

Toni Noronen

PYYHEKUIVAINTEN TOIMINNAN TUTKIMINEN

Opinnäytetyö
Talotekniikka


Toukokuu 2015




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 6.5.2015
Tekijä(t) Toni Noronen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Talotekniikka
Nimeke Pyyhekuivainten toiminnan tutkiminen	
Tiivistelmä Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia kolmea Sentakia Oy:n pyyhekuivainta, jotka kytkettiin lämpimään käyttövedeen yläjakoisella liitännällä. Tavoite oli määrittää virtaamat, kun lämpimän käyttöveden lämpötila jäähtyy 2 °C sekä 3 °C pyyhekuivaimessa. Samalla määritettiin minimivirtaama, jolla kuivain lämpee kokonaan. Huoneilman tavoitelämpötila oli 22 °C. Mittauksien perusteella suoritettiin laskennallinen tarkastelu pyyhekuivainten lämmönluovutustehoista. Vesivirtaa mitattiin linjasäätöventtiilistä siihen tarkoitettulla vesivirtamittarilla. Pyyhekuivainten lämpötilaa mitattiin pintalämpötila-antureilla. Mittauksien aikana otettiin lämpökamerakuvia havainnollistamaan lämpötilakäyttäytymistä pyyhekuivaimissa. Huoneilman lämpötilaa tarkkailtiin mittauksien aikana ja mittaustietoja kerättiin dataloggereilla. Jokaiselle pyyhekuivaimelle löydettiin minimivirtaamat sekä virtaamat, kun lämmin käyttövesi jäähtyy 2 °C ja 3 °C kuivaimessa. Virtaamat vaihtelivat pyyhekuivaimesta riippuen 0,002-0,007 l/s välillä. Lämmönluovutustehot pyyhekuivaimissa olivat noin 30–50 W. Mitattavat virtaamat olivat pieniä verrattuna siihen, kuinka paljon vesi jäähtyi pyyhekuivaimissa. Tästä johtuen lämmönluovutustehot jäivät mataliksi. Koska pyyhekuivaimet on tarkoitettu mukavuuslämmittimiksi, tärkein asia on tietää pyyhekuivainten minimivirtaamat. Kun pyyhekuivaimet lämpenevät kokonaan, ne tuovat mukavuutta käyttäjille.	
Asiasanat (avainsanat) Lämmön siirtyminen, lämmön kuljetus, LVI-järjestelmät, lämmitysjärjestelmät, lämmityslaitteet, lämpöpatterit	
Sivumäärä 46(19)	Kieli Suomi
Huomautus (huomautukset liitteistä)	
Ohjaavan opettajan nimi Jukka Räisä	Opinnäytetyön toimeksiantaja Sentakia Oy

DESCRIPTION

	Date of the bachelor's thesis 6.5.2015
Author(s) Toni Noronen	Degree programme and option Building Services Engineering
Name of the bachelor's thesis Examination of the heated towel rails	
Abstract <p>The aim of this Bachelor's thesis was to measure three Sentakia Oy's heated towel rails which were connected to domestic hot water. The problem of these towel rails was that they did not heat up completely. The goal was to measure water flow when domestic hot water cools down three and two degrees in towel rails. At the same time purpose was measure minimum water flow, when towel rails heated up completely. Finally heat release power was calculated based on the measurements.</p> <p>Flow rate was measured into the control valve and towel rails temperature of the towel rails was measured with the temperature sensors. Air temperature was measured with data logger. Towel rails were taken photos with a thermal camera. These photos helped to understand how towel rails heated up.</p> <p>Flow rate was quite small, between 0,002-0,007 liters per second and the heat release power of the towel rails was about 30-50 W. The most important thing was to find minimum water flow, to get towel rails work more effective by heating up completely.</p>	
Subject headings, (keywords) Heat transfer, heat convection, HVAC system, heating systems, heating appliances, radiators	
Pages 46(19)	Language Finnish
Remarks, notes on appendices	
Tutor Jukka Räisä	Bachelor's thesis assigned by Sentakia Oy

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	LÄMMÖNSIIRTO.....	2
2.1	Lämpösäteily.....	2
2.2	Konvektio	3
2.3	Lämmön johtuminen.....	3
3	LÄMMÖNLUOVUTIN	4
3.1	Lämmönluovuttimen lämmönluovutus.....	5
3.2	Putkivirtaus	5
3.2.1	Reynolds-luku	6
3.2.2	Laminaarinen virtaus	6
3.2.3	Turbulenttinen virtaus.....	7
3.3	Pyyhekuivaimet	8
4	MITTAUKSISSA KÄYTETTÄVÄT MITTALAITTEET	9
4.1	PICO TC-08 USB	9
4.2	T-tyyppin termoparianturi	10
4.3	Mittalaite TA-CMI.....	11
4.4	Lämpökamera FLUKE TI20.....	12
4.5	EBRO EBI 20-TH mittari.....	13
5	MITTAUSJÄRJESTELYT	14
5.1	Suunnittelu ja toteutus	15
5.2	Pintalämpötila-antureiden asennus ja mittaus	18
5.3	Vesivirtamittaus	21
5.4	Lämpökamerakuvaus	22
5.5	Ilman lämpötilamittaus	22
6	LÄMMÖNLUOVUTTIMEN LÄMMÖNLUOVUTUSTEHO	23
7	TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	24
7.1	Pyyhekuivain LC-7/500.....	25
7.1.1	Rinnankytkentä	25
7.1.2	Yksittäisen pyyhekuivaimen kytkentä	28
7.2	Pyyhekuivain LC-5/500.....	30
7.2.1	Rinnankytkentä	30

7.2.2	Yksittäisen pyyhekuivaimen kytkentä	33
7.3	Pyyhekuivain LC-35/5 YLÄ.....	35
7.3.1	Rinnankytkentä	35
7.3.2	Yksittäisen pyyhekuivaimen kytkentä	38
7.4	Lämmönlouvutusteho	40
8	YHTEENVETO	42
	LÄHTEET	45

LIITTEET

- 1 Testausseloste nro. VTT-S-00353-15
- 2 Suoritustasoilmoitus
- 3 CE -vaatimustenmukaisuusvakuutus
- 4 Kytkenäkaavio, rinnankytkentä
- 5 Kytkenäkaavio, yksittäisen pyyhekuivaimen kytkentä
- 6 Mittauspöytäkirja LC-7/500
- 7 Mittauspöytäkirja LC-5/500
- 8 Mittauspöytäkirja LC-35/5 YLÄ

1 JOHDANTO

Pyyhekuivaimet on tarkoitettu nimensä mukaisesti kosteiden pyyhkeiden ja vaatteiden kuivattamiseen. Ne sijoitetaan yleensä kylpyhuoneisiin, jossa ne antavat lisälämpöä. Lämmittimet on tarkoitettu niin sanotusti mukavuuslämmittimiksi eikä niitä saa käyttää kattamaan rakennuksen lämpöhäviöitä. Jos lämminvesiverkoston kiertojohdossa käytetään pyyhekuivaimia, saa niiden teho olla maksimissaan 200 W huonetilaa kohti. /2./ Malleja on olemassa monia, ja niitä voidaan liittää lämpimään käyttöveteen ja lämpöjohtoverkkoon. Valikoimissa on myös valittavana sähkötoimisia kuivaimia. Vesikiertoiset pyyhekuivaimet voidaan asentaa sekä uppo- että pinta-asennussarjalla. Pinta-asennukset mahdollistavat pyyhekuivaimien asennuksen myös saneerauskohteisiin. Uppoasennuksissa vesijohtoputket sekä sähköjohdot jäävät rakenteiden sisään, jolloin ulkopuoli jää siistiksi. Kuivaimia on mahdollista kytkeä sekä ylä- että alajakoina. Yläjakoinen kytkentä tapahtuu seinään asennettaessa kuivaimen yläpäästä ja alajakoinen kuivaimen alapäästä.

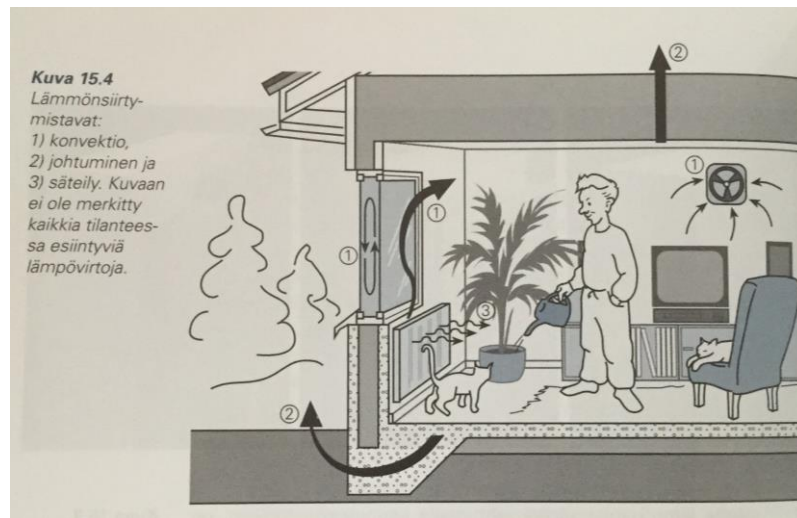
Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia kolmen pyyhekuivaimen toimintaa. Tutkittavat tuotteet ovat Sentakia Oy:n niin sanottuja ”tikapuupattereita”, jotka kytketään lämpimään käyttöveteen yläjakoisella liitännällä. Tavoite on määrittää virtaama, jolla käyttöveden lämpötila laskisi kolmella sekä kahdella asteella pyyhekuivaimessa. Samalla määritetään, mikä on pyyhekuivaimien minimivirtaama, jolla se lämpenee läpikotaisin. Jokaisesta pyyhekuivaimesta tehdään myös laskennallinen tarkastelu lämmönluovutustehosta. Työ tehtiin Mikkelin ammattikorkeakoulun laboratoriotiloissa, jonne rakennettiin mittausjärjestelyt ja suoritettiin mittaukset.

Ongelmana työssä käytettävissä pyyhekuivaimissa oli se, kun kuivain asennetaan yläjakoisena, niin alhaalta kuivain ei enää lämpenäkään kokonaan. Mittauksien avulla saadaan selville, kuinka kuivain lämpenee ja mikä on kuivainten minimivirtaama, jolla se lämpenee kokonaan.

Tässä työssä perehdytään ensin tarkemmin lämmönsiirtoon ja sen perusteisiin. Tämän jälkeen keskitytään lämmönluovuttimiin ja niihin liittyvään lämmönluovutukseen. Raportin loppuosassa käydään läpi mittalaitteet ja mittaukset sekä perehdytään tuloksiin ja niiden analysointiin.

2 LÄMMÖNSIIRTO

Lämmönsiirto on energian siirtoa, joka johtuu lämpötilaeroista. Lämpötilaero pyrkii tasoittumaan termodynamiikan toisen pääsäännön perusteella korkeammasta lämpötilasta matalampaan. Lämpöä voi siirtyä kolmella tavalla, säteilemällä, johtumalla ja kuljettumalla eli konvektiona (Kuva 1). Lämpöä siirtyy aina samanaikaisesti johtumalla ja konvektiona, mutta jossain määrin lämpöä siirtyy näillä kaikilla kolmella tavalla yhtä aikaa. /3./



KUVA 1. Lämmönsiirtymistavat /4, s.452/

2.1 Lämpösäteily

Kaikki kappaleet, joiden lämpötila on absoluuttisen nollapisteen yläpuolella, lähettävät ympäristöstä riippumatonta lämpösäteilyä. Säteilyä, joka aiheutuu lämpötilasta, kutsutaan lämpösäteilyksi. /5, s.109./ Lämpösäteily on sähkömagneettista säteilyä, jota jokainen kappale lähettää lämpötilansa perusteella ympäristön lämpötilasta riippumatta. Säteilyn osuessa toiseen kappaleeseen, osa energiasta absorboituu kappaleeseen. Näin energiaa saadaan siirtymään kappaleesta toiseen. Lämpösäteily ei tarvitse väliainetta siirryessään kappaleeseen. /6, s.66–67./

Lämpösäteilyä koskevat samat lait kuin valoa. Se etenee suorina linjoina tai säteinä sekä noudattaa heijastumisen lakia. Sitä voidaan polarisoida. Se myös heikkenee säteen neliöjuuren käänteisluvun suhteessa etäisyyteen. Säteilyä voivat saada vain ne kappaleet, jotka säteilevä kappale ”näkee”. Kappaleeseen tulevasta säteilystä, osa hei-

jastuu takaisin, osa imeytyy eli absorboituu ja osa voi läpäistä kappaleen. Näihin kaikkiin vaikuttaa kappaleen materiaalivalinta ja sen kyky heijastaa sekä läpäistä säteilyä. Säteily itsessään ei ole lämpöä, vaan lämmöksi se muuttuu vasta, kun se absorboituu kappaleeseen. /5./ Musta kappale absorboi lähes kaiken siihen tulevan säteilyn. Täysin mustaa kappaletta ei ole olemassa, joka absorboisi kaiken säteilyn itseensä. Nokikin heijastaa 5 % siihen tulevasta säteilystä. /6./ Vaikka mikä tahansa aallonpituuden säteily on muunnettavissa lämmöksi, on kuitenkin alue, jolla on merkitystä lämpösäteilystä puhuttaessa /5/. Lämpöenergian siirron kannalta tärkein aallonpituusalue säteilylle olisi 0,3 – 50 μm /6 s. 66/.

2.2 Konvektio

Konvektio on lämmön siirtymistä liikkuvan nesteen tai kaasun mukana /7, s.3/. Edellytyksenä konvektiolla on, että pinnan ja ulkoisen virtauksen välillä on lämpötilaeroa. Konvektiivinen lämmönsiirto on prosessi, jossa lämpö siirtyy mekaanisesti liikkuvan fluidin eli väliaineen mukana kuumemmasta alueesta kylmempään. On muistettava, että konvektioon liittyy aina johtuminen ja se voi joskus olla tärkeämpää kuin konvektio. Konvektiota on kahta erilaista, joko vapaata tai pakotettua konvektiota. Molemmissa tapauksissa on kuitenkin kyseessä lämpötilaero pinnan tai aineen ja ympäristön välillä. Vapaa konvektio eli toiselta nimeltään luonnollinen konvektio perustuu lämpötilaeroihin, joka johtaa tiheyseroista johtuvaan lämmönsiirtoon. /5, s. 97./ Gravitaatiokenttä aiheuttaa tiheyseroista johtuvan virtauksen, jolloin virtaus syntyy lämmönsiirrosta itsestään /7, s.3/. Pakotettu konvektio on saatu nimensä mukaan aikaan pakotetulla ulkoisella voimalla, kuten pumpun avulla saadaan vesi kiertämään putkistossa /5, s.97/. Pakotetussa konvektiossa lämmönsiirto on riippuvainen virtausnopeudesta, jota säätämällä saadaan hallittua tätä prosessia.

2.3 Lämmön johtuminen

Lämmityspattereiden lämmönluovutus perustuu energian siirtymiseen aineesta toiseen. Aina, kun aineissa on lämpötilaeroa, täytyy tapahtua lämmönsiirtymistä, joten lämmönsiirto on lämpötilaerosta johtuvaa energian siirtoa. /5, s. 75./ Termodynamiikan toisen pääsäännön mukaan lämpö ei koskaan itsestään virtaa alemmasta lämpötilasta korkeampaan. Tämän teorian avulla voidaan tutkia lähes kaikkia luonnossa tapahtuvia ilmiöitä. /8, s. 88./ Lämpö energiana tarkoittaa erilaisten hiukkasten, atomien

ja molekyylien värähtelyä ja liikettä. Edellytyksenä lämmön johtumiselle kappaleesta toiseen on, että kappaleiden on koskettava toisiaan. Lämmön johtuminen ei tarvitse ainevirtausta, joten se on tärkeä lämmönsiirtymismuoto etenkin kiinteissä aineissa. /4, s.451./

Lämpöä voi johtua kahdella eri menetelmällä. Yksi vaihtoehto on molekyylien vuoro-vaikutus, jossa korkealla energiatasolla olevat molekyylit luovuttavat lämpöenergiaa viereiselle alemmalla energiatasolla olevalle molekyylille hilavärähtelyn avulla. Tällainen lämmönsiirto on mahdollista kiinteillä aineilla, nesteiden sekä kaasujen välillä. Toinen johtumistapa on lämmönsiirto vapaiden elektronien välillä, jota tapahtuu etenkin puhtailla metalleilla. /3./ Metalleissa vapaiden elektronien välityksellä lämmöstä siirtyy jopa 99 % /9, s.4/. Kiinteiden aineiden lämmönjohtavuus riippuu suurimmaksi osaksi vapaiden elektronien määrästä /3/.

Aineen lämmönjohtavuus on fysikaalinen ominaisuus, joka kuvaa kuinka hyvin jokin aine johtaa lämpöä /9, s.4/. Mitä suurempi lämmönjohtavuusluku λ on, sitä paremmin aine johtaa lämpöä. Metalleilla on hyvä lämmönjohtavuus verrattuna esimerkiksi kaasuihin. Yleisesti mitä keveämpi aine on, sitä huonommin se johtaa lämpöä /10, s.61/. Metallien lämmönjohtavuutta voidaan parantaa seostamalla metalleja. Aineen lämmönjohtavuus on suoraan verrannollinen sen tiheyteen. Sillä mitä huokoisempi aine on, sitä pienempi lämmönjohtavuus aineella on. Tämä johtuu siitä, että huokoisessa aineessa on enemmän ilmaa. Ilman lämmönjohtavuus on pieni, joka toimii kuin eriste aineessa. /6./ Lämpöenergian kuljetus tapahtuu vapaiden elektronien liikkeenä tai elastisina hilan värähtelyinä /5, s.78/.

3 LÄMMÖNLUOVUTIN

Lämmönluovuttimien avulla tuotetaan lämpöä tiloihin. Vesikiertoisessa järjestelmässä lämmönluovuttimet pyritään sijoittamaan siten, ettei vedon tunnetta syntyisi huoneistöjen käyttäjille. Yleensä ne sijoitetaan kylmille seinäpinnoille, ikkunoiden alle. Lämmityspatterit luovuttavat lämpöä konvektion ja säteilyn avulla. Yleisin lämmönluovuttaja on teräslevystä valmistettu levyradiaattori (Kuva 2) /10/. Muita lämmönluovuttimia ovat muun muassa konvektorit ja säteilylämmittimet (Kuva 2). Lattia-

lämmitys on myös yleinen lämmönjakelumuoto. Laajan lämmityspinta-alan vuoksi lattialämmitys antaa tasaisen miellyttävän lämmön ilman vedontunnetta.



KUVA 2. Lämmönlvovutinmalleja /11; 12/

3.1 Lämmönlvovuttimen lämmönlvovutus

Vesikiertoisen lämmönlvovuttimen lämmönlvovutukseen vaikuttaa monet asiat. Yksi tärkeä asia on lämmönlvovuttimen kytkentätapa eli kuinka se on kytketty lämpöverkostoon. Kytkentätapoja ovat vasta-, risti-, tai myötävirtakytkentä. Toinen on lvovuttimen pinnan lämpötila ja muoto. Jos vedenkierto patterissa on huono, sen pintalämpötila jää alhaiseksi verrattuna meno- ja paluueden lämpötiloihin. Matala pintalämpötila vaikuttaa lämmönlvovuttimen kykyyn lvovuttaa lämpöä. Muita vaikuttavia asioita on huoneen lämpötila ja asennustapa. Mitä isompi lämpötilaero lvovuttimen ja huoneen välillä, sitä paremmin lämmönlvovutin lvovuttaa lämpöä. Asennuksella on myös iso merkitys toiminnan kannalta. Jos lvovuttimeen on jäänyt ilmakuplia, vesi ei välttämättä enää kierrä yhtä hyvin tai ollenkaan. /6./ Lämmönlvovutuksen ja vesimäärän suhde ei kulje lineaarisesti, sillä virtaamaa muutettaessa muuttuu myös lämpötilaero. Jos lämmönlvovutuksen määrää halutaan tuplata, on vesimäärää lisättävä huomattavasti enemmän. /13./

3.2 Putkivirtaus

Putkivirtaukseen vaikuttaa virtauksen luonne. Virtaus voi olla luonteeltaan laminaaris-ta tai turbulenttista. Virtauksen luonnetta kuvaa Reynoldsin luku, joka on tärkeä vir-

tausmekaniikassa. Laminaarisessa virtauksessa Reynoldsin luku on pieni ja vastaavasti turbulenttisessa virtauksessa luku on suuri. Putkivirtaukseen vaikuttavat myös fluidin viskositeetti sekä käytettävän putken karheus.

3.2.1 Reynolds-luku

Reynoldsin luku kertoo fluidin massan ja viskositeetin aiheuttamien voimien suhteesta. Reynoldsin luku määritetään yhtälöllä $1/5$, s.25/. Luvulla ei ole yksikköä vaan se on dimensioton. Luvun avulla saadaan selville putkivirtauksen luonne. Virtausnopeuden ollessa pieni, on Reynoldsin luku myös pieni. Tällöin on kyseessä laminaarinen virtaus, jossa kitkalla on suuri merkitys virtauksessa. Laminaarisessa virtauksessa virtaus pysyy paremmin kasassa. Virtausnopeuden kasvaessa virtaus muuttuu turbulenttiseksi, jolloin Reynoldsin luku on suuri. Turbulenttisessa virtauksessa kitkan vaikutus on pieni.

$$Re = \frac{\rho v D}{\eta} \quad (1)$$

jossa,

$Re = \text{Reynoldsin luku}$

$\rho = \text{Aineen tiheys}$

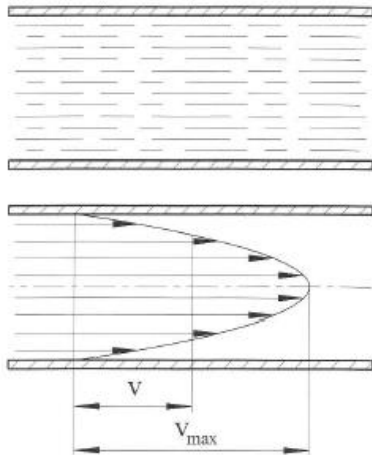
$v = \text{Virtausnopeus putkessa}$

$D = \text{Putken sisähalkaisija}$

$\eta = \text{Aineen dynaaminen viskositeetti}$

3.2.2 Laminaarinen virtaus

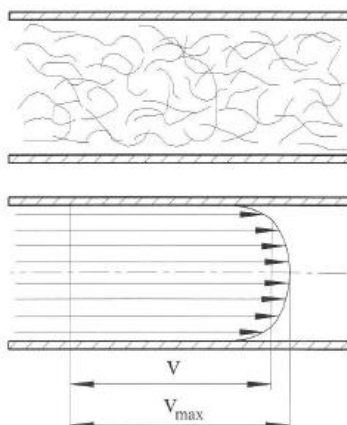
Laminaarisessa virtauksessa virtausnopeus on hyvin alhainen, jolloin fluidiin syntyy lämpötilakerroksia. Fluidi etenee kerroksittain eivätkä elementit sekoitu keskenään. Laminaarisessa putkivirtauksessa kerrokset liikkuvat putken suuntaisesti eri nopeuksilla (Kuva 3). /4, s. 375./ Tämä vaikuttaa lämmönsiirtoon huomattavasti, sillä kerrokset jotka ovat lähempänä putken seinämää, ovat viileämpiä kuin putken keskellä olevat kerrokset. Myös nopeuseroja syntyy putken seinämän ja keskivaiheen alueella. Nopeuserrokset liikkuvat toistensa ohi eri nopeuksilla, eivätkä kerrokset sekoitu keskenään. Virtaus on laminaarista silloin, kun aineen viskositeetti on suuri sekä virtausnopeus on pieni. Virtaus on laminaarista, kun sen Reynoldsin luku on alle $2100/5$, s.26/.



