



Juho Kajava

MAALÄMPÖPUMPPUJEN ENERGIAN KULUTUKSEN SEURANTA

MAALÄMPÖPUMPPUJEN ENERGIAN KULUTUKSEN SEURANTA

Juho Kajava
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Juho Kajava

Opinnäytetyön nimi: Maalämpöpumppujen energian kulutuksen seuranta

Työn ohjaaja: Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2012 Sivumäärä: 43 + 2 liitettä

Opinnäytetyö tehtiin Kodikaslämpö Oy:n toimeksiannosta. Työn aiheena oli Maalämpöpumppujen energian kulutuksen seuranta. Työssä perehdyttiin maalämpöpumppujen käyttäytymiseen Suomen haastavissa talviolosuhteissa.

Työn tavoitteena oli selvittää olemassa olevia kohteita hyväksi käyttäen pump-
pujen mitoituksen luotettavuus sekä kertoa yleisesti maalämpöpumppujen toi-
minnasta ja mitoituksesta.

Energian kulutusta seurattiin kolmessa kohteessa talven 2012 aikana. Kohteista kaksi oli kiinteistökohteita ja yksi pienempi omakotitalokohde. Kiinteistöjen ker-
rosalat olivat 600 m² ja 935 m² ja omakotitalo oli 120 m². Kaikissa kohteissa
maalämpöpumppuina toimivat Thermian Diplomat -lämpöpumput.

Seurantatuloksista oli havaittavissa, että osatehomitoitteisten maalämpöpump-
pujen hyötysuhteet talven kovimmillakin pakkasjaksoilla pysyivät 2:ssa. Ottaen
huomioon sähkövastuksien tehot ja niiden käyntiajat, hyötysuhde talvikauden
aikana on hyvä. Hyötysuhteeseen vaikuttaa oleellisesti myös lämmönjakotapa.
Kaikissa tämän työn kohteissa oli patterilämmitys, joka laskee hyötysuhdetta.
Thermian maalämpöpumput pystyvät lämmittämään ilman lisävastuksia veden
42 °C:seen. Tämän vuoksi paras hyötysuhde saadaan matalalämpöisellä lattia-
lämmityksellä.

Asiasanat: maalämpö, osatehomitoitus, hyötysuhde

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 MAALÄMPÖ	7
2.1 Lämmönlähteet	7
2.1.1 Vaakasuoraan asennettu keruuputkisto	7
2.1.2 Porakaivo	9
2.1.3 Vesistöön asennettu keruuputkisto	12
2.2 Lämpöpumppu	12
2.2.1 Toimintaperiaate	13
2.2.2 Thermia Diplomat -lämpöpumput	14
2.2.3 Maalämpöpumpun mitoitus	15
2.2.4 Vaihtuvalauhdutteen maälämpöpumppu	17
2.2.5 Kiinteälauhdutteen maälämpöpumppu	19
2.3 Vaihtoventtiilin ohjausautomaatika	20
2.4 Lämminvesivaraajat	21
3 ENERGIAN KULUTUKSEN SEURANTA	22
3.1 Omakotitalo, Oulu	22
3.1.1 Rakennuksen lähtötiedot	22
3.1.2 Lämpöpumpun käyntiajat	23
3.1.3 Lämmityspiirin lämpötilat	24
3.1.4 Lämpöpumpun lämmitysenergian kulutus	25
3.1.5 Lämpöpumpun lämmitysenergian tuotto	26
3.1.6 Keruupiirin lämpötilat	27
3.1.7 Lämpöpumpun hyötysuhde (COP)	28
3.2 Rivitalo, Oulu	29
3.2.1 Rakennuksen lähtötiedot	29
3.2.2 Lämpöpumppujen käyntiajat	29
3.2.3 Lämpöpumppujen sähköenergian kulutus	32
3.2.4 Lämpöpumppujen lämmitysenergian tuotto	34
3.2.5 Keruupiirien lämpötilat	35

3.2.6 Lämpöpumppujen hyötysuhde (COP)	35
3.3 Palvelukoti, Piippola	36
3.3.1 Rakennuksen lähtötiedot	36
3.3.2 Lämpöpumppujen käyntiajat	37
3.3.3 Keruupiirin lämpötilat	38
3.3.4 Lämpöpumppujen sähköenergian kulutus	39
3.3.5 Lämpöpumppujen lämmitysenergian tuotto	40
3.3.6 Lämpöpumppujen hyötysuhde	40
4 YHTEENVETO	42
LÄHTEET	43
LIITTEET	
Liite 1. Kytkenäkaavio, omakotitalo Oulu	
Liite 2. Kytkenäkaavio, rivitalo Oulu / palvelukoti Piippola	

1 JOHDANTO

Kodikaslämpö Oy tilasi työn, jossa seurataan maalämpöpumppujen käyttäytymistä talviolosuhteissa. Yritys myy lämmitysjärjestelmiä, ja tavoitteena työtä aloittaessa oli, että yritys saa olemassa olevien kohteiden toiminnasta raportin, jota voidaan hyödyntää maalämpöjärjestelmien suunnittelussa ja toteutuksessa.

Tässä työssä kerrotaan aluksi lämpöpumpun mitoituksen taustoja ja niiden jälkeen havainnollistetaan mittaustuloksien perusteella, kuinka lämpöpumput toimivat talviolosuhteissa.

Seuranta toteutettiin tammi - helmikuun 2012 aikana kolmessa eri kohteessa. Seurannan aikana kirjattiin muistiin lämpöpumppujen käyntiaikoja ja lämpöpumpun antamia lämpötiloja. Näistä tiedoista laskemalla saadaan mittausjaksojen aikaiset hyötysuhteet, jotka kuvastavat sitä, kuinka hyvin järjestelmät ovat toimineet.

2 MAALÄMPÖ

Maalämpöpumput hyödyntävät maaperän pintakerrokseen tai vesistöihin sitoutunutta aurinkoenergiaa. Kallioon porattu lämpökaivo on nykyään yleisin maalämmön talteenottotapa. Mikäli tontti on iso, voidaan lämpöä kerätä myös noin metrin syvyyteen asennetulla vaakaputkistolla. Vesistöjen läheisyydessä voidaan keruuputkisto ankkuroida painoilla vesistöpohjaan tai upottaa sedimenttiin. (1.)

Keruuputkistossa kiertää etanoli-vesiliuos (30 vol-%), jonka jähmettymispiste on noin -17 °C . Kierron aikana liuos lämpenee muutaman asteen. Keruupiirin nesteestä saatava lämpö höyrystää lämpöpumpussa kiertävän kylmäaineen. Höyrystyneen kylmäaineen painetta nostetaan kompressorilla, jolloin myös sen lämpötila nousee. Kylmäaine lauhtuu lämpöpumpun lauhduttimessa jälleen nesteeksi, jolloin se luovuttaa lämpöä lämmönjakoverkkoon ja lämpimään käyttöveiteen. (1.)

2.1 Lämmönlähteet

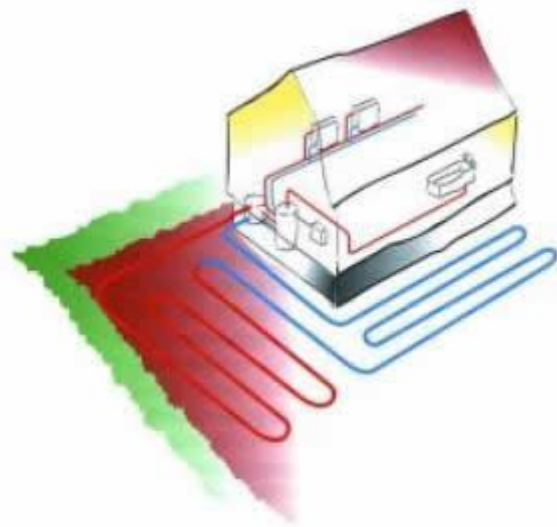
Maalämpö on aurinkoenergiaa siinä missä vesi-, puu-, turve-, tuuli-, hiili- tai suora aurinkoenergiakin. Aurinkolämpöä saadaan etenkin kesäaikana, ja sitä varastoituu maa- ja kallioperään sekä vesistöihin auringonpaisteen, lämpimän ilman ja sateiden kautta. (2.)

Talvella auringon lämmittävä vaikutus on pohjoisilla leveysasteilla niin vähäistä, että on turvauduttava varastoituneeseen aurinkolämpöön. Tutkimusten mukaan noin 3 % osuus vuosittaisesta auringon maahan varastoituvasta energiasta riittää vuotuisen lämmöntarpeen kattamiseen maalämmöllä. Maalämpö on kokemuksen mukaan varma ja tasainen lämmönlähde ympäri vuoden. (2.)

2.1.1 Vaakasuoraan asennettu keruuputkisto

Maaperään vaakasuoraan asennettavan lämmönkeruuputkiston (kuva 1) mitoitus on järjestelmän vaativin suunnittelutehtävä, koska mitoituksen optimoinnissa

on useita toisiaan vastaan vaikuttavia mitoitussuureita ja monia yksilöllisiä epävarmuustekijöitä sekä lisäksi kaikki suunnittelukohteet ovat ainutkertaisia. (2.)



KUVA 1. Maaputkiston periaatekuva (2)

Merkittävin mitoitustekijä on maaperän lämmönjohtavuus ja kosteuspitoisuus, jotka voivat vaihdella suuresti jopa pienelläkin alueella. Niiden tutkimiseen kannattaa uhrata aikaa jo suunnitteluvaiheessa, jotta voitaisiin suunnitella riittävän pitkä putkiverkosto kuitenkin ylimitoittamatta sitä tarpeettomasti (taulukko 1). (2.)

TAULUKKO 1. Ohjeellisia arvoja maasta vuotuisesti saatavalle lämpöenergialle kWh/m/vuosi (2)

SIJAINTI	SAVI	HIEKKA
ETELÄ-SUOMI ¹⁾	50...60 kWh	30...40 ¹⁾ Linjan Kokkola-Savonlinna eteläpuoli
KESKI-SUOMI	40...45 kWh	15...20
POHJOIS-SUOMI ²⁾	30...35 kWh	00...10 ²⁾ Lappia lukuun ottamatta

Ylimitoitettu putkipituus kuluttaa käytössä enemmän sähköenergiaa suurentuneina pumppauskuluina, ja lisäksi sen investointikustannus on suhteessa oikein mitoitettuun hieman suurempi, koska putkea pitää hankkia enemmän ja kaivuutyöt lisääntyvät. Alimitoitettu putkipituus puolestaan johtaa lämmönlähteen hii-

pumiseen ja sen myötä alhaisempaan höyrystymislämpötilaan ja kompressorin imupaineeseen, jonka seurauksena on alhaisempi lämpökerroin. (2.)

Karkeana putkimäärän ohjearvona voidaan käyttää arvoa 1 - 2 putkimetriä lämmitettävää rakennuskuutiota kohti ja tonttimaata tarvitaan noin 1,5 m² yhtä putkimetriä kohti. Käytössä olevan maa-alueen koko ja sijainti näin ollen asettaa myös omat mahdollisuutensa tai rajoituksensa maaputkistolle. (2.)

Putkisto kaivetaan noin 0,7 - 1,2 metrin syvyyteen maahan niin, että putkikilokien väli on noin 1,5 metriä, kuitenkin vähintään 1,2 metriä. Putkena käytetään yleisesti normaalia vesijohtoputkea PELM NS32, NS40 ja NS50/NP 10. Täyttö suoritetaan kaivumaalla, kuitenkin kivettömällä maalla 20 cm putken ympäriltä. (2.)

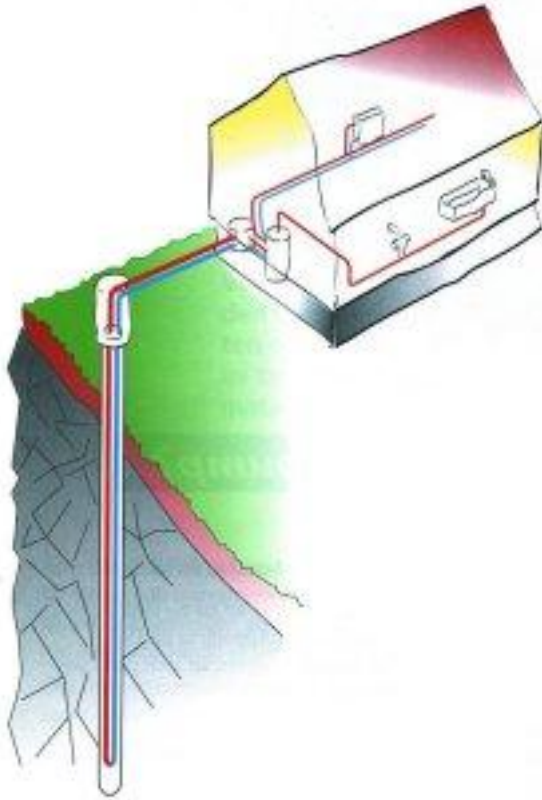
Putket eristetään päistään sujuttamalla ne n. 10 - 20 mm seinämävahvuiseen solumuoviseen eristeputkeen ja sen jälkeen Ø 100 mm taipuisan salaojaputken sisään rakennuksen sisältä alkaen noin 2 metriä rakennuksen sokkelin ulkopuolelle. Eristämätöntä putkea ei saa tontilla asentaa lähemmäksi kuin 2 metriä rakennuksen ulkoseinästä. Mahdollisten vesi- ja viemärijohtojen, samoin kuin talvella lumiolosuhteissa puhtaana pidettävien kulkuväylien, kohdat eristetään paikallisesti routalinssien välttämiseksi. (2.)

