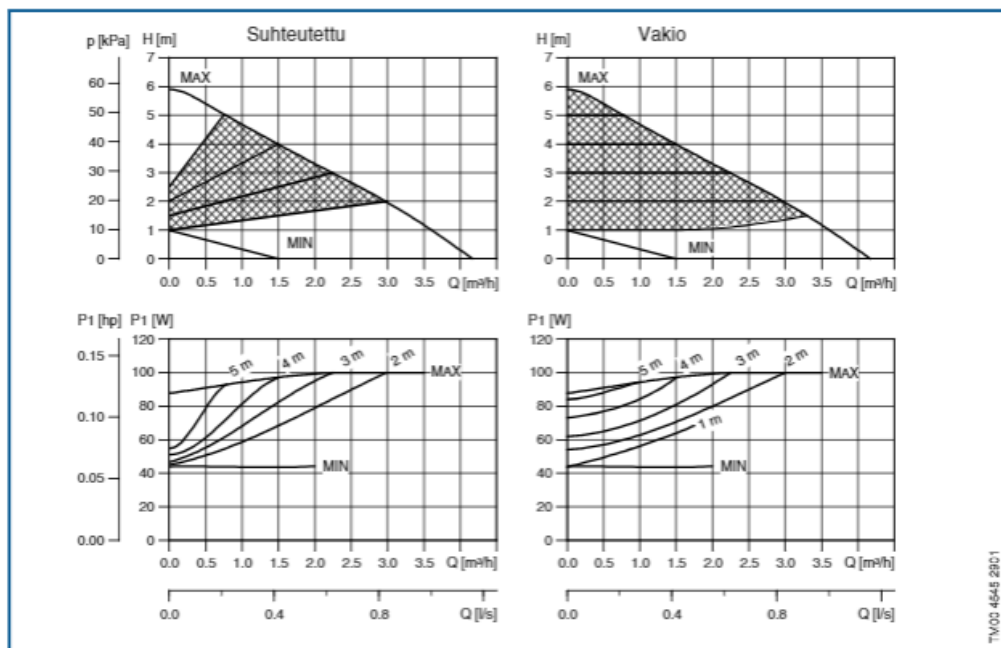
- 13 Petäjaniemi Antti. 2017. Lämmitysverkoston tasapainotus. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 14 Eclipse – Termostaattiventtiilien uusi. 2015. Verkkoaineisto. Imi Hydronic Engineering. <<https://www.youtube.com/watch?v=PObpJ-HliMM&t=53s>> Luettu 1.1.0.2018.
- 15 Dynamic Valve RA-DV – Paineesta riippumaton patteriventtiili. 2016. Verkkoaineisto. Danfoss A/S. <[http://heating.danfoss.com/PCMPDF/RA-DV\\_VDGWJ420\\_FI\\_LR.pdf](http://heating.danfoss.com/PCMPDF/RA-DV_VDGWJ420_FI_LR.pdf)> Luettu 17.8.2019
- 16 Ojanen Kimmo. 2018. Tekninen vastaava. Ab Danfoss Oy. Puhelu 3.10.2018.
- 17 Lämmitysjärjestelmän perussäätö säästää rahaa ja luo terveellisen sisäilmaston. 2002. Verkkoaineisto. Motiva. <<https://www.motiva.fi/files/781/perussaato-esite.pdf>> Luettu 10.9.2018
- 18 Lämmitysverkoston perussäätö. 2017. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/patteriverkoston\\_perussaato](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/patteriverkoston_perussaato)> Luettu 12.9.2018
- 19 Savo Hannu. 2017. Lämpöhäviöt ja pattereiden lämmönluovutustehot 1980-luvun toimitilakiinteistössä. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 20 Rakennusten kaukolämmitys. Määräyksen ja ohjeet. K1. 3.4.1 Mitoituslämpötilat uudisrakennuksissa. 2014. Verkkoaineisto. <[https://energia.fi/files/502/JulkaisuK1\\_2013\\_20140509.pdf](https://energia.fi/files/502/JulkaisuK1_2013_20140509.pdf)> Luettu 13.9.2018
- 21 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2003. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 22 Asumisterveysohje. 2003. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Helsinki: sosiaali ja terveysministeriö.
- 23 Si-Tecno. 2018. Verkkoaineisto. Si-Tecno Oy <<http://simap.fi/simap-jarjestelmat/>>. Luettu 12.9.2018

## Virtausmittauksissa käytetyn pumpun Grundfos UPE 25-60 ominaiskäyrä

### Tekniset tiedot

UPE Sarja 2000

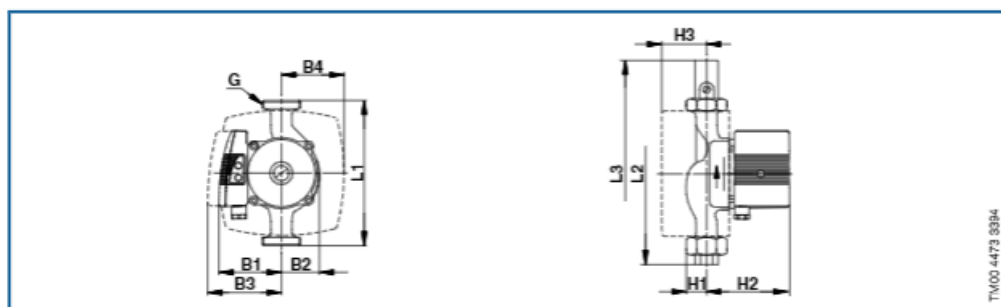
#### UPE 25-60, UPE 32-60



#### Sähkö tiedot

$U_n$ [V]		$P_1$ [W]	$I_n$ [A]
1 x 230-240 V	Min.	40	0,28
	Maks.	100	0,44

UPE 25-60 on myös saatavana pronssista valmistetulla pumppupesällä, tyyppi B.



#### Mitat ja painot

Pumpputyyppi	Mitat [mm]															Painot [kg]*		Kulj. tilav. [m³]				
	L1	L2	L3	B1	B2	B3	B4	B7	B8	B9	H1	H2	H3	D1	D2	D3	D4		D5	G	Netto	Brutto
UPE 25-60	130	186	240	85	47	105	77				32	102	57						1½	2,4	2,6	0,0061
	180	236	290	85	47	105	77				32	102	57						1½	2,6	3,0	0,0061
UPE 32-60	180	236	290	85	47	105	77				32	102	57						2	2,7	3,1	0,0061

\* Pronssiversioiden painot ovat n. 10% korkeammat.