KUVA 3. Laminaarinen putkivirtaus /14/

3.2.3 Turbulenttinen virtaus

Turbulenttisessa virtauksessa ei ole rajakerrosta fluidin ja putken seinämän välillä. Turbulenssiset pyörteet sekoittavat fluidia niin hyvin, että lämpötila- ja nopeuserot tasoittuvat (Kuva 4). Tietyssä kohdassa virtauksen nopeus vaihtelee koko ajan, ja välillä virtaus on kohtisuorassa putken pituusakselia vasten /4, s.377/. Kun fluidi on hyvin sekoittunut eikä kerrostumia synny, on lämmönsiirto tehokkaampaa kuin laminaarisessa virtauksessa. Silloin putken seinämää vasten oleva fluidi on hyvin sekoittunut ja tasalämpöinen putken poikkipinta-alaan nähden. Virtaus on turbulenttista, kun Reynoldsin luku on suurempi kuin 2300. Laminaarisen ja turbulenttisen virtauksen välissä on muutoskerros, jonka aikana muutos tapahtuu. Muutoskerroksessa Reynoldsin luku on 2100:n ja 2300:n välissä, jolloin virtauksessa esiintyy molempia lajeja. Normaaleissa putkissa yleisin virtausmuoto on turbulenttinen. /5./



KUVA 4. Turbulenttinen putkivirtaus /14/

3.3 Pyyhekuivaimet

Käyttöveden lämmityslaitteiden eli pyyhekuivainten on oltava rakenteeltaan sellaisia, että niiden vaihto ja huolto voidaan suorittaa vaikeuksitta. Pyyhekuivainten laajasta valikoimasta löytyy monenmuotoisia ja -kokoisia, joista varmasti löytyy omiin käyttötarkoituksiin sopiva. Kuivaimista yleisin on niin sanottu tikapuupatteri, niiden siron muotoilun sekä käyttöominaisuuksien vuoksi. Sirot vaakaputket ovat tyylikkäitä ja niihin on helppo laittaa vaatteita kuivumaan. Pyyhekuivaimet sijoitetaan yleensä WC- ja kylpyhuonetiloihin, jossa tuovat lisälämpöä tiloihin. Kuivaimet tuovat yleistä viihtyvyyttä, ja niiden käyttötarkoitus on nimensä mukaisesti kuivattaa kosteita pyyhkeitä ja vaatteita. Kuivaimia voidaan sijoittaa myös puku-, eteis-, tai harrastetiloihin. /15./

Pyyhekuivaimia on olemassa vesi- tai sähkötoimisia. Vesitoimiset kuivaimet voidaan yleensä liittää sekä käyttövesi- että lämmitysjärjestelmään tai vain toiseen, riippuen valmistajasta. Käyttöveteen liitettäessä kuivain lämpenee ympäri vuoden, sillä lämmintä käyttövetettä käytetään koko ajan vuodenaikasta riippumatta. Lämmitysjärjestelmään liitettäessä kuivain lämpenee vain silloin, kun on lämmitykseen tarvetta, eli yleensä syksystä kevääseen. Osaan markkinoilla olevista kuivaimista on mahdollista asentaa sähkövastus, joka mahdollistaa lämmityksen myös kesällä. Sähkövastuksen käyttö edellyttää sitä, ettei lämmitysjärjestelmää tyhjenetä kesällä, muuten sähkövastus ylikuumenee ja saattaa vaurioittaa kuivainta. Vesitoimisissa kuivaimissa lämpö- ja kuivausteho perustuu käyttöveden tai lämmitysjärjestelmässä kiertävän veden lämpötilaan, jolloin kuivaimen käyttämisestä ei synny lisäkuluja. /15./ Pyyhekuivaimet voidaan asentaa ylä- tai alakautta. Tämä mahdollistaa suunnittelijoille paljon vapauksia suunnittelussa ja kuivaimia voidaan käyttää saneerauskohteissa pinta-asennuksien ansiosta.

Vesikiertoisissa kuivaimissa materiaaleina käytetään sinkkikadon kestävästä messinkiä, kuparia tai ruostumatonta terästä. Yleisimmin pintamateriaalina käytetään kromia, sen ajattomuuden ja tyylikkyyden vuoksi. Se sopii hyvin ympäristöön, jos muut vesikalusteet ovat kromia. Kuivaimia on mahdollista saada myös maalattuna RAL- väreillä. Kromipinta sitoo lämpöä, joten kromattu kuivain toimii parhaiten tekstiilien kuivatuksessa. Maalattu pinta taas päästää lämpöä lävitse, joten maalattu kuivain lämmittää tehokkaammin huonetilaa. /1; 15./

Sähkötoimisten kuivaimien valmistusmateriaaleina käytetään pinnoitettua teräsputkea, kuparia tai ruostumatonta terästä. Mallit ovat varustettu pistorasialiitännällä, ja niiden suojausluokka on IP 34 tai IP 44. Sähkötoimisien kuivainten energiankulutus on pieni, mallista riippuen vain 20 – 100 W. Osa sähkötoimisista pyyhekuivaimista on varustettu on/off kytkimellä, jolloin ne käyvät myös kiinteään asennukseen. Suunnittelussa on otettava huomioon pistotulpallisen johdon pituus, joka on valmistajasta riippuen noin 1,0 – 1,5 metriä. /1; 15./

4 MITTAUKSISSA KÄYTETTÄVÄT MITTALAITTEET

Mittauksissa käytettiin LVI mittauksiin tarkoitettuja mittalaitteita. Mittalaitteet lainattiin Mikkelin ammattikorkeakoululta. Huoneilman lämpötilaa mitattiin lämpötilaloggerilla. Muut käytettävät mittarit/laitteet olivat vesivirtamittari, pintalämpötila-anturit ja dataloggeri sekä lämpökamera.

4.1 PICO TC-08 USB

Pico TC-08 on kahdeksankanavainen termoparidataloggeri (Kuva 5). Mittaus ja tallennus tapahtuvat kytkemällä dataloggeri tietokoneen USB- porttiin ja termoparianturin toinen pää dataloggeriin ja toinen mitattavaan kohteeseen. Aineiston saa muutettua Excel- tiedostoksi. Laitteen toiminta-alue on laaja, jopa -270 °C ... $+1820\text{ °C}$. Picossa on korkea resoluutio ja tarkkuus, sekä se on laajennettavissa 20 yksikköön eli yhteensä 160 kanavaan. Dataloggeri omaa nopean näytteenoton, jopa kymmenen mittausta sekunnissa. Mittaaja voi itse ohjelmoida, kuinka monta mittausta ja millä näytteenottoajalla hän haluaa mittaukset tehtävän. Myös termoparien tyypin voi valita, jolloin tulokset vastaavat valittujen antureiden tuloksia. Ohjelman valittavissa olevat termoparityypit ovat B, E, J, K, N, R, S ja T-tyypin antureita. Jotta tietoa voidaan kerätä, on tietokoneelle asennettava PicoLog- ohjelma, joko lataamalla se yrityksen kotisivuilta tai asentamalla ohjelma laitteen mukaan tulevalta cd- levyltä. /16./



KUVA 5. PICO TC-08 USB /16/

Mittaaminen perustuu kahteen eri sähköä johtavaan metalliin, jotka yhdistetään yhdeksi virtapiiriksi, jolloin muodostuu termoparianturi. Materiaalien välille syntyy jännite, joka on riippuvainen lämpötilasta. Kun termoparien liitoskohdat ovat eri lämpötiloissa, syntyy metallien välille jännite-ero, jonka Pico TC-08 muuttaa lämpötilaksi. /17./ Pico TC-08 USB- laitteen lämpötila tarkkuus on $\pm 0,2$ % tai $\pm 0,5$ °C /16/.

4.2 T-tyyppin termoparianturi

Termoparit ovat hyvin yleisiä lämpötila- antureita ja niitä käytetään paljon sen halvan hinnan ja laajan lämpötila-alueen takia. Termopari on kätevä, pieneen tilaan mahtuva mittalaite ja kevyen painon ansiosta se saavuttaa nopeasti termisen tasapainon mitattavan kohteen kanssa. Tämän takia termoparit soveltuvat hyvin nopeiden lämpötilavaihteluiden seurantaan. /4 s.404./ Mittauksissa käytettävät anturit ovat T-tyyppin antureita, joita käytetään matalissa lämpötiloissa, alle +400 °C. Lämpötila-alue antureille on -200 °C ... +370°C. Matalissa lämpötiloissa T-tyyppin termoelementillä on suuri tarkkuus ja stabiilisuus. /17./

T-tyyppin termopari (Kuva 6.) on siis kahdesta johtimesta muodostuva silmukka, jonka lankamateriaali on kupari – konstantaani (Cu-CuNi). Lankamateriaali on eristetty muovilla. Kaapelin toisessa päässä on termoelementtiliitin, joka on mallia pienoisliittin. Työssä käytettävät pienoisliittimet ovat muovisia ja litteitä, joiden maksimi käyttölämpötila on +120 °C (Kuva 6). Toisessa päässä johtimet on kiedottu yhteen, jotka toimivat yhdessä anturina. Lyhytaikaisissa mittauksissa johtimien yhteen kiertäminen on riittävä, mutta pitkäaikaisessa käytössä hitsausliitos tai juottaminen on suotavaa. T-tyyppin anturin tarkkuus on $\pm 1,0$ °C tai $\pm 0,75$ %. /17; 18; 19./



KUVA 6. T-tyypin termoparianturi, jossa pienoisliitin

4.3 Mittalaite TA-CMI

TA-CMI on tietokonepohjainen mittalaite (Kuva 7), jolla voidaan mitata nesteen virtaamaa, paine-eroa ja lämpötilaa suljetussa kiertopiirissä. Se on tarkoitettu erityisesti vesipohjaisten pumpulla varustettujen kiertopiirien linja- ja kertasäätöventtiilien mittaamiseen. Mittalaite koostuu mittayksiköstä sekä näyttö- ja näppäinyksiköstä. Mittaaminen perustuu venttiilin yli mitattavaan paine-eroon. /20./

TA-CMI:n käyttö on helppoa ja ohjelmisto on yksinkertainen. Käyttäjän tarvitsee käyttää näppäinyksikön nuolinäppäimiä sekä enter- painiketta ja syöttää kysyttävät arvot mittariin. Mittalaitteeseen on ohjelmoitu jo valmiiksi TA:n venttiilikäyrästäjä sekä muutamia Oras- valmistajan venttiilikäyrästäjä. Tämän avulla mitattu paine-ero voidaan lukea suoraan virtaamana näyttöyksiköstä. Laitteella voidaan mitata myös muiden venttiileiden virtaamia, kunhan venttiilivalmistajalta on saatavilla venttiilikäyrästäjät, joiden avulla voidaan laitteeseen syöttää venttiilin esisäätöä vastaavat k_v -arvot. Paine-eron ja k_v -arvon avulla mittari näyttää suoraan virtaaman. /20./

TA-CMI:n pääosat ovat siis näyttö- ja näppäinyksikkö, josta mitta-arvot voidaan lukea sekä siihen voidaan syöttää tarvittavat venttiilin arvot. Laitteeseen kuuluu myös mittayksikkö, johon kuuluu paine-eroanturi, mittaventtiili sekä pikaliittimet mittalaitteiden kiinnittämiseen. Venttiili ja mittayksikkö liitetään toisiinsa kahdella mittausletkulla, joissa on pikaliittimet. Tiedonsiirto mittayksiköstä näyttöyksikköön tapahtuu liitäntäkaapelin avulla tai langattomasti, joka toimii radioaaltojen välityksellä. Mo-

lemmat yksiköt on varustettu ladattavilla akuilla, jolloin kenttämittaukset ovat mahdollisia. /20./

TA-CMI:n paine-ero alue on $-9 - 200$ kPa ja virtausaineen lämpötila-alue $-20 - 120$ °C. Maksimi kokonaispaine on 2500 kPa. Mittauksen virhe on $\pm 0,2$ kPa tai ± 1 %, kun $\Delta p > 20$ kPa. Laitteen suojausluokka on IP 54 ja käyttölämpötila mittauksien aikana on oltava 0 °C – 40 °C sekä käyttöympäristön ilmankosteus saa olla maksimissaan 90 %RH. /20./



KUVA 7. TA-CMI:n näyttö- ja näppäinyksikkö, mittayksikkö sekä mittausletkut

4.4 Lämpökamera FLUKE TI20

Fluke TI20 on helppokäyttöinen ja teollisuuskäyttöön suunniteltu lämpökamera (Kuva 8). Käyttösovelluksia on monia, kuten sähköjakelujärjestelmien vaiheiden kuormitusten tarkastelusta aina laitoshuollon LVI-järjestelmien vuotojen tutkimiseen. Kameran kohdistaja-mittaa- toiminto sekä näyttöön tulevat ohjeet helpottavat sen käyttöä eikä mittauksiin tarvita erillistä koulutusta. Flukin lämpökameralla on helppo tapa tunnistaa ongelmat ja paikantaa lämpimät tai kylmät kohdat. /21./



KUVA 8. Lämpökamera Fluke TI20 /22/

Kuvaaja voi päättää mittausetäisyyden itse ja tarkentaa kuvaa kameran päässä olevasta optiikasta. Kameran liipaisinta painaessa kuva jäädyttyy ja kuvaaja voi päättää tallentaako kuvan vai jättääkö sen tekemättä. Kuvia voi siis ottaa useamman kerralla ja purkaa ne yhtä aikaa tietokoneelle. Kuvat voidaan siirtää tietokoneelle, ja niitä voidaan tarkastella tarkemmin Fluken omalla ohjelmalla. Ohjelman avulla voidaan muun muassa muuttaa mitattavan kohteen emissiivisyyttä sekä tarkastella tietyn alueen lämpötilaa.

Lämpökamera mittaa jopa +350 °C:n lämpötilat, joten se soveltuu hyvin teollisuuteen. Laite on myös koteloitu suojausluokka IP 54:lla, joten se kestää hyvin kenttäolosuhteissa. Käyttäminen on mahdollista jopa yhdellä kädellä sen hyvän muotoilun ja tasapainon ansiosta. Kokonaisuudessaan lämpötila-alue on -10 °C – +350 °C ja tarkkuus on $\pm 2\%$ tai $\pm 2\text{ °C}$. Tarkkuus heikkenee $\pm 3\text{ °C}$:een, kun mittavan kohteen lämpötila on alueella -10 °C – 0 °C. /21./

4.5 EBRO EBI 20-TH mittari

EBRO EBI 20 lämpömittari on dataloggeri (Kuva 9), joka mittaa lämpötilaa sekä kosteutta. Dataloggeri on ohjelmoitava tietokoneella Winlog-ohjelmalla ennen kuin voi aloittaa mittaamisen. Käyttäjän on mahdollista ohjelmoida laite niin, että se aloittaa heti mittaamisen. Mahdollista on myös ohjelmoida se mittaamaan tiettyä ajan kohtaa tai itse aloittaa mittaamalla painamalla START-painiketta. Mittaukset puretaan tietokoneelle Winlog-ohjelmalla ja ohjelmisto purkaa tiedot kätevästi Excel-tiedostoksi.

Laite mittaa niin kauan kuin muisti on täynnä. Muistiin mahtuu 8000 mittausarvoa. Mittausväliksi valittavana on yhdestä minuutista 24 tuntiin. Mittausalue on -30 °C – $+70\text{ °C}$ ja käyttölämpötila laitteella on -30 °C – $+60\text{ °C}$. Mittaustarkkuus ilmankosteudelle on $\pm 3\%$ kun ilmankosteus on alueella 10% – 90% . Lämpötilalle tarkkuus on $\pm 0,5\text{ °C}$, kun mittauslämpötila-alue on -20 °C – $+40\text{ °C}$. Muilla mittauslämpötiloilla tarkkuus on $\pm 0,8\text{ °C}$. Laite on suojattu IP 52 suojausluokalla. /23./



KUVA 9. EBRO EBI 20-TH1 mittari /24/

5 MITTAUSJÄRJESTELYT

Mittaukset suoritettiin 5.3–7.4.2015 välisenä aikana Mikkelin ammattikorkeakoulun laboratoriossa A140. Laboratorioon pyrittiin järjestämään mahdollisimman hyvät mittausjärjestelyt. Tavoitteena oli testata pyyhekuivaimia niin, että lämpimän käyttöveden meno- ja paluulämpötilat kuivaimessa ovat $58/55\text{ °C}$ sekä $58/56\text{ °C}$, huoneilman ollessa 22 °C . Jotta mittaukset toteutuisi, oli pyyhekuivaimille rakennettava teline sekä kytkettävä kuivain valmiina olevaan lämpimän käyttöveden verkostoon.

Virtaamaa mitattiin linjasäätöventtiilistä ja lämpötilaa pintalämpötila-antureilla kuivaimesta. Jokaiselle pyyhekuivaimelle tehtiin mittaukset niin, että pyyhekuivain sijaitsi kahdessa eri kohdassa järjestelmän näkökulmasta. Ensimmäinen mitattiin niin, että pyyhekuivain oli kytketty käyttövesiverkostoon rinnankytkennällä. Toinen mitattiin yksittäisen pyyhekuivaimen kytkennällä niin, että lämminkäyttövesi virtasi lenkissä, jonka päässä kuivain oli. Mittauksista tehtiin mittauspöytäkirjat (Liite 6, 7, 8).

Mittaukset suoritettiin viitenä eri päivänä. Pyyhekuivainten mittauspäivämäärät olivat seuraavat. Pyyhekuivainta LC-7/500 mitattiin 5.-6.3.2015 sekä 7.4.2015. LC-5/500

pyyhekuivainta mitattiin 11.3.2015 ja pyyhekuivainta LC-35/5 YLÄ mitattiin 12.3.2015

5.1 Suunnittelu ja toteutus

Tavoitteena oli tutkia Sentakia Oy:n kolmea erimallista pyyhekuivainta. Kyseiset mallit olivat LC-7/500, LC-5/500 ja LC-35/5 YLÄ (Kuva 10). Jokainen pyyhekuivain oli materiaaliltaan kromattua sinkkikadon kestävästä messinkiputkesta (CuZn36As). Kaikkien kuivainten vaakaputket olivat nimellishalkaisijaltaan 18x1,5 mm ja pystyputket 28x1,5 mm. Kyseiset mallit oli mahdollista myös sähköistää termostaattisäätöisellä sähkövastuksella. LC-mallit voidaan kytkeä sekä ylä- että alakautta, mutta tässä työssä kaikki pyyhekuivaimet kytkettiin yläkautta. Taulukosta 1 nähdään ilmoitetut mallien mitat ja tehot.



KUVA 10. Testattavat pyyhekuivain mallit /1/

TAULUKKO 1. Pyyhekuivainten mitat ja tehot /1/

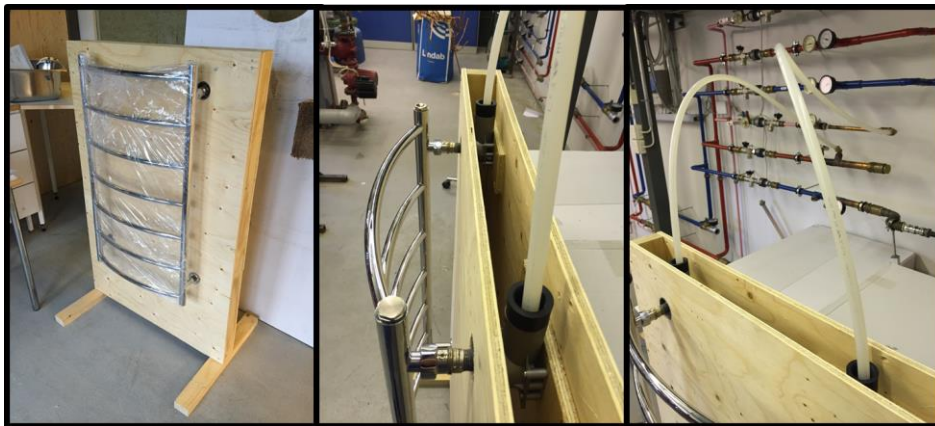
	Liitäntäväli (mm)	Korkeus (mm)	Leveys (mm)	Syvyys (mm)	Teho (W)
LC-7/500	500	870	528	88/125	120
LC-5/500	500	655	528	88/125	90
LC-35/5 YLÄ	350	590	378	88/150	70

Käytettävissä olevista pyyhekuivaimista LC-35/5 YLÄ ja LC-5/500 on olemassa VTT:n tekemä materiaali ja painetestausseloste (Liite 1). Testausselosteen numero on VTT-S-00353-15. Kuivaimille tehtiin painekoe, jossa koepaineena oli 20 bar ja vaikutusaika 20 min. Molemmat näytteet olivat tiiviitä eikä vaurioita tai muodonmuutoksia havaittu. Toisesta kuivaimesta otettiin myös koepala, jonka avulla analysoitiin metal-

lin koostumus. Koostumus vastasi putkivalmistajan ilmoittamaa koostumusta. VTT on myös testannut muitakin Sentakia Oy:n pyyhekuivaimia. Testatut mallit ovat nähtävissä yrityksen kotisivuilla /1/.