Putkiston asennus tulee toteuttaa siten, että putkisto voidaan varmuudella ilmalta eikä mahdollisia ilmataskuja pääsisi muodostumaan myöhemminkään. Putkistokaivantoon on hyvä laittaa asennuksen yhteydessä myös keltainen muovinen merkinauha noin puolen metrin syvyyteen. (2.)

2.1.2 Porakaivo

Porakaivo on viime vuosina saatujen hyvien kokemusten myötä yleistynyt menetelmä, jossa maalämpöpumpun lämmönlähteenä käytetään rakennuksen viereen porattua porakaivoa siten, että porakaivoon upotetaan liki pohjaan saakka ulottuva muoviputkikilokki maaputkipiiriin sijaan (kuva 2). Tällä menetelmällä on etuna se, että porakaivon energiasaanto on noin kaksinkertainen putkimetriä kohti verrattuna maahan kaivettuun putkeen. Lisäksi välttyään mittavilta kai-

vaustöiltä tontilla ja saadaan pitkäikäinen, toimintavarma, routimaton ja helposti ilmattava järjestelmä. (2.)



KUVA 2. Porakaivon periaatekuva (2)

Käytännössä kaivoa ei kannata porata 200 metriä syvempään, vaan suurissa järjestelmissä kaivoja porataan tarvittava määrä n. 10 - 20 metrin välein. Kaivot kytketään rinnakkaisiksi putkisilmukoiksi erillisessä ulkoisessa kytkentäkaivos-
sa, jolloin pumppauskustannukset eivät kasva suhteettoman suuriksi. Kaivoon upotettavat putket liitetään alapäästään silmukaksi messinkisellä U-kappaleella, johon myös kiinnitetään kaivosyvyyden mukaan laskennallisesti määritetty paino, jonka tehtävänä on painollaan vetää putket suorana alas. (2.)

Porakaivon syvyys riippuu tarvittavasta lämmitysenergian määrästä. Maalämpöjärjestelmä ja porakaivon syvyys mitoitetaan vanhoissa rakennuksissa perustuen toteutuneeseen lämmitysenergian kulutukseen, esimerkiksi lämmitysöljyn vuotuisen kulutukseen tai lämmitykseen käytettyyn sähköenergiaan perustuen. (2.)

Öljylämmitteisissä rakennuksissa lämmitysenergian kulutus ja sitä kautta lämpökaivon syvyys määräytyy toteutuneen öljyn kulutuksen ja öljykattilan hyötysuhteen perusteella. Öljykattiloiden hyötysuhde vaihtelee vanhempien kattiloiden 75 prosentista uudempien öljykattiloiden 90 prosenttiin. Etelä-Suomessa 4 000 – 4 500 litran vuotuinen öljynkulutus rakennuksessa vaatii tyypillisesti yhden 200 metriä syvän lämpökaivon kun öljylämmitys vaihdetaan maalämpöön (taulukko 2). (3.)

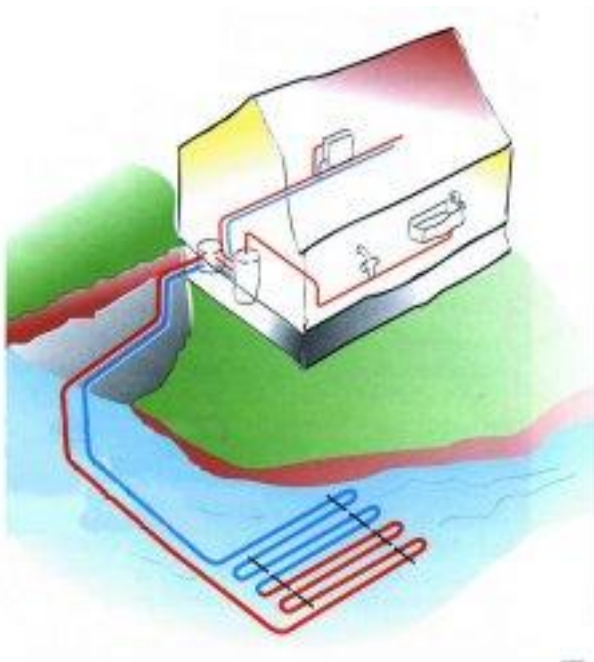
TAULUKKO 2. Ohjeellisia arvoja porakaivosta vuotuisesti saatavalle lämpöenergialle (4, s. 16)

PORAKAIVO	ILMASTOVYÖHYKE D5 MUKAAN			
	I	II	III	IV
kWh / m	150	140	130	120
W / m	42 - 43	38 - 41	34 - 38	30 - 35
Liuoksen keskilämpötila, °C	-2,5...+1	-2,5...+1	-2,5...+1	-2,5...+1

Rakennettavissa kohteissa maalämpöjärjestelmän ja porakaivon mitoitus perustuu rakennuksen laskennalliseen lämmitysenergian kulutukseen. Rakennuslupaa haettaessa tarvitaan energiatodistus, josta selviää rakennuksen lämmitysenergian ja huipputehon tarve. Mikäli energiatodistus on oikein laadittu, voidaan maalämpöjärjestelmän mitoitus tehdä energiatodistuksen tietoihin perustuen. (5.)

2.1.3 Vesistöön asennettu keruuputkisto

Vesistön käyttöön lämmönlähteenä soveltuvat kokemuksen mukaan järvet, lammet ja merenrannat, jotka ovat vähintään 2 metriä syviä jo rannan läheisyydessä (kuva 3). Käyttöön soveltuu muuten sama tekniikka kuin maalämpöputkistonkin käytössä, mutta putket täytyy ankkuroida vesistön pohjaan putkien ympärille noin metrin välein kiinnitettävillä n. 5 - 10 kg betonipainoilla. Tämä siitä syystä, ettei putken ympärille mahdollisesti muodostuva jääkerros nosta putkea pintaan pintajään alle, johon se jäätyy kiinni ja jäidenlähtö voi viedä putken mennessään. (2.)



KUVA 3. Vesistöön asennetun putkiston periaatekuva (2)

2.2 Lämpöpumppu

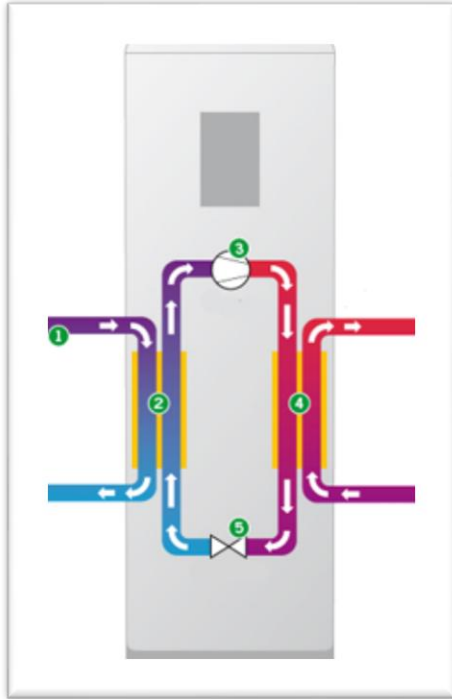
Lämpöpumppu on kuin käänteinen jääkaappi. Jääkaapissa lämpö siirretään jääkaapin sisältä ulkopuolelle, kun taas lämpöpumppu siirtää lämmönlähteesseen varautunutta lämpöä rakennukseen. Lämpöpumppu hyödyntää lämmönlähteen energian ja tuottaa 2–3-kertaisen määrän lämpöenergiaa kuluttamaansa sähköenergiaan nähden. Lämpöpumppu on sen vuoksi erittäin ympäristöystävällinen ja taloudellinen tapa lämmittää taloa. (7, s. 7.)

Lämmitysenergian siirtämiseen lämmönlähteestä lämmitysjärjestelmään tarvitaan kolme erillistä nestepiiriä. Piiri, joka kerää lämpöenergiaa lämmönlähteestä on lämmönkeruupiiri. Piirin menolämpötila on alhainen, jotta matalalämpöinen lämmönlähde voi lämmittää nesteen. Seuraava piiri on suljettu kylmäainepiiri, joka ottaa talteen lämmönkeruunesteen keräämän lämpöenergian ja siirtää sen lämmityspiiriin. (7, s. 7.)

2.2.1 Toimintaperiaate

Seuraavassa on kerrottu lämpöpumpun eri komponenttien tehtävä lämpöpumpun käydessä (kuva 4):

1. Lämmönkeruuneste kiertää keruuputkistossa ja kerää lämpöenergiaa kalliosta, maaperästä, ilmasta tai vedestä.
2. Höyrystimessä haalea lämmönkeruuneste kohtaa lämpöpumpun kylmäaineen, jonka lämpötila nousee muutaman asteen, jolloin se höyrystyy.
3. Kompressori puristaa höyrystyneen kaasun korkeaan paineeseen, jolloin se lämpenee.
4. Lämpö johdetaan lauhduttimen kautta talon lämmitysjärjestelmään, jolloin lämpötila laskee ja kylmäaine muuttuu jälleen nesteeksi.
5. Paisuntaventtiilissä kylmäaineen paine laskee ja muuttuu jälleen jääkylmäksi. Prosessi alkaa uudelleen kun jääkylmä kylmäaine kohtaa haalean lämmönkeruunesteen. (8.)



KUVA 4. Maalämpöpumpun toimintaperiaate (8)

2.2.2 Thermia Diplomat -lämpöpumput

Tässä työssä seurattut maalämpöpumput ovat kaikki Thermian Diplomat -lämpöpumppuja. Kyseiset pumput ovat vaihtuvalauhdutteisia lämpöpumppuja. Taulukossa 3 on kyseisen lämpöpumpun teknisiä tietoja.

TAULUKKO 3. Thermia Diplomat -lämpöpumpun tekniset tiedot (6, s. 80)

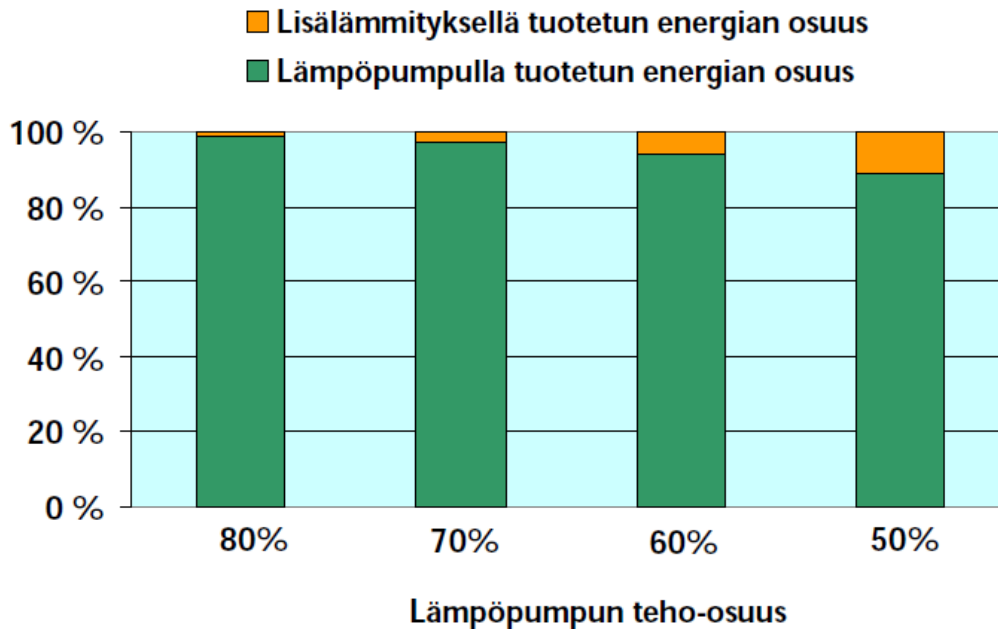
Malli	6	8	10	12	16
Kylmäaine, R407C	1,20 kg	1,30 kg	1,45 kg	1,55 kg	2,00 kg
Sähköliitäntä	400V 3-N	400V 3-N	400V 3-N	400V 3-N	400V 3-N
Kompressorin nimellisteho	2,0 kW	2,3 kW	3,6 kW	4,4 kW	5,6 kW
Komp. + vastuksien nimellisteho	5,0/8,0/11,0 kW	5,3/8,3/11,3 kW	6,6/9,6/12,6 kW	7,4/10,4/13,4 kW	8,6/11,6/14,6 kW
Lämmitysvastus	3/6/9 kW	3/6/9 kW	3/6/9 kW	3/6/9 kW	3/6/9 kW
Antoteho	4,9 Kw	7,2 kW	8,9 kW	10,7 kW	15,2 kW
Hyötysuhde sis. Kierto-pumput	2,79	3,08	3,17	3,12	3,16
Sulake	10/16/20 A	10/16/20 A	10/16/20 A	16/16/20 A	20/20/25 A
Nimellisvirtaus					
Lämmönkeruu	0,3 l/s	0,5 l/s	0,6 l/s	0,6 l/s	0,9 l/s
Lämmitysvastus	0,1 l/s	0,2 l/s	0,2 l/s	0,3 l/s	0,4 l/s
Ulkoisen painehäviö					
Lämmönkeruu	50 kPa	49 kPa	95 kPa	94 kPa	71 kPa
Lämmitys	43 kPa	39 kPa	30 kPa	46 kPa	32 kPa
Lämminvesivaraajan tilavuus	180 l	180 l	180 l	180 l	180 l

2.2.3 Maalämpöpumpun mitoitus

Maalämpöjärjestelmän mitoituksessa on tärkeää, että mitoitus on tehty oikein. Muuten on riski, että maalämpöpumppu tuottaa liian suuren osan lämmöntarpeesta lisävastuksilla, jolloin vuotuinen lämpökerroin jää heikoksi ja käyttökulut nousevat korkeiksi.

