

Joni Nieminen

MUURATSALON KOULUN  
HYBRIDIJÄRJESTELMÄN  
TOIMINTATESTAUS

Opinnäytetyö  
Talotekniikka


Toukokuu 2012




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>	
<b>Tekijä(t)</b> Joni Nieminen	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> Talotekniikka, LVI-insinööri	
<b>Nimeke</b> Muuratsalon koulun hybridijärjestelmän toimintatestaus		
<b>Tiivistelmä</b> <p>Tässä työssä tarkasteltiin koulurakennuksen hybridijärjestelmän toimivuutta dynaamisella toimintatarkastuksella. Järjestelmän toiminnassa oli havaittu puutteita ja toimeksiantona oli tutkia järjestelmää ja saattaa se toimivaksi. Toimintatarkastukseen sisältyy mittauksen suunnittelu, mittausten toteutus, mittaustulosten analysointi ja raportointi. Mittauksessa käytettiin dataloggeri-laitteistoa tallentamaan lämmitysjärjestelmän tapahtumia. Dataloggeri-laitteisto perustuu jatkuvaan mittaukseen, näin saadaan tietoa lämmitysjärjestelmän toiminnasta mittausjakson aikana ja voidaan ajoittaa tapahtumat tarkasti.</p> <p>Tutkittava hybridijärjestelmä muodostui öljykattilasta, lämminvesivaraajasta ja kahdesta ilma-vesilämpöpumpusta. Lämmönjakojärjestelmänä on pääosin patterilämmitys. Lämmitysjärjestelmästä ei ollut päivitettyä toimintakaaviota, mikä vaikeutti järjestelmän tutkimista.</p> <p>Testauksen lopputuloksena on, että ilma-vesilämpöpumppu on tuonut taloudellista säästöä. Vertasin vuoden aikana kulunutta öljymäärää ja ilma-vesilämpöpumppujen sähköenergian kulutusta aikaisempien vuosien keskiarvoiseen öljyn kulutukseen, jolloin erotukseksi tuli noin 54000 kWh energiansäästöä. Tämä vastaa öljymääränä 5400 litraa. Jos litra öljyn hinta olisi 1,1 euroa, säästöä kertyisi 5900 euroa. Järjestelmässä on kuitenkin enemmän säästöpotentiaalia.</p> <p>Hybridijärjestelmässä on monta tekijää, jotka vaikuttavat toisiinsa ja täten tekevät järjestelmän säädöstä mutkikkaan. Väärillä säädöillä voidaan pilata toimiva järjestelmä ja menettää investoinneilla tavoitellut hyödyt. Ilma-vesilämpöpumppujen omat energiantuottomittaukset mittaavat järjestelmälle liian suuria tuottoja ja totuuden järjestelmän toiminnasta näkee vasta lämmityslaskusta.</p> <p>Järjestelmässä patteriverkoston lämpötilat vaihtelevat paljon ja järjestelmän ohjausta tulisi parantaa. Oikeilla säädöillä hybridijärjestelmästä saadaan enemmän hyötyä ja luodaan viihtyisämpi sisäilmasto.</p>		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b> Energia, lämmitysjärjestelmät, ilmalämpöpumput		
<b>Sivumäärä</b> 40+10	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Aki Valkeapää	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b> Planetcon oy	

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the master's thesis	
Author(s) Joni Nieminen		Degree programme and option Talotekniikka	
Name of the master's thesis  Operation test of a school building`s hybrid system in Muuratsalo			
<p><b>Abstract</b></p> <p>This Bachelor`s thesis discusses the functionality of hybrid heating system in a school building with a dynamic operation test. Some weaknesses were detected in the operation of the heating system. We were asked to investigate problems of the system and repair it. Measurement design, implementation, analysis and report were included in the function test.</p> <p>In the measurements, a data logger system was used to collect data from heating system operation. The data logger is based on continuous measurement. Like this we find out how the heating system works at measurement period and happenings can be timed exactly.</p> <p>The hybrid heating system includes an oil boiler, a hot water pre-heater and two air-to-water heat pumps. The air-to-water heat pump is used only in buildings with the hydronic heat distribution systems. There wasn't a dated circuit diagram and that`s why it was difficult to investigate the heating system.</p> <p>The control of the hybrid system depends on many factors and that`s a reason why it is difficult to control hybrid system. Wrong adjustment can damage a good system and lose money saving which were wished when invested in this system. The own energy yield measurement of air-to-water heat pumps shows too much energy yield and a truth of hybrid system working is revealed when heating bill is received.</p> <p>As the result of this thesis, air-to-water heat pumps were given some economical savings. However flow and return temperatures of thermal network vary very much. Control of the hybrid system would make it better.</p>			
Subject headings, (keywords)  Energy, heating systems, air-source heat pumps			
Pages 40+10	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor  Aki Valkeapää		Master's thesis assigned by Planetcon Oy	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	ENERGIA .....	2
2.1	EU:n energiatavoitteet .....	2
2.2	Suomen energiapolitiikka .....	2
2.3	Energiatehokkuus kasvattaa kiinteistön arvoa.....	3
2.4	Energiansäästöä lämmitystapavalinnoilla.....	4
3	ILMA-VESILÄMPÖPUMPUT .....	5
3.1	Toimintaperiaate .....	5
3.2	Ilma lämmönlähteenä Suomessa.....	8
3.3	Säästöjä ilma-vesilämpöpumpulla .....	9
3.4	Ilma-vesilämpöpumpputyypit.....	10
3.4.1	Ulosasennettava split- ja monoblock- ilma-vesilämpöpumppu.....	10
3.4.2	Sisälle asennettava ilma-vesilämpöpumppu .....	11
3.5	Ulkoyksikön sijoitus .....	11
3.6	Käytettävät kylmäaineet .....	13
3.7	Inverter- vai On/Off-säätö .....	14
3.8	Lämmönjakojärjestelmä ja ilma-vesilämpöpumppu.....	16
3.9	Lämpimän käyttöveden valmistus .....	17
3.10	Mitoitus.....	18
3.11	Ilma-vesilämpöpumppu ja öljykattila .....	23
3.12	Ilma-vesilämpöpumppu vai maalämpöpumppu .....	25
4	LÄHTÖKOHDAT TESTAAMISEEN JA JÄRJESTELMÄN KUVAUS .....	27
5	MITTAUSJÄRJESTELYT .....	31
5.1	Testauksen suunnittelua 7.2.2012.....	31
5.2	Mittauslaitteiston asentaminen kohteeseen 17.2.2012.....	31
5.3	Lisäantureiden asentaminen 24.2.2012.....	32
5.4	Mittauksen lopetus 27.2.2012.....	32
6	TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI.....	33
7	EHDOTUKSIA JATKOTOIMENPITEISTÄ .....	39
8	POHDINTA .....	39
	LÄHTEET .....	41

## LIITTEET

1 Öljyn- ja sähkönkulutus vuosittain (2004-2012)

2 Toimintakaavioita hybridijärjestelmästä (1-2)

3 Esimerkkejä järjestelmäratkaisuista (1-7)

## 1 JOHDANTO

Tässä työssä on tarkoitus selvittää Muuratsalon koulun hybridilämmitysjärjestelmän tilaa dynaamisella toimintatarkastuksella. Dynaamiseen toimintatestaukseen sisältyy mittausten suunnittelu, mittausten suoritus, tulosten käsittely, analysointi ja raportointi. Dynaamisessa toimintatestauksessa käytettiin dataloggeri-laitteistoa, joka perustuu jatkuvaan mittaukseen. Mittausdataan saadaan mittaushetken aika, joten mittausdataan piiryy hyvä läpileikkaus mittausjakson tapahtumista lämmitysjärjestelmässä. Mittaus ei vaikuta LVI-järjestelmän toimintaan häiritsevästi.

Järjestelmän toiminnassa on havaittu puutteita. Toimeksiantona on ollut selvittää järjestelmän toimintakunto ja säästökapasiteetin määrä. Järjestelmä halutaan saada toimintakuntoon, jotta hybridijärjestelmän hankinnassa tavoiteltu hyöty ja investointikustannukset kohtaisivat. Eri tilojen välillä käyttäjät ovat havainneet myös poikkeavuuksia sisälämpötiloissa. Testauksen suorittamiseen osallistui myös kiinteistön hoitaja omilla havainnoillaan ja kulutustietojen keräämisellä. Hybridijärjestelmän toimintaperiaatteista on käyty keskustelua myös järjestelmän asennuttaneen henkilön kanssa.

Tutkittavassa kohteessa on ala-aste ja päiväkotikoti samassa rakennuksessa. Rakennus on valmistunut 1957. Rakennus on bruttopinta-alaltaan 1144 br-m<sup>2</sup> ja rakennustilavuudeltaan 4333 r-m<sup>3</sup>.

Kiinteistö lämmitetään hybridijärjestelmällä, joka koostuu öljykattilasta ja kahdesta v. 2010 asennetusta ilma-vesilämpöpumpusta sekä tasaussäiliö/käyttöveden esilämmitysvaraajasta. Käytän opinnäytetyössäni myöhemmin ilma-vesilämpöpumpusta myös lyhennettä VILP. Järjestelmä palvelee käyttövedettä, ilmanvaihdon lämmitystä ja patteriverkostoa. Järjestelmästä puuttui päivitetty toimintakaavio, joten tein päivitetyn toimintakaavion, joka löytyy työn liitteistä.

Teoriaosuudessa käsittelem energiansäästöä, ilma-vesilämpöpumppujen toimintaa yleisesti sekä niiden toimintaa Suomen haastavissa ilmasto-oloissa.

Opinnäytetyöni tein Planetcon Oy:lle, joka on talotekniikan asiantuntija- ja rakennuttajayritys. Planetcon Oy:stä opinnäytetyössäni minua ohjasivat Markku Ruohonen ja Hannu Haapamäki.

## **2 ENERGIA**

Energia on voimavara, joka mahdollistaa nykymuotoisen elämän kehittymisen ja jatkumisen. Energia on tuotantotoiminnan, liikkumisen ja asumisen kannalta välttämättömyys. Energian käytön jatkuva kasvaminen aiheuttaa energiavarojemme ehtymistä ja ympäristön tuhoutumista asteittain. Koko maapallon päästöt saastuvat ilmakehää ja pienemmällä mittakaavalla lähialueiden päästöt aiheuttavat vesistöjen ja pohjaveden saastumista. [19.]

Energiakysymys on yksi Euroopan suurimmista haasteista. Energian hintojen nousu ja kasvava riippuvuus energian tuonnista vaarantavat EU:n turvallisuuden ja kilpailukykyyn. EU:ssa tehdään päästöjen leikkauksia ja ilmastonmuutoksen torjuntaa koskevia tärkeitä päätöksiä. Seuraavan vuosikymmenen aikana tarvitaan valtavia investointeja, jotta eurooppalaiset laitokset ja infrastruktuuri vastaisivat tulevaisuuden tarpeita. [7.]

### **2.1 EU:n energiatavoitteet**

Energiankulutuksen vähentäminen ja energian tuhlauksen estäminen ovat tärkeitä tavoitteita Euroopan unionissa (EU). Parantamalla energiatehokkuutta EU myötävaikuttaa ratkaisevalla tavalla kilpailukykyyn, energian toimitusvarmuuteen ja ilmastonmuutosta koskevien, Kioton pöytäkirjaan perustuvien sitoumusten noudattamiseen. Erityisesti sellaisilla runsaasti energiaa kuluttavilla aloilla kuin rakennusala, tehdasteollisuus, energian muuntaminen ja liikenne on merkittäviä energiansäästämismahdollisuuksia. EU sitoutui vuoden 2006 lopulla säästämään 20 % primaarienergian vuosikulutuksesta vuoteen 2020 mennessä. Jotta tähän tavoitteeseen päästäisiin, EU määrää muun muassa vähimmäisvaatimuksia energiatehokkuudelle ja sääntöjä tuotteiden, palvelujen ja infrastruktuurien energiamerkinnoille. [7.]

### **2.2 Suomen energiapolitiikka**

Suomen energiapolitiikalla on kolme peruslähtökohtaa: energia, talous ja ympäristö. Keskeisellä sijalla ovat energian saatavuuden turvaaminen, energian kilpailukykyinen hinta ja EU:ssa yhteisesti asetettujen Energia- ja ilmastotavoitteiden toteuttaminen. Myös muiden kestävä kehityksen ja ympäristötavoitteiden integrointi energiatalou-

teen on keskeinen toimintaperiaate. Lisäksi tuontienergian hinta- ja saatavuusnäkymät sekä lisääntynyt kansainvälinen päätöksenteko vaikuttavat energiapolitiikkaan. [33.]

Noudatettava energiapolitiikka perustuu hallitusneuvotteluissa sovittuihin tavoitteisiin ja erikseen laadittuihin energiapoliittisiin asiakirjoihin, joita on esimerkiksi hallituksen energiapoliittinen ohjelma. Noudatettava energiapolitiikka pohjautuu myös erityisohjelmiin, kuten kansallinen ilmasto- ja energiastrategia, ja kansainvälisiin sitoumuksiin. Suomi on monissa energiansäästötoimissa ja energiankäytön tehokkuudessa kansainvälisesti johtavia maita. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto, vapaaehtoisten energiatehokkuussopimusten kattavuus ja energiakatselmusten järjestelmällinen toteuttaminen ovat hyviä esimerkkejä tuloksellisesta energiansäästöä. [33.]

### **2.3 Energiatehokkuus kasvattaa kiinteistön arvoa**

Panostus energiatehokkuuteen voi kiinteistöjen arvonmääritykseen erikoistuneen Kiinteistötaito Peltola & co Oy:n selvityksen mukaan nostaa kiinteistön arvoa jopa 5-7 prosenttia. Kiinteistöissä toteutetut energiansäästöön liittyvät toimenpiteet ja investoinnit tuottavat positiivista arvoa sekä kiinteistön omistajalle että käyttäjälle. Oikeilla toimenpiteillä kiinteistön tekninen kunto paranee, ylläpitokustannukset laskevat, käyttäjät viihtyvät ja kiinteistön arvo nousee. [28.]

Kiinteistöjen ylläpitokustannuksista yli 40 prosenttia kuluu kiinteistöjen lämmitykseen sekä veden ja sähkön kulutukseen. Kiinteistöjen energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet alentavat energialaskun määrää tuntuvasti. [28.]

Energiatehokkuuden toimenpiteet edellyttävät ammattimaista ylläpitoa sekä investointeja, joita ei saa nähdä vain ylläpitoon kuuluvina kuluerinä vaan investointeina, jotka lisäävät kiinteistön tuottoa ja arvoa. Yhdistämällä uusi tekniikka ja energiatehokas ylläpito saadaan huomattavia säästöjä energiakulutuksessa. Kiinteistösijoituksen kannalta on aina kyse tuottojen ja kulujen suhteesta. Energiatehokkuuteen panostamalla pystyy tehokkaimmin laskemaan kuluja ja turvaamaan kiinteistöhuollon riittävän läsnäolon. Toimivat tilat ja käyttäjien viihtyminen kiinteistössä yhdistettynä käyttökustannusten kilpailukykyisyyteen luovat omistajille varmat tuottonäkymät. [28.]



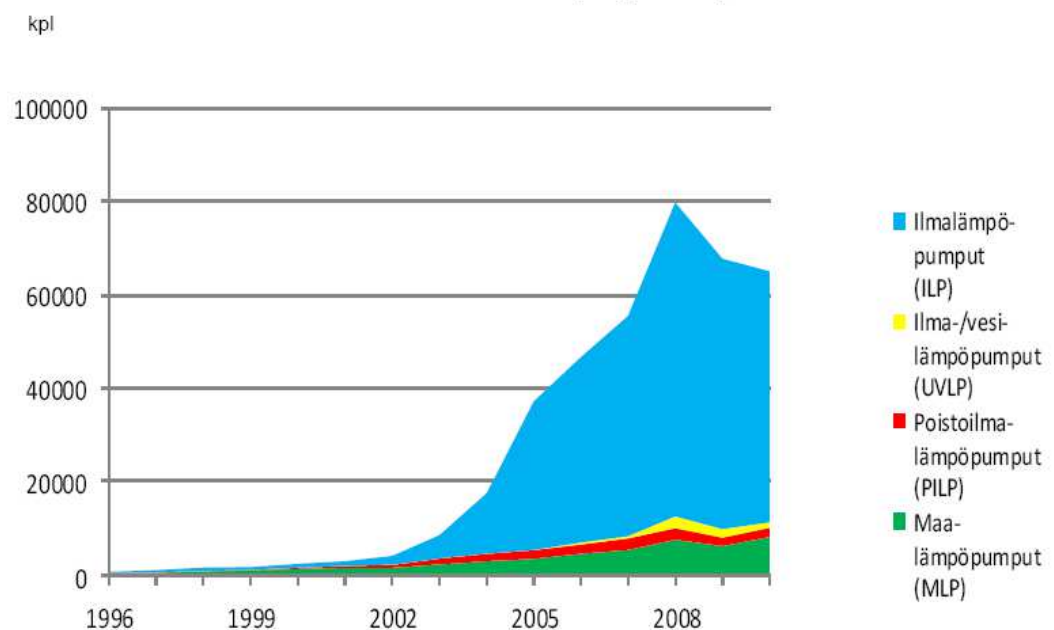
## 2.4 Energiansäästöä lämmitystapavalinnoilla

Lämmitystavan vaihtaminen on energiansäästävä toimenpide, jolla hyvin toteutettuna voidaan puolittaa rakennuksen kokonaisenergian kulutus esimerkiksi sähkölämmityksestä maalämpöön siirryttäessä. Tämä tosin edellyttää, että talo on muuten ilmanpitävyydeltään kohtuullisessa kunnossa. Lämpöpumppujen nopea kehitys on aiheuttanut sen, että moni harkitsee talonsa lämmitystavan vaihtoa lämmityskulujen vähentämiseksi. Lämpöpumppuasennusten määrä on noussut hurjasti 2000-luvulla, kuten kuvassa 1 näkyy. Uusissa pientaloissa joka toinen on päätynyt maalämpöpumppuun, poistoilmalämpöpumppuun tai ilma-vesilämpöpumppuun. Suomessa on paljon potentiaalia lämmitysjärjestelmien uudistamiseen energiaa säästävämmäksi erilaisilla tavoilla (kuva2). [15.]

Lämpöpumppuinvestoinnissa asiakasta houkuttelee investoinnin kannattavuus. Tavallisesti lämpöpumppusijoituksella pystytään saamaan 10-15 %:n tuotto. Sijoitus vaan paranee energian hinnan noustessa ja samaan aikaan kiinteistön arvokin nousee. Lämpöpumput ovat saapuneet myös isompiin kiinteistöihin, joissa niiden kannattavuus on monesti vieläkin parempi. [30].



Asennetut lämpöpumput 1996-2010  
(kappaletta)



KUVA 1. Asennetut lämpöpumput 1996- 2010 [31]



**KUVA 2. Lämmitysjärjestelmien saneerausmarkkinat [10]**

### 3 ILMA-VESILÄMPÖPUMPUT

On olemassa erilaisia lämpöpumppuja, jotka ottavat lämpöenergiaa ulkoilmasta. Ulkoilmalämpöpumpuille voidaan tehdä karkea kahtiajako ilma-ilma- ja ilma-vesilämpöpumppujen välillä. Näissä kahdessa pumpputyypissä on eroja siinä, kuinka talteenotettu lämpö hyödynnetään. Ilma-ilmapumput tuottavat lämmintä ilmaa, jota puhalletaan taloon puhaltimen avulla. Ilma-vesilämpöpumput taas siirtävät lämpöenergian ulkoilmasta talon vesikiertoiseen järjestelmään, ja lämpö käytetään pattereiden ja lattialämmityksen lämmitysveden sekä käyttöveden lämmittämiseen. Ulkoilmasta sisäilmaan siirrettynä energiaa on helpompaa hyödyntää sekä lämmitykseen että jäähdytykseen. On olemassa myös järjestelmiä, jossa ilma-vesilämpöpumpulla toimivaan järjestelmään yhdistetään jäähdytys tai aurinkopaneeleita. [23.]