Pyyhekuivaimet on valmistettu Liettuassa ja ovat standardin IST 201357.01 – vaatimusten mukaisia. (Liite 3) Pyyhekuivainten valmistajalta UAB ”ELONIKA” on saatavana suoritusasoilmoitus, jossa on ilmoitettu keskeiset ominaisuudet, kuten korkeuden ja leveyden suoritusarvo. Ilmoituksesta nähdään myös suurin käyttöpain ja käyttölämpötila. Suoritusasoilmoitukseen on listattu 115 eri tuotetta. (Liite 2)

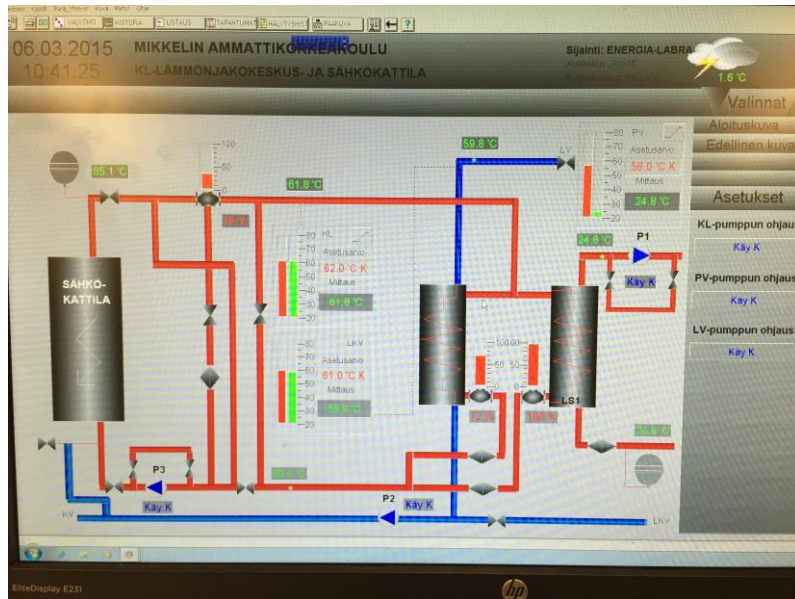
Koska laboratoriossa ei ollut erillistä seinää, johon kuivaimet asennettaisiin, täytyi niille rakentaa teline (Kuva 11). Mittauksien välissä telineeseen vaihdettiin kuivaimet. Rakenteeksi valittiin kevyttä väliseinää muistuttava rakenne, joka toimi kuivaimille telineenä. Teline valmistettiin 39x66 mm kertopuutolpasta ja 12 mm vanerista. Rakennetun telineen mitat olivat 80x120 cm. Telineen sisään asennettiin hanakulmarasiat (Kuva 11), joihin kuivaimet asennettiin suoriin liittimin. Telineen hanakulmarasioiden ja lämpimänkäyttövesiverkoston väli kytkettiin PEX-putkella (Kuva 11). Näin kuivaimen saatiin virtaamaan vettä.



KUVA 11. Rakennettu teline, hanakulmarasiat sekä PEX- kytkentä

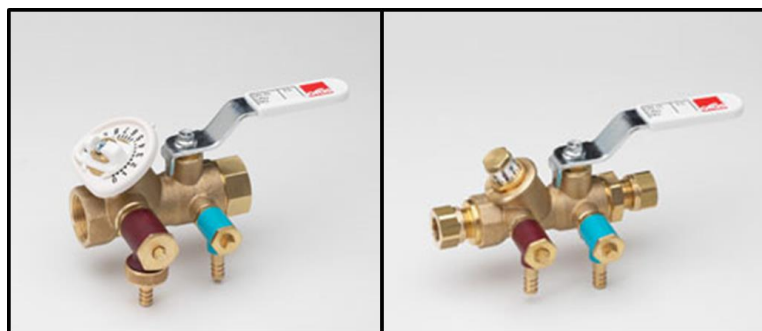
Lämmintä käyttövettä tuotettiin kuivaimen kaukolämmityksen alakeskukselta, joka sijaitsi laboratoriossa. Kaukolämmön alakeskusta pystyttiin ohjaamaan laboratorion tietokoneelta (Kuva 12), jotta tarvittavaa +58 °C vettä saatiin patteriin. Kuvasta nähdään, että lämpimään käyttövesiverkoston tuotettiin +61 °C asteista vettä. Veden lämpötila matkalla kuivaimen jäähtyi hieman ja pyyhekuivaimen luokse saapuessaan

veden lämpötila oli noin $+58^{\circ}\text{C}$. Osa putkista, joissa vesi kiersi jatkuvasti, ei ollut eristetty. Tämän vuoksi vesi pääsi jäähtymään.



KUVA 12. Kaukolämmön jakokeskuksen ohjaus tietokoneella

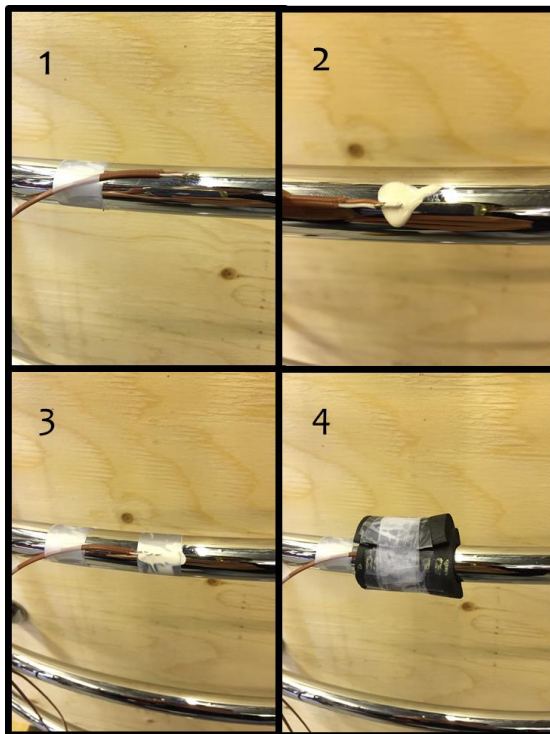
Tarvittavat virtaamat, joita kuivaimissa käytetään, ovat pieniä. Tätä varten kiertojohdoton asennettiin linjasäätöventtiilit. Laboratoriossa valmiina oleva kiertojohdoton oli DN15 ja siinä oleva linjasäätöventtiili oli Oras 4100 DN15 (Kuva 13). Tällä linjasäätöventtiilillä ei saanut tarpeeksi pientä virtaamaa, jolla mittaukset olisi saatu tehtyä. Tätä varten kiertojohdoton kytkettiin toinen linjasäätöventtiili, Oras 4120 DN12 (Kuva 13), joka oli tarkoitettu juuri kiertojohdoton säätöventtiiliksi. Kytentäkaavioista (Liite 4 ja 5) nähdään, kuinka mittaukset loppujen lopuksi toteutettiin.



KUVA 13. Linjasäätöventtiilit, vasemmalla ORAS 4100 DN15 ja oikealla ORAS 4120 DN12 /25/

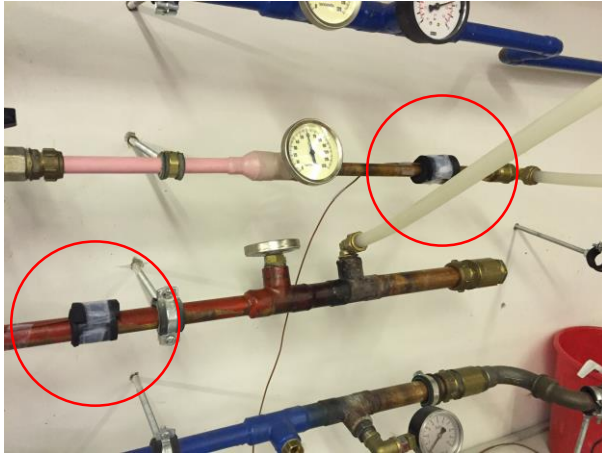
5.2 Pintalämpötila-antureiden asennus ja mittaus

Pintalämpötila-anturit olivat T-tyyppin termopariantureita. Käytävissä oli kahdeksan anturia, joista kuusi kappaletta asennettiin kuivaimeen, yksi menoputkeen ja yksi paluuputkeen. Antureiden asennuksessa (Kuva 14) käytettiin piitahnaa, jotta lämpökontakti olisi mahdollisimman hyvä. Piitahna parantaa huomattavasti lämmönjohtavuutta mitattavan kohteen ja anturin välillä. Kun piitahnaa oli laitettu anturiin, sidottiin anturi kiinni putkeen teipin avulla. Lopuksi anturi suojattiin putkieristeellä.



KUVA 14. Antureiden asennus vaiheittain

Meno- ja paluuputkessa lämpötila-anturit sijaitsivat mahdollisimman lähellä kuivainta. Antureiden paikkaa ei siirretty mittauksien aikana, vaan ne pysyivät kiinteästi jokaisen kuivaimen mittauksen aikana. Kuvassa 15 on esitetty antureiden paikat meno- ja paluuputkessa.



KUVA 15. Menoputken (punainen) ja paluuputken (vaaleanpunainen) antureiden sijainnit

Pyyhekuivaimen LC-7/500 asennettiin anturit kuivaimen 1., 3., 5. ja 7. vaakaputken keskelle sekä vasemman ja oikean pystyputken keskivaiheelle. Kuvassa 16 on esitetty antureiden sijainnit pyyhekuivaimessa.



KUVA 16. Pyyhekuivaimen LC-7/500 antureiden sijoitus

Pyyhekuivaimen LC-5/500 asennettiin anturit kuivaimen 1., 2., 4. ja 5. vaakaputken keskelle sekä vasemman ja oikean pystyputken keskivaiheelle. Kuvassa 17 on esitetty, missä kohti kuivainta anturit sijaitsivat.



KUVA 17. Pyyhekuivaimen LC-5/500 antureiden sijoitus

Pyyhekuivaimen LC-35/5 YLÄ asenettiin anturit kuivaimen 1., 2., 4. ja 5. vaakaputken keskelle sekä vasemman ja oikean pystyputken keskivaiheelle. Kuvassa 18 on esitetty, missä kohti kuivainta anturit sijaitsivat.

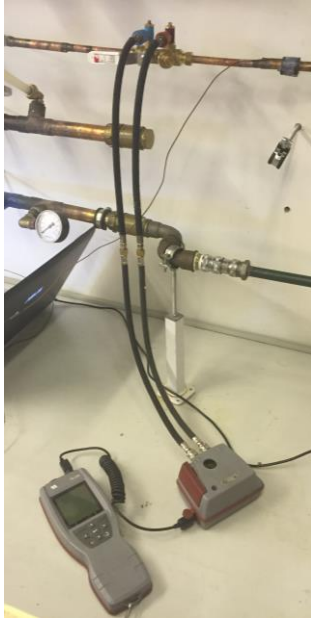


KUVA 18. Pyyhekuivaimen LC-35/5 YLÄ antureiden sijoitus

Mittaustietoa kuivaimien lämpötiloista saatiin suoraan tietokoneelle PICO TC-08 dataloggerin avulla. Mittaustietoa kuivaimista tuli yhteensä noin 20 tuntia, jotka muutettiin Excel – tiedostoiksi. Lämpötilamittauksissa ajanottoväli oli kaksi sekuntia. Mittauksista poimittiin viiden minuutin aikajaksoja, joista otettiin keskiarvo.

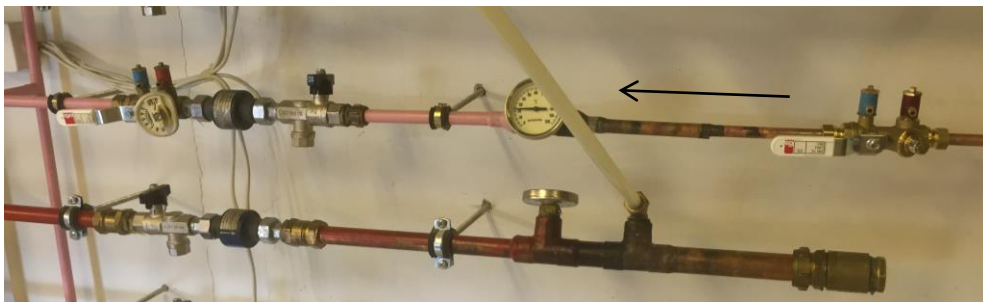
5.3 Vesivirtamittaus

Vesivirtaa mitattiin linjasäätöventtiilistä Oras 4120, joka on varustettu pallosuluin ja mittausyhtein (Kuva 19). Vesivirtaa muutettiin linjasäätöventtiilin esisäätöarvoa muuttamalla. Apuna mittauksissa oli linjasäätöventtiilin ominaiskäyrästä, josta eri esisäätöarvojen k_v -arvot pystyi lukemaan ja sijoittamaan ne TA-CMI -laitteeseen.



KUVA 19. Vesivirtamittaus TA-CMI -laitteella

Mittalaitteena toimi TA-CMI, jolla sai virtaaman ja paine-eron selville. Vesivirtaa säädettiin kahdesta linjasäätöventtiilistä (Kuva 20). Ensin kuristettiin niin paljon kuin mahdollista mitattavasta Oras 4120 -venttiilistä. Kun kuristusmahdollisuus loppui, kuristettiin virtaamaa lisää Oras 4100 -venttiilistä. Molemmat linjasäätöventtiilit sijaitsivat kiertojohdossa. Tällä tavalla pyyhekuivaimeen saatiin tarpeeksi pieni virtaama. Vesivirtamittauksista kirjoitettiin mittauspöytäkirjat, joista selviää paine-ero, virtaama, venttiilin esisäätö- ja k_v - arvo.



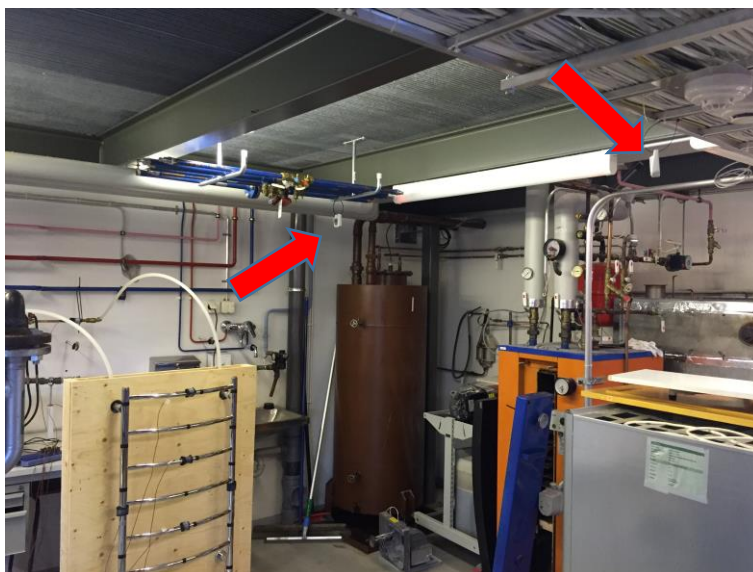
KUVA 20. Linjasäätöventtiilit järjestelmässä, vasemmalla ORAS 4100 ja oikealla ORAS 4120, veden virratessa oikealta vasemmalle

5.4 Lämpökamerakuvaus

Mittauksien aikana pyyhekuivaimista otettiin lämpökuvia, joilla havainnollistettiin sitä, kuinka kuivain lämpenee. Kuvat selkeyttävät kuivaimen lämpötilajakaumaa. Kuvauksetäisyys kaikissa kuvissa oli 3,5 metriä. Lämpökamerakuvissa tärkeä asia on oikean emissiivisyyden tietäminen. Emissiivisyys tarkoittaa kappaleen pinnan lähettämää säteilyä verrattuna täysin mustaan kappaleeseen. Mitä pienempi emissiivisyysluku on, sitä paremmin se heijastaa säteilyä. Koska pyyhekuivaimen putket ovat kaarevia, ne eivät heijasta säteilyä suoraan takaisin kameraan. Tämän takia lämpökamera kuviin ei saatu kaapattua pyyhekuivaimen lämpötiloja. Kuvista selviää kuitenkin, kuinka pyyhekuivain lämpenee, kun virtaama ei riitä lämmittämään kuivainta alinta vaakaputkea myöten. Lämpökamerakuvissa on käytetty emissiivisyytenä kromin emissiivisyyttä 0,17 /26/.

5.5 Ilman lämpötilamittaus

Mittauksien ajan kerättiin tietoa huonetilan lämpötilasta. Käytössä oli kaksi Ebro Ebi-dataloggeria, jotka sijaitsivat mittauspaikan lähellä (Kuva 21). Lämpötilamittarit sijaitsivat 2,0 metrin korkeudella. Tavoitteena oli pitää sisälämpötila noin 22 °C asteessa. Koska laboratoriossa lähellä mittauspistettä oli muun muassa kaukolämmön alakeskus, josta lämpöä tuotettiin lämpimään käyttövesiverkoston, kohosi lämpötila yli 22 °C asteen. Lämpötilaa viilennettiin pitämällä pieniä hetkiä ulko-ovea auki.



KUVA 21. Ebro Ebi lämpötilamittareiden sijainnit

6 LÄMMÖNLUOVUTTIMEN LÄMMÖNLUOVUTUSTEHO

Vesikiertoisen lämmönluovuttimen lämmönluovutustehoon vaikuttaa veden tilavuusvirta sekä lämmönluovuttimen lämpötilaerotus /10/. Pienellä virtaamalla päästään suureen meno- ja paluuputken lämpötileroon. Lämpötilaerotus on ratkaiseva tehon suuruuden kannalta. Mitä suurempi lämpötilaero on, sitä enemmän pyyhekuivain on luovuttanut lämpöä. Vesikiertoisen kuivaimen lämmönluovutustehoon vaikuttaa veden lämpötila, sen tiheys ja ominaislämpökapasiteetti. Kuivaimen teho saadaan laskettua ainevirran ja lämpövirran välisellä yhtälöllä 2.

$$\Phi = \rho * c_p * q_v * \Delta t \quad (2)$$

jossa,

$$\Phi = \text{teho (kW)}$$

$$\rho = \text{virtaavan aineen tiheys (kg/dm}^3\text{)}$$

$$c_p = \text{virtaavan aineen ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg }^\circ\text{C)}$$

$$q_v = \text{virtaavan aineen tilavuusvirta (dm}^3\text{/s)}$$

$$\Delta t = \text{virtaavan aineen meno ja paluu lämpötilaero (}^\circ\text{C)}$$

Lämmönluovutustehon laskuissa käytettiin arvoja, jolloin veden lämpötila on +55 °C. Seuraavaksi on esitetty tiheyden ja ominaislämpökapasiteettien arvot, kun veden lämpötila on +55 °C. /6./

$$\rho_{+50^\circ\text{C}} = 0,988 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

$$\rho_{+60^\circ\text{C}} = 0,9832 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

$$\rho_{+55^\circ\text{C}} = \frac{0,988 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} + 0,9832 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}}{2} = 0,9856 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

$$c_{p_{+50^\circ\text{C}}} = 4,181 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

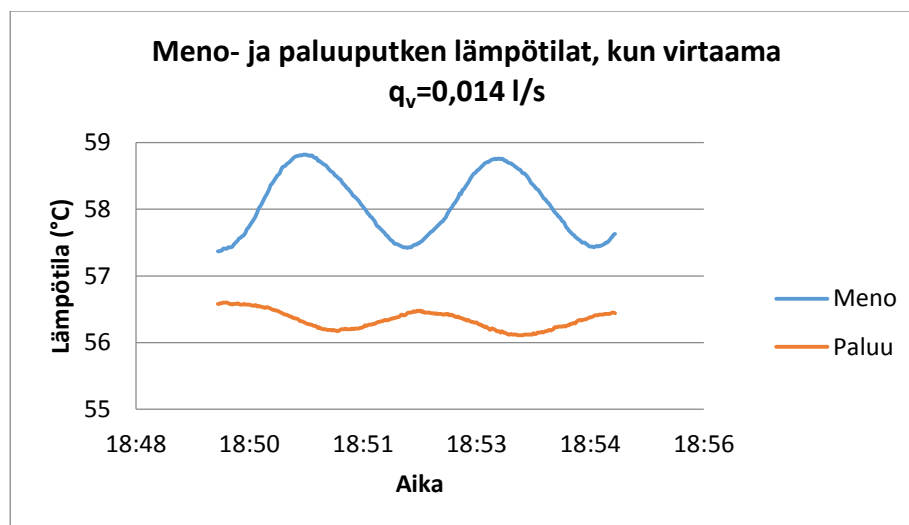
$$c_{p_{+60^\circ\text{C}}} = 4,185 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$c_{p,+55^{\circ}\text{C}} = \frac{4,181 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} + 4,185 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}}{2} = 4,183 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

7 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä kappaleessa esitetään saatuja tuloksia. Tulokset on koottu taulukoihin, ja niistä on tehty myös kaaviokuvia. Kaaviokuvat havainnollistavat, kuinka veden lämpötila käyttäytyy eri virtaamilla. Kuvista näkyy myös, kuinka alimmat vaakaputket lämpenevät. Lämpötilamittauksista on poimittu viiden minuutin aikajaksoja, joista on otettu keskiarvot taulukoiden pyyhekuivaimen lämpötiloille.

Lämpötila aaltoili mittauksien ajan, joten lämpötilaeroa piti tarkkailla pitemmän aikajakson ajalta. Aikaväliksi valittiin siis viiden minuutin aikajakso, josta laskemalla keskiarvot saatiin lämpötilalle keskimääräinen arvo. Kuvassa 22 on esitetty, kuinka meno- ja paluuputken lämpötilat käyttäytyivät.



KUVA 22. Meno- ja paluuputken lämpötilakäyttäytyminen

Huoneilman lämpötilana mittauksien ajan pyrittiin pitämään noin 22°C . Kun lämpötila alkoi kohota, avattiin ulko-ovea vähäksi aikaa. Tällä tavalla lämpötilaa pystyttiin kontrolloimaan niin, ettei se kohoaisi liian korkeaksi. Taulukoon 2 on koottu mittauspäivien sisälämpötilat, josta nähdään keskilämpötilojen pysyvän $22,0 - 23,0^{\circ}\text{C}$ välissä.