Maalämpö voidaan mitoittaa osatehoiseksi tai täystehoiseksi. Osatehomitoituksessa maalämmöllä saadaan 65 - 90 % lämmitystehon tarpeesta kovalla pakkasella. Loput tehon tarpeesta katetaan maalämpöjärjestelmässä olevalla sähkövastuksella. Osatehomitoituksessa vuosittaisesta energiantarpeesta katetaan maalämmöllä kuitenkin 98 - 99 %, koska kovia pakkaspäiviä on vähän. Täyste-

homitoituksessa maalämmöllä katetaan koko lämmitys ja käyttöveden lämmit-
tämisen energiantarve kovallakin pakkasella ilman sähkövastusta. (9.)

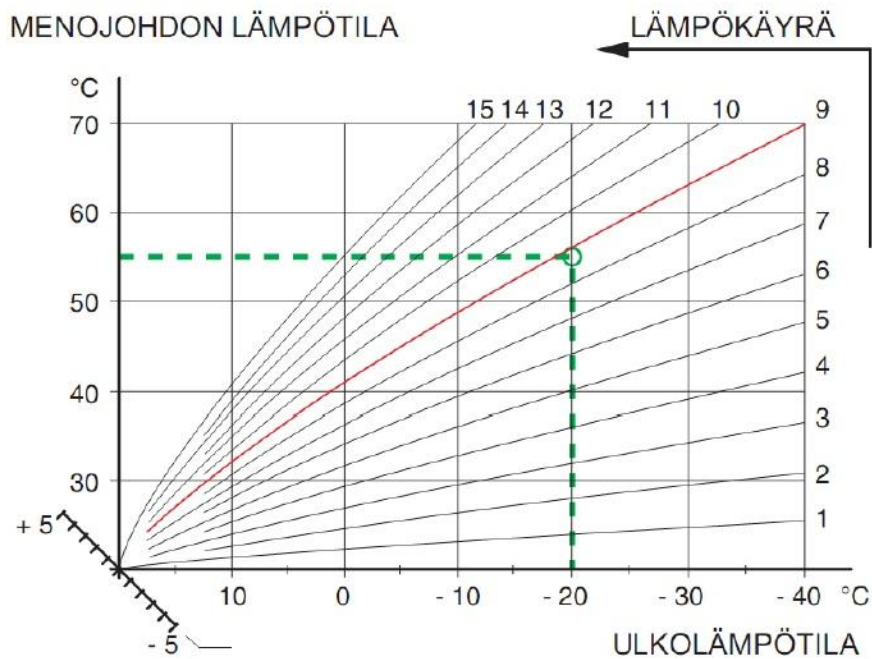


KUVA 5. Lämpöpumpun teho-osuuden vaikutus lisälämmityksen energiankulutukseen (10, s. 13)

Merkittävä riski on myös se, että järjestelmä ylimitoitetaan. Ylimitoitettu järjestelmä maksaa reilusti enemmän sekä johtaa siihen, että maalämpöpumppu käy vain lyhyitä jaksoja kerrallaan, mikä kuluttaa sekä pumppua että lisää energiankulutusta. Kun maalämpöpumppu käynnistyy, kestää muutamia minuutteja ennen kuin laite toimii parhaalla hyötysuhteella. Muutaman minuutin aikana kylmäaineen höyrystymis- ja lauhtumisprosessi vakioituu, ja vasta tämän jälkeen saavutetaan paras hyötysuhde. Oikein mitoitettu lämpöpumppu käy pitkiä jaksoja kerrallaan ja tuottaa parhaan mahdollisen hyödyn. (11.)

Lämmönjakojärjestelmän mitoitus määrää ulkolämpötilan (kuva 6), jossa lämpöpumpulla ei kannata enää lämmittää vaan käytetään lisäksi lisävastuksia.

Vanhan patterilämmitystalon lämpöpumppu tulee väistämättä osatehoiseksi koska lämmitysjärjestelmän lämpötilataso on korkea.



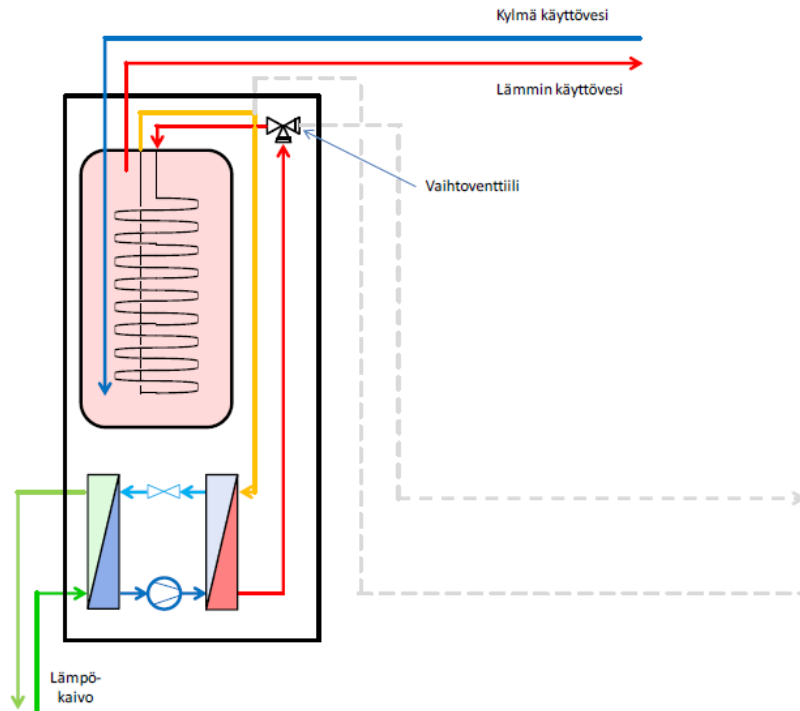
KUVA 6. Lämmityskäyrä (4, s. 18)

Maalämpöjärjestelmän mitoitus lämmitysjärjestelmää vaihdettaessa perustuu rakennuksen toteutuneeseen lämmitysenergian kulutukseen ja uudisrakentamisessa laskettuun energiankulukseen. (11.)

2.2.4 Vaihtuvalauhdutteinen maalämpöpumppu

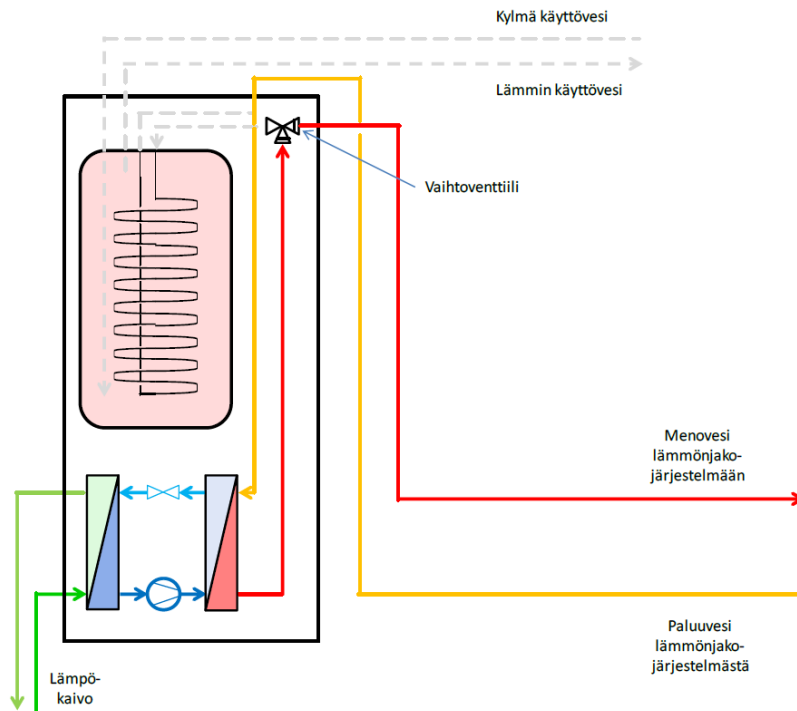
Vaihtuvalauhdutteisessa maalämpölaitteistossa lämmintä vettä ohjataan laitteen automatiikan ja vaihtuventtiiliin avulla joko lämmitykseen tai käyttöveden lämmitykseen. (12, s. 7.)

Käyttövettä lämmitettäessä ohjataan pumpun koko lämmitysteho hetkellisesti käyttövesivaraajassa olevaan kierukkaan. Kierukan läpi kulkeva kuuma vesi lämmittää varaajassa olevan käyttöveden tavoitelämpötilaan (kuva 7). (12, s. 8.)



KUVA 7. Vaihtventtiili käyttövesiasennossa (12, s. 8)

Kun käyttövesivaraajan lämpötila on saatu tavoitetilaansa, kääntyy pumpun tuottaman lämpimän veden suunta vaihtventtiilin avulla talon lämmitysverkoston (kuva 8). (12, s. 8.)



KUVA 8. Vaihtventtiili lämmitysasennossa (12, s. 8)

Vaihtventtiilin avulla saadaan parempi hyötysuhde, koska pumppu tuottaa lämmitysasennossa matalalämpoisempää vettä. Korkeaa lauhtumislämpötilaa tarvitaan vain käyttöveden lämmitysjakson lopussa.

2.2.5 Kiinteälauhdutteinen maalämpöpumppu

Kiinteälauhdutteisessa maalämmössä lämmitetty vesi ohjataan erilliseen varaajaan. Lämpöä ohjataan varaajasta yhtä aikaa sekä käyttöveteen että lämmitykseen. Lämmönjakoverkoston menevä vesi shuntataan varaajasta samaan tapaan kuin esimerkiksi öljylämmityksessä. Käyttövesi lämmitetään varaajan läpi kulkevien kierukoiden avulla. (12, s. 6.)

Varaajan ollessa riittävän iso, saadaan pumpulle pitkiä käyntijaksoja. Pumpun kompressoria rasittavia käynnistyksiä syntyy vähän ja pumppu kestää pitkään. Lauhtumislämpötilan ollessa kuitenkin kokoajan korkea, pumpun hyötysuhde laskee. Tämä mahdollistaa kuitenkin tulistuslämmön hyödyntämisen varaajan yläosassa, jolloin käyttöveden lämmittäminen lisälämmöllä jää vähäisemmäksi. (12, s. 6.)

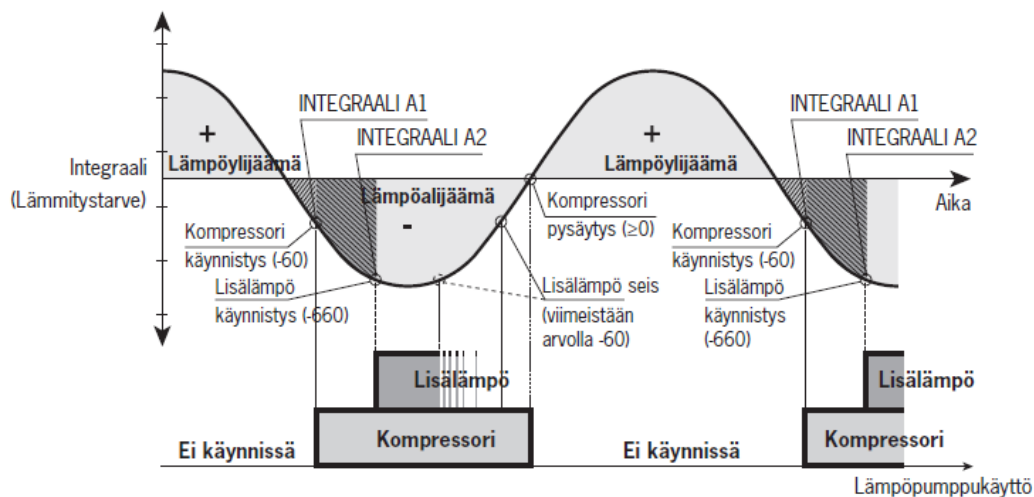
2.3 Vaihtoventtiilin ohjausautomaatiikka

Talon lämmöntarve vaihtelee vuodenajan ja sään mukaan eikä se ole vakio. Lämmöntarve voidaan ilmaista lämpötilaerona tietyllä ajanjaksolla. Laskentatuloksena saadaan integraaliarvo, joka kuvaa lämmöntarvetta (kuva 9). (7, s. 17.)

Ohjausyksikkö käyttää useita parametreja integraaliarvon laskentaan. Lämpöpumpun käynnistymiseksi vaaditaan lämpöalijäämä ja on olemassa kaksi integraaliarvoa, A1 ja A2, jotka käynnistävät kompressorin ja lisälämmön (kuva 9). (7, s. 17.)

Lämmöntuotannon aikana alijäämä pienenee ja kun lämpöpumppu pysähtyy, järjestelmän hitaus aiheuttaa sen, että muodostuu lämpöyli jäämä. Integraaliarvo ilmaisee aika-akselin alapuolisen alueen alan ja annetaan asteminuutteina (kuva 9). (7, s. 17.)