Lämpöpumppujen asentamista rakennuksiin säätelevät yleiset rakennusmääräykset, kylmälaitteiden asennusta koskevat määräykset ja sähköturvallisuuslainsäädäntö [24].

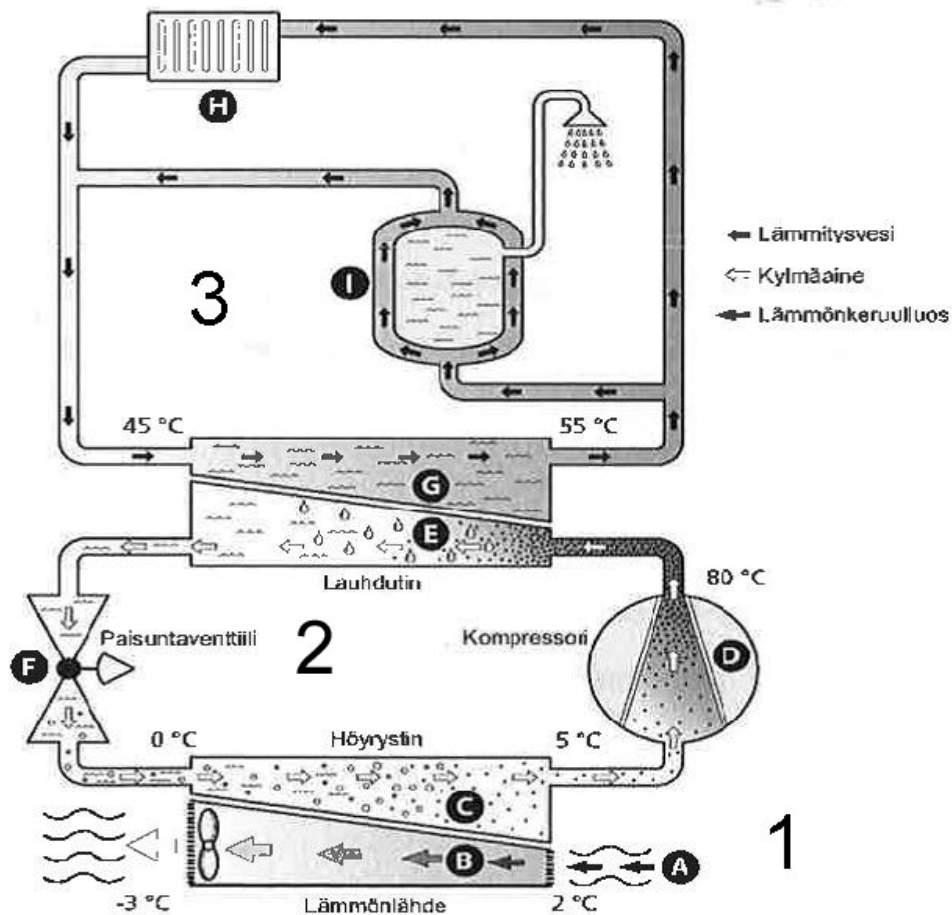
#### 3.1 Toimintaperiaate

Ilma-vesilämpöpumppu koostuu yleensä ulko- ja sisäyksiköstä. Ulkoyksikkö sisältää höyrystimen, kompressorin ja automatiikan ohjauslaitteita. Lämmön keruu tapahtuu

ulkoilmasta ulkoseinälle sijoitetun puhallin/höyrystinyksikön avulla. Puhallin kierrättää ulkoilmaa höyrystimen läpi. Höyrystimessä ilma jäähtyy, kun energiaa siirtyy höyrystyvään kylmäaineeseen. Sähköllä toimiva kompressor nostaa kaasuuntuneen kylmäaineen lämpötilaa ja painetta. [2;17;21.]

Sisäyksikössä on lämpöä luovuttava lauhdutin ja vesivaraaja. Lämpö siirretään talon vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään lauhduttimessa, jossa kylmäaine muuttuu nesteeksi luovuttamalla lämpöä vesivaraajaan, lauhduttimelta nestemäinen kylmäaine virtaa taas höyrystimeen. Vesivaraajassa lämpöä käytetään joko käyttöveden esilämmittämiseen tai lämmitysverkoston veteen tai vaihtoehtoisesti molempiin. [2;17;21.]

Kuvassa 3 on esitetty ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate. Ulkoilmasta saadun energian muuttaminen rakennuksen lämmitysenergiaksi tapahtuu kolmessa eri piirissä. Kuva 3 ja sen toimintaperiaatekuvaus on otettu Jämä-moon -merkkisen ilma-vesilämpöpumpun käyttöohjekirjasta. Kuvan 3 lämpötilat ovat esimerkkejä ja saattavat vaihdella asennuksien ja vuodenaikojen mukaan. [13.]



KUVA 3. Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate [13]

Tässä kappaleessa suluissa oleva numerointi liittyy kuvaan 3. Lämmönkeruupiiri (1) kerää ilmaisen lämpöenergian ympäristöstä ja siirtää sen lämpöpumppuun. Kylmäainepiirissä (2) lämpöpumppu nostaa kerätyn lämpöenergian alhaisen lämpötilan käyttökelpoiselle tasolle. Lämmityspiirillä (3) lämpö jaetaan rakennukseen. [13.]

### **Ulkoilma (Lämmönkeruupiiri)**

**A** Ulkoyksikön puhallin imee ulkoilman höyrystimeen

**B** Höyrystimessä ilma luovuttaa lämpöenergiaa kylmäaineeseen ja ilman lämpötila laskee.

**C** Lämpöpumpun kylmäainepiirissä kiertävä kylmäaine virtaa höyrystimen läpi, sitoo itseensä ulkoilmassa olevaa lämpöenergiaa ja höyrystyy. [13.]

### **Kylmäainepiiri**

**D** Kylmäainepiirissä kylmäaine höyrystyy. Kylmäaine virtaa sähkökäyttöiseen kompressoriin. Kun kylmäainehöyryä puristetaan kokoon, kylmäainehöyryn paine ja lämpötila nousevat voimakkaasti. Lämpötila nousee noin 5 asteesta noin 80 asteeseen.

**E** Kompressorilta höyry virtaa lauhdutin-lämmönvaihtimeen. Lauhduttimessa kylmäaine luovuttaa lämpöenergiaa rakennuksen lämmitysjärjestelmään. Kylmäainehöyry jäähtyy ja muuttuu takaisin nesteeksi.

**F** Lauhduttimelta nestemäinen kylmäaine virtaa paisuntaventtiilin läpi, jossa sen paine ja lämpötila laskevat. Kylmäaine on nyt kiertänyt täyden kierron ja virtaa jälleen höyrystimeen ja prosessi toistuu. [13.]

### **Lämmityspiiri**

**G** Lauhduttimessa lämmitysveteen varastoituu kylmäaineen luovuttama lämpöenergia. Lämmitysveden menolämpötila nousee noin 55 asteeseen.

**H** Lauhduttimelta lämmin vesi johdetaan varaajaan ja rakennuksen lämmityspattereihin. [13.]

### 3.2 Ilma lämmönlähteenä Suomessa

Ilma-vesilämpöpumppu voi toimia rakennuksen pääasiallisena lämmönlähteenä, ja se sopii lähes kaikkiin rakennuksiin, joissa on vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä [17].

Ilma-vesilämpöpumpun heikkous on se, että se vaatii varalämmitysjärjestelmän. Kylmimmällä säällä, juuri kun lämmitystarve on suurin, lämpöpumppu ei ole käytettävissä. Lämpöpumpun lämpökerroin laskee nopeasti ulkolämpötilan laskiessa. Tuolloin lämpöpumppua ei kannata käynnistää laisinkaan ja lämpöpumppu myös sammuttaa itse itsensä. Tällaiset olosuhteet ovat noin -20 °C lämpötilaa kylmemmissä pakkaslukemissa. Ilma-vesilämpöpumppu hyödyntää yleensä varajärjestelmänä siihen sisältyviä sähkövastuksia. Laitteen sähkövastuksen tai rinnalla olevan toisen lämmönkehittimen, kuten öljykattilan, on oltava teholtaan vähintään yhtä suuri kuin talon lämmitys- ja käyttöveden tehonkulutus suurimmillaan. [5;21;27;31.]

Ilma-vesilämpöpumppua hankkiessa kannattaa varmistaa, että laite sopii pohjoismaisiin olosuhteisiin ja että sen toimivuus on luotettavasti testattu. Ilma-vesi lämpöpumpun höyrystinpatteri tarvitsee ajoittain sulatusta, joka alentaa pumpun lämpökerrointa. [31.]

Sulatustarve syntyy ilman kosteuden tiivistyessä ja huurtuessa höyrystimen pinnoille (höyrystyslämpötila < 0°C). Huurtuminen on voimakkainta, kun ulkolämpötila on nollan vaiheilla. Koska huurre haittaa lämmön siirtymistä ja ilman virtausta, se on poistettava ajoittain sulattamalla. Pohjoismaisiin olosuhteisiin suunnitelluissa lämpöpumpuissa on aina automaattinen sulatus. Sulatusjaksojen tiheys ja pituus vaikuttavat merkittävästi lämmöntuoton tehokkuuteen. Ulkoyksikön kylmäpatteriin syntyneet jääkerrostumat saadaan sulatettua ja näin varmistettua lämmön siirtyminen tehokkaasti ulkoilmaan. Ilmalämpöpumppujen sulatus voi toimia kahdella eri periaatteella, joko ulkoyksikön nelitieventtiili kääntää kylmäaineen virtauksen hetkellisesti toiseen suuntaan tai sitten sulatus tapahtuu sähkövastuksilla. [9;17;18.]

Ilma-vesilämpöpumput, joiden sulatus toimii kylmäainevirtauksen suunnan vaihdolla, ottavat sulatuslämmön lämmitysjärjestelmästä. Ilma-vesilämpöpumppujen kanssa kehoitetaan asentamaan järjestelmään puskurisäiliö, jotta varmistetaan vähintään 10 minuutin käyntiaika sulatuskäytössä. Puskurisäiliö pidentää lämpöpumpun käyntiaikaa alhaisemmalla lämmöntarpeella ja pidentää pumpun käyttöikä. [2.]

### **3.3 Säästöjä ilma-vesilämpöpumpulla**

Ilma-vesilämpöpumppu voi vähentää lämmitykseen kuluvan sähkön kulutusta 40–60 prosenttia suoraan sähkölämmitykseen verrattuna. Säästöön vaikuttaa muun muassa lämpöpumpun mitoitus, maantieteellinen sijainti ja lämmönjakojärjestelmä. [5.]

Ulkoilman ja lämmönjakoverkoston lämpötilat vaikuttavat huomattavasti ilma-vesilämpöpumppujen hyötysuhteeseen ja lämpötehoon. Pohjois-Suomessa sijaitsevalla rakennuksella on yleensä suurempi energian säästöpotentiaali kuin Etelä-Suomessa sijaitsevalla. Toisaalta samalla kun olosuhteet kylmenevät, ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhde huononee. [17.]

Ilma-vesilämpöpumppua valittaessa tärkeä asia on järjestelmän oikea mitoitus, jotta saadaan tasapainoinen lopputulos investoinnin ja energiansäästön välille. Olennaisia tekijöitä mitoituksessa ovat mm. rakennuksen koko ja nykyinen energiankulutus, huipputehon tarve sekä käyttöveden kulutuksen määrä. Suunnitteluvaiheessa kannattaa huomioida myös varautuminen aurinkolämmitykseen. [6.]

Lämpöpumpun tehon mitoituksella on vaikutusta investointikustannuksiin ja vuosittaisiin lämmityskustannuksiin. Mitä suurempi on lämpöpumpun teho, sitä kalliimpi on lämpöpumppu, mutta sitä vähemmän joudutaan vuosittain maksamaan lämmityksestä. [2.]

Ilma-vesilämpöpumppu ei saa olla teholtaan liian pieni lämmitettävään kohteeseen. Sähkövastuksen tai muun varajärjestelmän käytön osuus vuotuisessa käytössä voi muuten nousta tarpeettoman suureksi, vaikka itse laitteen hyötysuhde olisikin korkea. [17.]

Lämpöpumpun tehokkuutta kuvaavasta lämpökertoimesta käytetään lyhennettä COP-kerroin. Lämpökerroin vaihtelee toimintapisteen mukaan. Toimintapisteellä tarkoitetaan ulkoilman lämpötilaa ja lämmitysverkoston lämpötilaa, esimerkiksi +7/40°C. Ilma-vesilämpöpumpun antoteho on noin puolet vähemmän -20°C asteessa kuin +7°C asteessa, jossa laitteiden tehot yleensä ilmoitetaan. Saman lämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin vaihtelee suuresti eri kohteiden ja olosuhteiden mukaan. [17; 22.]

Kun huomioidaan koko lämmityskausi kylmine pakkaspäivineen, voidaan puhua ns. vuosihyötysuhteesta. Vuosihyötysuhde kuvaa parhaiten lämpöpumpun toimintaa, koska se huomioi ulkoilman lämpötilan vaihtelut. [4;31.]

Ilmavesilämpöpumppujen nyrkkisääntönä käytetään lämpökerrointa kaksi. Tämä tarkoittaa sitä, että yhdellä kilowatilla sähköä ilma-vesilämpöpumppu tuottaa kaksi kilowattia lämpöä. Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa D5 (luonnos 14.3.2012) on huomioitu lämmitysveden menolämpötilan ja säävyöhykkeen vaikutus lämpöpumpun vuosittaiseen lämpökertoimeen. Esimerkiksi Etelä-Suomessa lämmityskäytössä olevan ilma-vesilämpöpumpun, jonka lämmitysjärjestelmän maksimi menolämpötila on 30 astetta, energianlaskennassa käytettävä vuosittainen lämpökerroin on 2,8. [15; 40.]

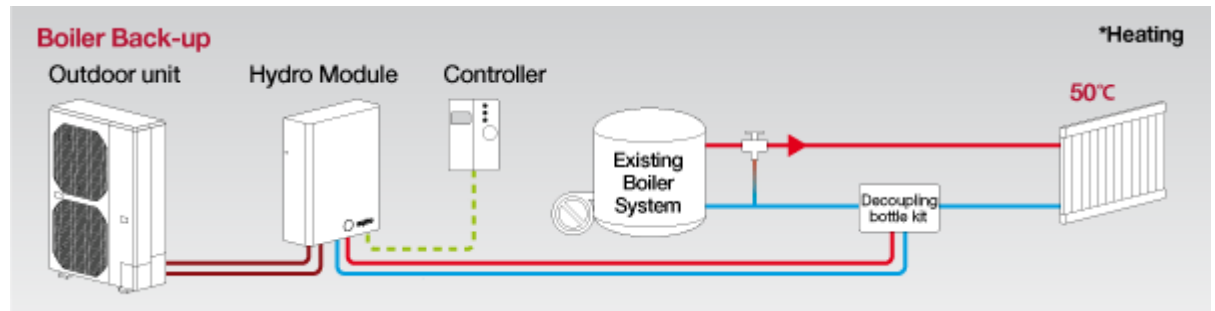
### 3.4 Ilma-vesilämpöpumpputyypit

#### 3.4.1 Ulosasennettava split- ja monoblock- ilma-vesilämpöpumppu

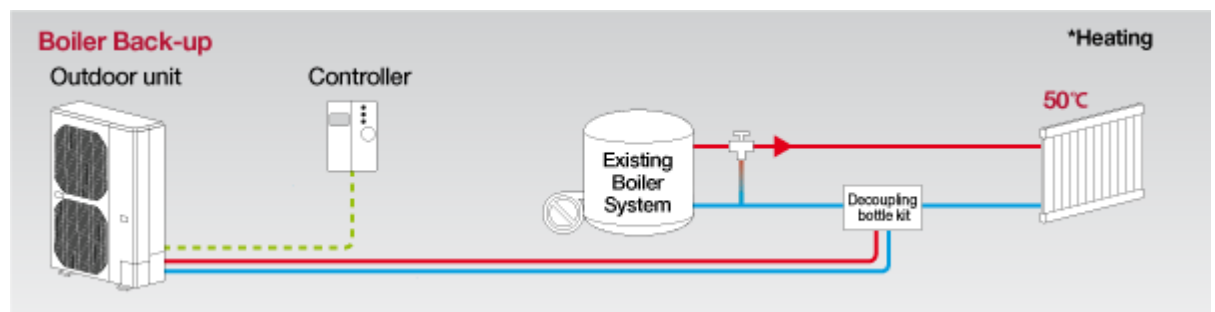
Split-laitteissa (kuva 4) lämpöpumpun kylmäkoneisto on jaettu kahteen osaan: ulkoyksikköön ja sisäyksikköön, joiden välillä kiertää kylmäaine. Monoblock-laitteissa kaikki tekniikka on ulkoyksikössä, jolloin sisällä olevien varaajien/varaajan ja ulkoyksikön välissä kiertää pelkkä vesi (kuva 5). Monoblock-laite voidaan myös kytkeä suoraan olemassa olevaan lämmitysjärjestelmään, esimerkiksi öljykattilan rinnalle. [5.]

**Split**-laitteen etuna on se, että siinä ei ole jäätymisvaaraa missään vaiheessa. Haittapuolena on se, että hyötysuhde riippuu asennuksesta ja etäisyydestä ulkoyksikön ja sisäyksikön välillä. Laitetta asentamaan tarvitaan aina kylmälaiteasentaja. Monoblock-laitteissa kaikki kylmätekniikka on ulkona valmiina. Kylmäteknisillä asennuksilla ei näin ole merkitystä hyötysuhteisiin. Putkimies voi tehdä kaikki asennukset. Ilma-

vesilämpöpumpputyypistä riippumatta asentajalta tulee vaatia käyttöönottopöytäkirja sekä pumpun ja järjestelmän käyttöönotto-opastus. Asentajan kanssa kannattaa käydä läpi laitteen energiankulutus, käyttö, säätäminen ja huolto-ohjeet. [17; 29.]



**KUVA 4. Split-laite [25]**



**KUVA 5. Monoblock-laite [25]**

### 3.4.2 Sisälle asennettava ilma-vesilämpöpumppu

Markkinoilla on myös sisälle asennettavia ilma-vesilämpöpumppuja. Sisälle asennettavissa malleissa seinään/kattoon tehdään ilmanotto-/poistoaukot ja laite varaajineen tulee kokonaan sisätiloihin. Näiden laitteiden asentamisessa on erityisen tärkeää noudattaa valmistajan ohjeita. Sisälle asennettavia malleja ei suositella asennettaviksi asuintiloihin. Kondenssiveden muodostuminen aiheuttaa riskejä rakenteiden vaurioitumisesta. Tilassa on oltava lattiakaivo. [5; 2, s.16; 24.]

### 3.5 Ulkoyksikön sijoitus

Kuntien julkisivulautakunnilla saattaa olla ilma-vesilämpöpumppujen ulkoyksiköiden sijoitukseen sanansa sanottavanaan. Esimerkiksi vanhoilla puutaloalueilla on edellytetty toimenpidelupia ulkoyksikön sijoittamiseen talojen seinille. Ulkoyksikön meluntuoton tähden sitä ei kannata sijoittaa esimerkiksi makuuhuoneen ulkopuolelle. Tiheäl-



lä asuinalueella ulkoyksikköä ei tule asentaa lähellä naapuritaloa sijaitsevalle seinälle eikä makuuhuoneiden välittömään läheisyyteen. Ulkoyksikön voi kiinnittää seinään tai lattia-/maatukiin. Seinäkiinnityksen tulee olla tukeva ja sellainen, ettei rakenteisiin tule runkoääniä. Kuvassa 6 on tutkimuskohteena olleen kiinteistön ulkoyksiköt seinätelineissään. [17; 24.]



**KUVA 6. Tutkittavan kohteen ulkoyksiköt**

Ulkoyksikön asennuskorkeus on n. 100 cm, Pohjois-Suomessa korkeampikin. Ulkoyksikkö ei saa jäädä lumen alle, ja on siis suositeltavaa sijoittaa ulkoyksikkö mieluummin räystäään tai katoksen alle. [17.]