TAULUKKO 2. Sisäilman lämpötilat mittauksien ajan

	5.3.2015	6.3.2015	11.3.2015	12.3.2015	7.4.2015
Min (°C)	21,4	21,4	21,7	22,0	21,6
Max (°C)	23,3	23,3	22,6	23,7	23,6
Keskiarvo (°C)	22,5	22,6	22,3	22,8	22,9

7.1 Pyyhekuivain LC-7/500

Pyyhekuivaimen LC-7/500 mittaukset suoritettiin ensin rinnankytkennällä ja sen jälkeen yksittäisen patterin kytkennällä. LC-7/500 on pyyhekuivain, jossa on seitsemän kaarevaa vaakaputkea ja kytkentäväli 500 mm.

7.1.1 Rinnankytkentä

Tämä osio sisältää tulokset rinnankytkennällä. Tavoitteena oli mitata tilavuusvirtaa, millä lämpimän käyttöveden lämpötila jäähtyy 2 °C ja 3 °C pyyhekuivaimessa. Lisäksi mitattiin vesivirtaa, jolla pyyhekuivain lämpenee kokonaan. Taulukkoon 3 on koottu tulokset näistä mittauksista.

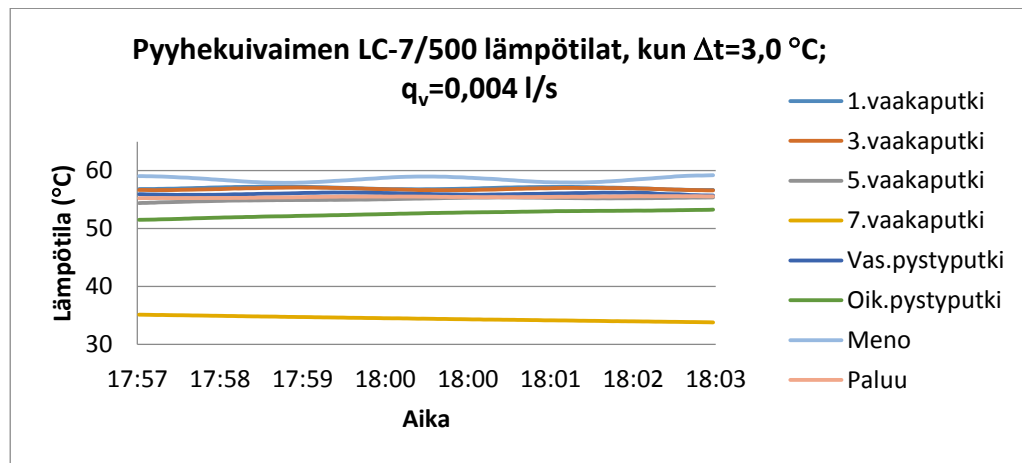
TAULUKKO 3. Pyyhekuivaimen LC-7/500 rinnankytkennän tulokset

	1.Vaaka (°C)	3.Vaaka (°C)	5.Vaaka (°C)	7.Vaaka (°C)	Vas.pysty (°C)	Oik.pysty (°C)	Meno (°C)	Paluu (°C)	Δt (°C)	q _v (l/s)
Δt=3°C	57,0	56,8	55,1	34,4	56,0	52,5	58,5	55,5	3,0	0,004
Δt=2°C	56,8	56,9	56,8	57,1	57,2	56,2	58,0	56,1	1,9	0,006
minimivirtaama	56,4	56,4	56,3	56,2	56,7	55,0	57,9	55,2	2,7	0,005
kuivain ei lämpene	55,8	56,0	55,3	48,0	55,9	53,2	57,5	54,3	3,2	0,004

Tuloksista huomataan, että virtaamat eivät ole suuria. Kun käyttöveden lämpötila jäähtyy kolmella asteella pyyhekuivaimessa, on virtaama 0,004 l/s. Kun käyttöveden lämpötila jäähtyy 1,9 °C, on virtaama tällöin 0,006 l/s. Minimivirtaama, jolla kuivain lämpenee läpikotaisin, on 0,005 l/s. Tällä virtaamalla lämpimän käyttöveden lämpötila jäähtyy 2,7 °C. Jos käyttöveden lämpötilaa halutaan jäähtyvän kolmella asteella pyyhekuivaimessa, ei kuivain lämpene enää kokonaan. Tämä nähdään taulukon ensimmäiseltä riviltä, jossa alin eli seitsemäs vaakaputki ei ole yhtä lämmin kuin muut vaakaputket.

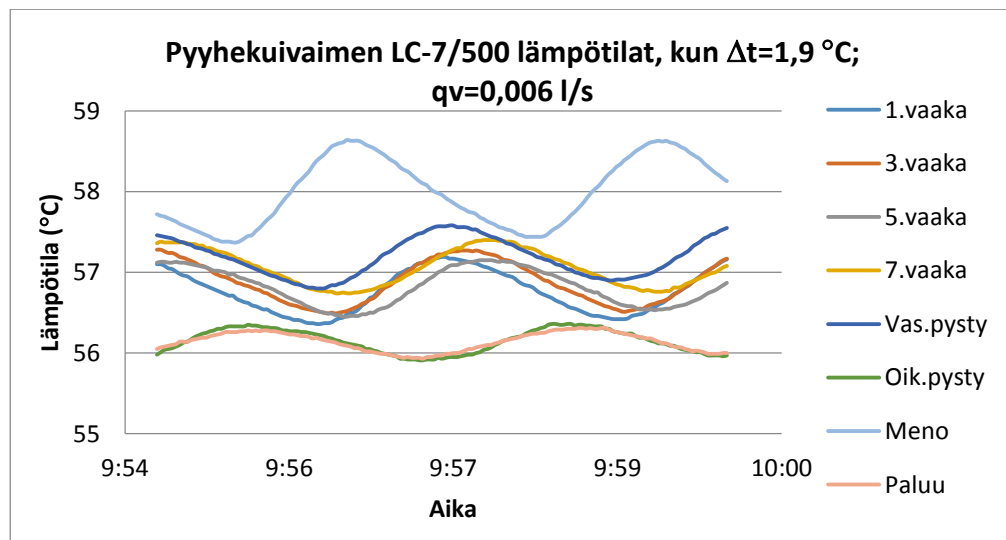
Kuvassa 23 nähdään, kun tilavuusvirta on 0,004 l/s niin käyttöveden lämpötila jäähtyy kolmella asteella kuivaimessa. Kuvasta huomaa, että alin eli 7. vaakaputki ei enää

lämpene niin kuin muut vaakaputket. Alimman vaakaputken lämpötila on noin 35 °C, kun muiden vaakaputkien lämpötilat ovat noin 55 °C. Kuvan mittausajankohta on 5.3.2015 klo. 17.58–18:03.



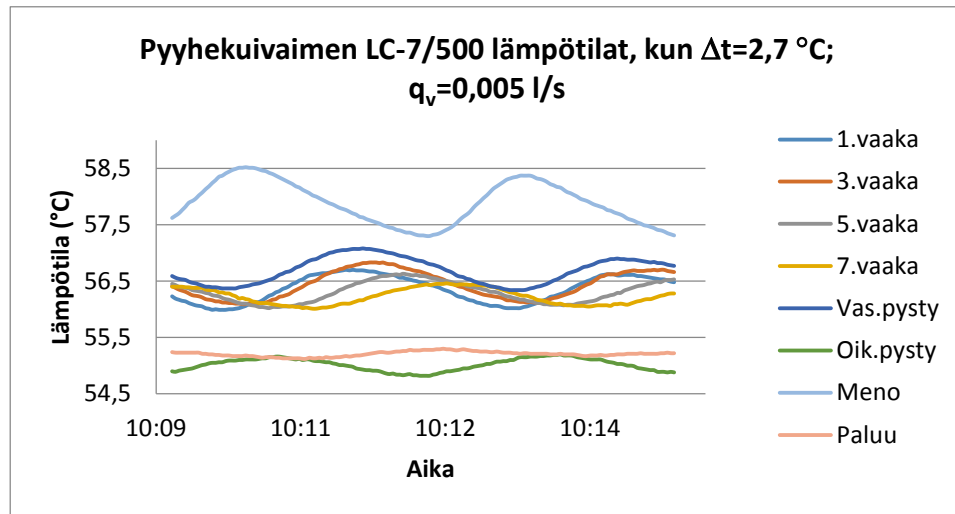
KUVA 23. Pyyhekuivaimen LC-7/500 lämpötilat rinnankytkennässä, veden $\Delta t=3,0$ °C ja $q_v=0,004$ l/s

Kuvassa 24 pyyhekuivain lämpenee kokonaan virtaamalla 0,006 l/s ja käyttöveden lämpötila jäähtyy 1,9 °C. Kuivaimen lämpötila pysyy kauttaaltaan tasalämpöisenä. Mittausajankohta, josta kuva on 7.4.2015 klo. 9:55–10:00.



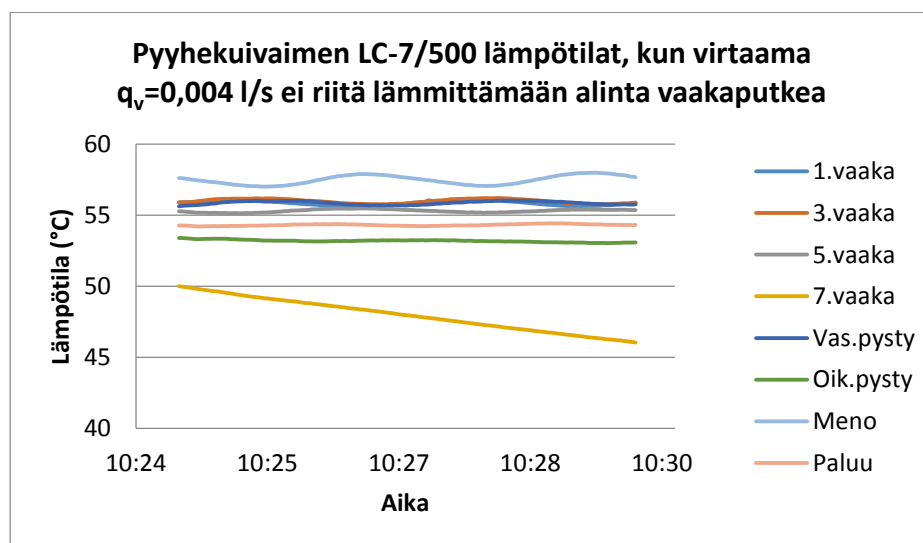
KUVA 24. Pyyhekuivaimen LC-7/500 lämpötilat rinnankytkennässä, veden $\Delta t=1,9$ °C ja $q_v=0,006$ l/s

Kuvassa 25 nähdään, kuinka lämpötilat käyttäytyvät kuivaimen minimivirtaamalla 0,005 l/s. Tällä virtaamalla lämminkäyttövesi viilenee 2,7 °C ja pyyhekuivain pysyy kauttaaltaan lämpimänä. Kuvan mittausajankohta on 7.4.2015 klo. 10:10–10:15.



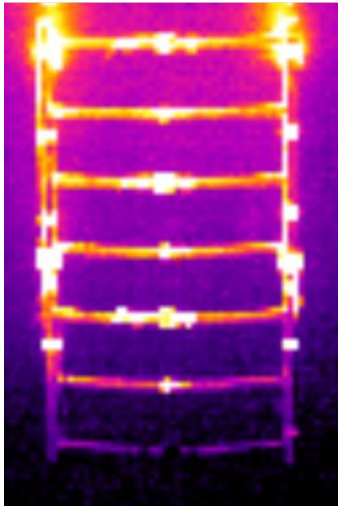
KUVA 25. Pyyhekuivaimen LC-7/500 lämpötilat rinnankytkennässä, veden $\Delta t=2,7\text{ °C}$ ja minimivirtaama $q_v=0,005\text{ l/s}$

Kuva 26 havainnollistaa, kuinka seitsemännessä eli alimmassa vaakaputkessa ei kierrä enää vesi, vaan sen lämpötila viilenee tasaisesti. Kuitenkin viidennessä eli toiseksi alimmassa vaakaputkessa vesi kiertää ja lämpötila pysyy samassa kuin muidenkin lämpötilat, eikä samanlaista viilenemistä ole havaittavissa. Kuvan mittausajankohta on 7.4.2015 klo 10:25–10:30.



KUVA 26. Pyyhekuivaimen LC-7/500 lämpötilat rinnankytkennässä, kun veden $\Delta t=3,2\text{ °C}$ ja virtaama $0,004\text{ l/s}$

Kuvalla 27 on havainnollistettu tilannetta, jossa pyyhekuivain ei lämpene kokonaan. Kuvasta huomataan, kuinka alin vaakaputki on selvästi viileä verrattuna pyyhekuivaimen yläpäähän.



KUVA 27. Lämpökamera kuva kun pyyhekuivaimen alin vaakaputki ei lämpene

7.1.2 Yksittäisen pyyhekuivaimen kytkentä

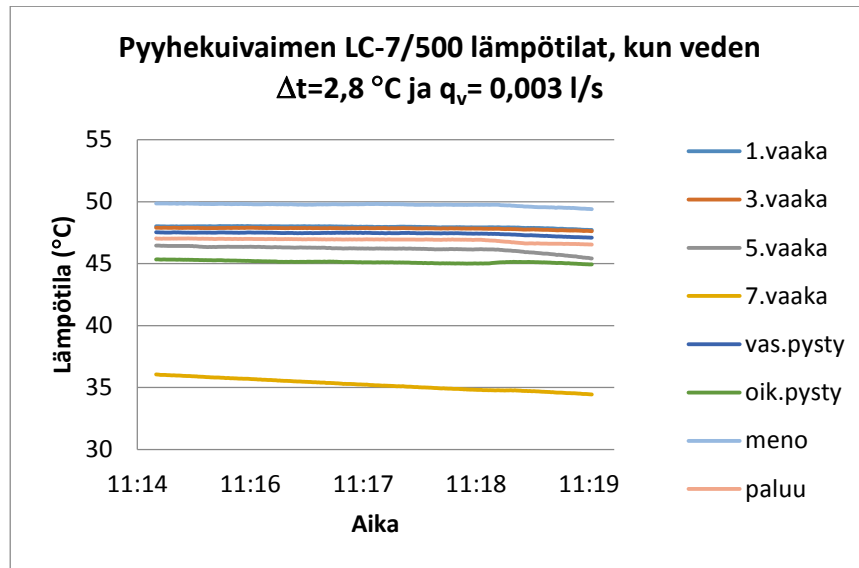
Tämä osio sisältää tulokset yksittäisen pyyhekuivaimen kytkennällä. Tavoitteena oli mitata tilavuusvirtaa, millä lämpimän käyttöveden lämpötila jäähtyy 2 °C ja 3 °C asteella pyyhekuivaimessa. Lisäksi mitattiin vesivirtaa, jolla pyyhekuivain lämpenee kokonaan. Taulukkoon 4 on koottu tulokset näistä mittauksista.

TAULUKKO 4. Pyyhekuivaimen LC-7/500 yksittäisen kuivaimen kytkennällä

	1.Vaaka (°C)	3.Vaaka (°C)	5.Vaaka (°C)	7.Vaaka (°C)	Vas.pysty (°C)	Oik.pysty (°C)	Meno (°C)	Paluu (°C)	Δt (°C)	q _v (l/s)
Δt=3°C	48,0	47,8	46,2	35,2	47,4	45,1	49,7	46,9	2,8	0,003
Δt=2°C	52,6	52,4	51,8	51,8	52,4	51,6	54,2	52,2	2,0	0,006
minimivirtaama	52,6	52,4	51,8	51,8	52,4	51,6	54,2	52,2	2,0	0,006
kuivain ei lämpene	51,1	51,0	50,5	49,4	50,8	49,0	52,7	50,2	2,5	0,004

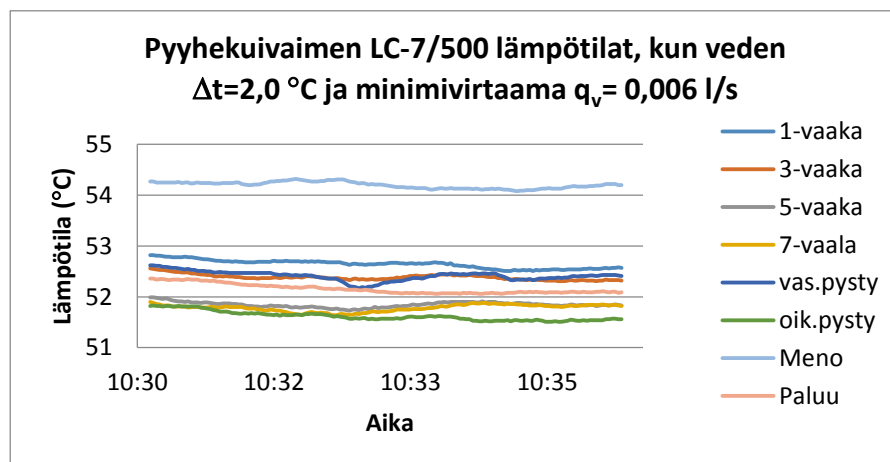
Vertaamalla tuloksia rinnankytkentään, huomaa lämpötilojen olevan huomattavasti pienempiä. Meno- ja paluu lämpötilat ovat noin 4-5 °C astetta viileämmät kuin rinnankytkennässä. Kun käyttövesi viilenee 2,8 °C pyyhekuivaimessa, tilavuusvirta on tällöin 0,003 l/s. Lämpimän käyttöveden viilentyessä 2,0 °C pyyhekuivaimessa, tilavuusvirta kaksinkertaistuu eli 0,006 l/s. Samalla se on minivirtaama, jolla kuivain lämpenee kokonaan. Kun virtaamaksi asetetaan 0,004 l/s, kuivain ei enää lämpene kokonaan, joka nähdään kuvassa 30.

Kuvassa 28 on esitetty pyyhekuivaimen lämpötilat, kun käyttövesi viilenee $2,8\text{ °C}$ pyyhekuivaimessa virtaama ollessa $0,003\text{ l/s}$. Alimman eli seitsemännen vaakaputken lämpötila on noin 35 °C , kun muualla pyyhekuivaimen lämpötila on yli 47 °C . Muiden vaakaputkien lämpötilat pysyvät tasaisen lämpiminä noin 47 °C :ssa. Kuvan mittausajankohta on 6.3.2015 klo. 11:15–11:20.



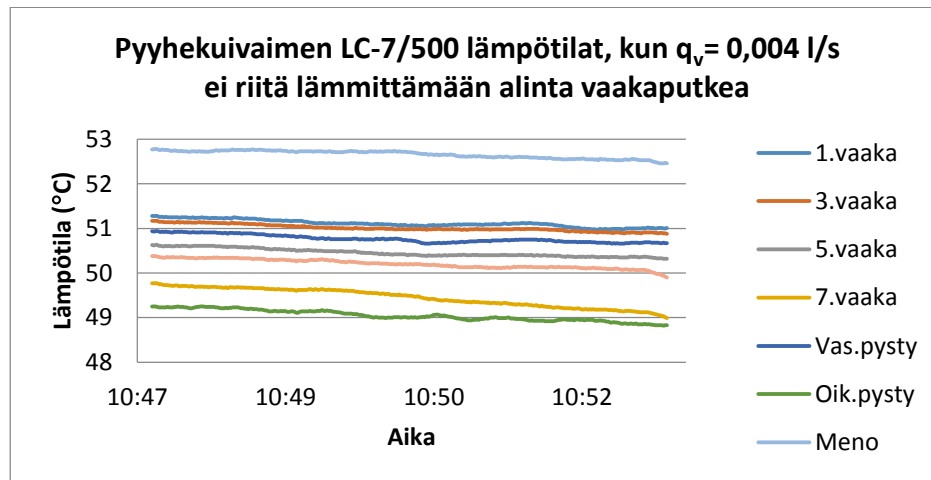
KUVA 28. Pyyhekuivaimen LC-7/500 lämpötilat yksittäisen kuivaimen kytkennässä, kun veden $\Delta t = 2,8\text{ °C}$ ja virtaama $0,003\text{ l/s}$

Kuvassa 29 on esitetty pyyhekuivaimen lämpötilat, kun virtaama on $0,006\text{ l/s}$, joka on samalla minimivirtaama. Tällä virtaamalla käyttövesi viilenee kaksi astetta kuivaimessa. Kuvan mittausajankohta on 6.3.2015 klo. 10:31–10:36.



KUVA 29. Pyyhekuivaimen LC-7/500 lämpötilat yksittäisen kuivaimen kytkennässä, kun veden $\Delta t = 2,0\text{ °C}$ ja minimivirtaama $0,006\text{ l/s}$

Kuvassa 30 on esitetty tilanne, kun virtaamaksi on asetettu 0,004 l/s, jolloin alin eli seitsemäs vaakaputki alkaa viiletä. Muiden vaakaputkien lämpötilat pysyvät kuitenkin samoissa lämpötiloissa, eikä viilenemistä ole havaittavissa. Kuvan mittausajankohta on 6.3.2015 klo 10:48-10:53.



KUVA 30. Pyyhekuivaimen LC-7/500 lämpötilat yksittäisen kuivaimen kytkennässä, kun veden $\Delta t = 2,5$ °C ja virtaama 0,004 l/s

7.2 Pyyhekuivain LC-5/500

Pyyhekuivaimen LC-5/500 mittaukset suoritettiin ensin rinnankytkennällä ja sen jälkeen yksittäisen patterin kytkennällä. LC-5/500 on pyyhekuivain, jossa on viisi kaarevaa vaakaputkea ja kytkentäväli 500 mm.