Alla olevassa kuvassa näkyvät lämpöpumpun integraaliarvojen perusasetukset. Kun integraaliarvo saavuttaa integraalin A1 asetetun arvon, kompressorikäynnistyy. Ellei integraaliarvo ala nousemaan vaan laskee edelleen, lisälämpökäynnistyy, kun integraaliarvo saavuttaa integraalin A2 asetusarvon (kuva 9). (7, s. 17.)



KUVA 9. Integraalikäyrä (7, s. 17)

Integraaliarvon laskenta pysäytetään käyttöveden tuotannon aikana ja kun lämmitys on pois kytketty. Integraaliarvon laskenta aloitetaan vasta kahden minuutin kuluttua käyttövedentuotannon päättymisestä, jotta lämmitysjärjestelmän lämpötila ehtii tasaantua. (7, s. 18)

2.4 Lämminvesivaraajat

Vaihtuvanlauhdutuksen pumpuissa käyttövesivaraaja on useimmiten integroituna maalämpöpumppuun, joiden koko on yleensä 160 - 180 litraa. Tämä riittää hyvin suuremmankin perheen tarpeisiin. Lämmön uhatessa loppua varaajasta, suuntaa pumppu hetkellisesti koko tehonsa käyttöveden lataamiseen, jolloin uutta lämmintä vettä saadaan nopeasti lisää. Mikäli sekään ei riitä, tuodaan loppu lämmöntarve lisälämmöllä. (12, s. 12.)

Mikäli käyttövettä tarvitaan hetkellisesti paljon esimerkiksi useampaan suihkuun, kylpy- tai poreammeen täyttöön, pitää järjestelmään hankkia isompi varaaja. Pienelle kylpyammeelle riittää 250 litran varaaja ja iso poreamme tarvitsee 500 litraa kapasiteettia. (12, s. 12.)

3 ENERGIAN KULUTUKSEN SEURANTA

Työssä seurattiin kolmea eri maalämpökohdetta ja niiden käyttäytymistä talvisissa olosuhteissa. Tässä luvussa perehdytään mittaustuloksien perusteella saatuihin tuloksiin.

3.1 Omakotitalo, Oulu

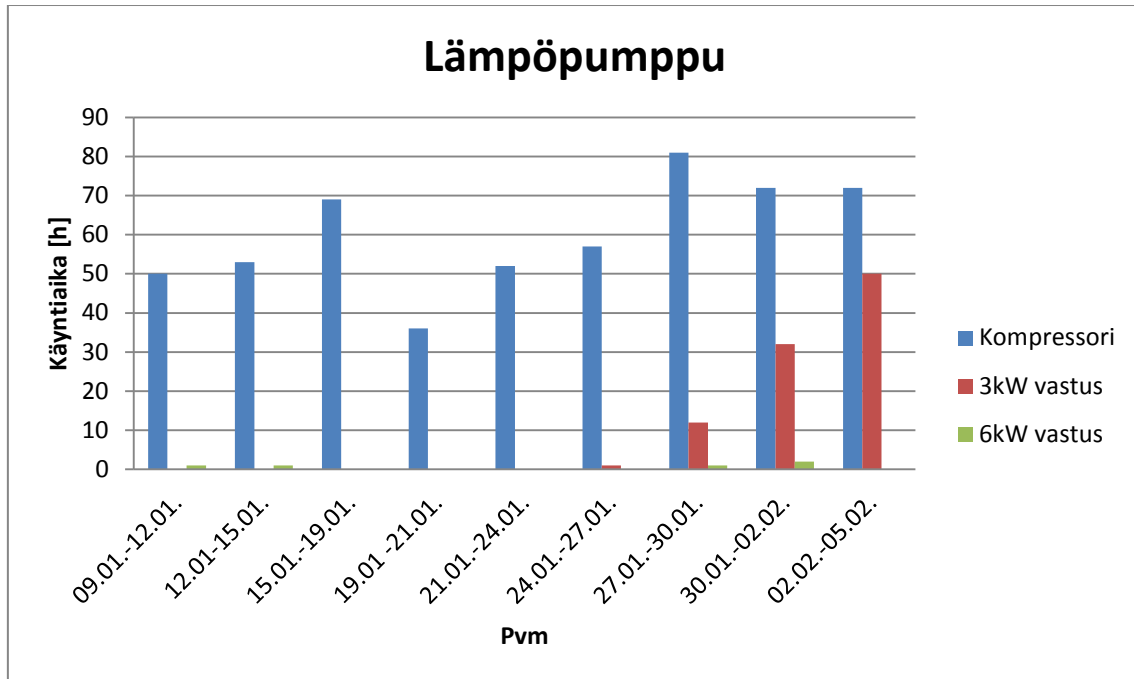
3.1.1 Rakennuksen lähtötiedot

Seuraavassa on lueteltu rakennuksen lähtötiedot, joiden mukaan kohde on mitoitettu, sekä tiedot lämmitysjärjestelmästä:

- rakennusvuosi: 1966
- huoneistoala: 120 m²
- asukasmäärä: 2
- lämmönjako: patterilämmitys 70 / 40 °C
- muuta huomioitavaa: ulkoseinien epätiiviyttä rakenteesta johtuen tuuli jäähdyttää sisäilmaa tuulisissa olosuhteissa.
- talossa ei ole varaavaa tulisijaa, mutta sauna lämpiää puilla.
- Ennen maalämpöä öljynkulutus oli 3500 l/vuosi.
- maalämpöpumppu: 8 kW Thermia Diplomat
- vaihtventtiilikytkentä (liite 2).
- porakaivo: 180 m
- osatehomoitus: 75 %

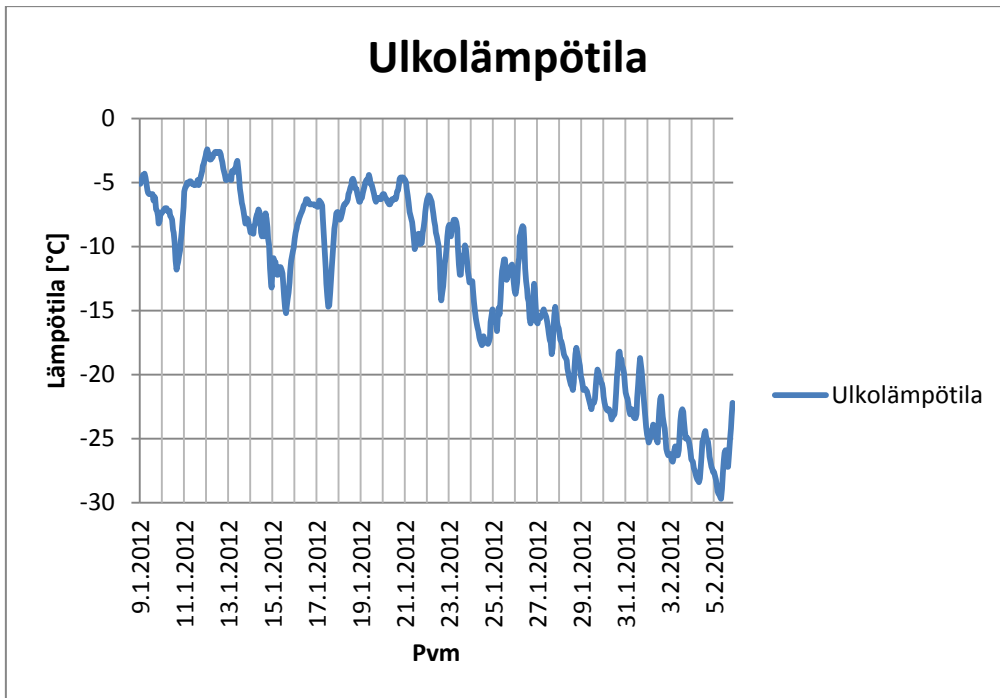
3.1.2 Lämpöpumpun käyntiajat

Kuvassa 10 nähdään lämpöpumpun käyntiajat 3 vuorokauden jaksoissa. Kuvis-
ta 10 ja 11 nähdään lämpöpumpun sekä lisävastuksien käyntiajan kasvu ulko-
lämpötilan laskiessa.



KUVA 10. Lämpöpumpun käyntiajat

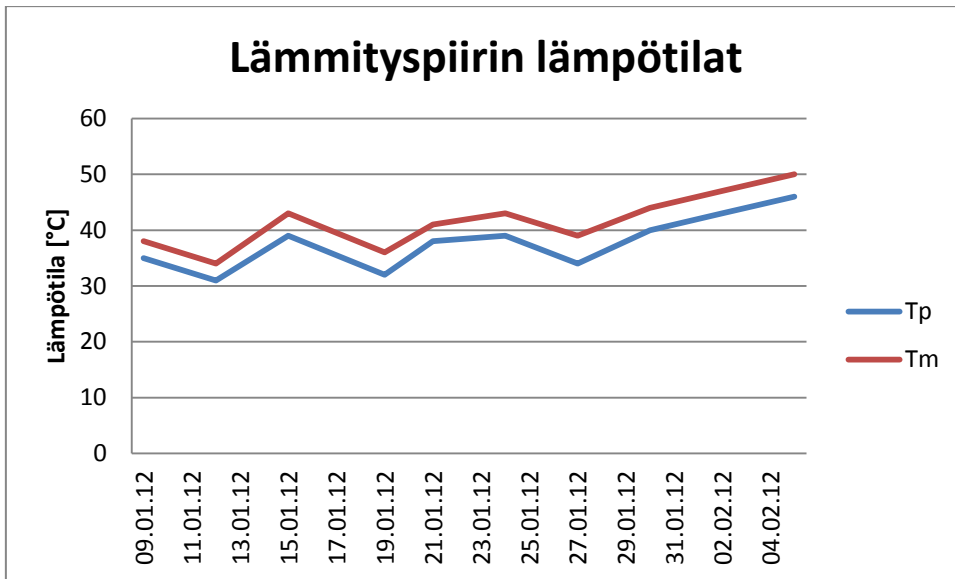
Oulussa sijaitsevan omakotitalon lämpöpumppua mitattiin 9.1.2012–5.2.2012 välisenä aikana. Mittausjakson aikana ulkolämpötila oli $-0,2\text{ °C}$... $-31,1\text{ °C}$ (kuva 11). Käyttöveden kulutuksessa mittausjakson aikana ei tapahtunut mitään normaalista poikkeavaa, jolla tarkoitetaan kahden ihmisen päivittäistä veden kulutusta. Lämpöpumpun käynti oli tasaisesti nousevaa tammikuun 28. päivään saakka, jolloin ulkolämpötila laski pysyvästi alle -17 °C :n.



KUVA 11. Ulkolämpötilat, Perhostie Oulu

3.1.3 Lämmityspiirin lämpötilat

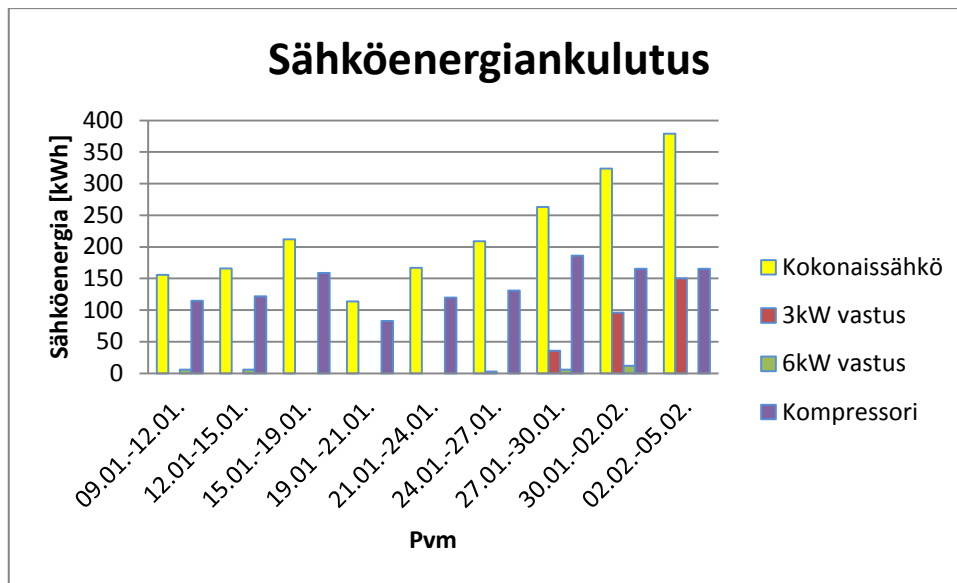
Lämpöpumpun hyötysuhteen kannalta optimaalinen lämmityspiirin lämpötilaero on 7 °C. Tässä kohteessa kyseinen lämpötilaero pysyi koko mittausjakson ajan 4 °C:ssa (kuva 12). Lämmityspiirissä olevat patterit ovat alkuperäisiä ja alun perin mitoitettu toimimaan parhaiten 70 / 40 °C, joten lämmönluovutus pinta-ala ei ole tarpeeksi suuri ja näin ollen lämpöpumppu ei voi toimia aivan optimaalisilla lämpötiloilla.



KUVA 12. Lämmityspiirin lämpötilat, Perhostie Oulu

3.1.4 Lämpöpumpun lämmitysenergian kulutus

Sähköenergian kulutus (kuva 13) on laskettu suoraan kompressorin sekä lisävastuksien käyntiajoista. Laskelmissa on käytetty valmistajan ilmoittamia ottotehoja. Kuvassa näkyvä kokonaissähkön kulutus on luettu suoraan mittauskeskuksesta ja se sisältää myös käytetyn taloussähkön.