Ulkoyksikkö tuottaa talvella myös runsaasti kondenssivettä ja sen valuminen on otettava huomioon. Ulkoyksiköstä valuva kondenssivesi jäätyy talviolosuhteissa. Vesi voidaan ohjata suoraan viemäriin tai pois päin rakennuksesta. Ilman on päästävä kiertämään vapaasti ulkoyksikön ympärillä. Paras sijoituspaikka ulkoyksikölle on usein räystäään tai suojakatoksen alla. Ilmansuunnalla ei ulkoyksikön sijoituksessa ole juuriakaan merkitystä laitteen energiatalouden kannalta. [17.]

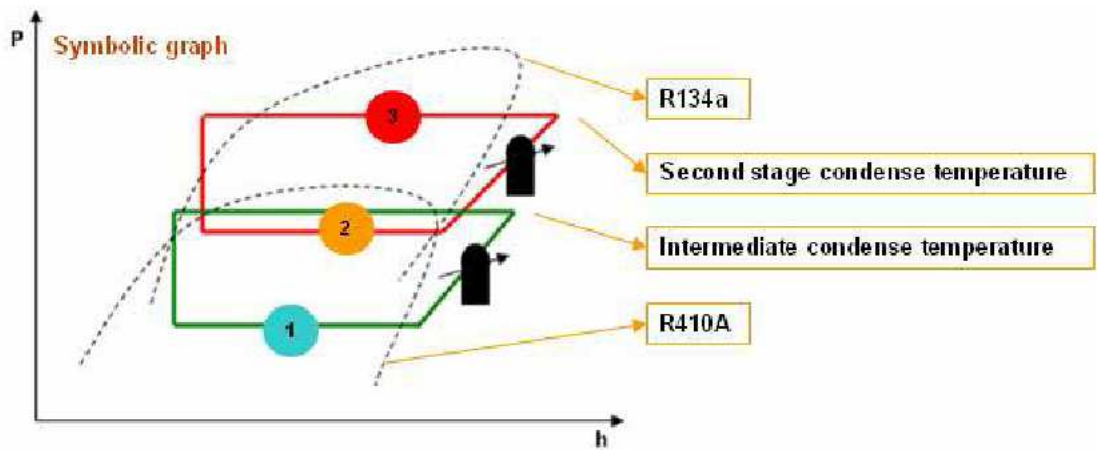
Ulkoyksikköä ei tule suojata ylimääräisillä kehikoilla. Ne rajoittavat ilman liikettä, haittaavat pumpun toimintaa ja heikentävät sen hyötysuhdetta. Valmistajan ohjeita pitää noudattaa suojaetäisyyksissä rakenteisiin. [17.]

### 3.6 Käytettävät kylmäaineet

Yleisimmin ilma-vesilämpöpumpuissa kylmäaineena on R410A tai 407C. Kylmäaineet R410A ja 407C kuuluvat HFC-kylmäaineisiin eli ovat fluorihilivetyjä. Ne eivät tuhoa otsonikerrosta, mutta ovat pahoja kasvihuonekaasuja. Kylmäaineen R410A GWP-luku (Global warming potential) on 1970. Vastaava luku kylmäaineelle R407C on 1520. Luku ilmoittaa kylmäaineen kasvihuonehaitallisuuden. Vertailuarvona käytetään hiilidioksidin haitallisuuslukua, joka on 1,0. Yksi kilo kylmäainetta R410A vastaa 1970 kiloa hiilidioksidia ilmakehässä. [14;36.]

Nykyisin valmistajista, ainakin Sanyo, on alkanut käyttää ilma-vesilämpöpumpuissaan kylmäaineena myös hiilidioksidia. Hiilidioksidi on kylmäainemerkinnettään R744. Hiilidioksidi vaatii korkean paineen ja siinä on alhainen kriittinen lämpötila (+31°C), mikä asettaa erityisiä vaatimuksia kylmäainepiirille. Kriittisellä lämpötilalla tarkoitetaan lämpötilaa, jossa aine ei nesteydy korkeassakaan paineessa. Sanyon ilma-vesilämpöpumpussa korkea painevaatimus on ratkaistu kaksivaiheisella kompressorilla, joka nostaa paineen jopa 125 bar saakka. Hiilidioksidin positiivisia puolia on sen hyvä kylmäntuotto, myrkyttömyys, palamattomuus, halpa hinta ja sen GWP-arvo on yksi. [36.]

Kaskadi-mallinen ilma-vesilämpöpumppu toimii kahdella eri kylmäainepiirillä (kuva 7). Daikin Altherma HT on tällainen kaskadi-malli. Mallin molemmissa piireissä on inverter- kompressorit. Ensimmäinen R410A kylmäainepiiri toimii sisä- ja ulkoyksikön välillä, toinen R134a kylmäainepiiri on sisäyksikössä. [3.]



**KUVA 7. Kaskadi-järjestelmä Log Ph-diagrammissa [3]**

Kaskadi-tekniikan tarkoitus on saavuttaa tai toimia yksipiiristä lämpöpumppua korkeammalla lämpötila- ja painetasolla. Tarkoitus on hyödyntää kummankin kylmäainepiirin parhaat toiminnalliset ominaisuudet. Keskeisin tekijä on välilauhtumisalue, joka tasapainottaa toimintapaineet ja varmistaa vakaan toiminnan. R410A-kylmäaine omaa erinomaiset ominaisuudet matalissa höyrystymislämpötiloissa ja R134A on taas vakaa toiminnaltaan korkeissa lämpötiloissa. Yhdistämällä yhtäaikainen toiminta optimaalisissa olosuhteissa saavutetaan lämpöpumpulla korkeampi lähtevän veden lämpötila laajalla toimintalämpötila-alueella aina  $-25$  asteeseen saakka. Tällä tekniikalla saadaan energiatehokkuutta korkeampia menolämpötiloja vaativiin lämmitysjärjestelmiin. Daikinin esitteessä luvataan maksimilämpötilaksi jopa  $+80^{\circ}\text{C}$ . [3.]

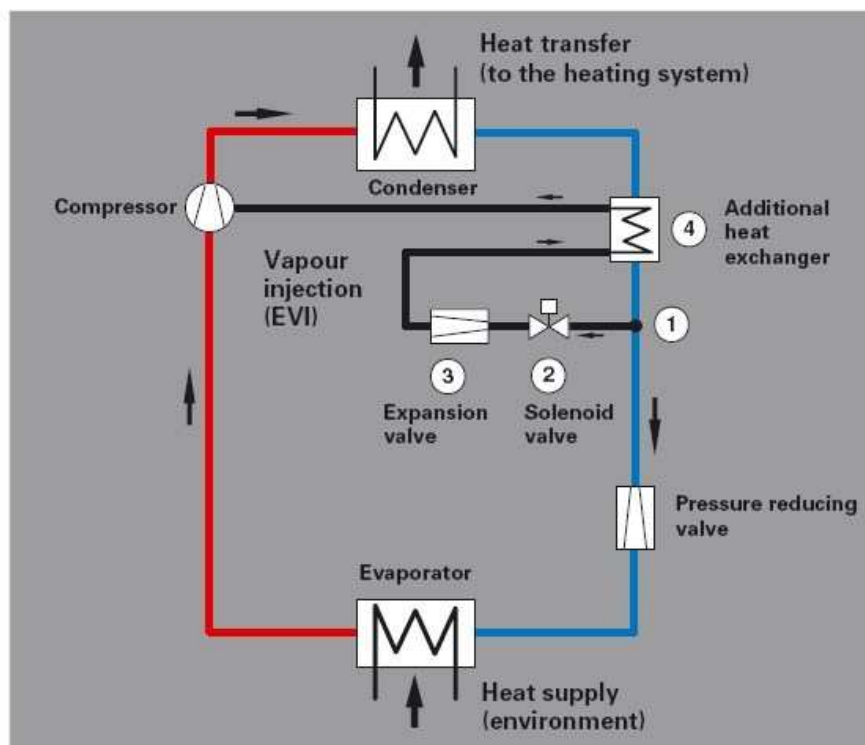
### 3.7 Inverter- vai On/Off-säätö

Perustoiminnoiltaan on/off-mallit ja inverter-mallit ovat samankaltaisia. Erona on kompressorin ohjaus. On/Off-malleissa kompressori kytkeytyy päälle, ja se käy vakionopeudella, kunnes sisäyksikön termostaatti havaitsee, että haluttu lämpötila on saavutettu, jolloin kompressori pysähtyy. Kun sisälämpötila muuttuu riittävästi, kompressori käynnistyy jälleen. Lämpötilan muutos voi olla jopa useita asteita. Mallin etuna on edullisempi hankintahinta. On/Off-malleissa ongelma on kuitenkin se, että Pohjoismaiden oloissa se jäätyy helposti, laitteisto on äänekkäämpi sekä kuluttaa invertermalleja enemmän energiaa. On/off -malliset ilmalämpöpumput ovat väistymässä inverter-mallisten pumppujen tieltä. [11;16.]

Inverter-mallissa kompressori kytkeytyy päälle ja käy aluksi nopeasti kunnes sisätiloissa saavutetaan haluttu lämpötila. Sen jälkeen kompressori hidastaa portaattomasti

pyörimisnopeutta ja käy optimi-teholla pitäen tällä tavalla yllä säädettyä lämpötilaa. Invertteri -mallin etuna on nopeampi ja tasaisempi lämmitys. [11;16.]

Ilma-vesilämpöpumpuissa on myös kaksi-portaista EVI- tekniikkaa. EVI:n periaate pohjautuu erityiseen kompressoriin, jossa on yhden sijasta kaksi imukohtaa. Tämä tarkoittaa, että kylmäaine puristetaan kahdessa portaassa. Korkea kaasunpaine alennetaan ja mahdollistetaan käynti alhaisissa ulkolämpötiloissa korkealla hyötysuhteella. Järjestelmä kytkee kesäaikana toisen imukohdan pois ja tällöin laite toimii alemmalla tehotasolla, jolloin kompressorin sähkönkulutus laskee. [26.]



**KUVA 8. Lämpöpumpun kompressorin EVI toimintakaavio [26]**

Ilma-vesilämpöpumpuissa käytetään kierukka- eli scroll-kompressoria sekä mäntä-kompressoria. Kierukkakompressori sisältää vähemmän osia, joten se on luotettavampi ja pitkäikäisempi. Kierukkakompressorin käyntiäänäni on mäntäkompressoria hiljaisempi. Kierukkakompressori käy tasaisesti ja värinättömästi, kun se ei sisällä liikkuvia mäntiä. Värinättömyys vähentää vuotoriskiä putkistossa. [24.]

### 3.8 Lämmönjakojärjestelmä ja ilma-vesilämpöpumppu

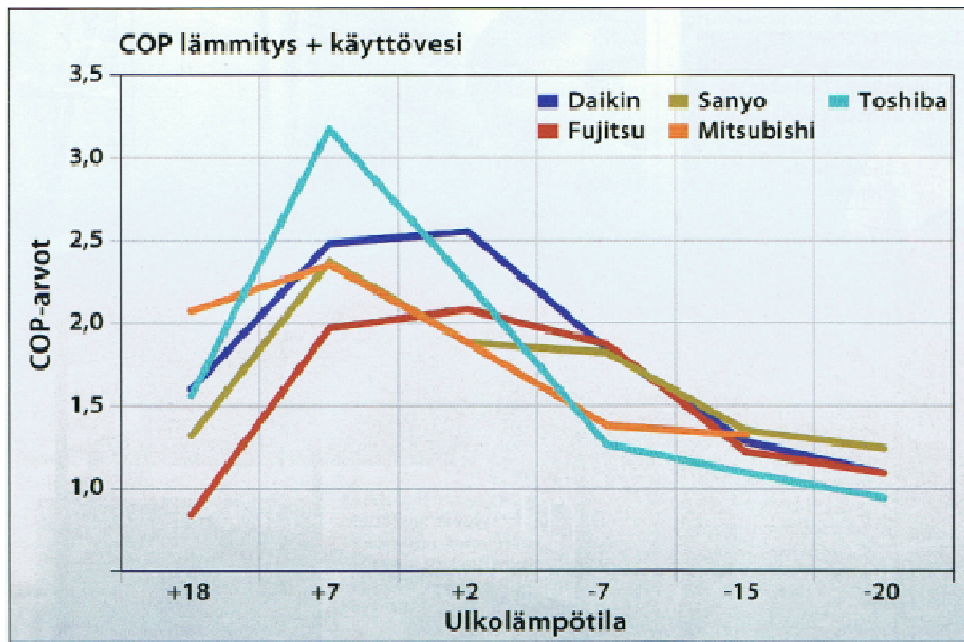
Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä on tärkeää suunnitella kokonaisuutena. Huolellinen suunnittelu ja ammattitaitoinen asennus ovat edellytyksiä hyvin toimivalle lämpöpumppujärjestelmälle. [17.]

Vanhojen talojen olemassa oleva lämmitysjärjestelmä saattaa asettaa tiukkoja ehtoja välittävälle lämpöpumpulle. Uudet talot taas on helpompaa suunnitella minkä tahansa lämmitysjärjestelmän vaatimuksia vastaamaan. [15.]

Vanhoissa öljylämmitteisissä taloissa patterilämmitys vaatii suhteellisen korkeita lämpötiloja, ja tämä tuo omat haasteensa kylmästä ulkoilmasta lämpöä ottaville lämpöpumpuille. Lämpöpumppujen tehokkuus on suoraan riippuvainen lämmitysjärjestelmän ja lämmönlähteen lämpötilaeroista. Lämpökerroin on sitä parempi, mitä pienemmän lämpötilaeron (paine-eron) se joutuu kompressorilla tuottamaan. Matalalämpötilajärjestelmät, kuten lattialämmitys, ovat tämän vuoksi paremmin soveltuvia lämpöpumpuille. Uusissa taloissa patterilämmityskin voidaan mitoittaa matalalämpötilaisena, koska niissä on tehokas ilmanvaihdon lämmön talteenotto, hyvä lämmöneristys ja tiivis vaippa. [15.]

Vanhoissa taloissa patterilämmitys on usein mitoitettu 70 tai 80 asteen menoveden lämpötilalle mitoitusolosuhteissa. Näin korkeat lämpötilat ovat liian korkeita tavanomaisille lämpöpumpuille. Lisälämmöneristämällä, ilmanvaihdon lämmön talteenoton asentamisella, ikkunoiden vaihdolla ja suurempien pattereiden asentamisella saadaan lämpötilatasoa alemmaksi. [15.]

Kuvassa 9 näkyy TM- rakennusmaailman testissä olleiden pumppujen COP-arvon tippuminen ulkolämpötilan suhteen. Testissä lähtökohtana oli öljy- tai sähkökattilan korvaaminen ilma-vesilämpöpumpulla. Olosuhteet ovat järjestetty testiin sen mukaisesti haastaviksi ja ilma-vesilämpöpumput yrittävät valmistaa patteriverkostolle sopivaa lämmitysvettä. Kun pakkasta oli -20 astetta, vain yksi pumpuista pystyi valmistamaan vaaditun +60-asteisen lämmitysveden. [36.]



KUVA 9. TM-rakennusmaailman ilma-vesilämpöpumpputesti [36]

### 3.9 Lämpimän käyttöveden valmistus

Käyttöveden valmistus on myös yksi ongelmakohta ilma-vesilämpöpumpuille. Ilma-vesilämpöpumput suunnitellaan ensisijaisesti lattialämmitysjärjestelmiin. Ne toimivat vaihtoventtiiliperiaatteella vuorotellen lämpimän käyttöveden ja menoveden lämmitystä. Tämä johtuu siitä, että ilma-vesilämpöpumpulle on taloudellisempaa tehdä matalalämpöistä lattialämmitysvettä kuin lämmintä käyttövettä. Tämä voi johtaa siihen, että lämpimän käyttöveden tarpeen ollessa suuri pumppu lopettaa kokonaan rakennuksen lämmityksen. Patteriverkostossa tämä voi aiheuttaa paukahtelua lämpötilan vaihtelusta johtuen. [36.]

Suomen rakennusmääräykset edellyttävät, että lämminvesivaraajan lämpötilan tulisi jatkuvasti olla vähintään 55 astetta, jotta veteen ei muodostuisi Legionella-bakteereja. Tämä vaatimus heikentää ilma-vesilämpöpumppujen toimintaa. Useissa laitteissa on sen vuoksi ohjelmallinen Legionella-toiminto, joka lämmittää käyttöveden esimerkiksi kerran viikossa tai kahdessa jopa 70-asteiseksi. Tämän toimenpiteen on määrä tuhota mahdollinen alkava Legionella. Joihinkin järjestelmiin voi tämän takia joutua asentamaan erillisen käyttövesivaraajan ja tämä nostaa kustannuksia ja vaikeuttaa järjestelmän toteutusta. Hyötypuolena on, että lämpimän käyttöveden jatkuva saanti ainakin varmistuu. Pitää muistaa, että käyttöveden lämpötilan tulee silti olla aina yli +55 astetta, vaikka lämpötila välillä nostetaankin +70 °C:een. [36.]

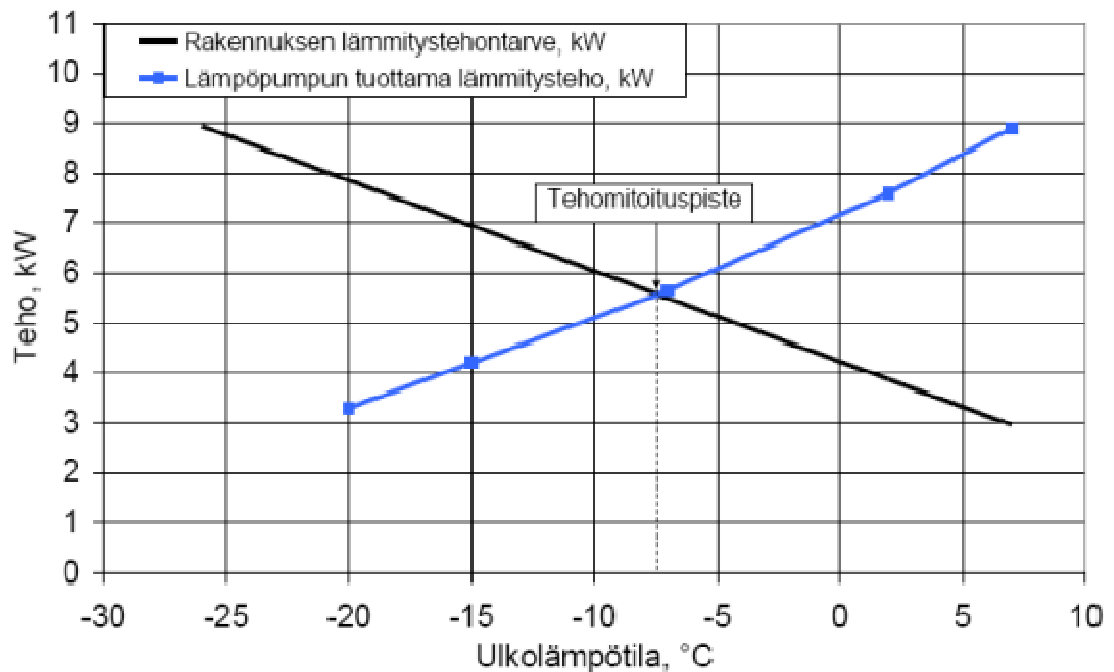
Ilma-vesilämpöpumppua voi hyödyntää rakennuksen lämmityksessä eri tavoin. Esimerkiksi lisäsähkön kanssa, jossa sähkövastus toimii varalämmön lähteenä tai vuorottelemalla toisen lämmönlähteen kanssa, kuten olemassa olevan öljykattilan kanssa (öljyllä kylmällä säällä). Lämmönlähteet voivat toimia myös rinnakkain eri tavoin säädeltynä. [2, s.16.]

### **3.10 Mitoitus**

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5 ohjeistetaan rakennuksen energian kulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaa. Rakennuksen vuotuinen energiankulutus sekä huipputehontarve lämmityksessä ja lämpimän käyttöveden tuottamisessa antavat pohjan sopivan ilma-vesilämpöpumpun mitoitukselle. [17.]

Ilma-vesilämpöpumpun kompressorin voi tuottaa korkeintaan n. 50–60-asteista vettä. Jos patteriverkon menoveden lämpötila on tätä korkeampi, sähkövastus tai jokin muu lämmönkehitin huolehtii lopusta lämpötilan nostosta. Menoveden korkea lämpötila kuitenkin heikentää lämpöpumpun tehoa ja hyötysuhdetta. [17.]