7.2.1 Rinnankytkentä

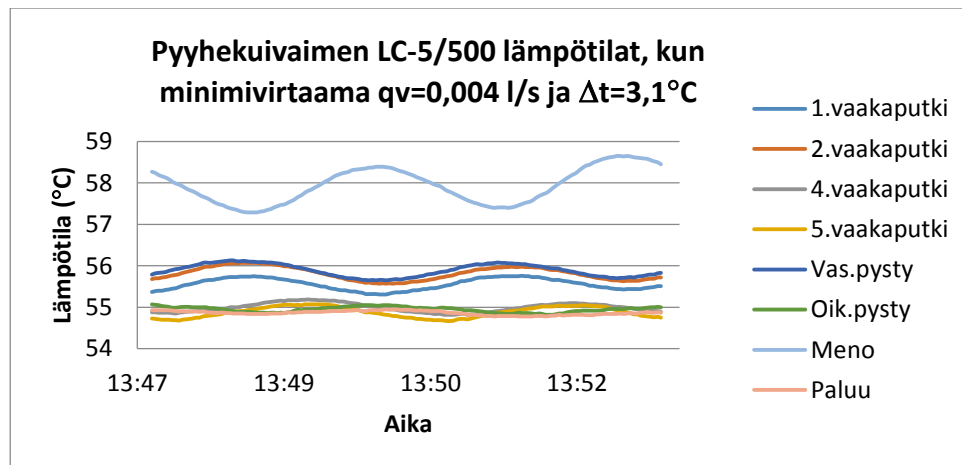
Tämä osio sisältää tulokset rinnankytkennällä. Tavoitteena oli mitata tilavuusvirtaa, millä lämpimän käyttöveden lämpötila jäähtyy 2 °C ja 3 °C pyyhekuivaimessa. Lisäksi mitattiin vesivirtaa, jolla pyyhekuivain lämpenee kokonaan. Taulukkoon 5 on koottu tulokset näistä mittauksista.

TAULUKKO 5. Pyyhekuivaimen LC-5/500 rinnankytkennän tulokset

	1.Vaaka (°C)	2.Vaaka (°C)	4.Vaaka (°C)	5.Vaaka (°C)	Vas.pysty (°C)	Oik.pysty (°C)	Meno (°C)	Paluu (°C)	Δt (°C)	q_v (l/s)
$\Delta t=3^{\circ}\text{C}$	55,6	55,8	55,0	54,9	55,9	54,9	57,9	54,9	3,1	0,004
$\Delta t=2^{\circ}\text{C}$	56,1	56,6	56,0	55,9	56,7	56,2	58,4	56,2	2,2	0,006
minimivirtaama	55,6	55,8	55,0	54,9	55,9	54,9	57,9	54,9	3,1	0,004
kuivain ei lämpene	54,8	55,0	52,5	33,8	54,7	50,8	57,4	53,3	4,1	0,003

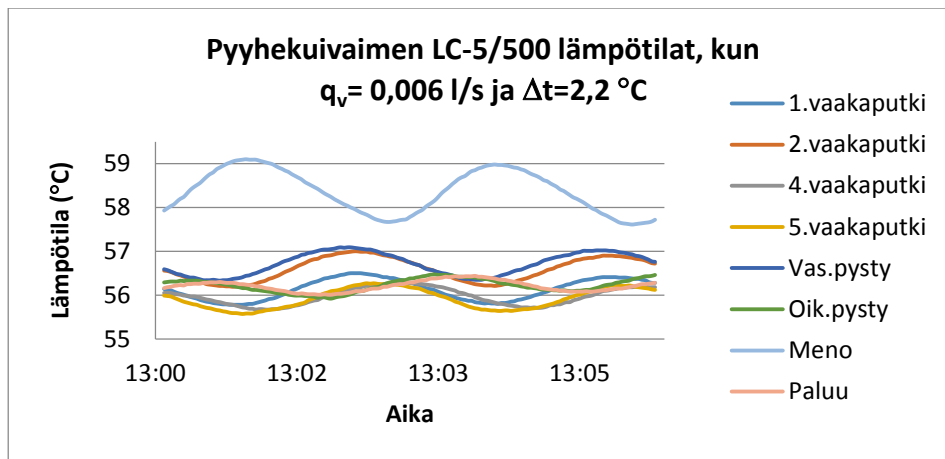
Kun käyttöveden lämpötila jäähtyy $3,1^{\circ}\text{C}$ pyyhekuivaimessa, on virtaama $0,004\text{ l/s}$. Samalla se on kuivaimen minimivirtaama, jolla se lämpenee läpikotoisin. Kun käyttöveden lämpötila jäähtyy $2,2^{\circ}\text{C}$, on virtaama tällöin $0,006\text{ l/s}$. Jos pyyhekuivaimen asetetaan virtaamaksi $0,003\text{ l/s}$, silloin kuivain ei enää lämpene kokonaan. Tämä nähdään taulukon alimmalta riviltä, viidennen vaakaputken kohdalta.

Kuvassa 31 on esitetty pyyhekuivaimen lämpötilat, kun lämminkäyttövesi jäähtyy kuivaimessa $3,1^{\circ}\text{C}$, virtaaman ollessa $0,004\text{ l/s}$. Virtaama on samalla pyyhekuivaimen minimivirtaama. Kuvan mittausajankohta on 11.3.2015 klo. 13:48–13:53.



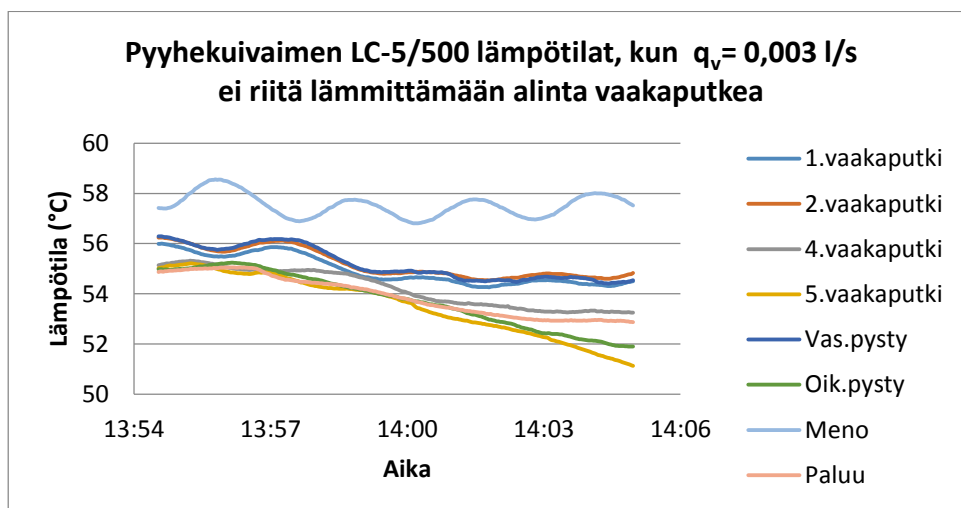
KUVA 31. Pyyhekuivaimen LC-5/500 lämpötilat rinnankytkennällä, kun minimivirtaama $q_v=0,004\text{ l/s}$ ja $\Delta t=3,1^{\circ}\text{C}$

Kuvassa 32 on esitetty pyyhekuivaimen lämpötilat, kun käyttövesi viilenee $2,2^{\circ}\text{C}$ pyyhekuivaimessa, virtaaman ollessa $0,006\text{ l/s}$. Pyyhekuivain lämpenee kokonaan, eikä hajontaa kuivaimen vaakaputkissa juurikaan ole. Kuvan mittausajankohta on 11.3.2015 klo. 13:01–13:06.



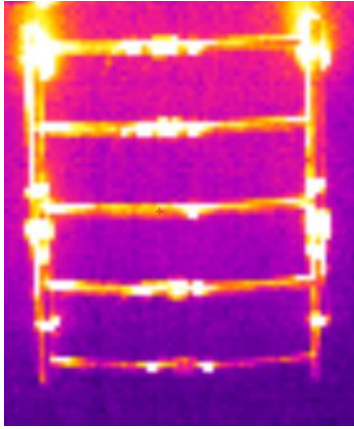
KUVA 32. Pyyhekuivaimen LC-5/500 lämpötilat rinnankytkennällä, kun $q_v=0,006$ l/s ja $\Delta t=2,2^\circ\text{C}$

Kuvassa 33 on esitetty tilanne, kun virtaamaksi on asetettu arvosta 0,004 l/s arvoon 0,003 l/s, jolloin virtaama ei riitä lämmittämään alinta eli viidennettä vaakaputkea. Aluksi pyyhekuivaimen lämpötila viilenee, mutta sen jälkeen se asettuu ja tasoittuu. Alin vaakaputki jatkaa kuitenkin viilenemistään, josta käy ilmi, ettei virtaama riitä lämmittämään koko kuivainta. Kuvan mittausajankohta on 11.3.2015 klo. 13:55–14:06.



KUVA 33. Pyyhekuivaimen LC-5/500 lämpötilat rinnankytkennällä, kun $q_v=0,003$ l/s ja $\Delta t=4,1^\circ\text{C}$

Kuva 34 havainnollistaa tilannetta, jossa alin vaakaputki on viileämpi kuin muut ylemmät vaakaputket. Ylhäältä pyyhekuivain on selvästi lämpimämpi kuin alin vaakaputki. Tilavuusvirta ei siis riitä lämmittämään pyyhekuivainta kokonaan.



KUVA 34. Pyyhekuivaimen LC-5/500 lämpökamerakuva, kun alin vaakaputki ei lämpene

7.2.2 Yksittäisen pyyhekuivaimen kytkentä

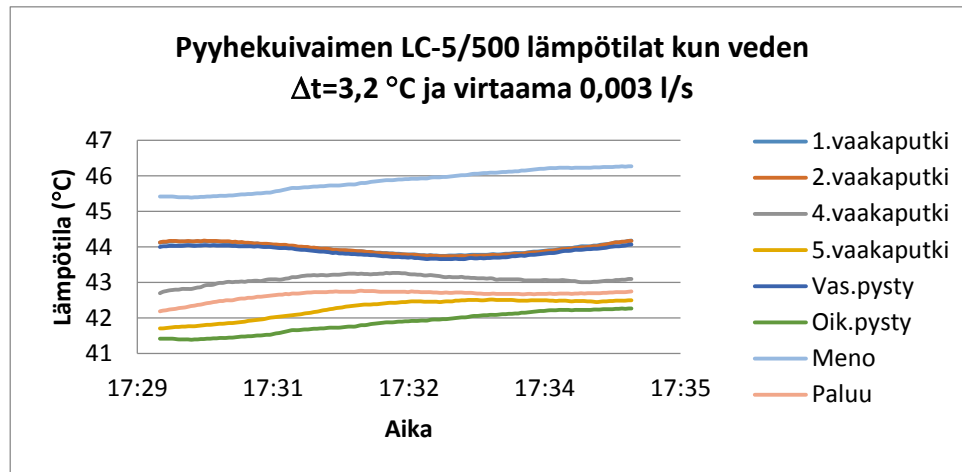
Tämä osio sisältää tulokset yksittäisen pyyhekuivaimen kytkennällä. Tavoitteena oli mitata tilavuusvirtaa, millä lämpimän käyttöveden lämpötila jäähtyy 2 °C ja 3 °C asteella pyyhekuivaimessa. Lisäksi mitattiin vesivirtaa, jolla pyyhekuivain lämpenee kokonaan. Taulukkoon 6 on koottu tulokset näistä mittauksista.

TAULUKKO 6. Pyyhekuivaimen LC-5/500 yksittäisen kuivaimen kytkennällä

	1.Vaaka (°C)	2.Vaaka (°C)	4.Vaaka (°C)	5.Vaaka (°C)	Vas.pysty (°C)	Oik.pysty (°C)	Meno (°C)	Paluu (°C)	Δt (°C)	q_v (l/s)
$\Delta t=3^{\circ}\text{C}$	44,0	44,0	43,1	42,3	43,9	41,9	45,9	42,6	3,2	0,003
$\Delta t=2^{\circ}\text{C}$	51,7	51,8	51,3	51,3	52,0	51,5	53,5	51,5	2,0	0,007
minimivirtaama	44,0	44,0	43,1	42,3	43,9	41,9	45,9	42,6	3,2	0,003
kuivain ei lämpene	45,5	45,5	44,2	36,4	45,4	43,1	47,7	44,3	3,4	0,002

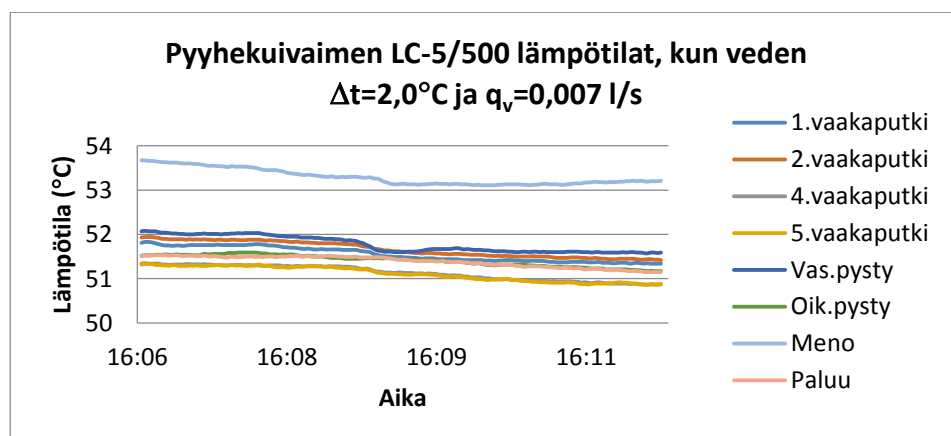
Vertaamalla tuloksia rinnankytkentään, huomaa lämpötilojen olevan huomattavasti alemmat. Meno- ja paluuputkien lämpötilat ovat 5-13 °C astetta matalammat kuin rinnankytkennässä. Kun käyttövesi viilenee pyyhekuivaimessa 3,2 °C astetta, on virtaama 0,003 l/s. Samalla virtaama on minimivirtaama, jolla pyyhekuivain lämpenee läpikotoisin. Kun virtaamaksi asetetaan 0,002 l/s, viilenee käyttövesi 3,4 °C, mutta kuivain ei enää lämpenäkään kokonaan. Tämä huomataan viidennen vaakaputken alhaisena lämpötilana verrattuna muihin vaakaputkiin. Kun käyttövesi halutaan viilenevän 2,0 °C asteella pyyhekuivaimessa, on virtaaman oltava 0,007 l/s. Tällä virtaamalla myös lämpötilat olivat korkeammalla kuin edellisissä virtaamisissa.

Kuvassa 35 on esitetty pyyhekuivaimen lämpötilat, kun virtaama on 0,003 l/s. Tällöin vesi jäähtyy pyyhekuivaimessa 3,2 °C. Kuvassa huomaa, että lämpötilahuojunta ei ole enää niin nopeaa, kuin rinnankytkennässä. Kuvan mittausajankohta on 11.3.2015 klo. 17:30–17:35.



KUVA 35. Pyyhekuivaimen LC-5/500 lämpötilat yksittäisen kuivaimen kytkennässä, kun veden $\Delta t= 3,2\text{ °C}$ ja virtaama 0,003 l/s

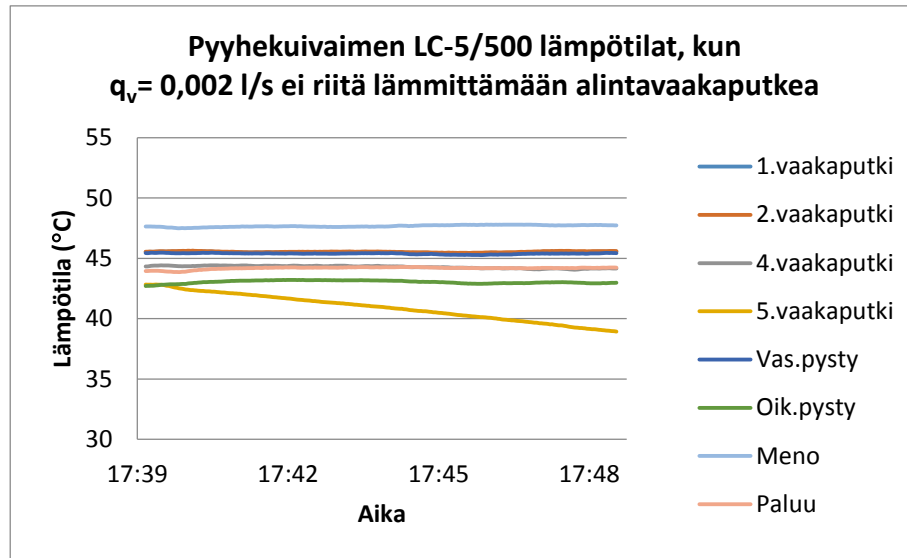
Kuvassa 36 on pyyhekuivaimen lämpötilat, kun virtaama on 0,007 l/s. Tällä virtaamalla lämmin käyttövesi viilenee 2,0 °C. Lämpötilan huojuntaa on hieman, mutta kaikki lämpötilat muuttuvat samassa suhteessa. Kuvan mittausajankohta on 11.3.2015 klo. 16:05–16:10.



KUVA 36. Pyyhekuivaimen LC-5/500 lämpötilat yksittäisen kuivaimen kytkennässä, kun veden $\Delta t= 2,0\text{ °C}$ ja virtaama 0,007 l/s

Kuvassa 37 on esitetty tilanne, jossa virtaamaksi on asetettu 0,002 l/s, jolloin virtaama ei riitä lämmittämään koko pyyhekuivainta. Tämä huomataan alimman eli viidennen

vaakaputken kohdalla, jossa lämpötiläkäyrä on laskeva. Muiden vaakaputkien lämpötila pysyy tasaisena. Kuvan mittausajankohta on 11.3.2015 klo. 17:40–17:39.



KUVA 37. Pyyhekuivaimen LC-5/500 lämpötilat yksittäisen kuivaimen kytkennässä, kun veden $\Delta t = 3,4$ °C ja virtaama 0,002 l/s

7.3 Pyyhekuivain LC-35/5 YLÄ

Pyyhekuivaimen LC-35/5 YLÄ mittaukset suoritettiin ensin rinnankytkennällä ja sen jälkeen yksittäisen patterin kytkennällä. LC-35/5 YLÄ on pyyhekuivain, jossa on viisi vaakaputkea, josta kaksi ylintä ovat kaarevia ja kolme alinta suoraa. Kytkentäväli pyyhekuivaimessa on 350 mm.

7.3.1 Rinnankytkentä

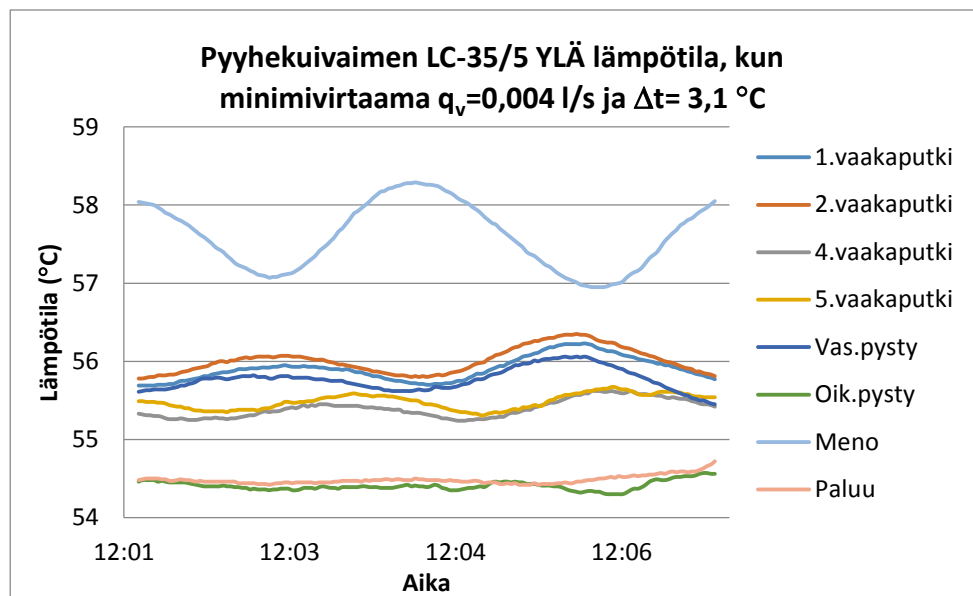
Tämä osio sisältää tulokset rinnankytkennällä. Tavoitteena oli mitata tilavuusvirtaa, millä lämpimän käyttöveden lämpötila jäähtyy 2 °C ja 3 °C asteella pyyhekuivaimessa. Lisäksi mitattiin vesivirtaa, jolla pyyhekuivain lämpenee kokonaan. Taulukkoon 7 on koottu tulokset näistä mittauksista.

TAULUKKO 7. Pyyhekuivaimen LC-35/5 YLÄ rinnankytkennän tulokset

	1.Vaaka (°C)	2.Vaaka (°C)	4.Vaaka (°C)	5.Vaaka (°C)	Vas.pysty (°C)	Oik.pysty (°C)	Meno (°C)	Paluu (°C)	Δt (°C)	q_v (l/s)
$\Delta t=3^\circ\text{C}$	55,9	56,0	55,4	55,5	55,8	54,4	57,6	54,5	3,1	0,004
$\Delta t=2^\circ\text{C}$	56,5	56,6	56,1	56,4	56,3	55,6	57,8	55,8	2,0	0,005
minimivirtaama	55,9	56,0	55,4	55,5	55,8	54,4	57,6	54,5	3,1	0,004
kuivain ei lämpene	55,4	55,4	53,7	34,3	54,9	52,0	57,1	53,5	3,5	0,003

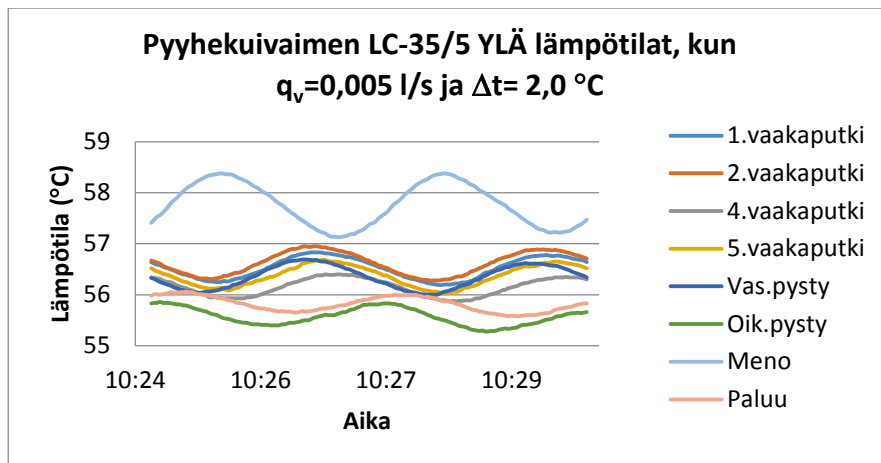
Taulukon tuloksista nähdään, kun virtaamaksi asetetaan 0,004 l/s, niin vesi jäähtyy pyyhekuivaimessa 3,1 °C. Kun virtaamaksi asetetaan 0,005 l/s, niin vesi jäähtyy pyyhekuivaimessa 2,0 °C. Minivirtaama, jolla kuivain lämpenee läpikotoisin, on 0,003 l/s. Tällöin vesi jäähtyy pyyhekuivaimessa 3,7 °C.