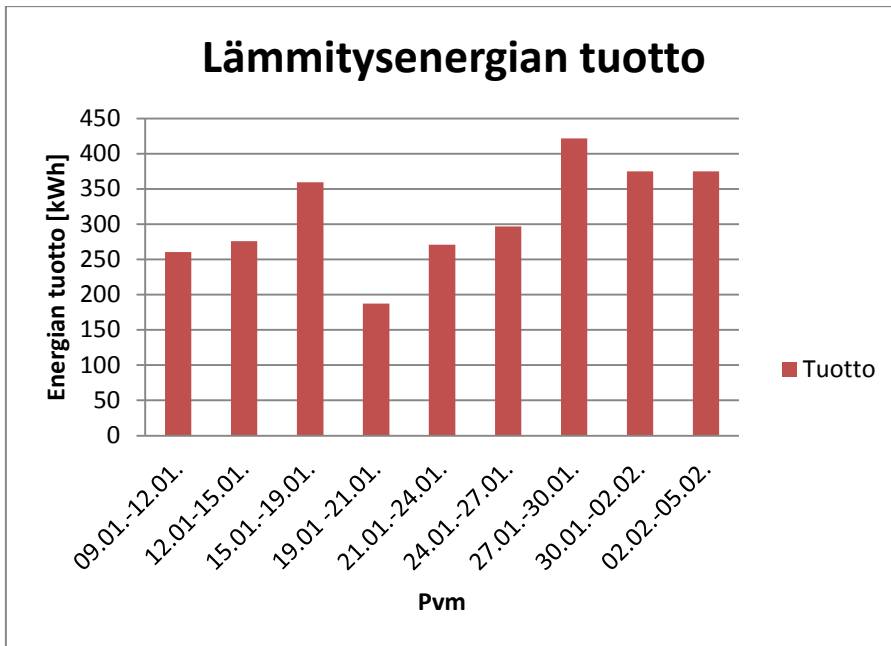


KUVA 13. Sähköenergiankulutus, Perhostie Oulu

Ulkolämpötilan laskiessa alle $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$:n alkoi lämpöpumppu käyttää lisäenergiaa. Rakennuksen sähköenergian kulutus kaksinkertaistui siinä vaiheessa kun pakkanen laski alle $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$:n verrattuna esimerkiksi $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$:seen. 3 kW lisävastuksen tarve alkaa kun ulkolämpötila on alle $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja 6 kW lisävastuksen tarve kun ulkolämpötila on alle $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.1.5 Lämpöpumpun lämmitysenergian tuotto

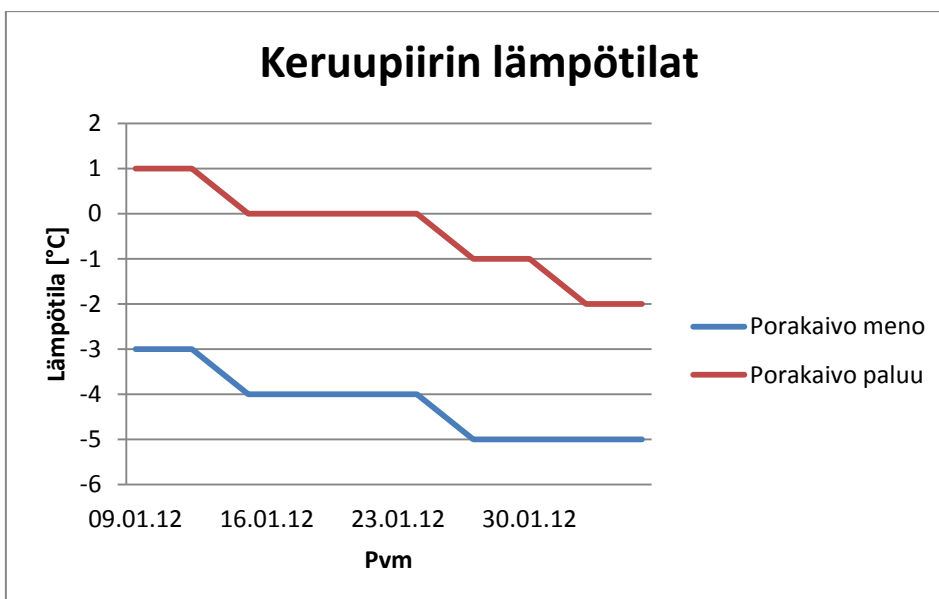
Lämmitysenergian tuotto (kuva 14) on laskettu suoraan lämpöpumpun käyntiajan sekä lämmityspiirin keskimääräisellä lämpötilaerolla. Lämmityspiirin virtaama säilyi mittausjakson aikana vakiona.



KUVA 14. Lämmitysenergian tuotto, Perhostie Oulu

3.1.6 Keruupiirin lämpötilat

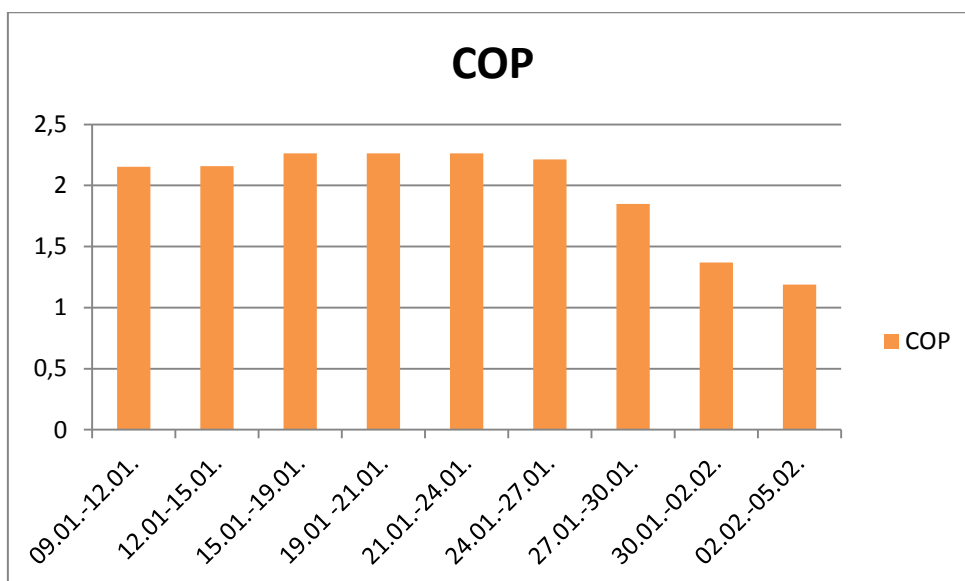
Lämpöpumpun pitkät käyntiajat laskevat porakaivojen lämpötiloja talvella. Kuvasta 15 näkee porakaivon lämpötilan tippumisen ulkolämpötila mukana. Talven jälkeen, kun lämpöpumpun käyntijaksot harvenevat ja rakennuksen energiantarve pienenee, porakaivon lämpötila palautuu jälleen plussan puolelle.



KUVA 15. Keruupiirin lämpötilat, Perhostie Oulu

3.1.7 Lämpöpumpun hyötysuhde (COP)

Mittausjakson aikainen hyötysuhde (kuva 16) laskettiin lämpöpumpun tuottama energia suhteessa lämpöpumpun sekä lisävastuksien ottamaan sähköenergiaan.



KUVA 16. Lämpöpumpun hyötysuhde, Perhostie Oulu

Hyötysuhde laskee samassa suhteessa missä lisävastuksien käyntiajat kasvavat (kuva 16). Hyötysuhteen laskiessa alle 2:n laski ulkolämpötila pysyvästi alle -17 °C :n (kuva 11) ja samalla patteriverkoston menoveden lämpötila nousi yli 42 °C :seen ja paluueden lämpötila 38 °C :seen. Kompressorinteho ei enää yksistään riittänyt lämmittämään vettä tarvittavaan lämpötilaan ja näin ollen lisävastukset priimasivat lämpötilan asetusarvoon.

Lisävastuksien käyttö vuositasona jää kuitenkin niin vähäiseksi, että vuosihyötysuhde nousee korkeammaksi kuin tämän mittausjakson aikainen hyötysuhde.

Mittausjakson aikaiseksi hyötysuhteeksi saatiin 1,97.

3.2 Rivitalo, Oulu

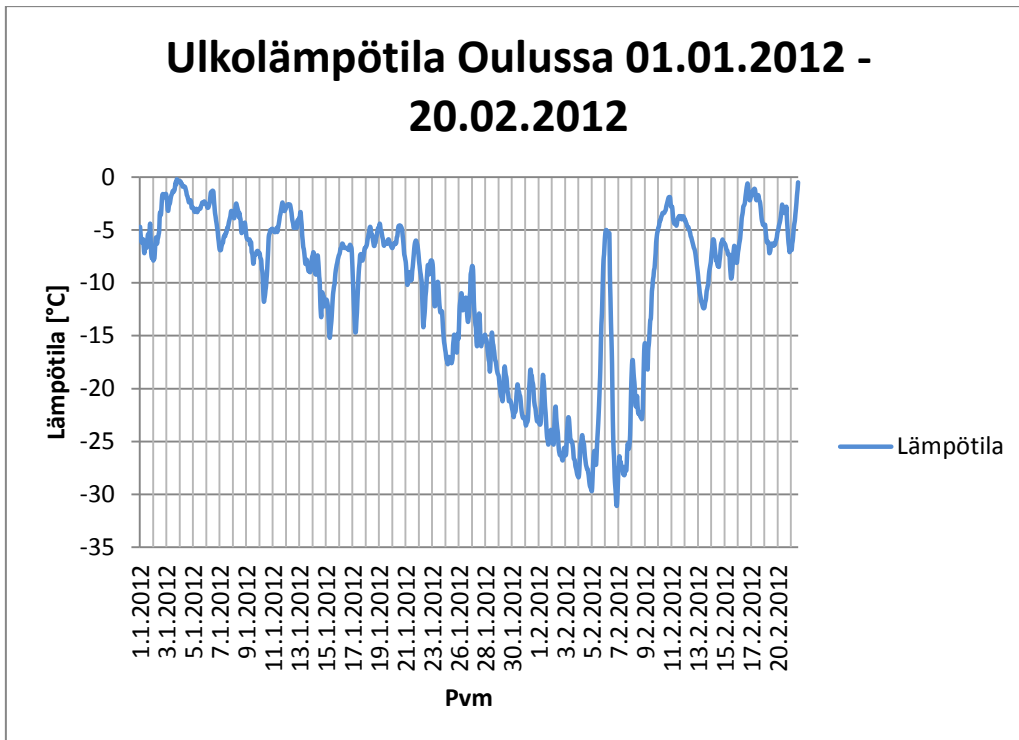
3.2.1 Rakennuksen lähtötiedot

Seuraavassa on lueteltu rakennuksen lähtötiedot joiden mukaan kohde on alun perin mitoitettu sekä tiedot lämmitysjärjestelmästä:

- rakennusvuosi: 1962
- huoneistot: 6 kpl
- kerrosala: 935 m²
- huoneistoala: 492 m²
- rakennustilavuus: 2550 m³
- lämmönjako: Patterilämmitys 70 / 40 °C, kosteissa tiloissa lattialämmitys joka on toteutettu lämpimänkäyttöveden kierrolla.
- Ennen lämpösaneerausta lämmitys muoto oli öljylämmitys. Öljyn kulutus oli noin 18 000 l / vuosi.
- maalämpöpumput: 2 kpl 16 kW Thermia, Diplomat Duo
- porakaivo: 4 x 180 m
- osatehmitoitus: 63 %.

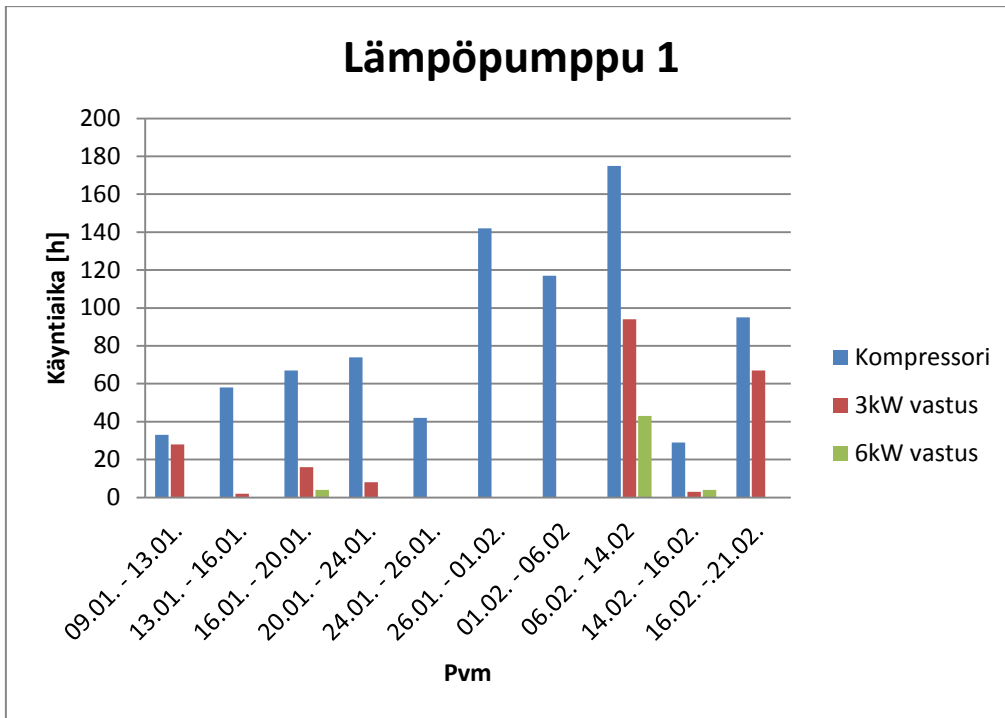
3.2.2 Lämpöpumppujen käyntiajat

Oulussa sijaitsevan rivitalokohteen lämpöpumppuja mitattiin 9.1.2012–21.2.2012. Mittausjakson aikana ulkolämpötila oli –0,3 °C:n ja –31,1 °C:n välillä (kuva 17).