Talon menoveden lämpötilan tunteminen erityisesti kovilla pakkasilla auttaa mitoittamaan rakennukseen oikean tehoisen laitteen. Ilma-vesilämpöpumppuvalmistaja Dimplexin suunnittelu- ja asennusoppaassa sanotaan, että lämpöpumppulaitteistoja suunniteltaessa on hyvä pitää mielessä, että yhden asteen alennuksella menolämpötilassa saadaan noin 2,5 %:n energiansäästö. Kaikkein kylmimmillä keleillä ilmavesilämpöpumppu sammuttaa automaattisesti itsensä. Siksi laitteen sähkövastuksen tai toisen rinnakkaisen lämmönkehittimen tulee olla teholtaan vähintään yhtä suuri kuin talon suurin lämmitys- ja käyttöveden keskimääräinen tehonkulutus. [2;17.]



**KUVA 10. Lämpöpumpun tehomitoituspiste [37]**

Olemassa olevissa rakennuksissa käytetään toista lämmönsiirrintä lämpöpumpun tuoksi ulkolämpötilan laskiessa lisälämmityspisteen alle. Lisälämmityspisteellä tarkoitetaan sitä lämpötilaa, jossa ilma-vesilämpöpumppu alkaa tarvita tukea toiselta lämmön lähteeltä. Kuvassa 10 käytetään samasta pisteestä nimitystä tehomitoituspiste. Tehomitoituspiste on tietyssä ulkolämpötilassa, jossa rakennuksen lämmitystehontarve ja lämpöpumpun tuottama lämmitysteho ovat yhtä suuret. [2;37.]

Usein on järkevää valita ilma-vesilämpöpumppujen tapauksessa pienempi lämpöpumppu, koska se ei vaikuta merkittävästi lämpöpumpun osuuteen vuosittaisesta lämmöntuotosta. Daikin-nimisen lämpöpumppuvalmistajan esitteessä sanotaan, että yleensä kannattaa valita lämpöpumppu, joka kattaa 60 prosenttia kylmimmän ajan lämmitystehon tarpeesta. Tämä tarkoittaa sitä, että kohteesta riippuen tällaisella mitoituksella lämpöpumppu on mitoitettu tuottamaan 90—95 prosenttia vuosittaisesta lämmitystarpeesta, ja loput 5—10 prosenttia tuotetaan lisäsähkövastuksilla. Dimplexin mukaan ilma-vesilämpöpumput mitoitetaan Suomessa noin -7 asteen rajalämpötilaa varten (lisälämmityspiste) eli tähän lämpötilaan asti pumpun tulisi kattaa yksin koko lämmitystarve. [2;4.]

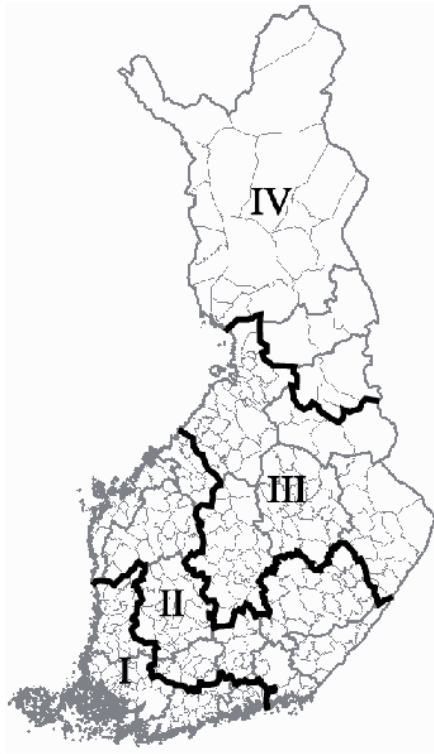
Suomen rakentamismääräyskokoelman uudistumassa olevassa osassa D5 kohdassa 6.6 (uusin luonnos 14.3.2012) esitellään lämpöpumppujen laskentamenetelmä, jolla voi-



daan laskea lämmityskäytössä olevan lämpöpumpun sähköenergiankulutus, lämpöpumpun tuottama tilojen ja käyttöveden lämmitysenergia sekä tilojen ja käyttöveden lämmitykseen tarvittava lisälämmitysenergia. Taulukossa 1 on laskennassa käytettäviä ulkoilmalämpöpumpujen SPF-lukuja. SPF-luvulla tarkoitetaan lämpöpumpun vuoden keskimääräisellä lämpökertoimella vuotuista lämpöpumpun tuottaman lämmitysenergian ja lämpöpumpun kuluttaman sähköenergian suhdetta. Lukua voidaan käyttää vain siinä tapauksessa, että energiankulutus lasketaan koko vuoden lämmöntarpeesta. Säävyöhykkeiden rajat näkyvät kuvassa 11. Taulukosta 1 nähdään lämpöpumpputyypin, menoveden lämpötilan ja säävyöhykkeen vaikutukset SPF-lukuun. [40.]

**TAULUKKO 1. SPF-lukuja [40]**

Ulkoilmalämpöpumput	SPF-luku		
	Säävyöhykkeet		
menoveden korkein lämpötila, °C	I-II	III	IV
<b>Ilma-ilma</b>	2,8	2,8	2,7
<b>Ilma-vesi (tilojen lämmitys)</b>			
30	2,8	2,8	2,7
40	2,5	2,5	2,4
50	2,3	2,3	2,2
60	2,2	2,1	2,0
<b>Ilma-vesi (käyttöveden lämmitys)</b>			
60	1,8	1,6	1,3

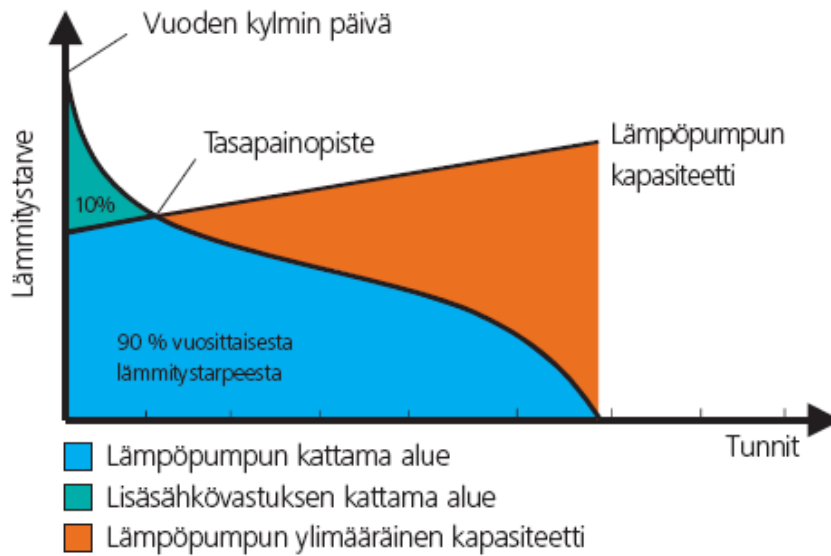


**KUVA 11. Säilyvyshykkeet [39]**

Lämpöpumppujen laskentamenetelmän avulla voidaan suorittaa laskenta omilla kulutusluvuilla ja arvioida ratkaisun kannattavuutta. Lämpöpumpputoimittajat käyttävät samoja kulutuksen lähtöarvoja ja tekevät tarkemmat laskelmat omilla mitoitusohjelmillaan tarjousvaiheessa. [15.]

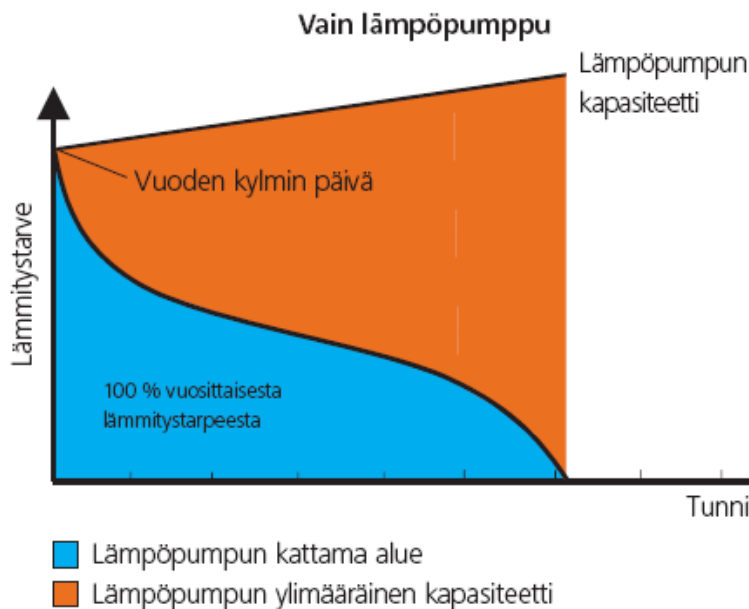
Daikin Altherma -ilma-vesilämpöpumpun esitteessä on esimerkkejä mitoitusyyleistä. Kuvassa 12 olevalla optimimitoituksella lämpöpumppua käytetään yhdessä lisäsähkövastusten kanssa vuoden kylmimmän ajan aiheuttamien lämmityspiikkien aikaan. Tasapainopisteellä tarkoitetaan pistettä, jossa lämpöpumpun teho ei enää riitä kattamaan vuoden kylmimmän ajan lämmitystarvetta. Jos esimerkiksi valitaan isompi tehoinen lämpöpumppu, tasapainopiste nousee käyrällä ylöspäin ja lisäsähkön osuus vähenee. Tasapainopiste tarkoittaa oikeastaan samaa kuin aikaisemmin työssä mainitut lisälämmityspiste ja tehomitoituspiste. Kaikissa näissä on kysymys siitä, missä pisteessä lämpöpumpun lämmitystehon tuotto ja lämmitystarpeen suuruus ovat samanarvoiset ulkolämpötilan mukaan. [4.]

### Lämpöpumppu + lisäsähkövastus



**KUVA 12. Optimimitoitus [4]**

Kuvassa 13 täystehomitoituksessa käytössä on vain lämpöpumppu, joka on mitoitettu kattamaan huipputarve. Lämpöpumppu on mitoitettu tuottamaan 100 prosenttia vuoden kylmimmän ajan lämmitystarpeesta. Tätä mitoitusta suositellaan lauhkeaan ilmastoon, jossa talvet eivät ole kylmiä. [4.]



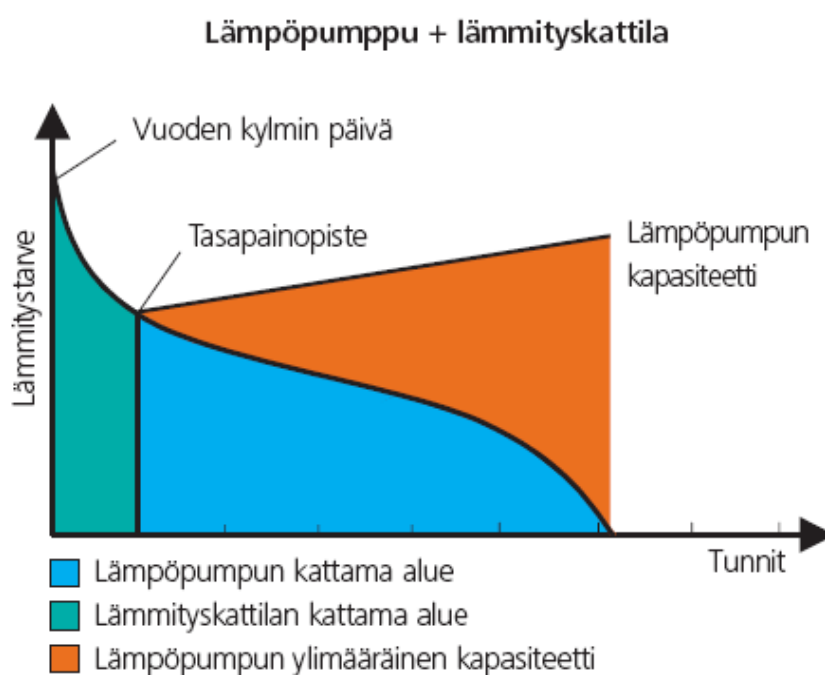
**KUVA 13. Täystehomitoitus [4]**

### 3.11 Ilma-vesilämpöpumppu ja öljykattila

Vanhassa rakennuksessa ilma-vesilämpöpumpun voi kytkeä olemassa olevan öljykattilan tueksi. Tällöin öljykattila lämmittää rakennuksen kaikkein kylmimmillä keleillä ja muulloinkin tarvittaessa tukee ilma-vesilämpöpumppua. Ilma-vesilämpöpumpun käyttömahdollisuudet vanhassa rakennuksessa vaihtelevat kohdekohtaisesti. [17.]

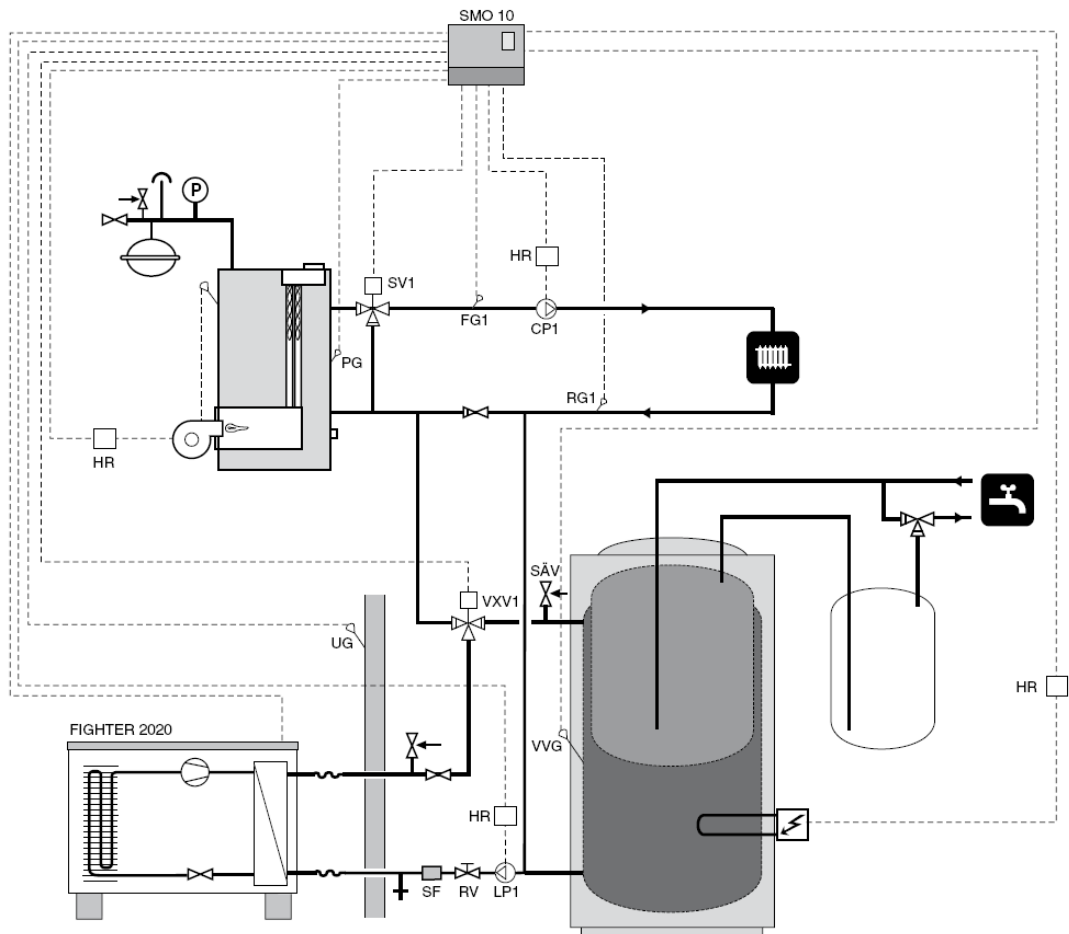
Jos aikoo vaihtaa öljykattilan tilalle ilma-vesilämpöpumpun, tulee tietää rakennuksen todellinen tehontarve. Vanhan lämmityskattilan tehon mukaan sitä ei voi valita, koska kattila voi olla ylimitoitettu ja se johtaisi liian suureen lämpöpumpputehoon. [2.]

Yhdistelmäratkaisussa (kuva 11) lämmönlähteinä ovat lämpöpumppu ja fossiilista polttoainetta käyttävä lämmityskattila. Näitä kaksiarvoisia järjestelmiä on kahta tyyppiä, sarjaan kytkettyjä ja rinnan kytkettyjä. Sarjaan kytketyssä järjestelmässä lämmityskattila kattaa vain kapasiteettiä. Rinnan kytketyssä järjestelmässä taas lämmityskattila kattaa vuoden kylmimmän ajan koko kapasiteetin. Rinnan kytkettyä yhdistelmäjärjestelmää suositellaan käytettäväksi, jos rakennuksessa on entuudestaan lämmitysjärjestelmä. Kuva 14 kuvaa rinnan kytkettyä järjestelmää, koska siinä katetaan koko kylmimmän ajan kapasiteetti. Sarjaan kytkentä on kuten kuvan 12 optimimitoitus, mutta kapasiteettiä on katettu lisäsähkövastuksen sijaan öljykattilalla. Kuva 15 esittää sarjaankytkentää. [4.]



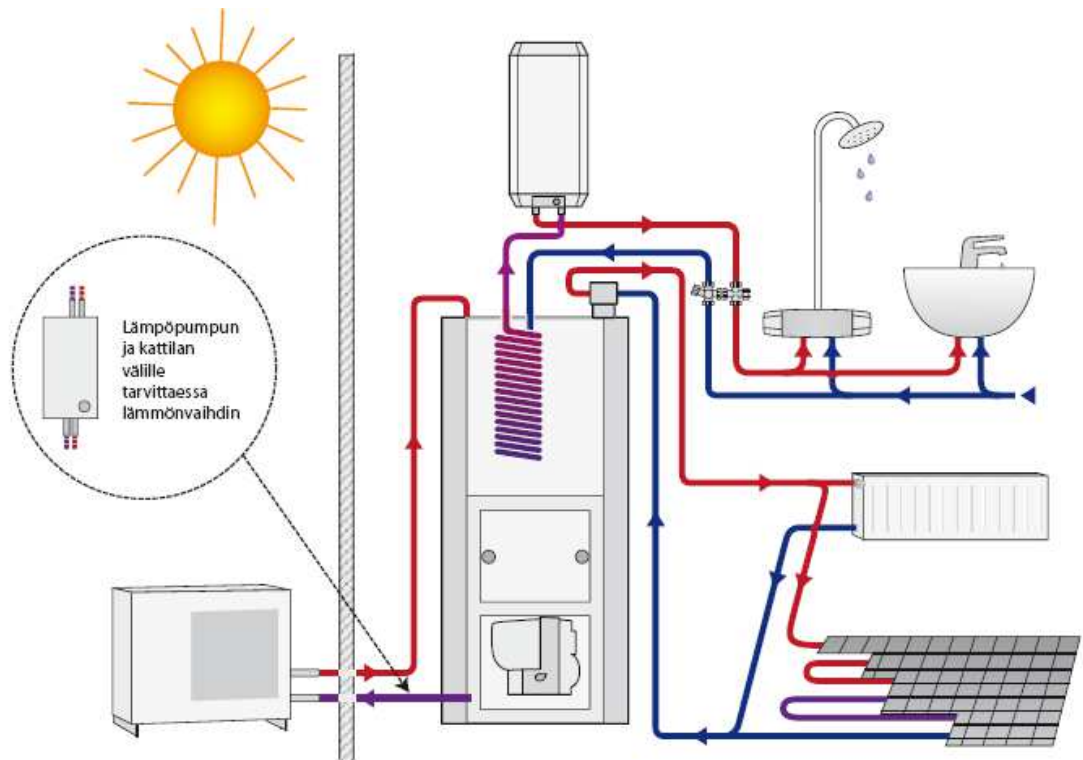
### KUVA 14. Yhdistelmäratkaisu [4]

FIGHTER 2020 liitettyä öljy-/pellettikattilaan SMO 10 –säätöyksikön kanssa sekä lämminvesivaraajaan (vaihteleva lauhdutus)



**KUVA 15. Ilma-vesilämpöpumppu kytkettynä sarjaan öljykattilan kanssa (Elii ilma-vesilämpöpumppu pysty tuottamaan riittävästi lämpöenergiaa, öljykattila käynnistyy ja järjestelmään lisätään lämpöä säätöventtiilillä) [20]**

Kuvan 16 kytkenätyypissä ilma-vesilämpöpumpulla lämmitetään öljykattilan vesitiilaa. Öljypoltin voidaan kytkeä pois päältä ja ottaa käyttöön vasta, kun lämpöpumppu ei pysty enää tuottamaan riittävästi lämpöä. Käyttövesikierukka kytketään vedenlämmittimeen, sillä kytkennässä kattilan lämpötila ei ole tarpeeksi korkea tuottamaan käyttövettä. Ilma-vesilämpöpumpun ja öljykattilan yhdistelmistä on kaavioita lisää liitteissä. [12.]