Kuvassa 38 on esitetty pyyhekuivaimen lämpötilat, kun virtaama on 0,004 l/s. Virtaama on samalla pyyhekuivaimen minimivirtaama ja tällä virtaamalla lämmin käyttövesi jäähtyy kuivaimessa 3,1 °C. Kuivaimen lämpötilaerot pysyvät pieninä, josta huomataan, että kuivain lämpenee kokonaan. Kuvan mittausajankohta on 12.3.2015 klo. 12:02–12:07.



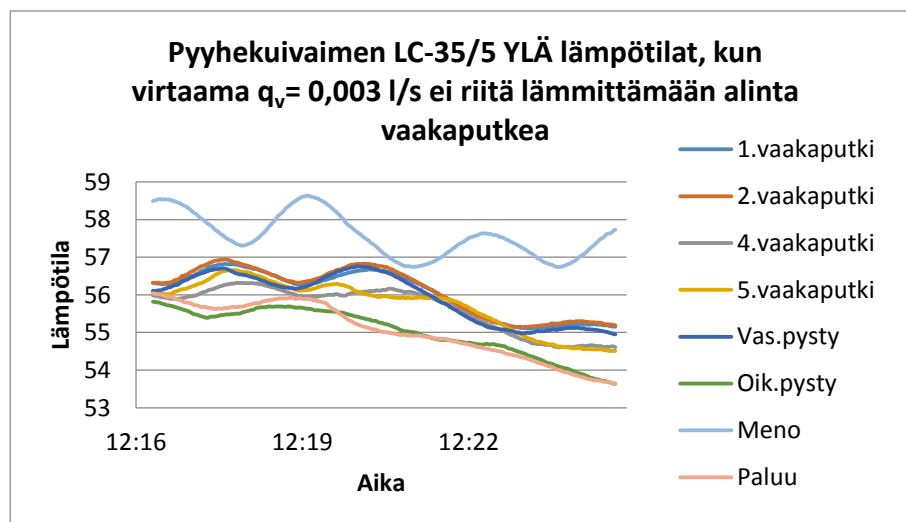
KUVA 38. Pyyhekuivaimen LC-35/5 YLÄ lämpötilat rinnankytkennällä, kun $q_v=0,004$ l/s ja $\Delta t=3,1$ °C

Kuvassa 39 on esitetty pyyhekuivaimen lämpötilat, kun virtaama on 0,005 l/s, jolloin vesi jäähtyy kuivaimessa 2,0 °C. Kuvasta nähdään, että kuivain lämpenee kokonaan ja lämpötilaerot kuivaimessa on pienet. Kuvan mittausajankohta on 12.3.2015 klo. 10:25–10:30.



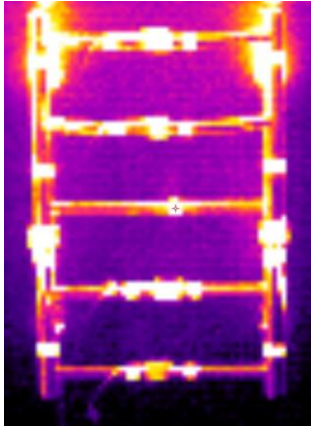
KUVA 39. Pyyhekuivaimen LC-35/5 YLÄ lämpötilat rinnankytkennällä, kun $q_v=0,005$ l/s ja $\Delta t=2,0$ °C

Kuvassa 40 on esitetty tilanne, jossa virtaama on asetettu arvosta 0,005 l/s arvoon 0,003 l/s. Muutettu virtaama ei riitä lämmittämään kokonaan pyyhekuivainta. Tämä nähdään kuvan kohdassa 12:21, jolloin lämpötilat lähtevät laskemaan. Kuvan mittausajankohta on 12.3.2015 klo. 12:17–12:25.



KUVA 40. Pyyhekuivaimen LC-35/5 YLÄ lämpötilat rinnankytkennällä, kun virtaama ei riitä lämmittämään alinta vaakaputkea

Kuva 41 havainnollistaa tilannetta, jossa alin vaakaputki on viileämpi kuin muut vaakaputket. Virtaama ei riitä lämmittämään koko pyyhekuivainta, vaan kuivain viilenee alinta vaakaputkea kohti.



KUVA 41. Pyyhekuivaimen LC-35/5 YLÄ lämpökamerakuva, kun alin vaakaputki ei lämpene

7.3.2 Yksittäisen pyyhekuivaimen kytkentä

Tämä osio sisältää tulokset yksittäisen pyyhekuivaimen kytkennällä. Tavoitteena oli mitata tilavuusvirtaa, millä lämpimän käyttöveden lämpötila jäähtyy 2 °C ja 3 °C asteella pyyhekuivaimessa. Lisäksi mitattiin vesivirtaa, jolla pyyhekuivain lämpenee kokonaan. Taulukkoon 7. on koottu tulokset näistä mittauksista.

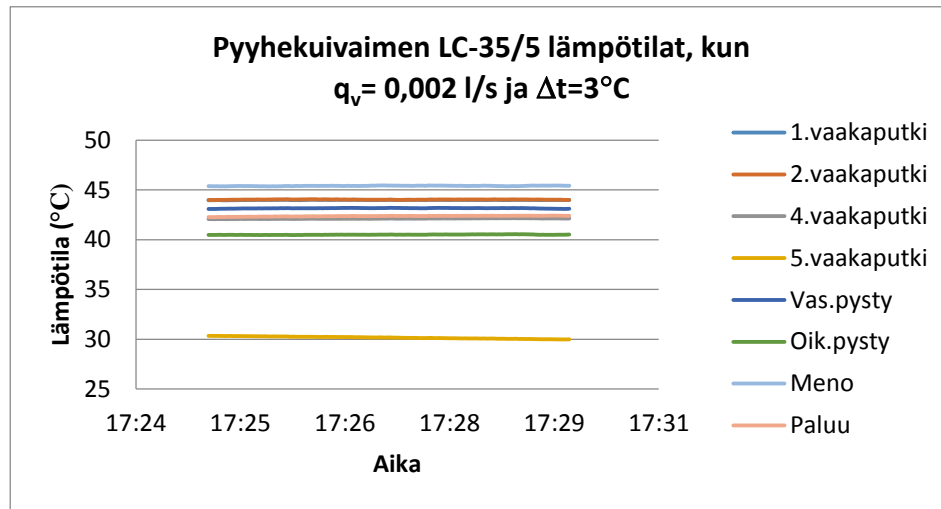
TAULUKKO 8. Pyyhekuivaimen LC-35/5 YLÄ yksittäisen kuivaimen kytkennällä

	1.Vaaka (°C)	2.Vaaka (°C)	4.Vaaka (°C)	5.Vaaka (°C)	Vas.pysty (°C)	Oik.pysty (°C)	Meno (°C)	Paluu (°C)	Δt (°C)	q_v (l/s)
$\Delta t=3^{\circ}\text{C}$	44,0	44,0	42,1	30,2	43,2	40,5	45,4	42,4	3,0	0,002
$\Delta t=2^{\circ}\text{C}$	49,5	49,6	49,1	49,3	49,3	48,5	50,8	48,6	2,2	0,003
minimivirtaama	48,5	48,6	48,2	48,2	48,3	47,4	49,8	47,5	2,3	0,003
kuivain ei lämpene	44,0	44,0	42,1	30,2	43,2	40,5	45,4	42,4	3,0	0,002

Taulukon tuloksia vertaamalla rinnankytkennän tuloksiin, huomataan meno- ja paluu lämpötilojen tippuneen noin 7 °C. Kun virtaamaksi asetetaan 0,002 l/s, jäähtyy lämmin käyttövesi silloin 3,0 °C. Samalla huomataan, että tämä virtaama ei riitä lämmittämään koko pyyhekuivainta. Tämän voi nähdä tuloksen taulukosta viidennen vaakaputken kohdalta. Virtaaman ollessa 0,003 l/s jäähtyy lämmin käyttövesi pyyhekuivaimessa 2,2 °C. Kun virtaamaa kuristaa vielä vähän, jolloin lämpötilaero kasvaa 2,3 °C:een, riittää virtaama vielä lämmittämään pyyhekuivaimen kokonaan.

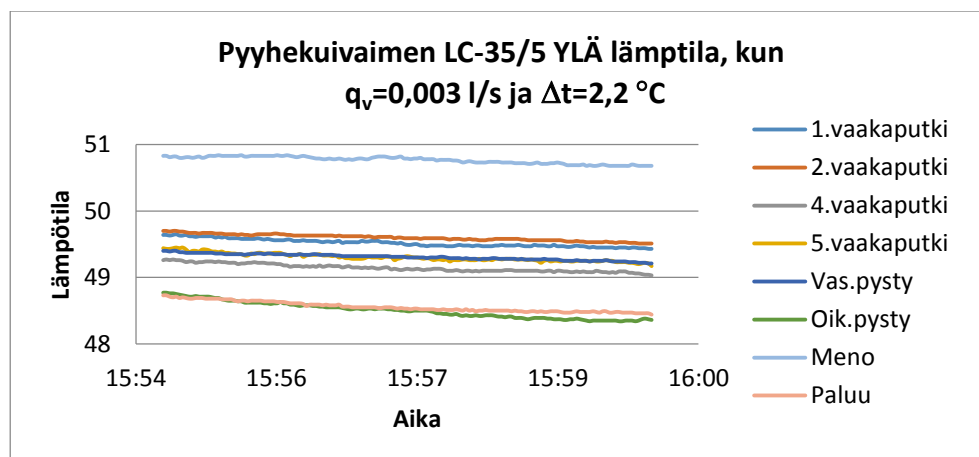
Kuvassa 42 on esitetty lämpötilat, kun virtaama 0,002 l/s ei riitä lämmittämään koko pyyhekuivainta. Tämä nähdään alimman eli viidennen vaakaputken lämpötilana, joka

on noin 30 °C. Muiden vaakaputkien lämpötilat pysyttelevät kuitenkin 40- 45 °C välissä, eikä niiden jäähtymistä ole havaittavissa. Kuvan mittausajankohta on 12.3.2015 klo. 17:25–17:30.



KUVA 42. Pyyhekuivaimen LC-35/5 YLÄ lämpötilat yksittäisen kuivaimen kytkenällä, kun $q_v = 0,002$ l/s ja $\Delta t = 3,0$ °C

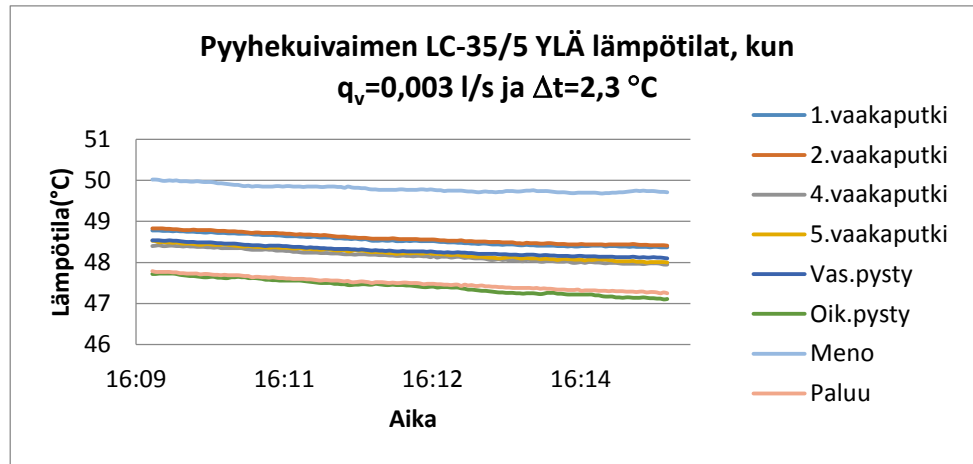
Kuvassa 43 on esitetty lämpötilat, kun virtaama on 0,003 l/s ja lämmin käyttövesi viilenee pyyhekuivaimessa 2,2 °C. Pyyhekuivaimessa ei lämpötilaeroa juurikaan ole ja vaakaputkien viilenemistä ei ole havaittavissa. Kuvan mittausajankohta on 12.3.2015 klo. 15:55–16:00.



KUVA 43. Pyyhekuivaimen LC-35/5 YLÄ lämpötilat yksittäisen kuivaimen kytkenällä, kun minimivirtaama $q_v = 0,003$ l/s ja $\Delta t = 2,2$ °C

Kuvassa 44 on esitetty lämpötilat, kun virtaama on 0,003 l/s ja lämmin käyttövesi viilenee 2,3 °C pyyhekuivaimessa. Kyseinen virtaama on minimivirtaama, jolla pyyhe-

kuivain lämpenee läpikotoisin. Kuvan mittausajankohta on 12.3.2015 klo. 16:10–16:15.



KUVA 44. Pyyhekuivaimen LC-35/5 YLÄ lämpötilat yksittäisen kuivaimen kytkenällä, kun minimivirtaama q_v= 0,003 l/s ja Δt= 2,3 °C

7.4 Lämmönlvoutusteho

Tähän osioon on koottu lämmönlvoutustehot. Tehot on laskettu tilavuusvirran sekä pyyhekuivaimen meno- ja paluulämpötilaerojen välisellä yhtälöllä (2). Veden tiheytenä ja ominaislämpökapasiteettiarvoina käytetään aiemmin kappaleessa 6 laskettuja arvoja. Tämän tehon kaava perustuu lämmön siirtymiseen virtaavan veden mukana pyyhekuivaimen sisään. Veden koskettaessa pyyhekuivainta lämpöä johtuu rakenteen läpi pyyhekuivaimen ulkopinnalle. /4, s. 453./

Tilavuusvirran ja pyyhekuivaimen lämpötilojen avulla saadut lämmönlvoutustehot on laskettu aiemmin esitetyllä yhtälöllä (2). Seuraava lämmönlvoutustehon esimerkkilasku on pyyhekuivaimesta LC-7/500, kun lämpimän käyttöveden lämpötila jäähtyy kolmella asteella pyyhekuivaimessa ja virtaama on 0,004 l/s.

Esimerkkilasku

$$\rho_{+55\text{ °C}} = 0,9856 \text{ kg/dm}^3$$

$$c_{p,+55\text{ °C}} = 4,183 \text{ kJ/kg °C}$$

$$q_v = 0,004 \text{ dm}^3/\text{s}$$

$$\Delta t = 3,0 \text{ °C}$$

$$\Phi = 0,9856 \text{ kg/dm}^3 * 4,183 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} * 0,004 \text{ dm}^3/\text{s} * 3,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Phi = 0,0495 \text{ kW} = 49,5 \text{ W}$$

Taulukkoon 9 on koottu lämmönluovutustehot pyyhekuivaimesta LC-7/500. Rinnankytkennällä pyyhekuivaimen lämmönluovutustehot ovat noin 50 W. Yksittäisen pyyhekuivaimen kytkennässä tehot ovat hieman pienemmät.

TAULUKKO 9. Pyyhekuivaimen LC-7/500 lämmönluovutustehot

LC-7/500			
Rinnankytkentä			
Tavoite	q _v (l/s)	Δt (°C)	Φ (W)
Δt=3°C	0,004	3,0	49
Δt=2°C	0,006	1,9	47
Minimivirtaama	0,005	2,7	56
Yksittäisen kuivaimen kytkentä			
Tavoite	q _v (l/s)	Δt (°C)	Φ (W)
Δt=3°C	0,003	2,8	35,2
Δt=2°C	0,006	2,0	50,5
Minimivirtaama	0,006	2,0	50,5

Taulukkoon 10 on koottu lämmönluovutustehot pyyhekuivaimesta LC-5/500. Rinnankytkennällä pyyhekuivaimen tehot ovat 50 W luokkaa. Yksittäisen pyyhekuivaimen kytkennässä tehot ovat noin 40 W luokkaa.

TAULUKKO 10. Pyyhekuivaimen LC-5/500 lämmönluovutustehot

LC-5/500			
Rinnankytkentä			
Tavoite	q _v (l/s)	Δt (°C)	Φ (W)
Δt=3°C	0,004	3,1	50,7
Δt=2°C	0,006	2,2	53,5
Minimivirtaama	0,004	3,1	50,7
Yksittäisen kuivaimen kytkentä			
Tavoite	q _v (l/s)	Δt (°C)	Φ (W)
Δt=3°C	0,003	3,2	39,9
Δt=2°C	0,007	2,0	58,2
Minimivirtaama	0,003	3,2	39,9

Taulukkoon 11 on koottu pyyhekuivaimen LC-35/5 YLÄ lämmönluovutustehot. Rinnankytkennällä tehot ovat 40-50 W luokkaa, kun yksittäisen kuivaimen kytkennällä ne ovat alle 30 W.

TAULUKKO 11. Pyyhekuivaimen LC-35/5 lämmönluovutustehot

LC-35/5 YLÄ			
Rinnankytkentä			
Tavoite	q_v (l/s)	Δt (°C)	Φ (W)
$\Delta t=3^\circ\text{C}$	0,004	3,1	51,3
$\Delta t=2^\circ\text{C}$	0,005	2,0	40,3
Minimivirtaama	0,004	3,1	51,3
Yksittäisen kuivaimen kytkentä			
Tavoite	q_v (l/s)	Δt (°C)	Φ (W)
$\Delta t=3^\circ\text{C}$	0,002	3,0	25,1
$\Delta t=2^\circ\text{C}$	0,003	2,2	27,4
Minimivirtaama	0,003	2,3	28,5

Lisäksi pyyhekuivaimelle LC-7/500 tehtiin mittaukset rinnankytkennällä, jossa virtaamat olivat suurempia kuin edellisissä mittauksissa. Suurempien virtaamien avulla päästiin suurempiin lämmönluovutustehoihin, vaikka lämpötilaerot jäivätkin pieneksi. Taulukkoon 12 on koottu mittauksien virtaamat ja tehot. Tuloksista nähdään, että suurin lämmönluovutusteho saavutetaan, kun virtaama on 0,022 l/s, jolloin lämmin käyttövesi jäähtyy 0,9 °C. Lämmönluovutustehoksi saadaan näillä arvoilla noin 81 W. Taulukosta nähdään, että tilavuusvirtaa suurentamalla, tehot nousevat tiettyyn virtaamaan asti. Kun tilavuusvirta on tarpeeksi suuri, lämmönluovutustehot alkavat laskemaan. Tämä johtuu siitä, että meno- ja paluulämpötilojen erotus pienenee enemmän suhteessa tilavuusvirtaan.

TAULUKKO 12. LC-7/500 Lämmönluovutustehot

Lämmönluovutustehot asetetuilla virtaamalla				
q_v (l/s)	Meno (°C)	Paluu (°C)	Δt (°C)	Φ (W)
0,010	58,3	57,2	1,1	45,6
0,016	58,6	57,6	1,0	63,8
0,020	58,3	57,4	0,9	72,6
0,022	58,6	57,7	0,9	80,7
0,024	58,4	57,7	0,7	72,4
0,026	58,4	57,8	0,6	61,8

8 YHTEENVETO

Tuloksista todetaan, että virtaamat pyyhekuivaimissa ovat pieniä. Myös tilavuusvirran ja lämpövirran välisellä yhtälöllä saadut lämmönluovutustehot jäävät pieneksi, mutta

lämmivesiverkoston kiertojohdossa käytettävää lämmityslaitetta ei olekaan suunniteltu lämpöhäviöiden kattamiseen. Kiertojohdossa käytettävien lämminvesilaitteiston enimmäisteho saa olla enintään 200 W/tila /2/. Saadut tulokset jäävät reilusta tämän arvon alle. Lämmönluovutusteho ei ole kuitenkaan niin tärkeä asia kuin se, että pyyhekuivain lämpenee kauttaaltaan. Silloin kun pyyhekuivain on kokonaan lämmin, se tuo mukavuutta käyttäjille sekä kuivattaa kosteat tekstiilit tehokkaammin.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D1 sisältää siis määräyksiä ja ohjeita kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistoista. Määräyksessä 2.3.8 lämminvesiverkosto on suunniteltava niin, ettei veden lämpötila laskisi alle +55 °C. Näin ollen yksittäisen pyyhekuivaimen kytkentä, jossa pyyhekuivain toimii lenkin päässä, ei soveltuisi lämpimään kieroveteen, sillä kaikki paluulämpötilat jäävät alle +55 °C.

Huonot puolet kyseisen kaukolämmön alakeskuksella tuotettavalla lämmöllä olivat sen pumppu ja säätöventtiili. Pumpussa ei ollut automatiikkaa, joten se pumppasi tiettyllä kierrosnopeudella, eikä tätä ollut mahdollista säätää. Säätöventtiilikään ei ollut uusi, joten aivan tasaista lämpöä ei saatu tuotettua, joka näkyi lämpötilan aaltoiluna. Uudemmat säätöventtiilit säätävät lämpöä tasaisemmin, eikä huojuntaa olisi ollut niin paljoa kuin vanhemmalla venttiilillä.

Jokaiselle pyyhekuivaimelle löytyi selvä minimivirtaama, jolla kuivain lämpenee kokonaan. Kaikista lämpötilakuvista nähdään, että oikean puolen pystyputken termoparianturissa on virhettä muihin antureihin nähden. Joissain tilanteissa anturi antaa lämpötilaksi vähemmän, kuin alimman vaakaputken anturi. Tämä ei voi olla käytännössä mahdollista. Anturin arvo näyttää noin 1 °C vähemmän kuin pitäisi.

Mittausolosuhteet olivat kaiken puolin tasavertaiset. Huonetilan lämpötila eri päivinä pysyi suhteellisen tasaisena toisiinsa nähden. Kaukolämmön alakeskuksen asetukset pysyivät myös mittauksien ajan samana. Kaukolämmön lämmönsiirtimeltä lähtevä veden lämpötila mittauksien ajan oli +61 °C.