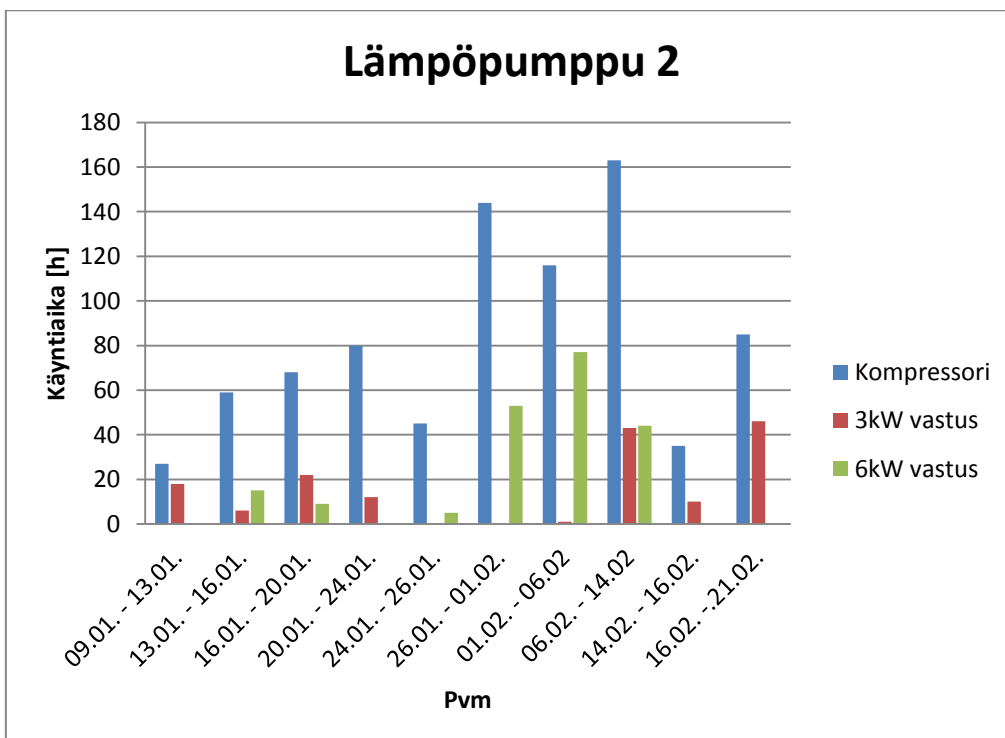


KUVA 17. Ulkolämpötilat, Oulu

Lämpöpumput ovat kytketty käyttöveden osalta sarjaan ja lämmityksen osalta rinnan (liite 3). Tästä johtuen lämpöpumppu 2 lisävastuksien käyntiajat ovat huomattavasti suuremmat kuin lämpöpumppu 1. Huomio, että mittausjaksot eivät ole samanmittaisia vaan vaihtelevat 2 vuorokaudesta 6 vuorokauteen. (kuva18 ja 19). Kuvista 17, 18 ja 19 nähdään lämpöpumpun sekä lisävastuksien käyntiajan kasvu ulkolämpötilan laskiessa.



KUVA 18. Lämpöpumppu 1:n käyntiajat

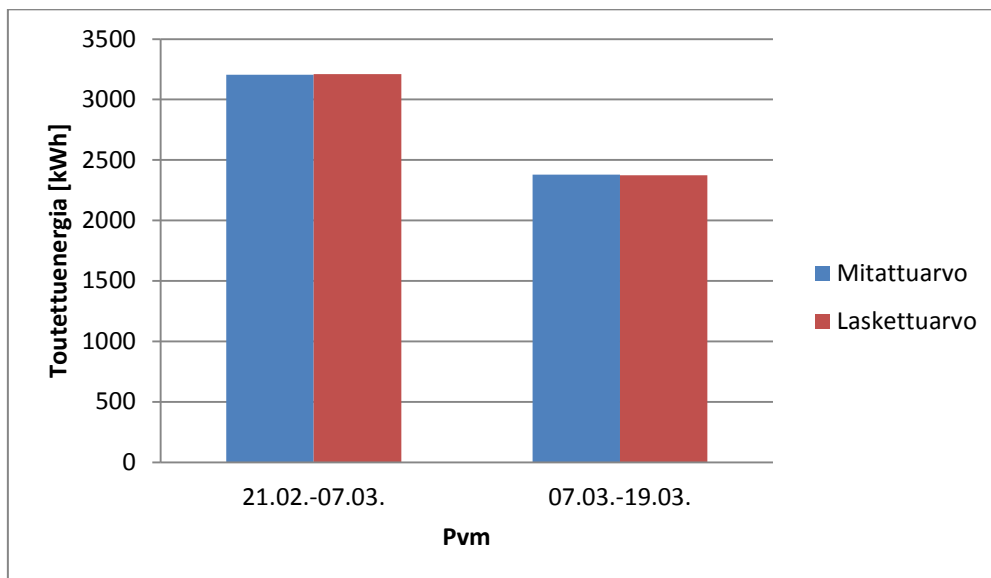


KUVA 19. Lämpöpumppu 2:n käyntiajat

Kyseisessä kohteessa toteutettiin tuotetun lämpöenergian mittaus 21.2.–19.3.2012. Mittari (Kamstrup Multical 601) asennettiin lämpöpumppu 2:n ja sen varaajan väliseen paluuputkeen ja lisäksi asennettiin lämpötila-anturi meno- ja paluuputkeen.

Ensimmäisen mittausjakson aikana lämpöpumppu tuotti lämmitysenergiaa varaajaan 3 204 kWh. Toisen mittausjakson aikana lämpöpumppu tuotti lämmitysenergiaa 2 378 kWh (kuva 20).

Lasketuiksi arvoiksi kahden mittausjakson aikana saatiin siten, että ensimmäisen mittausjakson aikana lämpöpumppu tuotti 3 209 kWh ja toisen mittausjakson aikana 2 373 kWh (kuva 20).

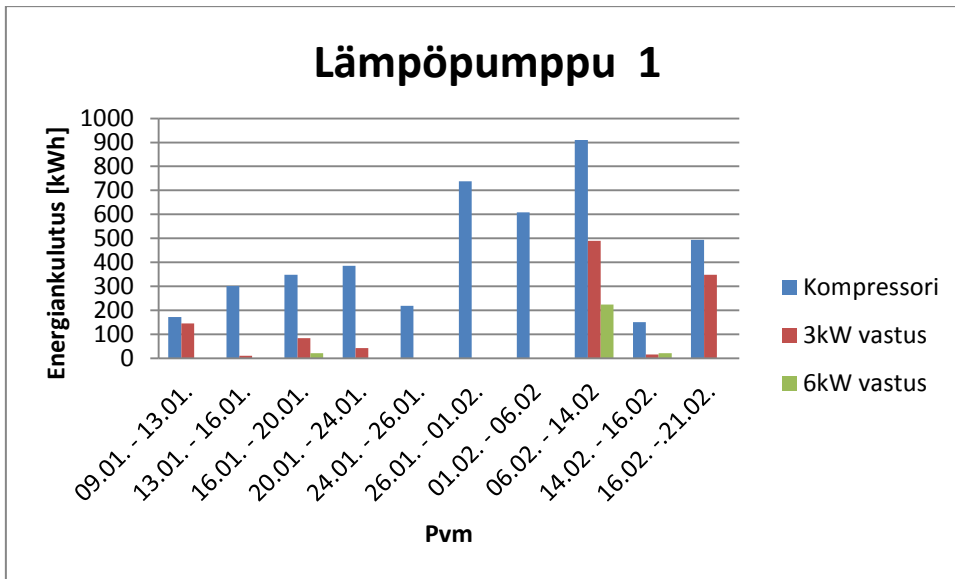


KUVA 20. Energian kulutuksen mitattu ja laskettu arvo

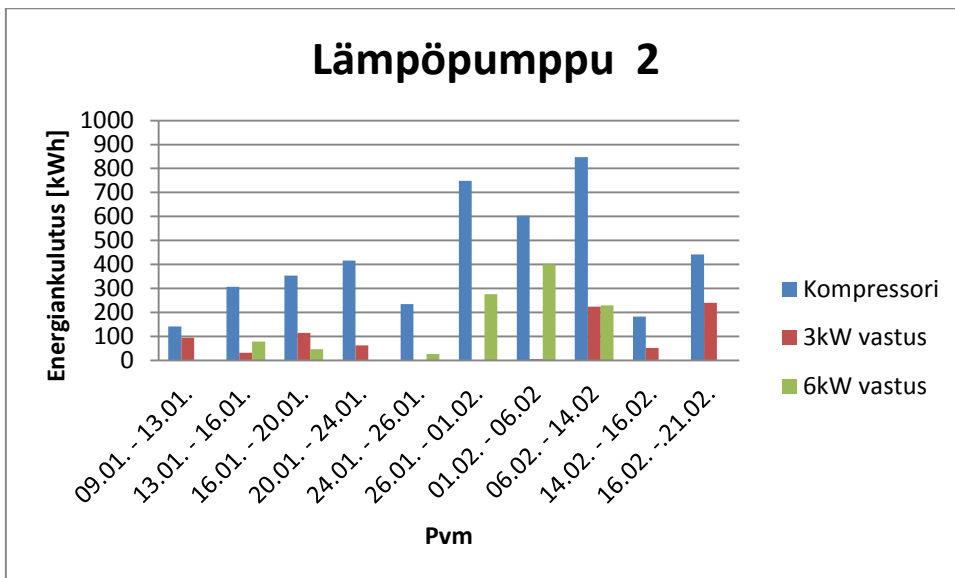
Laskentaa helpottaa kytkentätapa, jossa lämpötilaero meno- ja paluueden välillä pysyy vakiona. Mittauksen perusteella laskennalliset arvot ovat riittävän tarkkoja ja niitä voidaan käyttää hyötysuhteen laskennassa.

3.2.3 Lämpöpumppujen sähköenergian kulutus

Lämpöpumppujen energiankulutus (kuva 21 ja 22) laskettiin lämpöpumpun käyntiaikojen perusteella sekä valmistajan ilmoittamien ottotehojen perusteella.

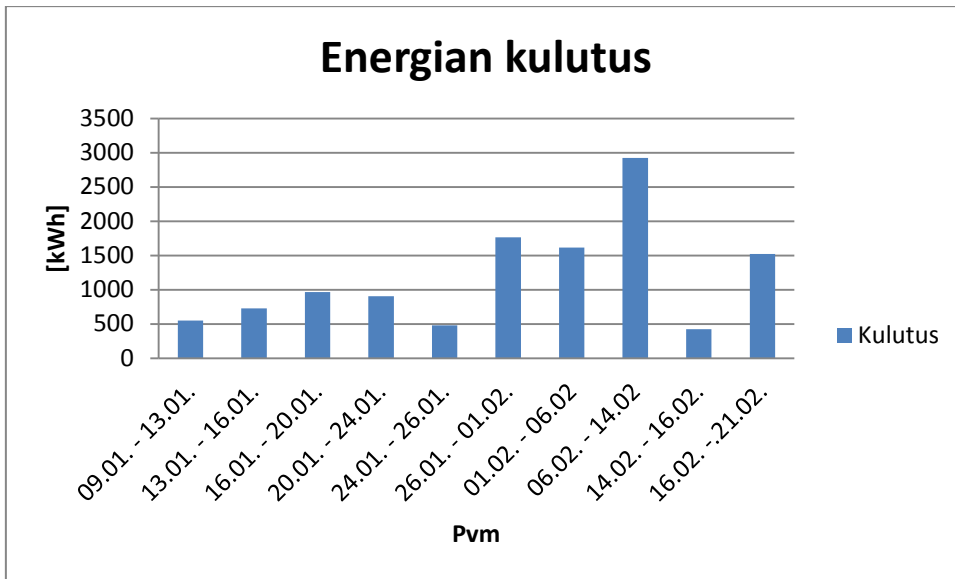


KUVA 21. Lämpöpumppu 1:n sähköenergian kulutus



KUVA 22. Lämpöpumppu 2:n sähköenergian kulutus

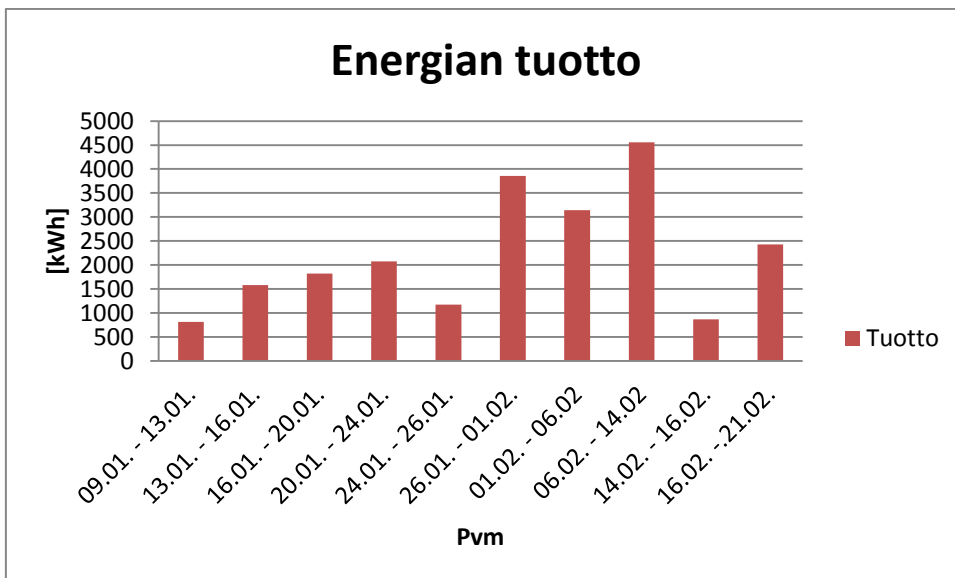
Lämpöpumppujen yhteenlaskettu energian kulutus (kuva 23) laskettiin lämpöpumppujen käyntiajoista, jotta koko järjestelmälle saadaan laskettua hyötysuhde.