**KUVA 16. Ilma-vesilämpöpumppu lämmittää öljykattilan vesitilan [12]**

### 3.12 Ilma-vesilämpöpumppu vai maalämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu ja maalämpöpumppu lämmittävät molemmat sekä rakennuksen että lämpimän käyttöveden. Taulukossa 2 näkyy lämpöpumppujen myyntilukuja vuosilta 2010 (kursivoitu) ja 2011. Myyntilukemissa on suuri ero näiden kahden lämpöpumpputyypin välillä. Lämmitystavan valinta on aina tapauskohtainen, ja lämmitystavan sopivuuteen vaikuttavat monet tekijät. Taulukossa käytetään maalämpöpumpusta lyhennettä MLP ja ilma-vesilämpöpumpusta lyhennettä VILP. [30.]

TAULUKKO 2. Lämpöpumppumyynti 2011 [29]

Lämmönlähde	Lämmönjako	Vuosi	Yhteensä
Ulkoilma	Vesi (VILP)	2011	992
		2010	1150
	Ilma (ILP)	2011	55286
		2010	53821
Poistoilma	Vesi, ilma (PILP)	2011	1648
		2010	1988
Maa, vesi, kallio	Vesi, ilma (MLP)	2011	13941
		2010	8091
Yhteensä		2011	71867
		2010	65050

Yleisesti voidaan sanoa, että tavanomaisessa omakotitalossa ilma-vesilämpöpumppu maksaa 20—30 % vähemmän kuin maalämpöpumppu, mutta säästää vastaavasti myös 20—30 % vähemmän. Toisin kuin maalämpöpumppu, ilma-vesilämpöpumppu ei toimi kovimmilla pakkasilla. Kun lämpötila alittaa  $-20$  astetta, useimmissa laitteissa lämmityksen hoitaa sähkövastus. Ilma-vesilämpöpumppu antaa maalämpöä vähemmän ilmaisenergiaa vuositasolla. Etelä-Suomen lauhemmat sääalueet ovat laitteen energiatehokkuuden kannalta suotuisampia kuin pohjoisemman Suomen olosuhteet. [5;27.]

Ilma-vesilämpöpumpun investointi on yleensä maalämpöä halvempi, mutta investointiero on riippuvainen monesta asiasta. Investoinnin suuruus vaihtelee yleensä noin 7 000-12 000€:n välillä tyypillisessä pientalossa. Kotitalousvähennyksen myötä remontoitavissa kohteissa hintaero kaventuu, koska maalämpöpumpun asentamisessa ja lämpökaivon poraamisessa on enemmän kotitalousvähennykseen oikeuttavia töitä. Vuonna 2011 vähennyksen enimmäismäärä oli 3 000 euroa vuodessa, ja vuonna 2012 enimmäismäärä on 2 000 euroa. Vähennys on henkilökohtainen, joten pariskunta voi vuonna 2012 saada yhteensä 4 000 euron vähennykset. Kotitalousvähennyksen omavastuu on 100 euroa. Kotitalousvähennyksen laskeminen riippuu siitä, maksetaanko työstä palkkaa työntekijälle vai korvausta yritykselle laskua vastaan. Jos ostaa työn ennakkoperintärekestäriin merkityltä yritykseltä, saa vähentää 45 % (v. 2011 määrä oli 60%) arvonlisäverollisesta työkorvauksesta. Jos palkkaa henkilön työsuhteeseen, saa vähentää 15 % (v. 2011 määrä oli 30%) maksetusta palkasta sekä palkkaan liittyvät

työnantajan sivukulut. Yrityksen kuulumisen ennakkoperintärekisteriin voi tarkistaa internetissä yritys- ja yhteisötietojärjestelmän tietopalvelusta. Kannattaa tarkistaa myös mahdollisuus saada energia-avustusta laitteiston hankintaan. [4;17;23;34;35.]

Talo saattaa olla paikalla, jossa ei voida tehdä maalämmön vaatimaa vaakaputkistoa tai lämpökaivoa. Rajoituksiin on monenlaisia syitä; talo voi sijaita lähellä vedenotto-paikkaa tai tontilla ei ole sopivaa kallioperää. Pienellä tontilla ei välttämättä ole riittävästi pinta-alaa keruuputkiston upottamista varten. Silloin ilma-vesilämpöpumppu on vartenotettava vaihtoehto. [5;21]

Valinnan kannattavuus ilma-vesilämpöpumpun ja maalämpöpumpun välillä riippuu monista asioista. Peruskallion ollessa esimerkiksi 40 metrin syvyydessä tulee maalämpöjärjestelmä n. 4000 euroa kalliimmaksi verraten siihen, jos peruskallio olisi lähellä maan pintaa. Maaporauksessa vaaditaan vahva teräsputki estämään maan aineksen valuminen lämpökaivoon. Maaporaus on myös merkittävästi hitaampaa suorittaa kuin lämpökaivon poraus peruskallioon. Peruskallion ollessa liian syvällä ilma-vesilämpöpumppu on usein kilpailukykyinen vaihtoehto. [27.]

Jos lämmitysenergian tarve on suuri, ei ilma-vesilämpöpumpun teho ole välttämättä riittävä. Maalämpöjärjestelmiä voidaan toteuttaa vastaamaan lähes mitä tahansa lämmitysenergian tarvetta. Suuremmissa kohteissa ilma-vesilämpöpumppuja voidaan tosin asentaa rinnakkain useampia, jolloin saadaan suuremmat tehot. [27.]

Ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhde ja lämmitysenergian tuotto laskee lämpötilan laskeessa. Puuttuva lämmitysteho korvataan tällöin sähkövastuksilla tuotetulla lämmöllä. Järjestelmän mitoitus on suoritettava siten, että koko huipputehon tarve voidaan tarvittaessa tuottaa sähkövastuksilla. Tällöin on otettava huomioon myös sulakekoko. Pääsulakkeiden tulee olla riittävän isoja, mikäli samaan aikaan käytetään uunia tai sähkökiuasta. Sähköliittymän tehon nosto saattaa aiheuttaa tuhansien eurojen ylimääräisen kustannuksen. [27.]

#### **4 LÄHTÖKOHDAT TESTAAMISEEN JA JÄRJESTELMÄN KUVAUS**

Hybridijärjestelmän asentamisen tarkoituksena on ollut säästää öljyn kulutusta ja tuottaa tarvittava lämpö kiinteistöön mahdollisimman pitkälti ilma-vesilämpöpumpuilla.

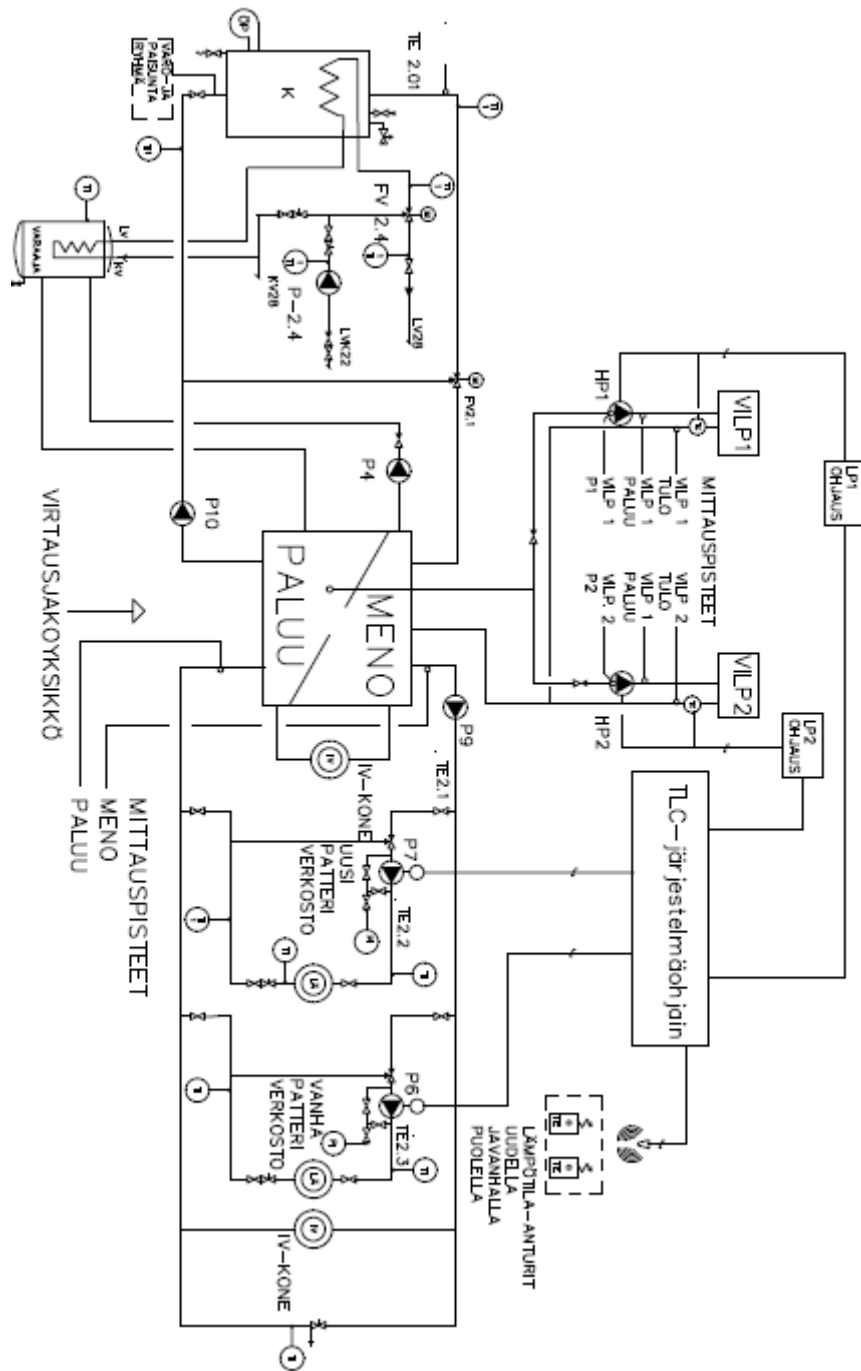


Hybridijärjestelmä lämmittää vettä langattomien huoneantureiden mittausarvon perusteella. Ensisijaisesti järjestelmä ohjaa VILPit käyntiin. Öljykattila käynnistyy, mikäli ohjauskeskukselle tulee tieto siitä, että huonelämpötila-antureiden lämpötilaero asetustarvoon nähden poikkeaa 0,9 astetta tai enemmän. VILPit eivät ole silloin enää käynnissä. Kun asetustarvo saavutetaan öljykattilan auttamana, ilma-vesilämpöpumput ovat valmiudessa käynnistymään jälleen. Lämmitysjärjestelmän vesivirran säätö on toteutettu Thermolinkin virtaustenjako- ja hallintajärjestelmällä.



**KUVA 17. Thermolink-TLC-järjestelmäohjain**

Järjestelmää ohjaa Thermolink-TLC- järjestelmäohjain (kuva 17). Ohjain käynnistää lämpöpumppuja sekvenssin mukaisesti. Energian jakojärjestelmää (patteriverkostoa) eli pumppuja P7 ja P8 käyntiä ohjataan huonelämpötilojen perusteella (kuva 18). Lämmönsäätö tapahtuu em. pumppujen käyntiaikaa ohjaamalla. Ensisijaisesti VILPin lämpöenergian tuottoa käytetään käyttövesijärjestelmän lämmittämiseen. Loppulämpö vietään patteriverkoston. VILPin ja kattilajärjestelmän lämmöntuotto on kytketty yhteiseen virtausjakoyksikköön. Virtausjakoyksiköstä (kuva 19) lähtevien vesimäärien säätöä ohjaa ainoastaan putkistomitoitus ja pumppujen virtaama.



**KUVA 18.** Ilma-vesilämpöpumppujen ja öljykattilan kytkentä yksinkertaistettuna



**KUVA 19. Thermolink-virtausjakoyksikkö**

Lämminkäyttövesi lämmitetään öljykattilassa, ja sitä esilämmitetään 500 litran tasaussäiliö/esilämmitysvaraajalla. Lämminvesivaraajaa käytetään myös energiavaraajana, mikä mahdollistaa pidemmät ja harvemmat käyntijaksot lämpöpumpuille. Hybridijärjestelmän varaajan sähkövastus ei ole käytössä.

Rakennuksen lämmitys tapahtuu pääosin vesikiertoisella patteriverkostolla. Tuulikaapeissa on yhteensä 3 kpl vesikiertoisella patterilla varustettua kiertoilmalämmitintä.

Hybridijärjestelmän varaajassa ja öljykattilassa ei ole kytkettynä sähkövastuksia varakäyttöä varten. VILPeille on oma sähkönmittaus sekä tuotetun lämmön mittaus (kalorimetrit). VILPien toiminta ei ole kytköksissä rakennusautomaatioon, vaan sitä ohjaa oma erillinen ohjauskeskuksensa. VILPien ohjauskeskuksesta ei saada LVI-hälytyksiä.

Rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Ilmanvaihtokoneita on 2 ja huippuimureita on 3 kpl. Rakennuksessa on lisäksi purunpoistopuhallin. TK1 palvelee uudisosan salia ja keittiötä. TK2 palvelee vanhaa osaa (myös päiväkotia). Koneet ovat päällä aikaohjelman mukaisesti 2-nopeuskäytöllä. Tuloilman lämpötilaa ohjataan huoneilämpötilan mukaan.

Rakennuksessa on Atmostech Oy:n DDC-pohjainen rakennusautomaatiojärjestelmä. Järjestelmä on vuodelta 1999. Järjestelmään kuuluu lämmönjakolaitteet, ilmanvaihtokoneet, valaistuksen ohjaukset sekä lvis-hälytykset.

## **5 MITTAUSJÄRJESTELYT**

### **5.1 Testauksen suunnittelua 7.2.2012**

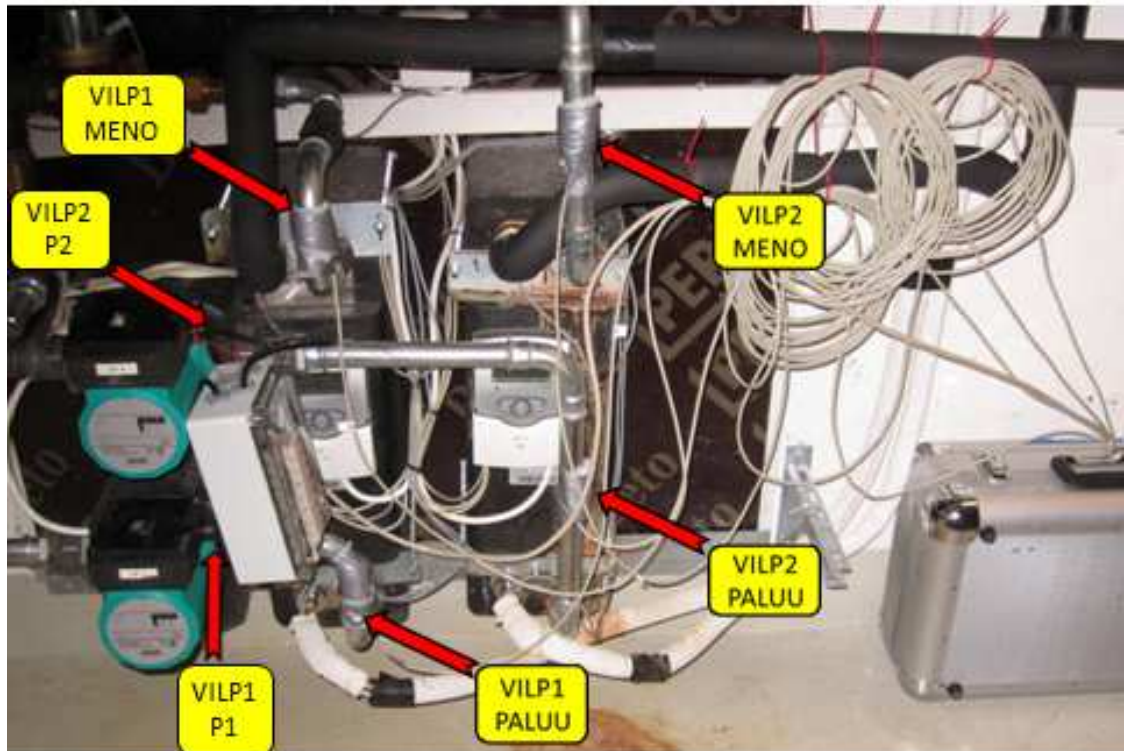
Toimintatestauksessa minua ohjasivat Hannu Haapamäki ja Markku Ruohonen Planetcon Oy:stä. Kävimme läpi testauksen kohdetta ja järjestelmää, jotta saisimme testauksella tarvittavat tiedot järjestelmän toiminnasta. Suunnittelimme mittaustuloksien käsittelyä ja miten saamme energian kulutuksia laskettua järjestelmästä. VILPien käyntiaikatietojen saamista varten kehitimme mittauslaitteistoa.

### **5.2 Mittauslaitteiston asentaminen kohteeseen 17.2.2012**

Kohteessa tarkastelimme järjestelmää ja havaitsimme vian toiminnassa. Toinen ilma-vesilämpöpumpuista oli asetettu VILPin ohjauskeskuksella öljyn pakkokäytölle. Toisin sanoen toinen VILPeistä oli pois käytöstä. Korjasimme asetuksen oikein.

Mittauslaitteistoa asetettaessa havaitsimme kalorimetrin laskevan lämpöpumpulla tuotettua energiaa, huolimatta siitä että pumppu ei ollut käynnissä.

Asensimme mittauslaitteiston mittaamaan ulkolämpötilaa, lämpöpumppujen meno- ja tulo puolen lämpötilaeroja putkien pinnalta sekä pumppujen käyntiaikatietoja. Tarkoituksena oli saada tietoon VILPien tuottama energia ja vertailu kalorimetrien toiminnasta (kuva 20).