Ongelmana pyyhekuivaimen LC-7/500 rinnankytkennässä on, jos haluaa lämpimän käyttöveden jäähtyvän kolme astetta pyyhekuivaimessa, ei virtaama $q_v=0,004$ l/s riitä lämmittämään koko pyyhekuivainta. Minimivirtaamalla $q_v=0,005$ l/s lämmin käyttövesi jäähtyy 2,7 °C ja tällöin pyyhekuivain lämpenee kokonaan. Rinnankytkennässä

pyyhekuivaimia LC-5/500 ja LC-35/5 YLÄ voidaan käyttää niin, että lämmin käyttövesi jäähtyisi kolmella asteella pyyhekuivaimessa. Jos suurempaa lämpötilaeroa halutaan, ei pyyhekuivain lämpene silloin kokonaan.

LC-7/500 tehtyjen lisämittausten avulla saatiin selville pyyhekuivaimen suurin lämmönluovutusteho. Suurimmalla lämmönluovutusteholla lämpimän käyttöveden lämpötila jäähtyy alle asteen verran. Jos tilavuusvirtaa kasvattaa tarpeeksi, ei lämmönluovutusteho kasva enää samassa suhteessa kuin tilavuusvirta.

Lämmönluovutustehot ovat pyyhekuivaimen käyttäjille oleellinen tieto. Käyttäjä valitsee pyyhekuivaimen omaan käyttötarpeisiinsa sillä perusteella, mikä sen lämmönluovutusteho on. Suunnittelijoille lämmönluovutustehon tieto on myös tärkeä, sillä sen avulla suunnittelijat voivat mitoittaa tilavuusvirrat halutuille lämpötilaeroille.

LÄHTEET

1. Sentakia Oy. Yrityksen WWW-sivut. <http://www.sentakia.com>. Päivitetty 13.4.2015. Luettu 13.4.2015
2. Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D1, Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, määräykset ja ohjeet 2007. PDF-dokumentti. http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf. Päivitetty 13.4.2015. Luettu 13.4.2015.
3. Jokinen, Tapani; Pyrhönen, Juha. Luku 9. Lämmönsiirto. PDF-dokumentti. https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bl30a0400/luennot/luku9_lammonsiiirto.pdf. Päivitetty 13.4.2015. Luettu 13.4.2015
4. Suvanto, Kari. Tekniikan fysiikka. Helsinki. Edita Prima Oy. 2003.
5. Jokilaakso, Ari. Virtaustekniikan, lämmönsiirron ja aineensiirron perusteet. Hämeenlinna. Otakustantamo. 1987.
6. Seppänen, Olli. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä. Suomen LVI-liitto ry. 2001.
7. Aitta, Timo; Miettinen, Ari. Vapaan ja pakotetun konvektion virtaus ja lämmönsiirto. Helsinki. Metalliteollisuuden keskusliitto. 1992.
8. Lampinen, Markku. Termodynamiikan perusteet. Helsinki. Otatieto. 2010.
9. Andersson, John. Lämpöoppi. Espoo. Oy Edita AB. 1998.
10. Seppänen, Matti; Seppänen Olli. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Espoo. SIY Sisäilmatiето Oy. 2007.
11. Purmo. Yrityksen WWW-sivut. <http://www.purmo.com/fi/index.htm>. Päivitetty 13.4.2015. Luettu 13.4.2015.
12. Oy Lindab AB. Yrityksen WWW-sivut. <http://www.lindab.com/fi/pro/pages/default.aspx>. Päivitetty 13.4.2015. Luettu 13.4.2015.
13. TA-hydrionics. Patteriverkoston säätäminen. PDF-dokumentti. <http://vantalvi.fi/wp-content/uploads/2014/05/TA-K%C3%84SIKIRJA-Patteriverkoston-S%C3%A4%C3%A4t%C3%A4minen-2011.pdf>. Päivitetty 26.5.2014. Luettu 13.4.2015.
14. Hydrauliiikan luennot 2014. PDF-dokumentti. http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Hydrauliiikka2014.pdf. Päivitetty 31.12.2013. Luettu 13.4.2015.
15. Valintaopas. 2015. Reijdesing. WWW-dokumentti. <http://www.rejdesign.fi/valintaopas>. Päivitetty 13.4.2015. Luettu 13.4.2015.

16. Venttiilit. 2015. Oras. WWW-sivut.
<http://www.oras.com/fi/professional/products/productgroups/Pages/Valves.aspx>. Päivitetty 13.4.2015. Luettu 13.4.2015.
17. Pico technology WWW-sivut. Linkki sivuille <https://www.picotech.com/data-logger/tc-08/thermocouple-data-logger>. Päivitetty 13.4.2015. Luettu 13.4.2015.
18. Weckström, Thua 2014. Lämpötilan mittausta. PDF-dokumentti.
http://www.mikes.fi/mikes/Oppaat/J4_2005_Lampotilan_mittaus.pdf. Päivitetty 27.2.2014. Luettu 13.4.2015.
19. One Omega Drive. Revised Thermocouple Reference Tables. PDF-dokumentti. <http://www.omega.com/temperature/z/pdf/z207.pdf>. Päivitetty 20.5.2005. Luettu 13.4.2015.
20. Nokeval Oy. Lämpötilan mittausta termoelementeillä. WWW-dokumentti.
http://www.nokeval.com/pages.php?page_id=12&. Päivitetty 13.4.2015. Luettu 13.4.2015.
21. TA-hydraulics. TA-CMI Käyttöohje/Käsikirja. PDF-dokumentti.
<http://www.imi-hydro-nic.com/Handlers/FileDownloaderHandler.ashx?path=%2FProductFiles%2FProducts%2Fdocuments%2FManualer+PDF%2FTA-CMI+manual+PDF%2F307+161-05+TA-CMI+FI.pdf>. Päivitetty 13.4.2015. Luettu 13.4.2015.
22. Fluke Corporation. Fluke Ti20- lämpökamera. WWW-dokumentti.
<http://www.fluke.com/fluke/fifi/lampokamerat/Fluke-Ti20-%28Europe-only%29.htm?PID=56181>. Päivitetty 13.4.2015. Luettu 13.4.2015.
23. Test Equipment Depot. Fluke Ti20 Thermal Imager. WWW-dokumentti.
<http://www.testequipmentdepot.com/fluke/thermal/ti20.htm>. Päivitetty 13.4.2015. Luettu 13.4.2015.
24. Ebro. Datalogger. PDF-dokumentti.
http://www.ebro.com/fileadmin/pics/BA_s/EBI_20-Series.pdf. Päivitetty 13.3.2014. Luettu 13.4.2015.
25. Ebro. EBI 20-TH1. Humidity/Temperature Logger. WWW-dokumentti.
<http://shop.ebro.com/ebi-20-th.html>. Päivitetty 13.4.2015. Luettu 13.4.2015.
26. Nokeval Oy. Materiaalien emissiivisyys. WWW-dokumentti.
http://www.nokeval.com/pages.php?page_id=10&. Päivitetty 13.4.2015. Luettu 13.4.2015.

Tilaaaja	Sentakia Oy Tähtitorninkatu 26 15830 LAHTI
Tilaus	10.12.2014, Sauli Niemi
Yhteyshenkilö	VTT Expert Services Oy Erityisasiantuntija Jukka Määttä Kemistintie 3, Espoo PL 1001, FI-02044 VTT Puhelin 020 722 6164, telekopio 020 722 7003

Tehtävä Kahden pyyhekuivaimen tiivistystestaus ja materiaalianalyysi

Näytteet Tilaaja toimitti kaksi vesikiertoista pyyhekuivainta LC-35/5 ylä ja LC-5/500, valmistaja: Elonika UAB, Liettua. Tuoteselvitysten (liite 1) mukaan kuivainten putkimateriaalit ja käyttötarkoitukset ovat:

Pyyhekuivain	Materiaali, ulkopinta kromattu	Käyttötarkoitus
LC-35/5 YLÄ	messinki CuZn36As, juotosliitokset	lämmitys- tai lämpimän
LC-5/500	hopeakovajuotteella Ag-145 (ISO 17672)	käyttöveden verkosto (kiertojohto)

Näytteiden mukana tuotepakkauksissa oli mukana tuoteselvitys, takuutodistus, asennusohjeet sekä kiinnitystarvikkeet.

Kokeet

Painekoe

Näytteille tehtiin painekoe vedellä. Koepaineena oli 20 bar^{1, 2)}, paineen vaikutusaika 15 minuuttia.

- 1) Vesilaitteisto: suurin sallittu käyttöpaine on 10 bar /1/. Koepaineen on oltava vähintään 1,5 x suurin sallittu käyttöpaine /2/.
- 2) Lämmitysverkosto: Valmistajan ilmoittama suurin sallittu käyttöpaine on 10 bar. Tiivistystestauksen koepaineen on oltava vähintään 1,3 x suurin sallittu käyttöpaine /3/.

Materiaalianalyysi

Toisesta pyyhekuivaimesta otettiin koepala, josta analysoitiin metallin kemiallinen koostumus optisella emissiospektrometrillä.

Tulokset

Painekoe: Molemmat näytteet olivat tiiviitä. Kokeessa näytteisiin ei tullut vaurioita tai muodonmuutoksia.

Materiaalianalyysi: Tulokset esitetään taulukossa.

Näyte: LC-5/500, 28 mm:n putki, Sentakia Oy										
VTT Expert Services Oyn analyysi (optinen emissiospektrometri): 9/15. 20.1.2015										
Koostumus, %										
Sn	Pb	Zn	Ni	P	Fe	Si	Mn	As	Al	Cu
<0,01	<0,1	36,8	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,02	63,1

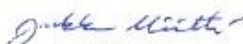
Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille

VTT Expert Services Oyn tai VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT Expert Services Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Materiaalitietojen arviointi

Analyysin perusteella näytteen messinki on vähälyijyistä sinkinkadonkestävää messinkiä. Koostumus vastaa putkivalmistajan ilmoittaman messingin CuZn36As koostumusta (materiaalitodistus liitteessä 1). Tätä erikoismessinkiä ei ole mainittu messinkiputkien standardissa SFS-EN 12449 /4/. CuZn36As soveltuu RakMk:n osan D1 mukaisiin vesilaitteistoihin.

Espoossa, 27.1.2015



Jukka Määttä
Erityisasiantuntija



Ville Hietanen
Asiantuntija

Viitteet

- 1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Osa D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007.
- 2 SFS-EN 806-2:2005 Specification for installations inside buildings conveying water for human consumption. Part 2: Design, Item 3.4.2 Pressure and temperature.
- 3 SFS-EN 442-1: 1996 /A1:2004 Radiators and convectors. Part 1: Technical specifications and requirements
- 4 SFS-EN 12449: 2012 Copper and copper alloys. Seamless, round tubes for general purposes.

Liite

1 Tuotokuvaus ja valmistajan materiaalitiedot

JAKELU

Tilaaaja
Arkisto, VTT Expert Services Oy

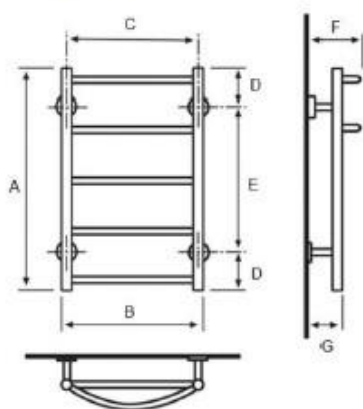
Alkuperäinen
Alkuperäinen

Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille

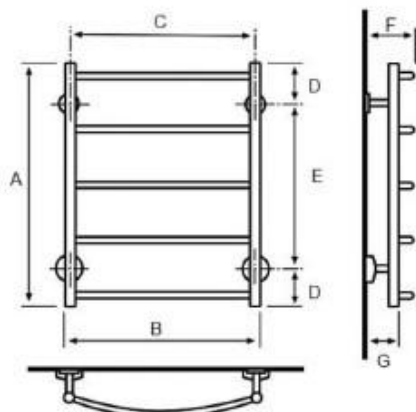
VTT Expert Services Oy:n tai VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT Expert Services Oy:tä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Valmistaja: Elonika UAB

Putket: pystyputket 28x1,5 ja vaakaputket 18x1,0
 Materiaali ja valmistustandardi: CuZn36As, EN 12449
 Liitäntä: 3/4" mutteri

SENTAKIA LC-35/5 YLÄ

A = 590 mm E = 390 mm
 B = 380 mm F = 150 mm
 C = 350 mm G = 88 mm
 D = 100 mm

**SENTAKIA LC-5/500**

A = 650 mm E = 495 mm
 B = 528 mm F = 125 mm
 C = 500 mm G = 88 mm
 D = 80 mm



Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille

VTT Expert Services Oyn tai VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT Expert Services Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Elonika UAB:n toimittamat selvitykset

Messingin materiaalitodistus
Putkivalmistaja: Peterseim GmbH & Co. KG Metallwerke
16.12.2010

Selvitys juotosmateriaalista

Peterseim GmbH & Co. KG
Metallwerke
Güterstraße 69
D-51828 Olpe
Telefon 02 27 62 / 942 5
Telefax 02 27 61 960 113
E-Mail: www.peterseim.de
E-Mail: info@peterseim.de



Peterseim GmbH & Co. KG - Postfach 27 61 - D-51828 Olpe
Datum/Date: 16.12.2010
Zusammensetzung der Kupfer-Zink-Legierung Name: J. Kranz
CuZn36Cu (Legierung 304)

Chem. Zusammensetzung / Chem. Composition in % (Massenanteile)

Element	Cu	Pb	Fe	SN	Al	Mn	Si	Ni	Zn	As	Anteil
min	85	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,2
max	85	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	0,08	0,01	0,2

Peterseim GmbH & Co. KG
Metallwerke




Vygotas Laido firma EVITA

ATITIKTIES SERTIFIKATAS

UAB "Elonika"
Akademijos g.7,
Vilnius

Vygotas Laido firma "EVITA" gamintoja, kad tiksliau išdėstytų lydinio (priešais at) (p) patį atitaku turinio išvardinimo charakteristikas.

FIZINĖS CHARAKTERISTIKOS

Gaminio markė	Skoria (meta), kg	Dimensiniai
Q-LAG 452/1,0 (L-Ag45Sn)	10,58	1,00 mm diametro viela
Q-LAG 452/1,5 (L-Ag45Sn)	15,36	1,50 mm diametro viela

CHEMINĖS CHARAKTERISTIKOS

Gaminio markė	Ag,%	Cu,%	Zn,%	Sn,%	Atitiktas pagal ISO 17672:2010
Q-LAG 452/1,0 (L-Ag45Sn)	44,81	27,31	25,28	2,60	Ag 145
Q-LAG 452/1,5 (L-Ag45Sn)	44,81	27,31	25,28	2,60	Ag 145

KITOS CHARAKTERISTIKOS

Gaminio markė	Temperatūrinis lydinio elgsenai, °C	Darbinio temperatūra, °C	Traukis, g/cm ²	Atitiktas pagal ISO 17672:2010
Q-LAG 452/1,0 (L-Ag45Sn)	600 - 630	- 670	9,2	Ag 145
Q-LAG 452/1,5 (L-Ag45Sn)	600 - 630	- 670	9,2	Ag 145

Vygotas Laido firma "EVITA"
vadovė
Svetlana Simulka

2014 m. kovo 05d.



Įmonės pav. J. L. 1302/08 Vilnius, L.A.
Vilnius tel. 01 2011776, 2117108, 304237
E-mail: info@evita.lt
WWW.EVITA.LT

44. Nr. LTA/0049008/181208
AB SEN kentinis, karko k. 78480
Jis kodas 12040275, PVM kodas LT04010714

Testaustulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille

VTT Expert Services Oyn tai VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT Expert Services Oy:itä saadun kirjallisen luvan perusteella.



UAB "ELONIKA"

Akademijos g.7, LT 08412 Vilnius
Tel.: (8-5) 272 90 33, 272 90 32, 272 93 48
Tel./faksas (8-5) 272 90 30
El. paštas: info@elonika.lt
Internete: http://www.elonika.lt

SUORITUSTASOILMOITUS
Nro 1

1. Tuotemallin yksilöllinen tunnuskoodi:

Katso tuoteluettelo.

2. Tyyppi, erä tai sarjanumero:

Katso tuotteen merkinnät.

3. Laitteen käyttötarkoitus:

Sisätilojen lämmitys, painekiertoiset kuumavesilämmitysjärjestelmät ja suljetun järjestelmän vesikeskuslämmitysjärjestelmät.

4. Nimi, rekisteröity kaupallinen nimi tai tavaramerkki ja valmistajan yhteystiedot:

UAB "ELONIKA", Akademijos g. 7, Vilna LT-08412, www.elonika.lt

5. Valtuutetun edustajan nimi ja yhteystiedot:

Sentakia Oy, Tähtitorninkatu 26, 15830 Lahti, www.sentakia.com

6. Rakennustuotteen suorituskyvyn arvioinnissa ja varmenuksessa käytetty järjestelmä tai järjestelmät:

Järjestelmä 3

7. Yhdenmukaistetun standardin alaisten laitteiden suoritusasoilmoituksissa:

Laitetyypin määrittäminen valmistajan otantaan perustuvan tyyppitestauksen perusteella.

8. Sellaisten rakennustarvikkeiden suoritusasoilmoituksissa, joille on suoritettu eurooppalainen tekninen arviointi:

—



UAB "ELONIKA"

Akademijos g.7, LT 08412 Vilnius
 Tel.: (8-5) 272 90 33, 272 90 32, 272 93 48
 Tel. faksas (8-5) 272 90 30
 El. paštas: info@elonika.lt
 Internetas: http://www.elonika.lt

9. Ilmoitettu suoritustaso:

Keskeiset ominaisuudet:	Suoritusarvo	Yhdenmukaistettu tekninen määrittäminen
Korkeus H	$H \pm 2 \text{ mm}$	EN 442-1:1999 EN 442-2:1999
Leveys L	$L \pm 2 \text{ mm}$	

Mitat (korkeus, leveys): katso tuotteen merkinnät (tuotteen tunnistekoodi ja H/L) tai pyyhekuivaimen teknisten tietojen lomake.

Tuotteen tunnistekoodi: katso kohta 1.

Liitäntä	G1/2" tai takaa 3/4" muttereilla	EN ISO 228-2:2005
Pinnoitteen irtoamisvastus pohjasta	[0]	EN ISO 2409:2008
Suurin käyttöpaine	1,0 MPa	EN 442-1:1999
Suurin käyttölämpötila	95 °C	EN 442-1:1999
Pinta	Pyyhekuivaimessa ei ole teräviä kulmia.	EN 442-1:1999
Lämmöntuotanto (75/65/20)	-	EN 442-1:1999

10. Kohdissa 1 ja 2 määritetyn tuotteen toiminta noudattaa kohdassa 9 määritettyä suoritustasoa.

Suoritustasoilmoituksesta yksinomaisesti vastaava taho on kohdassa 4 määritetty valmistaja.

Vastuhenkilö
 Vilna 3.2.2014

Zenonas Bliznikas
 Komercijos direktorius

Mūsų rekvizitai:

UAB „Elonika“, Akademijos 7, LT08412 Vilnius Tel.: (8-5) 272 90 33, 272 93 48
 Įm.kodas 120139574, PVM kodas LT201395716 Mob.tel.: (+370 698) 48865, (+370 687) 12686,
 Ats. sąsk. LT68 70440 60000950638 AB SEB bankas, S.W.I.F.T. CBVILT2X



UAB "ELONIKA"

Akademijos g.7, LT 08412 Vilnius
 Tel.: (8-5) 272 90 33, 272 90 32, 272 93 48
 Tel./faksas (8-5) 272 90 30
 El. paštas: info@elonika.lt
 Internetė: http://www.elonika.lt

SUORITUSTASOILMOITUS nro 1

Tuoteluettelo

Tuotteen numero	Nimi	Tyyppi	Keskeisten ominaisuuksien määrittäminen
1.	EN 200 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
2.	EN 200 SD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
3.	EN 260 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
4.	EN 260 SD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
5.	EN 270 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
6.	EN 270 SD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
7.	EN 400 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
8.	EN 400 SD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
9.	EN 460 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
10.	EN 460 SD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
11.	EN 470 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
12.	EN 470 SD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
13.	EN 640 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
14.	EN 640 SD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
15.	EN 600 SD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
16.	EN 660 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
17.	EN 660 SD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
18.	EN 670 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
19.	EN 670 SD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
20.	EN 800 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
21.	EN 800 SD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
22.	EN 858 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
23.	EN 858 SD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
24.	EN 1050 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
25.	EN 1050 SD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
26.	EN1060S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
27.	EN1060SD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
28.	EN 507SL-500	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
29.	EN 507SL-500D	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
30.	EN4100S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
31.	EN4100SD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
32.	EŽ 200 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
33.	EŽ 260 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
34.	EŽ 270 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
35.	EŽ 400 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
36.	EŽ 460 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
37.	EŽ 470 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
38.	EŽ 640 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
39.	EŽ 600 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
40.	EŽ 660 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005

3

Mūsų rekvizitai:

UAB „Elonika“, Akademijos 7, LT08412 Vilnius Tel.: (8-5) 272 90 33, 272 93 48
 Įm.kodas 120139574, PVM kodas LT201395716 Mob.tel.: (+370 698) 48865, (+370 687) 12686,

Ats. sąsk. LT68 70440 60000950638 AB SEB bankas, S.W.I.F.T. CBVILT2X



UAB "ELONIKA"

Akademijos g.7, LT 08412 Vilnius
 Tel.: (8-5) 272 90 33, 272 90 32, 272 93 48
 Tel. faksas (8-5) 272 90 30
 El. paštas: info@elonika.lt
 Internete: http://www.elonika.lt

41.	EŽ 670 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
42.	EŽ 800 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
43.	EŽ 858 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
44.	EŽ1050 S	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
45.	LC-3	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
46.	LC-3/400	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
47.	LC-3/500	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
48.	LC-3/600	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
49.	LC-4	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
50.	LC-4/500	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
51.	LC-5	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
52.	LC-5/370	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
53.	LC-5/400	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
54.	LC-5/500	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
55.	LC-5/600	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
56.	LC-7	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
57.	LC-7/370	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
58.	LC-7/400	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
59.	LC-7/500	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
60.	LC-7/600	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
61.	LC-9	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
62.	LC-9/500	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
63.	LC-9/600	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
64.	LC-35	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
65.	LC-35/600	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
66.	LC-935	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
67.	LS-3	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
68.	LS-3/400	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
69.	LS-3/500	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
70.	LS-3/600	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
71.	LS-4	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
72.	LS-4/500	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
73.	LS-5	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
74.	LS-5/370	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
75.	LS-5/400	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
76.	LS-5/500	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
77.	LS-5/600	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
78.	LS-7	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
79.	LS-7/370	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
80.	LS-7/400	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
81.	LS-7/500	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
82.	LS-7/600	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
83.	LS-9	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
84.	LS-9/500	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
85.	LS-9/600	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005

4

Mūsų rekvizitai:

UAB „Elonika“, Akademijos 7, LT08412 Vilnius Tel.: (8-5) 272 90 33, 272 93 48
 Įm kodas 120139574, PVM kodas LT201395716 Mob.tel.: (+370 698) 48865, (+370 687) 12686,
 Ats. sąsk. LT68 70440 60000950638 AB SEB bankas, S.W.I.F.T. CBVILT2X



UAB "ELONIKA"

Akademijos g.7, LT 08412 Vilnius
 Tel.: (8-5) 272 90 33, 272 90 32, 272 93 48
 Tel./faksas (8-5) 272 90 30
 El. paštas: info@elonika.lt
 Internetu: http://www.elonika.lt

86.	LS-35	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
87.	LS-35/5	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
88.	LS-35/600	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
89.	LS-935	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
90.	EZ370	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
91.	EZ400	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
92.	EZ470	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
93.	EZ500	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
94.	EZ570	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
95.	EZ600	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
96.	EZ1237	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
97.	EZ1247	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
98.	EZ1250	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
99.	EZ1257	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
100.	EZ1260	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
101.	EZ4M47x65K	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
102.	EZ4M50x87K	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
103.	EZ4MA50x112K	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
104.	EZ5M50x87K	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
105.	EZ5MA50x112K	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
106.	EZ7M50x120K	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
107.	EZ7M50x144K	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
108.	EP50x80KL	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
109.	EP50x80KLD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
110.	EP50x110KL	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
111.	EP50x110KLD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
112.	EP60x120KL	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
113.	EP60x120KLD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
114.	EP50x86KL	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005
115.	EP50x86KLD	Pyyhekuivain	EN 442-1:1999; EN ISO 228-2:2005

Vastuuhenkilö
 Vilna 7.4.2014

Zenonas Bliznikas
 Komercijos direktorius

CE-vaatimustenmukaisuusvakuutus



UŽDAROJI AKCINĖ BENDROVĖ
Akademijos g. 7, LT-08412, Vilna Puh. 272 90 32, GSM +370 6984 8867, faksi 272 9030

CE-vaatimustenmukaisuusvakuutus

Nro: 4/14-VN 7.4.2014

Elonika UAB, osoite Akademijos str. 7, Vilna, Liettua, yritystunnus 12013957, puhelin +370 698 48865, faksi +370 282 9030, vakuuttaa ja vastaa siitä, että pyyhekuivaimet on valmistettu Liettuassa ja että ne ovat standardin IST 2013957.01-vaatimusten sekä seuraavien ilmoitusten mukaisia.