KUVA 23. Lämpöpumpujen sähköenergiankulutus

3.2.4 Lämpöpumpujen lämmitysenergian tuotto

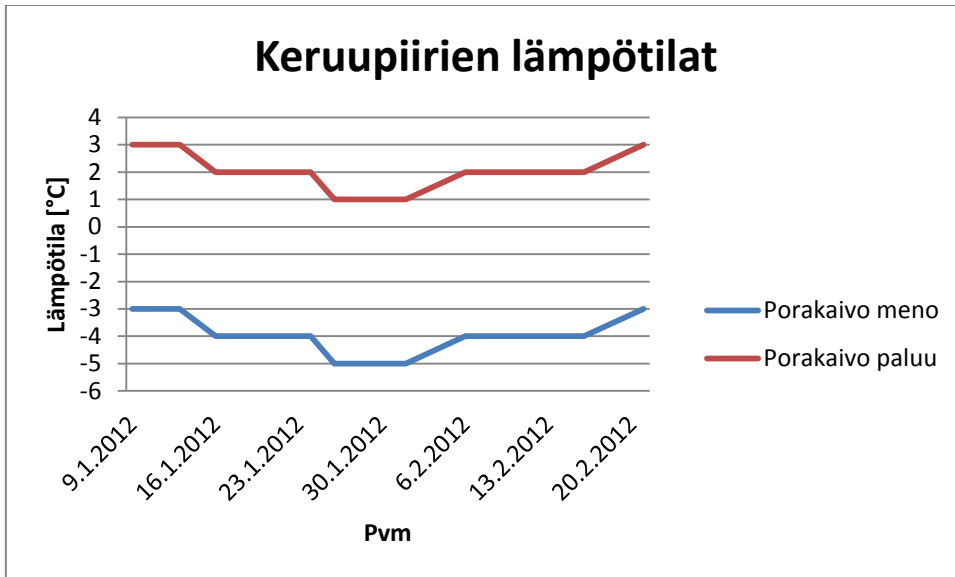
Lämpöpumpujen lämmitysenergiantuotto (kuva 24) on laskettu käyntiaikojen sekä keskimääräisten lämpötilaerojen perusteella. Vesivirta lämpöpumpun ja varaajan välillä oli vakio 0,4 l/s.



KUVA 24. Lämpöpumpujen lämmitysenergiantuotto

3.2.5 Keruupiirien lämpötilat

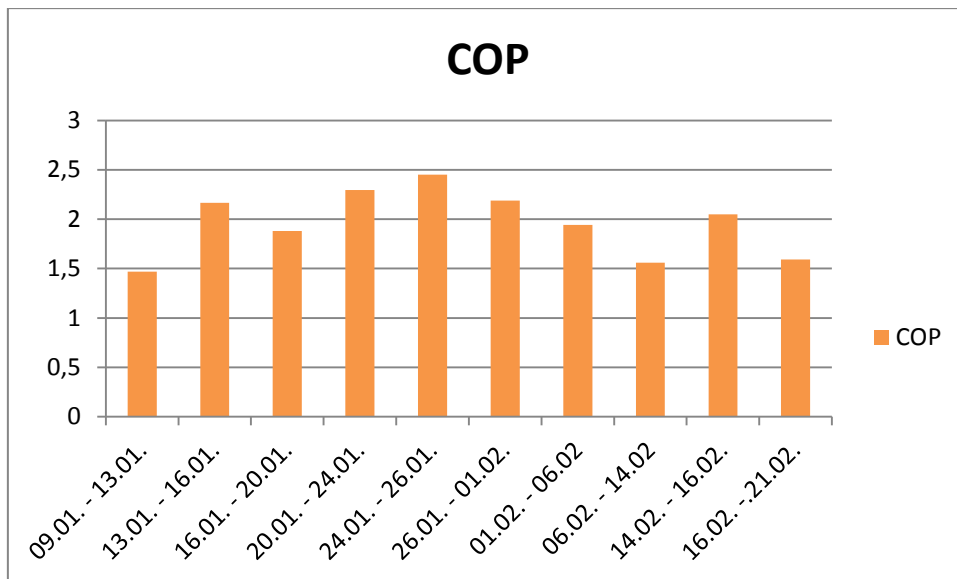
Oikein mitoitettuna porakaivosta riittää lämmitysenergiaa myös talven kovimmilla pakkasjaksoilla. Kuvasta 25 näkee, kuinka porakaivojen lämpötilat nousevat kun lämpöpumppujen käyntijaksot lyhenevät ja samalla harvenevat.



KUVA 25. Keruupiirien lämpötilat

3.2.6 Lämpöpumppujen hyötysuhde (COP)

Lämmitysjärjestelmän hyötysuhde (kuva 26) laskettiin lämpöpumppujen tuottama energia suhteessa niiden käyttämään sähköenergiaan.



KUVA 26. Lämmitysjärjestelmän hyötysuhde

Mittausjakson aikainen lämmitysjärjestelmän hyötysuhde oli 1,95

3.3 Palvelukoti, Piippola

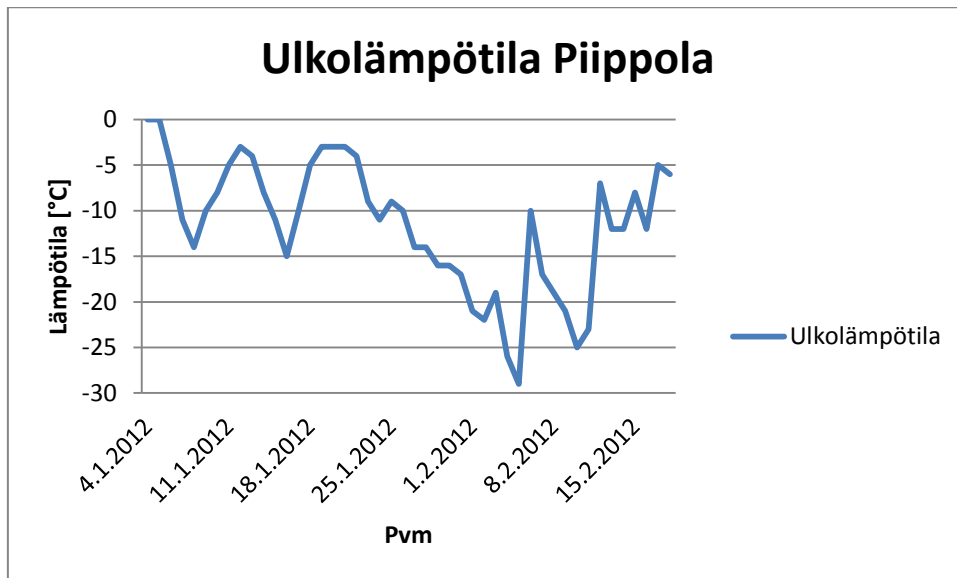
3.3.1 Rakennuksen lähtötiedot

Piippolassa sijaitsevan palvelutalon seuranta suoritettiin internetissä olevan Thermia Online -ohjelman kautta. Kohde poikkeaa kahdesta edellisestä vähäisen käyttöveden kulutuksen sekä vähäisen lisäenergiatarpeen vuoksi. Lämpöpumput on mitoitettu ottaen huomioon vuonna 2013 valmistuva kiinteistön laajennus. Seuraavassa on lueteltu rakennuksen lähtötiedot joiden mukaan kohde on alun perin mitoitettu sekä tiedot lämmitysjärjestelmästä:

- rakennusvuosi: 1966, remontoitu: 1982, 1987 ja 2010, jolloin uusittiin yläpohjaeristys
- kerrosala: 600 m², 1600 m³
- lämmönjako: patterilämmitys / lattialämmitys
- maalämpöpumput: 2 kpl, 12 kW Thermia Diplomat Duo
- porakaivot: 4 x 140 m
- osatehmitoitus: 85 %.

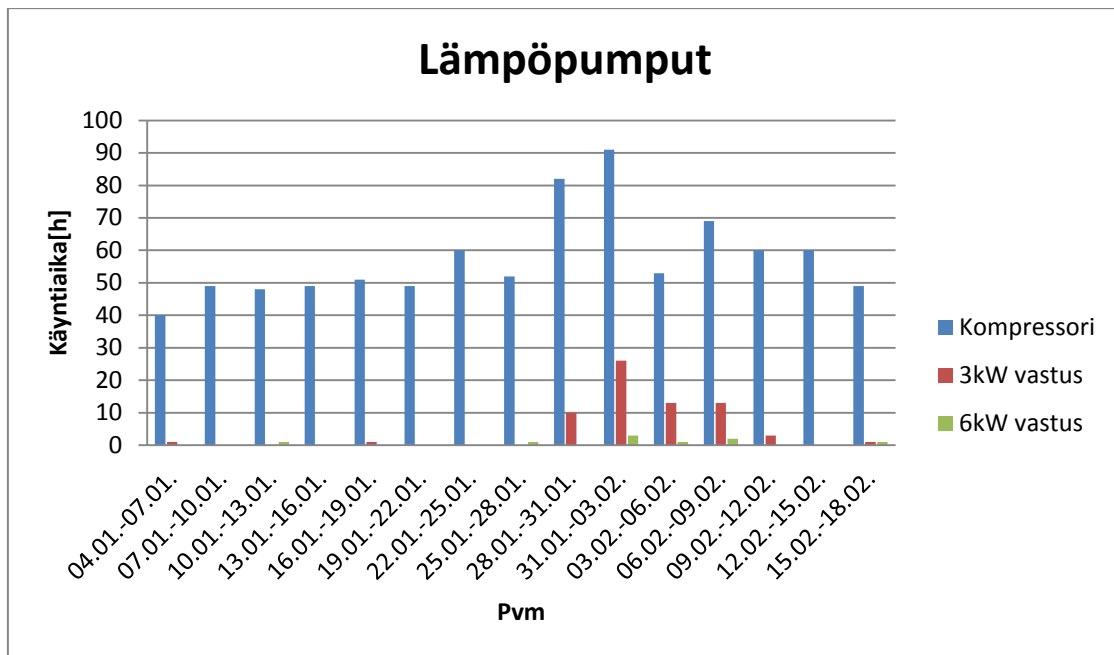
3.3.2 Lämpöpumppujen käyntiajat

Piippolassa sijaitsevan palvelutalon lämpöpumppuja mitattiin 4.1.2012–18.2.2012. Mittausjakson aikana ulkolämpötila oli $-0\text{ }^{\circ}\text{C}$:n ja $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$:n välillä (kuva 27).



KUVA 27. Ulkolämpötila Piippola

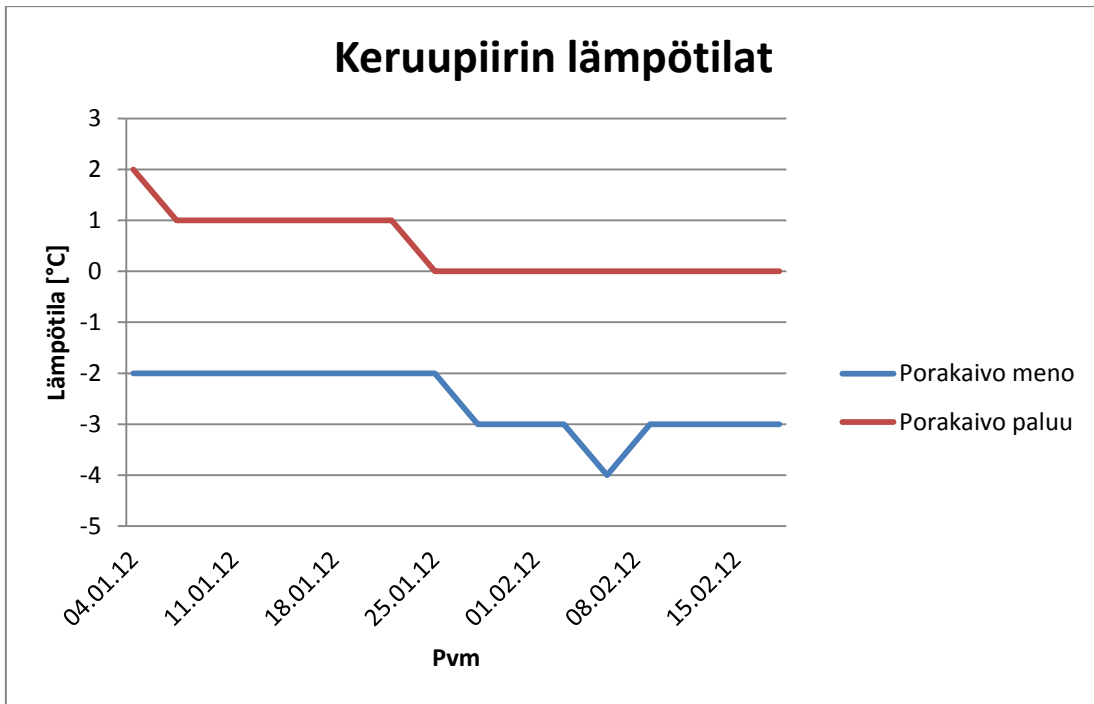
Lämpöpumppujen käyntiajat on laskettu yhteen. Kohteen ylimitoituksen vuoksi lisävastuksien käyntiajat ovat aiemmista kohteista poiketen kovallakin pakkasella vähäisemmät. Tästä johtuen hyötysuhteen muutos $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$:n pakkasella ja $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$:n pakkasella on myös pienempi (kuva 28).