**KUVA 20. Mittauslaitteisto asennettu**

### **5.3 Lisäantureiden asentaminen 24.2.2012**

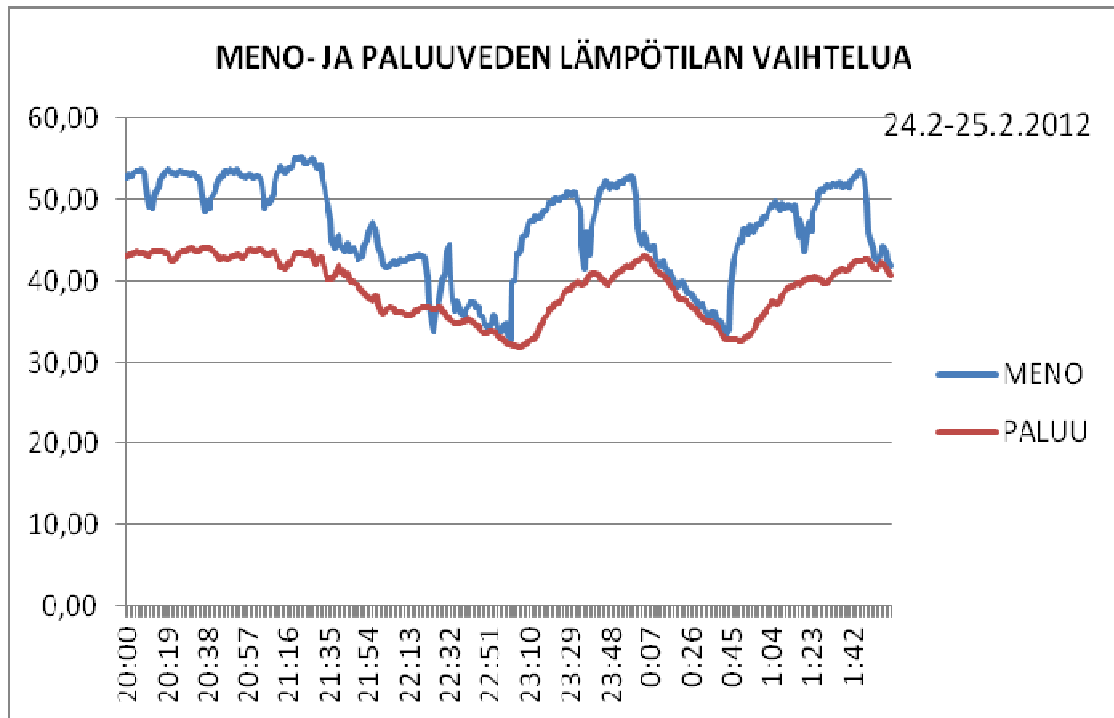
Lisäsimme lämmitysverkostoon menevään ja palaavaan putkeen lämpötila-anturit, jotta saisimme tietoa lämmitysjärjestelmään menevästä lämpötehosta. Otimme ylös tietoja öljykulutuksesta, VILPien kalorimetreistä ja VILPien sähkön kulutuksesta.

### **5.4 Mittauksen lopetus 27.2.2012**

Menimme kohteeseen lopettamaan mittauksen. Kattila oli alkanut vuotaa, ja öljypoltin oli otettu irti. Oppilaat ja henkilökunta oli talvilomalla ja kiinteistön LVI-järjestelmien toimintaa muutettiin, jotta ilma- vesilämpöpumput voisivat tuottaa tarvittavan lämpö­ määrän kiinteistöön pysyen toiminnassa kun kattilaa kunnostetaan. Otimme ylös tieto- ja öljykulutuksesta, VILPien kalorimetreistä ja sähkön kulutuksesta.

## 6 TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

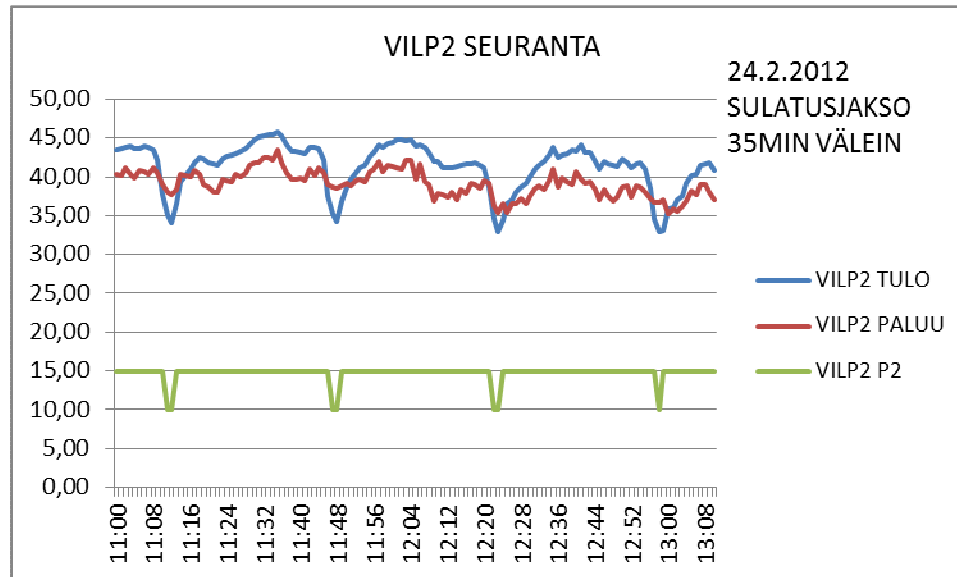
Mittausdatasta havaitsimme mittausta häiritseviä ulkopuolisia tekijöitä. Kattilapiirin pumppu oli pysähtynyt ohjauksen rikkoutumisen vuoksi. Tämän vuoksi lämpötilat kääntyivät laskuun ja ilma-vesilämpöpumput lakkasivat toiminnasta huonelämpötilan yli 0,9 asteen laskun vuoksi. Toinen ulkopuolinen häiriötekijä oli kattilan rikkoutuminen. Kattila pystyi kuitenkin tuottamaan tarvittavan lämmön rakennukseen.



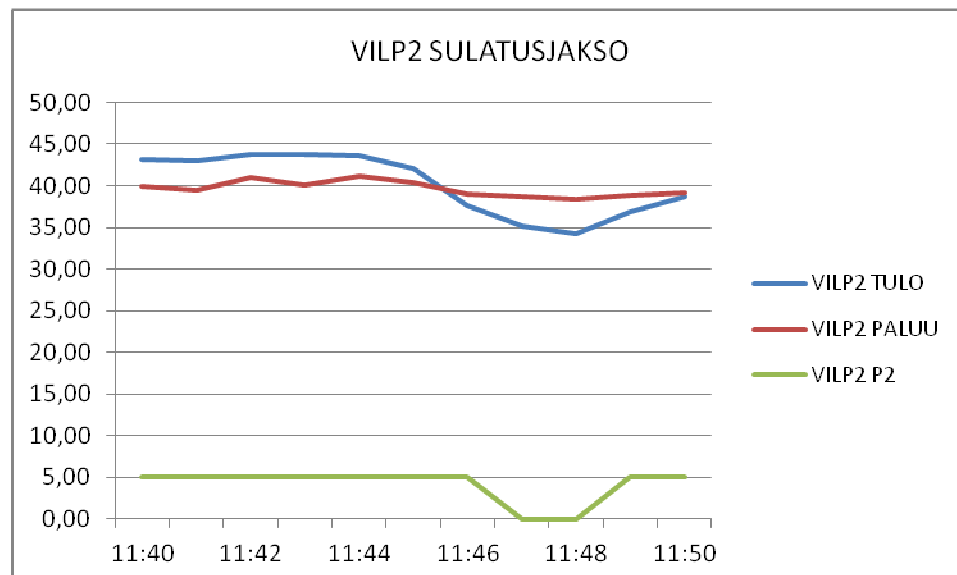
**KUVA 21. Virtausjakoyksiköstä lämmitysverkostoon menevän ja palaavan veden lämpötilavaihteluja pienemmällä aikavälillä**

Mittauksista näkyy lämmityspiiriin menevän ja palaavan veden lämpötilan suuret lämpötilan vaihtelut lyhyissä ajallisissa sykleissä (kuva 21). Lämpötilavaihtelut johtuvat VILPien sulatusjaksoista ja katkokäyntijaksoista. Katkokäyntijaksolla huonelämpötila on asetetuissa rajoissa ja järjestelmä ohjaa pumppuja jaksottain käyntiin ja seis. Sulatusjaksojen (4min) tiheys vaihtelee ulkolämpötilan ja imupainemittauksen mukaan. Sulattamiseen menevä hukkalämpö laskee COP-kerrointa. Ongelman muodostaa ulkoyksikön höyrystimeen kertyvä huurre. Huurteen kertyminen on voimakkainta nollan asteen tienoilla. Koska ulkoyksikön huurre haittaa lämmön siirtymistä ja ilman virtausta, on se ajoittain sulatettava kääntämällä prosessi hetkeksi vastakkaiseksi ja sulatettava ulkoyksikkö tuotetulla lämmöllä.

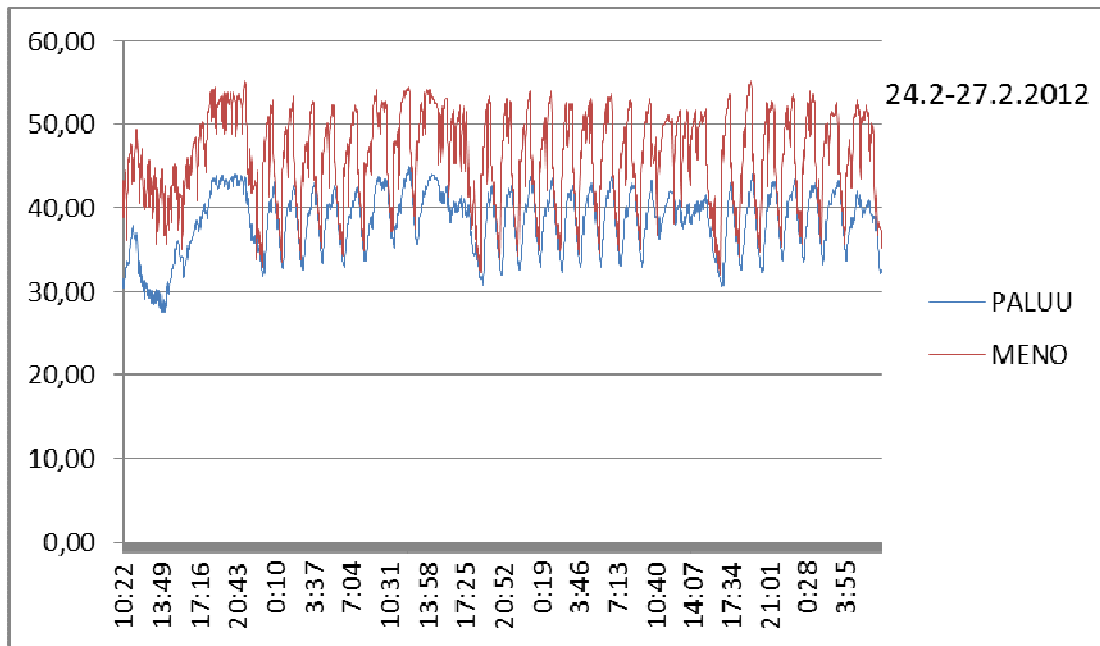
Sulatuksen vaikutus näkyy myös mittausdatassa. Hetkittäin VILP:n piirin lämpöteho kääntyy sulatusjaksojen aikana negatiiviseksi, koska tulolämpötila laskee hetkellisesti paluulämpötilaa matalammaksi (kuva22). Sulatusjakson pituus on neljä minuuttia (kuva23). Sulatusjakson pituus on vakio, mutta jaksojen tiheys vaihtelee.



**KUVA 22. Sulatusjakson vaikutus lämpötehoon, kun ulkolämpötila on -6 (TULO= Vilpiltä tuleva vesi, PALUU= Vilpille palaava vesi ja P2= Vilpin käynti-tila)**



**KUVA 23. Sulatusjakson vaikutuslämpötehoon lähemmin tarkasteltuna**



**KUVA 24. Virtausjakoyksiköstä lämmitysverkostoon menevän ja palaavan veden lämpötilojen vaihtelua pitkällä aikavälillä (monta päivää).**

Lämmitysverkostoon menee myös ajoittain tarpeettoman haaleaa lämmitysvettä (kuva 24). Tunnin aikana syöttövedenlämpötila voi vaihdella  $20^{\circ}\text{C}$ . Mittausten aikana ulkolämpötila vaihteli  $+0$  ja  $-10^{\circ}\text{C}$  välillä. Raportin ulkolämpötilat on otettu säähavainnoista, koska mittauksessa käytetyn ulkolämpötilaa mittaavan anturin paikka oli huonosti valittu. Mittauslukemiin vaikuttivat kattilahuoneesta mittauskohdasta ulkoilmaan virrannut lämpö sekä ulkoyksiköiden läheisyys mittauspaikkaan.

Ohjausjärjestelmän ohjaamat jaksottaisesti käyvät lämmityspiirien pumput (P7 ja P6) aiheuttavat riskin siitä, että pulssittainen käynti aiheuttaa partikkeleiden irtoamista putkistosta ja venttiilien tukkeutumista.

VILPien lämmönsyöttöpiirissä on virtaamaa myös, kun pumput ovat seis. Käyntiajan ulkopuolella pääpumppujen virtaama kiertää kalorimetrien läpi. Lämmönsyöttöpiiriin pääsee menemään myös öljykattilan lämmittämää vettä, joka heikentää järjestelmän hyötysuhdetta. Lämpötilojen kääntyessä päinvastoin lämpötilaero tulee negatiiviseksi. On mahdollista, että kalorimetri saa laskettua negatiivisuudesta huolimatta silti virheellisesti energiantuottoa. Aikaisemmin teimme havainnon, että kalorimetri laskee lämpöpumpulta saatavia tehoja, vaikka pumpu ei käy. Kalorimetrit näyttävät siis mittaavan koko ajan jotakin. Oletettavaa on, että pääpumppujen virtaama vaikuttaa



VILPien käydessä ja virtaama on isompi kuin pumpuissa ilmoitettu vesivirtaama 4200 l/h.

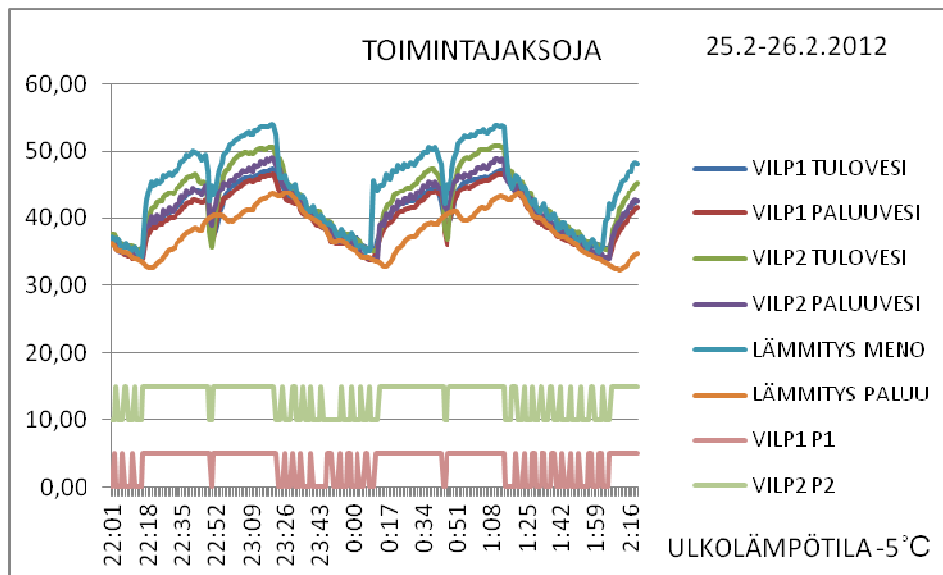
Mittaustulosten perusteella voidaan kyseenalaistaa kalorimetricien ilmoittamien energian tuottojen todenperäisyys. Kalorimetrit ovat malliltaan Resol WMZ (kuva 25).



**KUVA 25. Resol WMZ energiamittarit (kalorimetrit)**

Mittausjaksolla 17.2- 24.2.2012 VILPit olivat poissa toiminnasta 13 % ajasta, jos vähennetään mittausajasta kattilapumpun ohjauskärjen rikkoutumisesta johtuva lämmitysjärjestelmän hyytyminen. Mittausjaksolla 24.2- 27.2.2012 pumput olivat poissa toiminnasta 22 % mittausajasta. Sääolosuhteiden puolesta niiden olisi ollut mahdollista käydä kokoajan lyhyitä sulatusjaksoja lukuun ottamatta.

Järjestelmän säädöllisistä ongelmista johtuen huonelämpötilat heiluvat tarpeettomasti. Valvonta-alakeskuksen ja lämpöpumppulaitteiston säätökeskuksen välillä ei ole kommunikaatiota ja ne voivat toimia osittain ristiin. Esimerkiksi jos huonetilaan kehittyy yllämpöä, lämmitys lakkaa ja valvonta-alakeskus ohjaa ilmanvaihtoa viileämmälle.



**KUVA 26. Toimintajaksoja**

Yllä olevassa kuvassa 26 VILP1 P1 (10 tai 15) ja VILP2 P2 (0 tai 5) tarkoittavat VILPien käyntitiloja. Luvun ollessa suurempi VILP on käynnissä. Käyntitila näkyi alun perin mittausdatassa nollassa tai yhtenä, mutta muutin luvut taulukoita varten, jotta käyrät eivät näkyisi toistensa päällä. Kaaviosta nähdään, kuinka patteriverkoston menolämpötila seuraa VILPien tuottokäyrää. Patteriverkoston menee osittain kattilan lämmittämää vettä. Kun verrataan lämpötilaeroja VILPien ja patteriverkoston kesken, havaitaan kattilaveden lämmittävän VILPien piiriin menevää vettä virtausjakoyksikössä. Kuvasta nähdään myös sulatusjaksojen osuutta lämmitysprosessissa. Kahden puolen tunnin lämmitysjakson välissä on 4 minuutin sulatusjakso. Pitkä 45 minuutin lämpötilojen lasku on katkokäyntijakso. Katkokäyntijaksot johtuvat ohjausjärjestelmän säätämistä käyttöajoista, kun lämmöntarve yöaikaan on vähäisempää.

Seuraavassa taulukossa 3 olen vertailut omia mittaustuloksia, VILPien omia energiamittauksia ja kiinteistöhoitajan keräämiä kulutustietoja VILPien sähkön kulutuksesta sekä öljyn kulutuksista kuukausittain toisiinsa. Tältä pohjalta olen tehnyt vertailulaskelelmiä.

### TAULUKKO 3. Hybridijärjestelmän vertailutaulukko

Muuratsalon koulun hybridijärjestelmän vertailutaulukko				21.3.2012				
<b>24.2-27.2.2012</b>	<b>VILP1</b>	<b>VILP2</b>	<b>YKSIKKÖ</b>					
Energiatuotto kalorim.	878	672	kWh					
Mitattu energiantuotto	153	283	kWh	Laskettu pumpuissa ilmoitetulla virtaamalla 4200 l/h				
Sähköenergian kulutus	386	371	kWh					
Öljyn kulutus	128		litraa	Käyttöveden kulutus olematon, koska koulussa oli loma				
Käyntiaika mittausjaksolla	53,6	53,3	h					
Mittausjakso	68,8		h					
VILPit pois	22,4		%					
ka laskettu tuotto	4,1		kWh					
ka tuotto kalorim.	14,5		kWh					
mitattu ka $\Delta t$ (*)	1,09	2,04	°C	Laskettaessa huomioitu vain positiiviset lämpötilaerot				
mitattu max $\Delta t$ (*)	3,73	5,87	°C	pumppujen käyntiaikana				
Jotta saavutettaisiin VILPin maksimi teho 28kW ja virtaama olisi 0,67 l/s, lämpötilaero tulisi olla								
$\Delta t_{28kW}$	10		°C					
Jotta päästäisiin kalorimetrien laskemiin energiantuottoihin mitatuilla lämpötilaeroilla, virtaamien tulisi olla								
$q_v$ ka $\Delta t$	3,58	1,47	l/s	Pumpuissa ilmoitettu virtaama 0,67 l/s				
$q_v$ max $\Delta t$	1,05	0,51	l/s					
VILPien tuottokerroin								
Kalorimetrien mukaan	2,3	1,8						
Mittauksen mukaan	0,4	0,8						

Öljyn kulutus ja energia mittausjakson aikana						
Kevyt polttoöljy tehollinen lämpöarvo			10	kWh/litra		
Öljyn kulutus mittausjakson aikana 4vrk			128	litraa		
Öljymäärän lämpöenergia			1280	kWh		
Arvioitu öljykattilan hyötysuhde			80	%	Kattila oli vuotava ja	
Lämpöenergia netto			1025	kWh	käyttöveden kulutus olematon	
Mittausjakson pituus			68,8	h		
Yhtä tuntia kohden			14,9	kWh		
<b>Energiankulutuksen vertailulaskelma</b>						
31.8.2010-1.9.2011						
VILPit kalorimetri	110486	kWh				
VILPit sähkön kulutus			50784	kWh		
Öljyn kulutus	14691	litraa	→	146910	kWh	
VILPit sähkö+öljy				197694	kWh	
öljyn kulutus 2006-2009	25168	litraa (ka)	→	251680	kWh	vertailutieto
Näin ollen säästöä energiankulutuksessa						
(251680-197694) kWh		→	53986	kWh		
Kalorimetrien mukaan energiaa tuotettu 110486kWh ja laskemalla säästöä 53986kWh niin kalorimetrien mittaus täytyy olla virheellinen						
Öljyn kulutuksessa säästö tarkoittaa 5400 litraa eli jos hinta olisi 1,1€/l niin 5900 €/a						

## **7 EHDOTUKSIA JATKOTOIMENPITEISTÄ**

Liitteessä on päivitetty versio järjestelmän toimintakaaviosta. Lisäksi tein toisen toimintakaavion, jossa kaavioon on lisätty toimenpide-ehdotuksia.