Ruostumattomasta teräksestä valmistetut pyyhekuivaimet:	
EN200S; N260S; EN270S; EN400S; EN460S; EN470S; EN640S; EN600S; EN660S; EN670S; EN800S; EN858S; EN1050S; EN1060S; EN4100S; EN50x62SL; EN50x86SL;	
Ruostumattoman teräsputken nimellishalkaisija (mm)	28 x 1,5
Ruostumattoman teräksen luokitus	AISI 316
Ruostumattoman teräsputken valmistusstandardi	EN1.4401
Kierteen nimellishalkaisija	G1/2"
Kierteen pituus (mm)	15
Hydraulinen testaus (12 atm)	Hyväksytty

Messinkiset kaarevat pyyhetelineet (kromatut ja maalatut)	
LC-3/400; LC-3; LC-3/500; LC-3/600; LC-4; LC-4/500; LC-5; LC-5/370; LC-5/400; LC-5/500; LC-5/600; LC-7; LC-7/370; LC-7/400; LC-7/500; LC-7/600; LC-9; LC-9/600; LC-35; LC-35/5; LC-35/600; LC-935; EZ-370; EZ-400; EZ-470; EZ-500; EZ-570; EZ-600; EZ1237; EZ1247; EZ1250; EZ1257	
Pystysuoran messinkiputken nimellishalkaisija (mm)	28 x 1,5
Vaakasuoran messinkiputken nimellishalkaisija (mm)	18 x 1,0
Putken malli ja valmistusstandardi	CuZn36As, EN12449
Kierteen nimellishalkaisija	Mutteri, 3/4"
Galvanoitu pinta	Cu 20-Ni 15-Cr 0,3
Maalattun pinnan väri	RAL 9016
Hydraulinen testaus (12 atm)	Hyväksytty

Messinkiset pyyhekuivaimet:	
EŽ200S; EŽ270S; EŽ507SL; EŽ400S; EŽ460S; EŽ470S; EŽ640S; EŽ600S; EŽ660S; EŽ670S; EŽ800S; EŽ858S; EŽ1050S; EŽ1060S; EŽ50x500S; EŽ50x700S; EŽ25x500S; EŽ25x700S; SEN-600	
Messinkiputken nimellishalkaisija (mm)	28 x 1,5
Messinkiputken luokitus	CuZn36As
Messinkiputken valmistusstandardi	EN 12449
Kierteen nimellishalkaisija ja pituus (mm)	G1/2", 15
Pintakäsittely	Cu 20-Ni 15-Cr 0,3
Hydraulinen testaus (12 atm)	Hyväksytty

Messinkiset suorat pyyhetelineet (kromatut ja maalatut)	
LS-3/400; LS-3; LS-3/500; LS-3/600; LS-4; LS-4/500; LS-5; LS-5/350; LS-5/370; LS-5/400; LS-5/500; LS-5/600; LS-7; LS-7/370; LS-7/400; LS-7/500; LS-7/600; LS-9; LS-9/600; LS-35; LS-35/5; LS-35/600; LS-935; EZ-370; EZ-400; EZ-470; EZ-500; EZ-570; EZ-600; EZ1237; EZ1247; EZ1250; EZ1257	
Pystysuoran messinkiputken nimellishalkaisija (mm)	28x1,5
Vaakasuoran messinkiputken nimellishalkaisija (mm)	18x1,0; 22x1,0
Putken malli ja valmistusstandardi	CuZn36As, EN12449
Kierteen nimellishalkaisija	Mutteri, 3/4"
Galvanoitu pinta	Cu 20-Ni 15-Cr 0,3
Maalattun pinnan väri	RAL 9016
Hydraulinen testaus (12 atm)	Hyväksytty

Tuote noudattaa neuvoston direktiivejä 73/23/ETY ja 2002/95/EY (RoHS).

Vaatimustenmukaisuusvakuutuksen toteennäyttö: Valmistajan valmiilla tuotteilla suorittamat standardin IST 2013957.01:2002 mukaiset kokeet.

Tuotteen käyttötarkoitus: Käytettäväksi painekiertoisissa lämmitys- ja lämminvesijärjestelmissä. Soveltuu käytettäväksi sekä omakotitaloissa että kerrostaloasunnoissa.

Käyttöä koskevat erityisehdot: Valmistaja ei vastaa mekaanisen vahingoittumisen aiheuttamista pintavaurioista.

Vakuutuksen vastaanottaja: SENTAKIA OY

Vakuutuksen viimeinen voimassaolopäivä: 31.12.2016

Vastuuhenkilö: Kaupallinen johtaja, Zenonas Bliznikas

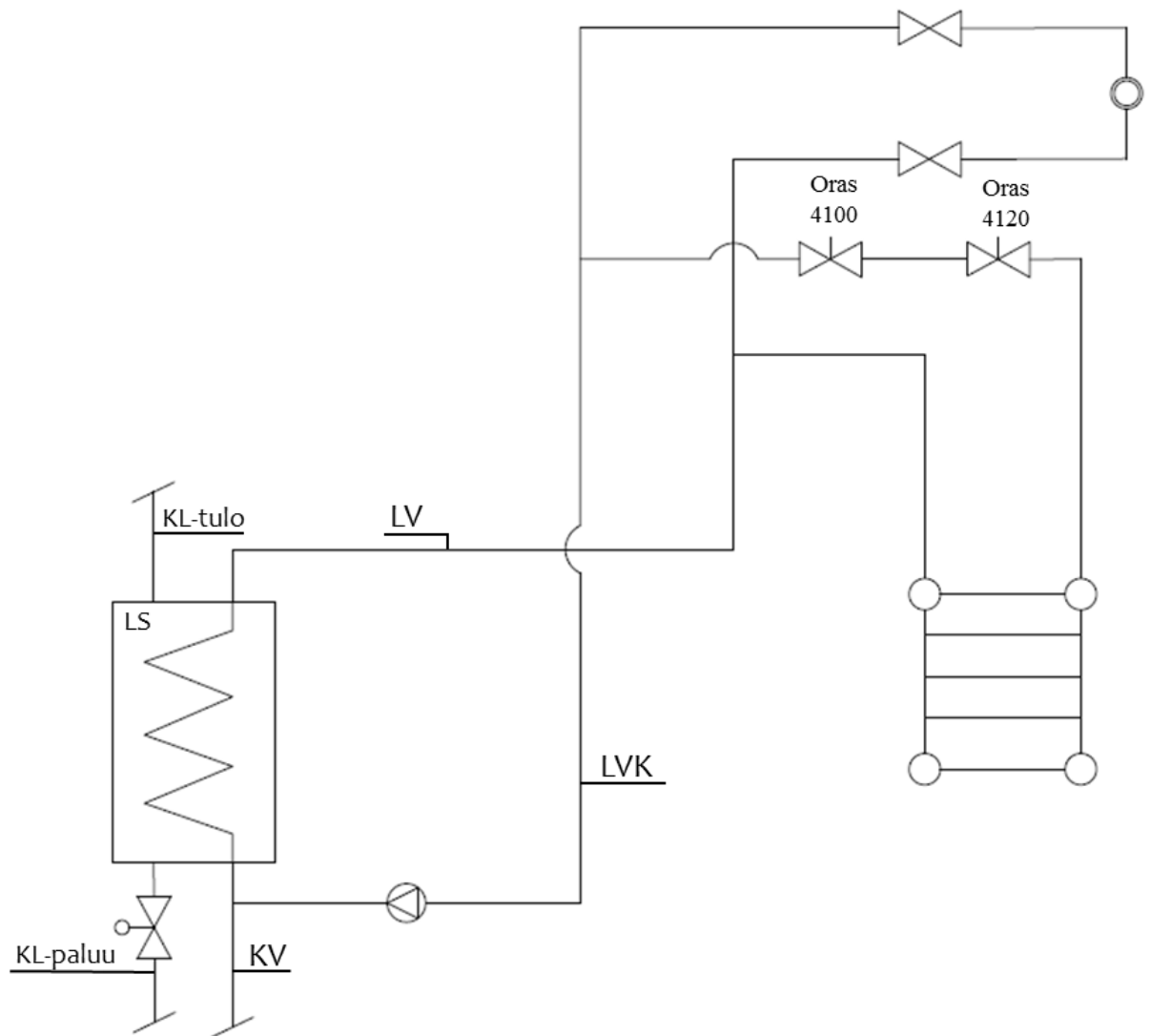
(asema, etunimi, sukunimi)

(leima/sinetti)

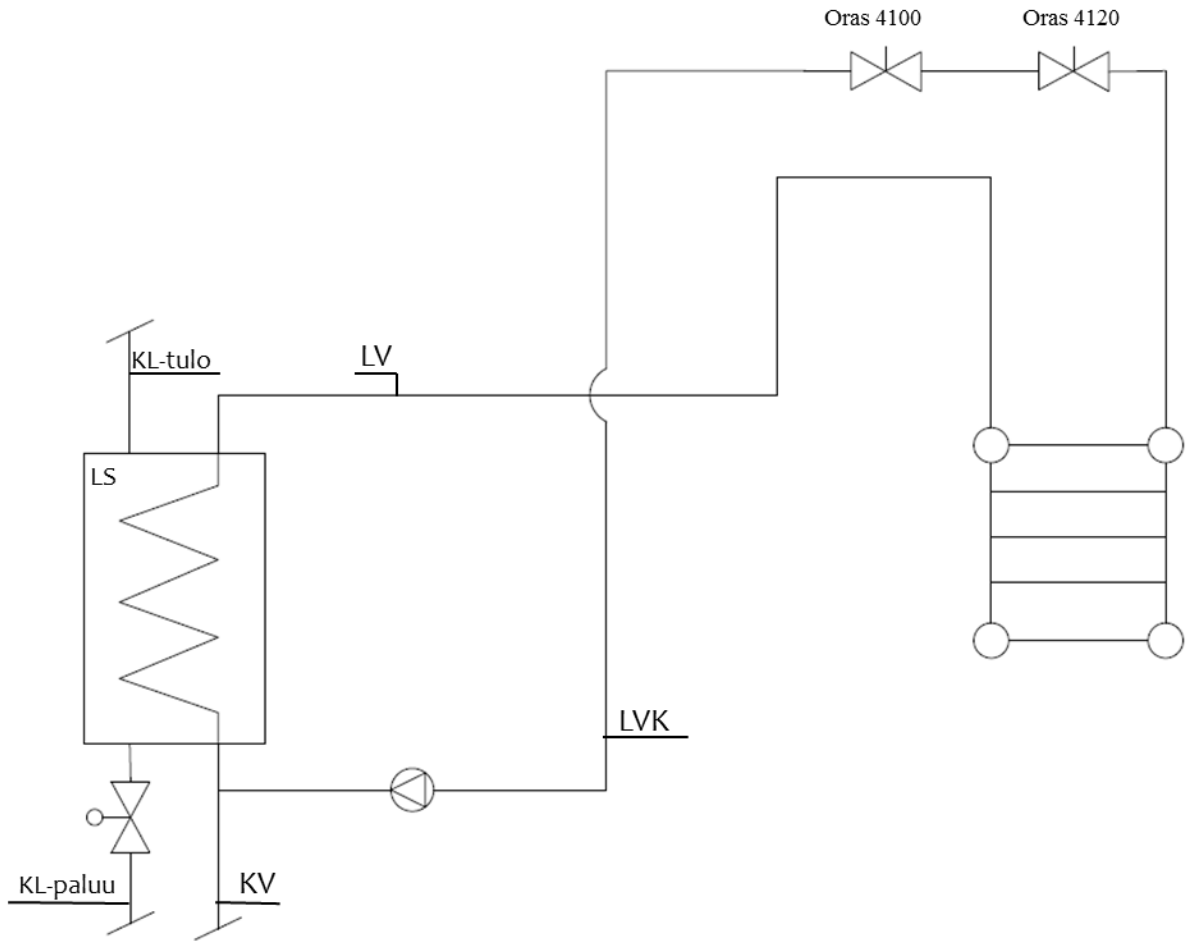
(allekirjoitus)

LIITE 4.

Kytentäkaavio, rinnankytkentä



Kytkentäkaavio, yksittäisen pyyhekuivaimen kytkentä



Mittauspöytäkirja LC-7/500

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Ajankohta: 5.-6.3.2015

Vesivirta mittaus

Paikka: MamkMittaaja: Toni NoronenMittari: TA-CMIVenttiili, tyyppi ja koko: Oras 4120 DN12Pyyhekuivaimen tyyppi: LC-7/500

	Kellonaika	Esisäätöarvo	k_v -arvo	Paine-ero (kPa)	Virtaama (l/s)
1	<u>5.3.2015</u> 15:11	1	0,08	1,7	0,003
2	15:12	1	0,08	4,0	0,004
3	15:17	1	0,08	6,0	0,006
4	15:23	2	0,10	4,2	0,006
5	15:31	3	0,13	3,1	0,007
6	15:37	3,5	0,145	2,7	0,007
7	15:42	4	0,16	2,4	0,007
8	15:47	4	0,16	4,0	0,009
9	16:13	3,5	0,145	4,2	0,008
10	16:20	3	0,13	4,8	0,008
11	16:30	2,5	0,115	5,4	0,007
12	16:40	2	0,10	6,1	0,007
13	16:55	1,5	0,009	6,9	0,007
14	17:02	1	0,08	7,4	0,006
15	17:14	1	0,08	5,2	0,005
16	17:21	1	0,08	3,5	0,004
17	17:47	1	0,08	1,5	0,003
18	17:55	2	0,10	2,1	0,004
19	18:05	4	0,16	1,9	0,006
20	18:12	4,5	0,18	1,7	0,007

Mittauspöytäkirja LC-7/500

	Kellonaika	Esisäättöarvo	k_v -arvo	Paine-ero (kPa)	Virtaama (l/s)
21	18:22	5	0,20	2,3	0,009
22	18:30	6	0,23	2,2	0,010
23	18:36	7	0,29	2,1	0,012
24	18:42	7	0,29	2,8	0,014
26	<u>6.3.2015</u> 8:36	7	0,29	2,0	0,011
27	8:51	7	0,29	2,8	0,014
28	9:08	5	0,20	3,1	0,010
29	9:31	5	0,20	5,2	0,013
30	9:37	5	0,20	5,2	0,013
31	9:50	4	0,16	6	0,012
32	10:00	3	0,13	7,4	0,010
33	10:10	1	0,08	11,7	0,008
34	10:24	1	0,08	7	0,006
35	10:38	1	0,08	4	0,004
36	10:53	1	0,08	2	0,003
37	11:19	1	0,08	1	0,002
38					
39					
40					

Mittauspöytäkirja LC-7/500

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Vesivirta mittaus

Ajankohta: 2.4.2015Paikka: MamkMittaaja: Toni NoronenMittari: TA-CMIVenttiili, tyyppi ja koko: Oras 4120 DN12Pyyhekuivaimen tyyppi: LC-7/500

	Kellonaika	Esisäättöarvo	k _v -arvo	Paine-ero (kPa)	Virtaama (l/s)
1	9:14	1	0,08	11,2	0,008
2	9:30	1	0,08	9	0,007
3	9:45	1	0,08	7,2	0,006
4	10:00	1	0,08	4,8	0,005
5	10:15	1	0,08	3,0	0,004
6	10:30	5	0,2	7,5	0,016
7	10:45	3	0,13	7,8	0,010
8	11:00	2	0,10	9,8	0,009
9	11:15	7	0,29	6,1	0,02
10	11:30	7	0,29	7,3	0,022
11	11:45	7,5	0,305	7,9	0,024
12	12:00	8	0,32	8,0	0,026
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

Mittauspöytäkirja LC-5/500

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Vesivirta mittaus

Ajankohta: 11.3.2015Paikka: MamkMittaaja: Toni NoronenMittari: TA-CMIVenttiili, tyyppi ja koko: Oras 4120 DN12Pyyhekuivaimen tyyppi: LC-5/500

	Kellonaika	Esisäätöarvo	k _v -arvo	Paine-ero (kPa)	Virtaama (l/s)
1	9:58	A	0,4	3,2	0,02
2	10:05	7	0,29	4	0,02
3	10:15	6	0,23	4,2	0,014
4	10:27	5	0,2	3,8	0,011
5	10:40	4,5	0,18	3,9	0,010
6	10:55	4	0,16	4,3	0,010
7	11:10	3,5	0,145	4,8	0,009
8	11:27	3	0,13	5,2	0,008
9	11:40	2,5	0,115	5,7	0,008
10	12:00	2	0,10	6,4	0,007
11	12:17	1,5	0,09	7,0	0,007
12	12:28	1	0,08	8,0	0,006
13	12:40	1	0,08	6,0	0,006
14	12:46	1	0,08	6,3	0,006
15	13:07	1	0,08	5,4	0,005
16	13:20	1	0,08	4,1	0,005
17	13:33	1	0,08	3,5	0,004
18	13:57	1	0,08	1,7	0,003
19	14:44	1	0,08	17,0	0,009
20	15:51	1	0,08	11,0	0,008

Mittauspöytäkirja LC-5/500

	Kellonaika	Esisäättöarvo	k _v -arvo	Paine-ero (kPa)	Virtaama (l/s)
21	16:02	1	0,08	9,5	0,007
22	16:13	2	0,10	4,7	0,006
23	16:24	3	0,13	4,6	0,008
24	16:37	3	0,13	3,7	0,007
25	16:47	1	0,08	5,8	0,005
26	16:56	1	0,08	3,4	0,004
27	17:06	1	0,08	1,8	0,003
28	17:15	1	0,08	0	0
29	17:23	1	0,08	1,3	0,003
30	17:40	1	0,08	1,0	0,002
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					

Mittauspöytäkirja LC-35/5 YLÄ

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Vesivirta mittaus

Ajankohta: 12.3.2015Paikka: MamkMittaja: Toni NoronenMittari: TA-CMIVenttiili, tyyppi ja koko: Oras 4120 DN12Pyyhekuivaimen tyyppi: LC-35/5 YLÄ

	Kellonaika	Esisäätöarvo	k _v -arvo	Paine-ero (kPa)	Virtaama (l/s)
1	8:45	6,0	0,23	2,5	0,010
2	8:56	5,0	0,20	2,5	0,009
3	9:08	4,5	0,18	2,8	0,009
4	9:18	4,0	0,16	3,0	0,008
5	9:29	3,0	0,13	3,7	0,007
6	9:42	2,0	0,10	5,0	0,007
7	9:56	1,0	0,08	6,0	0,006
8	10:08	1,0	0,08	5,1	0,005
9	10:18	1,0	0,08	4,5	0,005
10	10:30	1,0	0,08	3,3	0,004
11	10:46	1,0	0,08	2,7	0,004
12	11:33	1,0	0,08	1,9	0,003
13	11:43	1,0	0,08	2,4	0,004
14	12:07	1,0	0,08	4,5	0,005
15	12:20	1,0	0,08	1,5	0,003
16	14:15	1,0	0,08	2,2	0,003
17	14:35	1,0	0,08	2,6	0,004
18	14:40	1,0	0,08	1,0	0,002
19	15:14	1,0	0,08	6,5	0,006
20	15:20	1,0	0,08	2,4	0,004

Mittauspöytäkirja LC-35/5 YLÄ

	Kellonaika	Esisäättöarvo	k _v -arvo	Paine-ero (kPa)	Virtaama (l/s)
21	15:26	1,0	0,08	2,0	0,003
22	15:30	1,0	0,08	1,5	0,003
23	16:00	1,0	0,08	2,5	0,004
24	16:05	1,0	0,08	1,7	0,003
25	16:20	1,0	0,08	1,0	0,002
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					