Järjestelmän säädöllisistä ongelmista johtuen ehdotetaan muutoksia ohjausjärjestelmään. Valvonta-alakeskus tulisi asettaa määrääväksi lämmitysjärjestelmän toiminnan säädössä.

Kiinteistön hoitajan mukaan hybridijärjestelmä toimi mallikkaasti, kun öljykattila oli vuotamisen takia otettu pois käytöstä. Kun uusi öljykattila liitettiin järjestelmään, säädöllisiä ongelmia oli ilmennyt.

VILPien ohjaus pyritään siirtämään talon automatiikkakeskuksen ohjaamaksi. Lämpöpumppujen ohjausyksikköön viedään ohjaustieto valvonta-alakeskukselta ja valvonta-alakeskukselle viedään käyntitilatieto sulatuksista.

Lämmitysverkostojen menoveden lämpötilasäätö palautetaan valvonta-alakeskuksen ohjaukseen säätökäyrien mukaan moottoriventtiilien avulla.

Varaajapumppu P4 siirretään valvonta-alakeskuksen ohjaukseen, ja sitä käytetään, kun VILPeistä saa tuottoa. Tasaussäiliöön/käyttöveden esilämmitysvaraajaan voidaan asettaa tietty maksimilämpötila esimerkiksi 40 astetta. Tässä tapauksessa, kun öljykattila lämmittää kuitenkin käyttövetä, varaajan lämpötila voi olla matalampi kuin 55 astetta.

VILPien tulo- ja paluuveteen asennetaan lämpötilamittaus. Virtausjakoryhmästä lämmitysverkostoon lähtevän ja palaavan lämmitysveden lämpötilat mitataan ja asennetaan tarvittavat lämpötilamittarit. Näin saadaan tietoa toimintalämpötiloista valvonta-alakeskukselle ja voidaan optimoida järjestelmän toimintaa.

## **8 POHDINTA**

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli selvittää Muuratsalon koulun lämmitysjärjestelmän toimintakuntoa ja järjestelmän toimintaa. Järjestelmän toimintaa tutkittiin havainnoi-

malla ja mittaamalla järjestelmästä toimintalämpötiloja sekä ilma-vesilämpöpumpun käyntitietoja 10 päivän ajan.

Järjestelmän tutkiminen olisi ollut helpompaa, jos olisi heti alussa ollut olemassa kunnollinen ja paikkansa pitävä toimintakaavio. Ensimmäisellä käyntikerralla havaittiin, että toinen ilma-vesilämpöpumpuista oli säädetty öljyn pakkokäytölle eli toisin sanoen pois käytöstä. Havainnot liittyvät oleellisesti testaukseen ja analysointiin.

Mittausta suoritettaessa tuli ilmi myös ei-toivottuja mittauksesta riippumattomia häiriötekijöitä. Kattilapumpun ohjauskärjen hajoaminen keskeytti mittausjakson kolmeksi päiväksi ja sen ajan seurannasta näkee vain lämpötilojen alenemista. Toinen häiriötekijä oli kattilan vaurioituminen (vuoto). Kattila laitettiin pois käytöstä ja mittaukset keskeytyi.

Mittauksen toteutuksessa jäi parantamisen varaa, mutta seuraavaa mittausta varten tämä antoi hyvää opetusta. Antureiden sijoittelu kaikkiin haluttuihin mittauspisteisiin olisi tarvinnut lisäinvestointeja nopean aikataulun puitteissa. Järjestelmä itsessään ei ole helpoimmasta päästä mittauksen toteuttamisen kannalta.

Oman oppimisen kannalta opinnäytetyöprojekti oli mielenkiintoinen ja opettavainen kokemus. Hybridijärjestelmässä on monta muuttujaa ja paljon tekijöitä, jotka vaikuttavat toisiinsa ja täten tekevät järjestelmän säädöstä mutkikkaan.

Hybridijärjestelmä on tuottanut taloudellista säästöä. Vertasin vuoden aikana kulunutta öljymäärää ja ilma-vesilämpöpumppujen sähköenergian kulutusta aikaisempien vuosien keskiarvoiseen öljyn kulutukseen. Erotukseksi tuli noin 54000 kWh energiansäästöä. Tämä vastaa öljymääränä 5400 litraa. Jos litra öljyn hinta olisi 1,1 euroa, säästöä kertyisi 5900 euroa. Järjestelmän säätö tuntuu kuitenkin vaativan hieman lisää vakautta. Testauksen pohjalta voi alkaa kehittämään järjestelmän toimintaa optimaalisempaan suuntaan.

## LÄHTEET

- [1] Carrier. Verkkodokumentti.  
[http://www.carrier.fi/index2.phtml?page\\_id=1102&navi\\_id=1102](http://www.carrier.fi/index2.phtml?page_id=1102&navi_id=1102). Ei päivitystietoa. Luettu 9.4.2012
- [2] Dimplex. Suunnittelu ja asennusopas. Painos 10/2008. Pdf-dokumentti.  
[http://www.dimplex.de/fileadmin/dimplex/downloads/projektierungshandbuecher/fi/18-phb\\_heizen\\_fi\\_102008.pdf](http://www.dimplex.de/fileadmin/dimplex/downloads/projektierungshandbuecher/fi/18-phb_heizen_fi_102008.pdf).
- [3] Daikin. Uutta teknologiaa korkean lämpötilan pumppuihin. Pdf-tiedosto.  
[http://www.daikin.fi/binaries/Article\\_REHVA\\_Journal\\_fi\\_tcm116-149578.pdf](http://www.daikin.fi/binaries/Article_REHVA_Journal_fi_tcm116-149578.pdf). Päivitetty 1.12.2009.
- [4] Daikin. Kodin lämmitys- ja jäähdytysratkaisu. Pdf-dokumentti.  
[http://www.kylmatekniikka.fi/uploads/files/altherma\\_2.pdf](http://www.kylmatekniikka.fi/uploads/files/altherma_2.pdf). Julkaistu 6/2006.
- [5] Energiatehokas koti. Verkkodokumentti.  
[http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/lampopumput/ilma-vesilampopumppu](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/lampopumput/ilma-vesilampopumppu). Ei päivitystietoa. Luettu 2.4.2012.
- [6] Enermix oy. Ilma-vesilämpöpumppujen suosio kasvussa. Verkkodokumentti.  
<http://www.enermix.fi/Artikkelit/lue-ilma-vesilaempeumpumppujen-suosion-kasvusta.html>. Ei päivitystietoa. Luettu 4.4.2012.
- [7] Europa. Tiivistelmät EU:n lainsäädännöstä. Verkkodokumentti.  
[http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/index\\_fi.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/index_fi.htm). Päivitetty 2.3.2012. Luettu 2.4.2012.
- [8] Europa. Poliittika ja toiminta. Energia. Verkkodokumentti.  
[http://europa.eu/pol/ener/index\\_fi.htm](http://europa.eu/pol/ener/index_fi.htm). Päivitetty 17.4.2012. Luettu 17.4.2012.
- [9] Happonen, Taito. Ilmalämpöpumpun toiminta ja asennus. Pdf-dokumentti.  
[http://epublications.uef.fi/pub/urn\\_isbn\\_978-952-61-0044-9/urn\\_isbn\\_978-952-61-0044-9.pdf](http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0044-9/urn_isbn_978-952-61-0044-9.pdf). 3/2010. Julkaistu 3/2010.
- [10] Hirvonen, Jussi. Lämpöpumppujen rooli Suomen uusiutuvan energian tavoitteissa 2020. Suomen lämpöpumppuyhdistys Sulpu Ry. Julkaistu 24.5.2011.
- [11] Jäähdytin palvelu RefGroup Oy. Verkkodokumentti.  
[http://www.ilmalampopumput.fi/index.php?node\\_id=6893](http://www.ilmalampopumput.fi/index.php?node_id=6893). Ei päivitystietoa. Luettu 8.4.2012.
- [12] Kaukora Oy. JÄMÄ Moon ilma-vesilämpöpumppu. Pdf-dokumentti.  
[http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/esitteet/JAMA\\_Moon\\_0511\\_web.pdf](http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/esitteet/JAMA_Moon_0511_web.pdf). Julkaistu 20.6.2011.
- [13] Kaukora Oy. Käyttöohjekirja Jämä-moon ilma-vesilämpöpumppu. Pdf-dokumentti.  
[http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/kayttoohjeet/JAMA\\_Moon\\_6,8,10kW\\_kuluttajalle\\_12-2011alkaen.pdf](http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/kayttoohjeet/JAMA_Moon_6,8,10kW_kuluttajalle_12-2011alkaen.pdf). Julkaistu 14.1.2012.

- [14] Kianta, Jani. Kylmäainetilanne 2008. Suomen kylmäyhdistys Ry. Verkkodokumentti. <http://www.skll.fi/yhdistys/www/att.php?type=2&id=37>. Julkaistu 25.5.2008.
- [15] Kurnitski, Jarek. 2011. Oikea lämpöpumppu oikeaan paikkaan. Lehtiartikkeli. TM Rakennusmaailma s.44-45. Julkaisu 6.7.2011.
- [16] Matthias Fried. Verkkodokumentti. <http://matthiasfried.fi/lampopumput/onoff-vai-invertteri/>. Ei päivitystietoa. Luettu 8.4.2012.
- [17] Motiva. Hanki hallitusti ilma-vesilämpöpumppu. Pdf-dokumentti. [http://www.motiva.fi/files/4765/Hanki\\_hallitusti\\_ilma-vesilampopumppu.pdf](http://www.motiva.fi/files/4765/Hanki_hallitusti_ilma-vesilampopumppu.pdf). Julkaistu 10/2011.
- [18] Motiva. Lämpöä ilmassa. Pdf-dokumentti. <http://www.motiva.fi/files/175/Ilmalampopumput.pdf>. Julkaistu 6/2008.
- [19] Myyryläinen, Leevi. Kiinteistöjen teknisen huollon käsikirja. Jyväskylä: Gummerus. 2006.
- [20] NIBE. Fighter 2020 asennus- ja käyttöohjeet. Pdf-tiedosto. <http://www.airhaus.fi/docs/031083-2.pdf>. Päivitetty 26.11.2009.
- [21] Nibe. Pdf-dokumentti. <http://www.nibeonline.com/pdf/M10683-1.pdf>. Päivitetty 4.12.2009. Luettu 2.4.2012.
- [22] Nibe ja Tampereen teknillinen yliopisto. Energian varastointi ja uudet energianlähteet. Pdf-dokumentti. <https://webhotel2.tut.fi/units/smg/tp/kurssit/SMG-4050/lampopumppu.pdf>. Julkaistu 1.10.2010.
- [23] Nibe. Verkkodokumentti. <http://www.nibe.fi/Tuotteet/Ilmavesilampopumput/Toiminta/>. Ei päivitystietoa. Luettu 2.4.2012.
- [24] Perälä, Rae. Lämpöpumput. Alfamer Oy. 2009.
- [25] Sanyo. Verkkodokumentti. [http://www.overseas.sanyo.com/airconditioners/products/heat/index\\_hfc.html](http://www.overseas.sanyo.com/airconditioners/products/heat/index_hfc.html). Ei päivitystietoa. Päivitetty 2.12.2011. Luettu 8.4.2012.
- [26] Scanoffice. Mecaterm Arctic EVI-20. Verkkodokumentti. <http://www.scanoffice.fi/products/332/377/mecaterm-arctic-evi-20/>. Ei päivitystietoa. Luettu 16.4.2012.
- [27] Senera. Ilma-vesilämpöpumppu. Verkkodokumentti. [http://www.senera.fi/Ilma\\_vesilampopumppu](http://www.senera.fi/Ilma_vesilampopumppu). Ei päivitystietoa. Luettu 2.4.2012.
- [28] Siemens. Verkkodokumentti. [http://www.siemens.fi/fi/media/uutiset/energiatehokkuus\\_kasvattaa\\_kiinteiston\\_arvoa.htm](http://www.siemens.fi/fi/media/uutiset/energiatehokkuus_kasvattaa_kiinteiston_arvoa.htm). Julkaistu 2.11.2011. Luettu 6.2.2012.

- [29] Suolanen, Jouni. Kotitieto.fi. Energiaa ulkoilmasta. Verkkodokumentti. <http://www.kotitieto.fi/index.php?32&cmsshow=967;news>. Jouni Suolanen 3.3.2011. Luettu 9.4.2012.
- [30] Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. verkkodokumentti. [http://www.sulpu.fi/index.php?option=com\\_content&task=view&id=186&Itemid=26](http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=186&Itemid=26). Ei päivitystietoa. Luettu 9.4.2012.
- [31] Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. Verkkodokumentti. [http://www.sulpu.fi/index.php?option=com\\_content&task=view&id=22&Itemid=116](http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=22&Itemid=116). Ei päivitystietoa. Luettu 2.4.2012.
- [32] Thermia. Asennusohje. Pdf-dokumentti. [http://www.thermia.fi/docroot/dokumentbank/Thermia\\_Install\\_086U6289\\_rev10\\_fi.pdf](http://www.thermia.fi/docroot/dokumentbank/Thermia_Install_086U6289_rev10_fi.pdf). Julkaistu 2011.
- [33] Työ- ja elinkeinoministeriö. Energiatehokkuus. Verkkodokumentti. <https://www.tem.fi/index.phtml?s=2586> Päivitetty 1.2.2012. Luettu 2.4.2012.
- [34] Verohallinto. Kotitalousvähennys. Verkkodokumentti. <http://www.vero.fi/fi-FI/Henkiloasiakkaat/Kotitalousvahennys>. Päivitetty 3.1.2012.
- [35] Veronmaksajain Keskusliitto ry. Kotitalousvähennys. [www.veronmaksajat.fi/omatveroasiat/kotitalousvahennys/](http://www.veronmaksajat.fi/omatveroasiat/kotitalousvahennys/). Päivitetty 22.12.2011
- [36] Weckström, Henrik. Ilma, vesi ja sähkö öljyn tilalle. Lehtiartikkeli. TM Rakennusmaailma s.33-43. Julkaisu 6.7.2011.
- [37] Ympäristöministeriö. Lämpöpumppujen energian laskentaopas [www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=135655&lan=fi](http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=135655&lan=fi). Julkaistu 11.10.2011.
- [38] Ympäristöministeriö. Lämpöä ilmasta veteen. Verkkodokumentti. <http://www.korjaustieto.fi/pientalot/pientalojen-energiatehokkuus/mista-lampoa-pientaloon/lampoa-ilmasta-veteen.html>. Ei päivitystietoa. Luettu 2.4.2012
- [39] Ympäristöministeriö. Suomen rakennusmääräyskokoelma D3, Helsinki. Rakennusten energiatehokkuus, 2012.
- [40] Ympäristöministeriö. Suomen rakennusmääräyskokoelma D5. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Luonnos 14.3.2012.



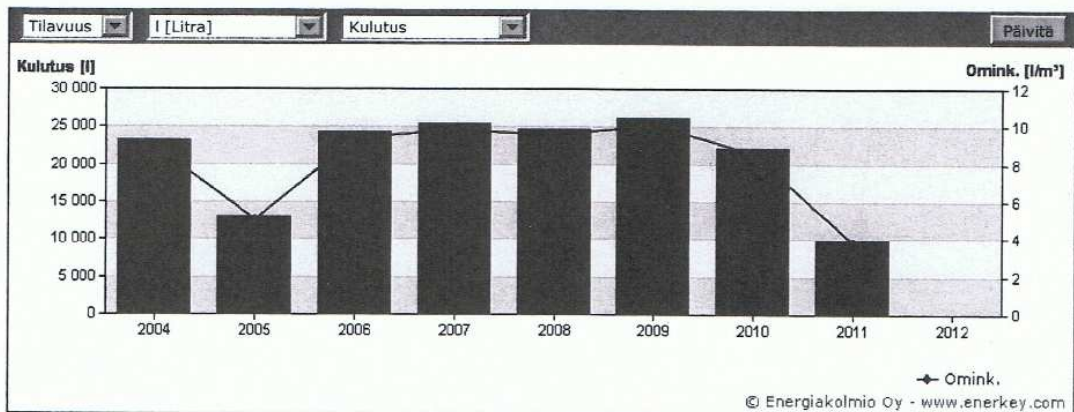
## Öljyn- ja sähkönkulutus vuosittain (2004-2012)

## Kulutukset vuosittain, Öljy (2004-2012)

12635

12.1.2012

Kohde Jkl, Tipa, Muuratsalon koulu		Katuosoite Saaritie 2, - SÄYNÄTSALO	
Yritys Jyväskylän Tilapalvelu		Omistaja -	
Lämmitysmuoto -	Kiinteistötyyppi 51 Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset	Valmistumisvuosi -	Tilavuus 2 587 m <sup>3</sup>



	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Kulutus [l]	23 228	13 067	24 344	25 460	24 733	26 136	22 193	9 927	-
Muutos [%]	-	-43,7 %	86,3 %	4,6 %	-2,9 %	5,7 %	-15,1 %	-55,3 %	-
Ominaiskulutus [l/m <sup>3</sup> ]	9	5	9	10	10	10	9	4	-

Selite

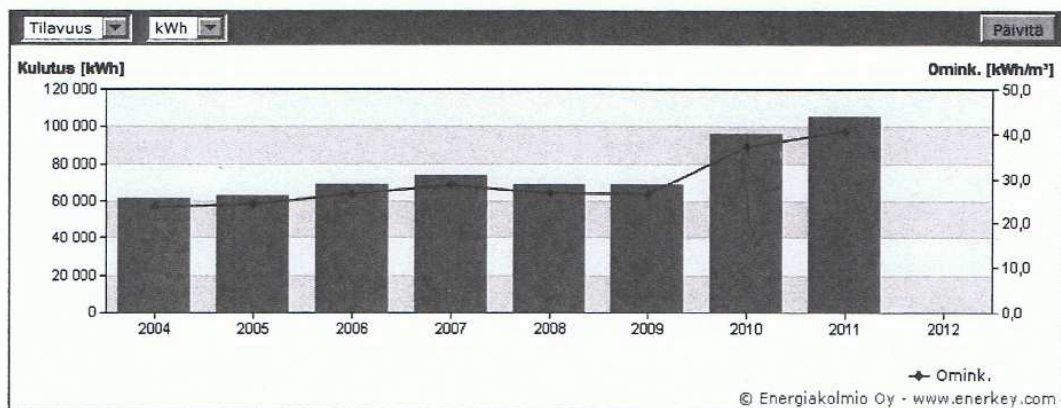
123 Lukematietoja puuttuu

## Kulutukset vuosittain, Sähkö (2004-2012)

12635

12.1.2012

Kohde Jkl, Tipa, Muuratsalon koulu		Katuosoite Saaritie 2, - SÄYNÄTSALO	
Yritys Jyväskylän Tilapalvelu		Omistaja -	
Lämmitysmuoto -	Kiinteistötyyppi 51 Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset	Valmistumisvuosi -	Tilavuus 2 587 m <sup>3</sup>



	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Kulutus [kWh]	61 399	63 050	68 952	73 776	69 134	68 973	96 168	105 254	-
Muutos [%]	-	2,7 %	9,4 %	7,0 %	-6,3 %	-0,2 %	39,4 %	9,4 %	-
Ominaiskulutus [kWh/m <sup>3</sup> ]	23,7	24,4	26,7	28,5	26,7	26,7	37,2	40,7	-

Selite

123 Lukematietoja puuttuu





## Esimerkkejä järjestelmäratkaisuista

## Järjestelmäratkaisu 2

Järjestelmäratkaisussa 2 lämpöpumppu voi tuottaa lämmitys- ja käyttövedtä ja ulkoinen lisälämpö (öljykattila, sähkökattila, kaukolämpö tai vastaava) tukee lämmitysveden tuotantoa, mutta ei käyttöveden tuotantoa. Lämmityksen ja käyttöveden vaihtventtiili on ennen ulkoista lisälämmönlähdettä, mikä mahdollistaa samanaikaisen lämmitys- ja käyttöveden tuotannon.

Sisäänrakennettua sähkövastusta voidaan käyttää lämmitys- ja käyttövesituotantoon sekä legionellatoimintoon. Integraalien A2 ja A3 valitaan käynnistykö ulkoinen lisälämpö ennen sisäistä vai sen jälkeen.

Lämpöpumpun ohjausyksikkö ohjaa myös lisälämpöshunttia, joka on sijoitettu ulkoisen lisälämmönlähteen jälkeen.

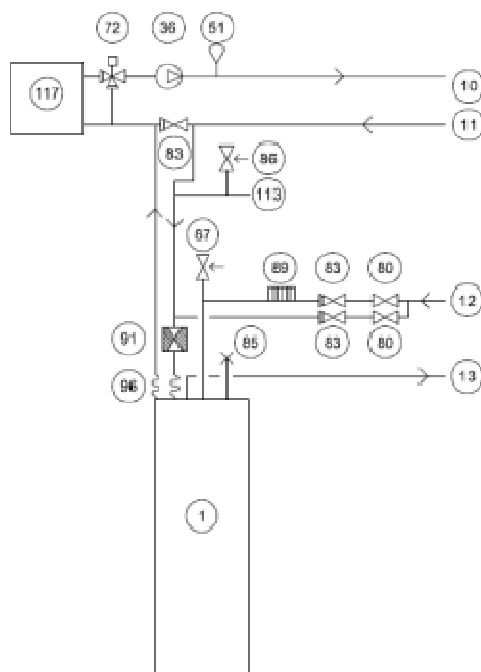
Järjestelmäratkaisua 2 varten valitaan valikossa HUOLTO\LISÄLÄMPÖ\ULK. LISÄLÄMPÖ tehdasasetus:

ULK. LISÄLÄMPÖ = PÄÄLLÄ

VXV LÄMM.K-VESI = SIS

## Esimerkki järjestelmäratkaisu 2

Järjestelmäratkaisu mallille Diplomat, Diplomat Optimum, Diplomat Optimum G2, Comfort, Atria, Atria Optimum



## Merkkien selitykset

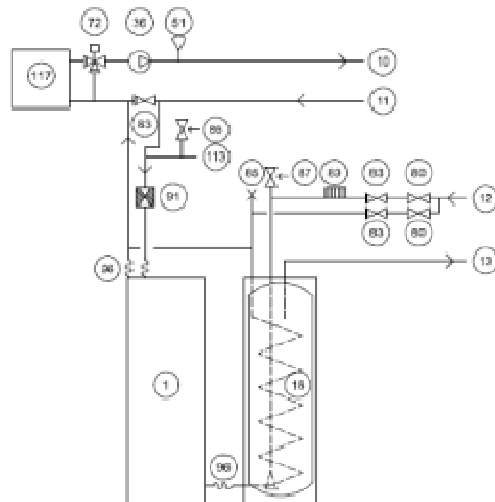
1	Lämpöpumppu
10	Menojohto
11	Paluujohto
12	Kylmävesi
13	Käyttövesi
36	Kiertovesipumppu
51	Menolämpötilan anturi, siirretty lämpöpumpusta
72	Lisälämpöshuntti
80	Sulkuventtiili
83	Takaiskuventtiili
85	Ilmausventtiili
86	Varoventtiili, lämmitysjärjestelmän paisuntasäiliö
87	Varoventtiili kylmävesi 9 bar
89	Alipaineventtiili
91	Roskasihti
96	Joustava letku
113	Paisuntasäiliö, lämmitysjärjestelmä
117	Ulkoinen lämmönlähde

Kuva 19. Esimerkki järjestelmäratkaisusta 2

## Esimerkkejä järjestelmäratkaisuista

## Esimerkki järjestelmäratkaisu 2

Järjestelmäratkaisu mallille Diplomat Duo, Diplomat Duo Optimum



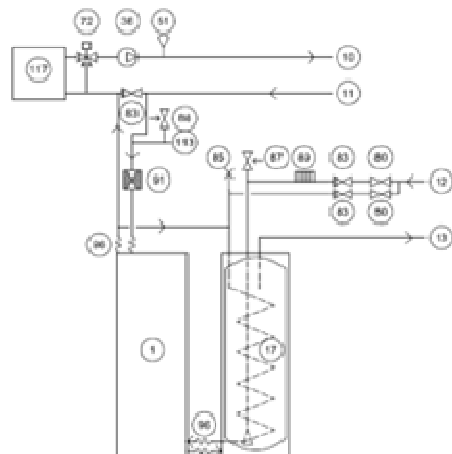
Kuva 20. Esimerkki järjestelmäratkaisusta 2

## Merkkien selitykset

1	Lämpöpumppu
10	Menojohto
11	Paluujohto
12	Kylmävesi
13	Käyttövesi
18	Lämminvesivaraaja
36	Kiertovesipumppu
51	Menolämpötilan anturi, siirretty lämpöpumpusta
72	Lisälämpöshuntti
80	Sulkuventtiili
83	Takaiskuventtiili
85	Ilmausventtiili
86	Varoventtiili, lämmitysjärjestelmän paisuntasäiliö
87	Varoventtiili kylmävesi 9 bar
89	Alipaineventtiili
91	Roskasihti
96	Joustava letku
113	Paisuntasäiliö, lämmitysjärjestelmä
117	Ulkoinen lämmönlähde

## Esimerkki järjestelmäratkaisu 2

Järjestelmäratkaisu mallille Atria Duo, Atria Duo Optimum



Kuva 22. Esimerkki järjestelmäratkaisusta 2

## Merkkien selitykset

1	Lämpöpumppu
10	Menojohto
11	Paluujohto
12	Kylmävesi
13	Käyttövesi
17	Lämminvesivaraaja (Atria Duo)
36	Kiertovesipumppu
51	Menolämpötilan anturi, siirretty lämpöpumpusta
72	Lisälämpöshuntti
80	Sulkuventtiili
83	Takaiskuventtiili
85	Ilmausventtiili
86	Varoventtiili, lämmitysjärjestelmän paisuntasäiliö
87	Varoventtiili kylmävesi 9 bar
89	Alipaineventtiili
91	Roskasihti
96	Joustava letku
113	Paisuntasäiliö, lämmitysjärjestelmä
117	Ulkoinen lämmönlähde

## Esimerkkejä järjestelmäratkaisuista

## Järjestelmäratkaisu 3

Järjestelmäratkaisussa 3 lämpöpumppu voi tuottaa lämmitys- ja käyttövedtä ja ulkoinen lisälämpö (öljykattila, sähkökattila, kaukolämpö tai vastaava) tukee lämmitys- ja käyttöveden tuotantoa ja legionellatoimintoa. Lämmityksen ja käyttöveden vaihtoventtiili on ulkoisen lisälämmönlähteen jälkeen, mikä estää samanaikaisen lämmitys- ja käyttöveden tuotannon.

Sisäänrakennettua sähkövastusta voidaan käyttää lämmitys- ja käyttövesituotantoon sekä legionellatoimintaan. Parametrilla H-KUUM.AIKA määritetään käytetäänkö sisäistä vai ulkoista lisälämmönlähdettä legionellatoimintaan.

Integraaleilla A2 ja A3 valitaan käynnistykö ulkoinen lisälämpö ennen sisäistä vai sen jälkeen.

Lämpöpumpun ohjausyksikkö ohjaa myös lisälämpöshunttia, joka on sijoitettu ulkoisen lisälämmönlähteen jälkeen.

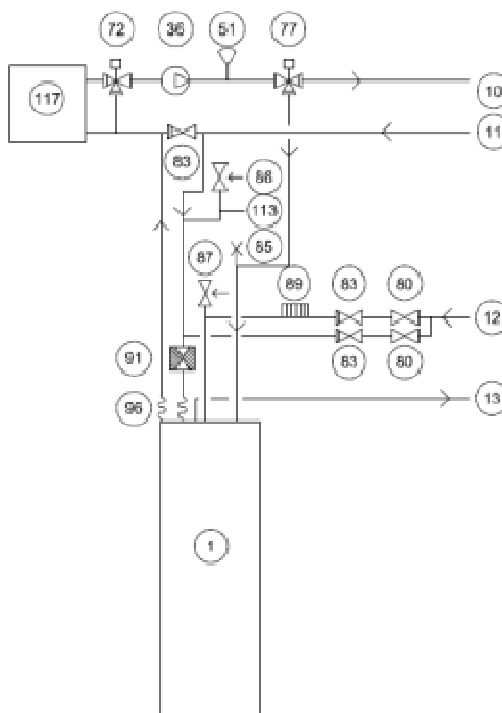
Järjestelmäratkaisua 3 varten valitaan valikossa HUOLTO\LISÄLÄMPÖ\ULK. LISÄLÄMPÖ tehdasasetus:

ULK. LISÄLÄMPÖ = PÄÄLLÄ

VXV LÄMM.K-VESI = ULK

## Esimerkki järjestelmäratkaisu 3

Järjestelmäratkaisu mallille Diplomat, Diplomat Optimum, Comfort, Atria, Atria Optimum.



## Merkkien selitykset

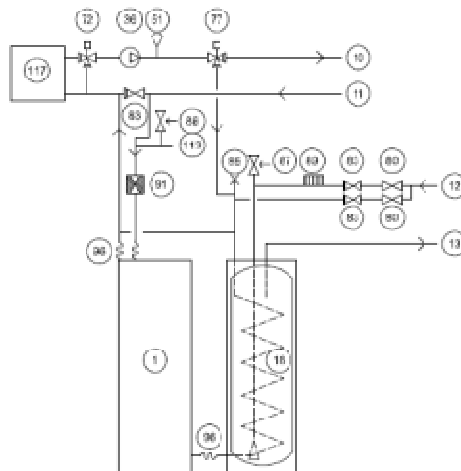
1	Lämpöpumppu
10	Menojohto
11	Paluujohto
12	Kylmävesi
13	Käyttövesi
36	Kiertovesipumppu
51	Menoämpötilan anturi, siirretty lämpöpumpusta
72	Lisälämpöshuntti
77	Vaihtoventtiili
80	Sulkuventtiili
83	Takaiskuventtiili
85	Ilmausventtiili
86	Varoventtiili, lämmitysjärjestelmän paisuntasäiliö
87	Varoventtiili kylmävesi 9 bar
89	Alipaineventtiili
91	Roskasihti
96	Joustava letku
113	Paisuntasäiliö, lämmitysjärjestelmä
117	Ulkoinen lämmönlähde

Kuva 23. Esimerkki järjestelmäratkaisusta 3

## Esimerkkejä järjestelmäratkaisuista

## Esimerkki järjestelmäratkaisu 3

Järjestelmäratkaisu mallille Diplomat Duo, Diplomat Duo Optimum



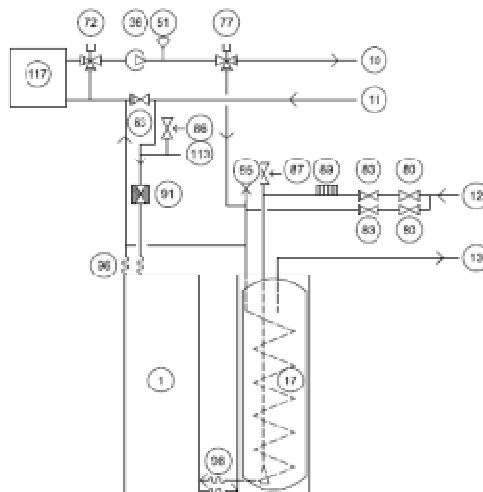
Kuva 24. Esimerkki järjestelmäratkaisusta 3

## Merkkien selitykset

1	Lämpöpumppu
10	Menojohto
11	Paluujohto
12	Kylmävesi
13	Käyttövesi
18	Lämminvesivaraaja
35	Kiertovesipumppu
51	Menolämpötilan anturi, siirretty lämpöpumpusta
72	Lisälämpöshuntti
77	Vaihtventtiili
80	Sulkuventtiili
83	Takaiskuventtiili
85	Ilmausventtiili
85	Varoventtiili, lämmitysjärjestelmän paisuntasäiliö
87	Varoventtiili kylmävesi 9 bar
89	Alipaineventtiili
91	Roskasihti
95	Joustava letku
113	Paisuntasäiliö, lämmitysjärjestelmä
117	Ulkoinen lämmönlähde

## Esimerkki järjestelmäratkaisu 3

Järjestelmäratkaisu mallille Atria Duo, Atria Duo Optimum



Kuva 25. Esimerkki järjestelmäratkaisusta 3

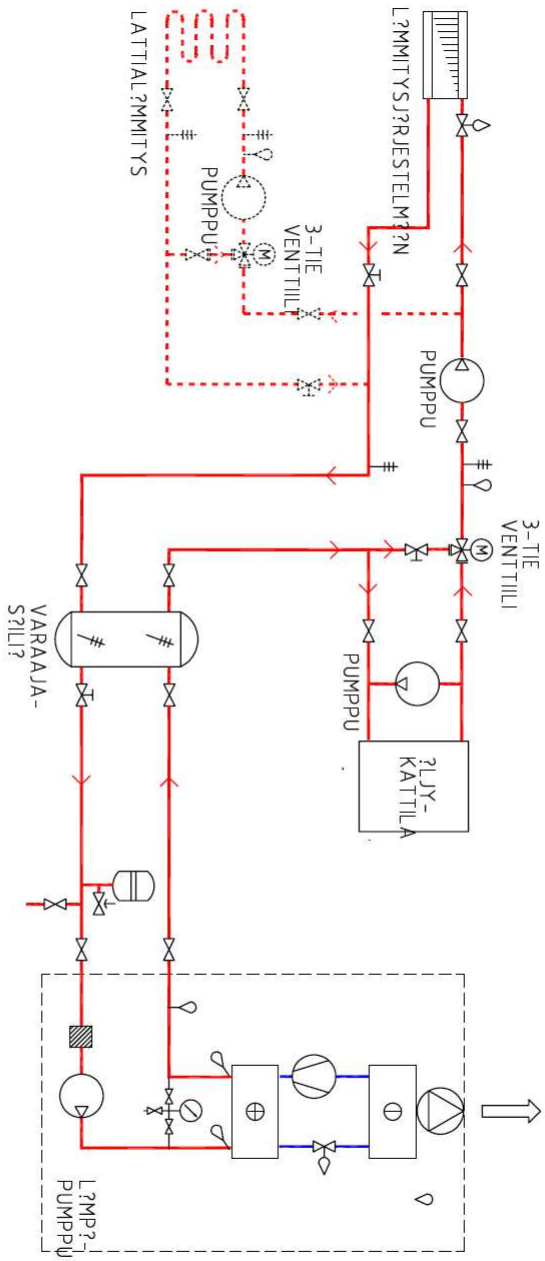
## Merkkien selitykset

1	Lämpöpumppu
10	Menojohto
11	Paluujohto
12	Kylmävesi
13	Käyttövesi
17	Lämminvesivaraaja (Atria Duo)
36	Kiertovesipumppu
51	Menolämpötilan anturi, siirretty lämpöpumpusta
72	Lisälämpöshuntti
77	Vaihtventtiili
80	Sulkuventtiili
83	Takaiskuventtiili
85	Ilmausventtiili
86	Varoventtiili, lämmitysjärjestelmän paisuntasäiliö
87	Varoventtiili kylmävesi 9 bar
89	Alipaineventtiili
91	Roskasihti
96	Joustava letku
113	Paisuntasäiliö, lämmitysjärjestelmä
117	Ulkoinen lämmönlähde

Esimerkkejä järjestelmäratkaisuista

ILMA-VESILÄMPÖPUMPPU+ÖLJYKATTILA

LÄMMITYS

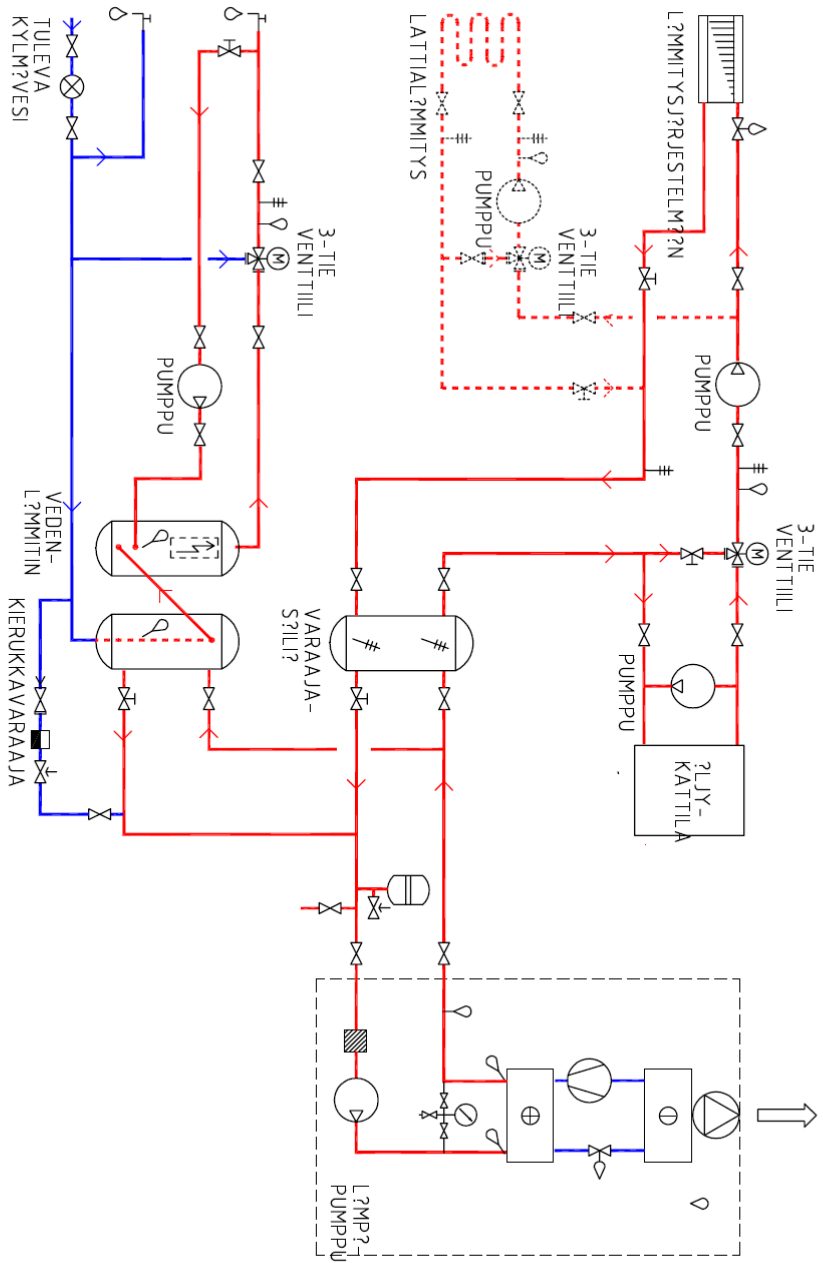


		SYSTEM 2.0	
TYÖKALU	PROJEKTOINEN	30R-2.0	
KRITTELI	PIIRIT		
PÄIVYS	REVISIO		
10-11-2008			



Esimerkkejä järjestelmäratkaisuista

ILMA-VESILÄMPÖPUMPU+ÖLJYKATTILA  
LÄMMITYS JA KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYS



		SYSTEM 2.1	
TYÖNUMERO	PROJEKTINUMERO	30R-2.1	
ESITILAU	REKRYTOINTI		
PAIKITUS	REKRYTOINTI		
10.11.2008	REKRYTOINTI		

Esimerkkejä järjestelmäratkaisuista