KUVA 28. Lämpöpumppujen käyntiajat, Piippola

3.3.3 Keruupiirin lämpötilat

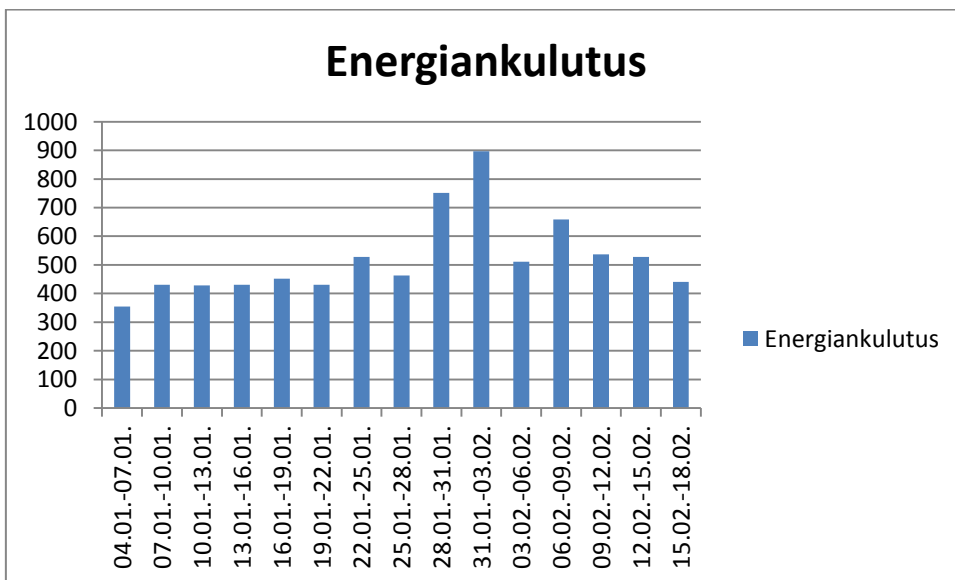
Mittausjakson aikana seurattiin myös keruupiirin lämpötiloja (kuva 29). Pidemmän pakkasjakson aikana porakaivosta palaavan nesteen lämpötila laski 0 °C:seen, kun se esimerkiksi toukokuussa 2012 oli keskimäärin 5 °C. Palaava neste ehtii kesän aikana lämmitä noin 10 °C:seen, josta se talven aikana laskee jälleen lähelle 0 °C.



KUVA 29. Keruupiirin lämpötilat, Piippola

3.3.4 Lämpöpumppujen sähköenergian kulutus

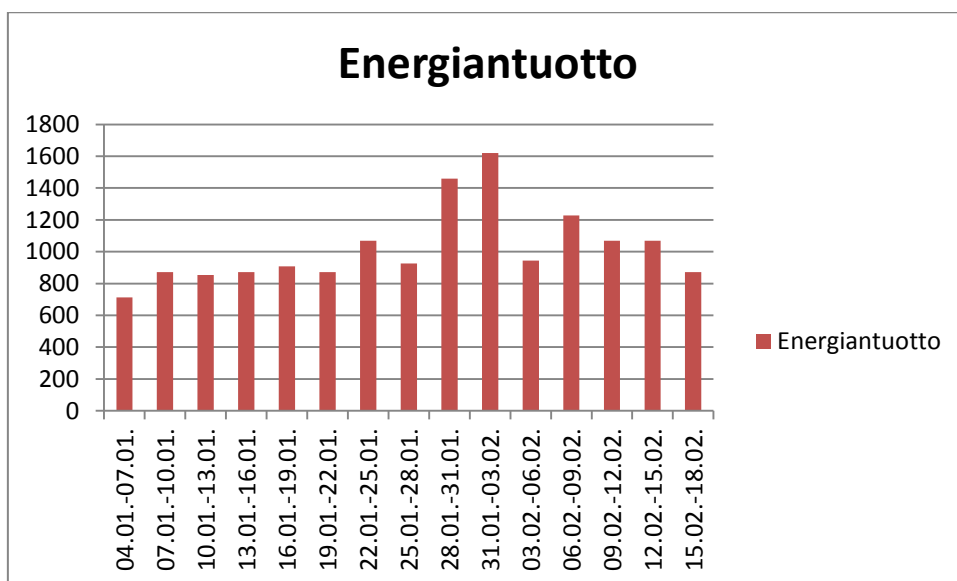
Lämpöpumppujen yhteenlaskettu energian kulutus (kuva 30) laskettiin, jotta koko järjestelmälle saadaan laskettua hyötysuhde.



KUVA 30. Sähköenergiankulutus, Piippola

3.3.5 Lämpöpumppujen lämmitysenergian tuotto

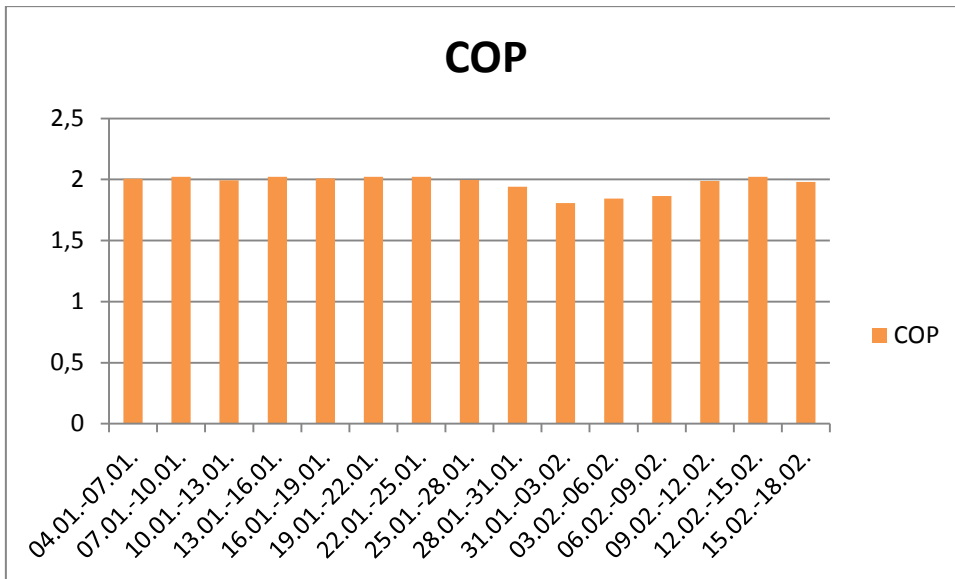
Lämpöpumppujen lämmitysenergian tuotto (kuva 31) on laskettu käyntiaikojen sekä keskimääräisten lämpötilaerojen perusteella. Vesivirta lämpöpumpun ja varaajan välillä oli vakio 0,3 l/s.



KUVA 31. Lämmitysenergiantuotto, Piippola

3.3.6 Lämpöpumppujen hyötysuhde

Ulkolämpötilan laskiessa alle -20 °C :n hyötysuhde laskee alle 2:n (kuva 32). Lämpötilaraja muista kohteista poiketen on hieman alempana, koska lämpöpumput ovat hieman ylimitoitettuja. Hyötysuhde ei laske tässä kohteessa niin alas kuin kahdessa aiemmassa kohteessa.



KUVA 32. Hyötysuhde, Piippola

Hyötysuhde näyttää kuvassa paremmalta kuin kahden edellisen kohteen hyötysuhteet, mutta todellisuudessa järjestelmä toimii samalla hyötysuhteella kuin edellisetkin kohteet. Järjestelmän hyötysuhteen poikkeavuus kahteen edelliseen nähden johtuu siitä, että kompressorien kuluttama sähköenergia on suhteessa kiinteistön tarvitsemaan lämmitysenergiaan liian suuri johtuen lämpöpumppujen yli rajoituksesta.

Hyötysuhteen laskiessa alle 2:n lämmityspiirin menoveden lämpötila oli 43 °C ja paluueden lämpötila 33 °C. Samaan aikaan myös porakaivojen liuospiirien lämpötilat laskivat paluupuolella 0 °C:seen ja menupuolella -3 °C:seen. Keruupiirin lämpötilan laskeminen vaikuttaa suoraan höyrystymispaineeseen ja sitä kautta myös lauhtumislämpötila hieman tippuu, joten maasta saatavan energian määrä laskee. Tämän seurauksena tarvitaan lisäenergiaa, jotta menoveden lämpötilaa saadaan nostettua vielä korkeammaksi kuin 43 °C.

Mittausjakson aikaiseksi hyötysuhteeksi saatiin 1,96.

4 YHTEENVETO

Maalämpö on Suomessa kovaa vauhtia yleistävä lämmitysmuoto. Työn tarkoituksena oli luoda maalämmölle lisää uskottavuutta ja todistaa mitoitusluotettaviksi. Vuoden kovimmallakin pakkasjaksolla osatehomitoitteiset maalämpöpumput pystyivät tuottamaan kaksinkertaisen lämmitystehon verrattuna sen ottamaan sähkötehoon nähden.

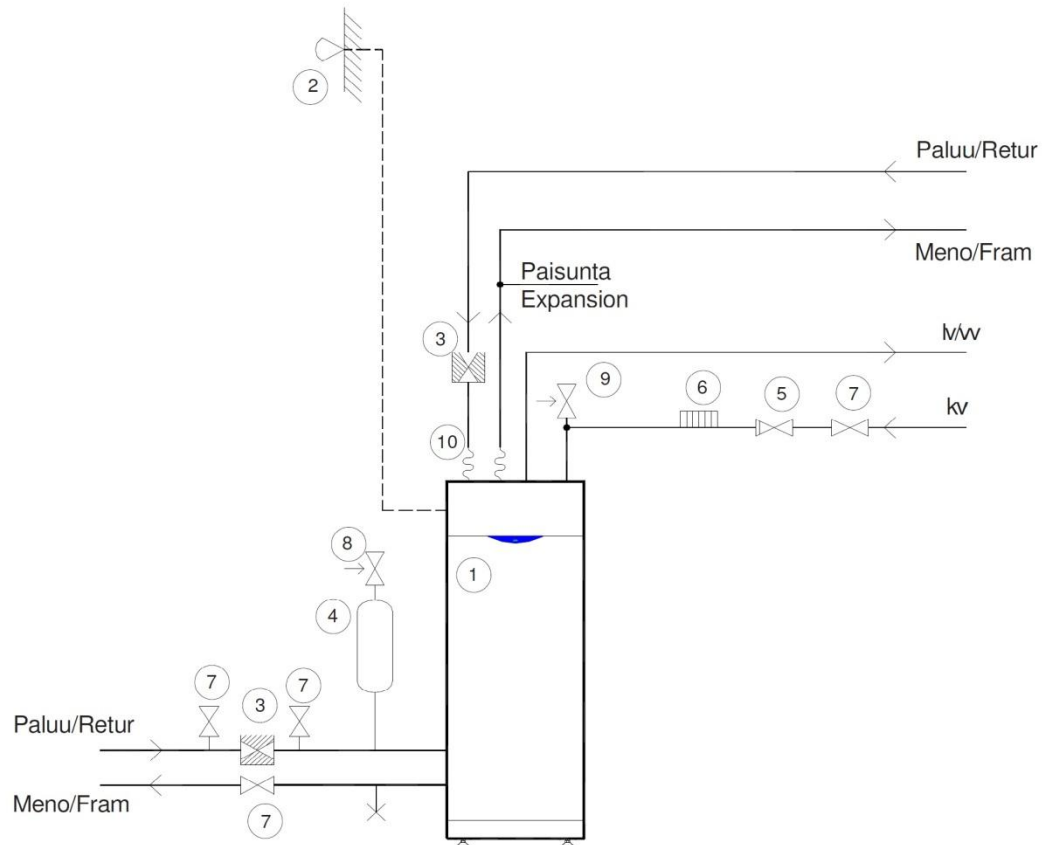
Tämän työn tavoitteena oli seurata kolmen eri maalämpökohteen käyttäytymistä talviolosuhteissa. Kohteiden seuranta onnistui suunnitelmien mukaan ja mitaustuloksista saatiin yhdenmukaiset toisiinsa nähden. Osatehomitoituksen vuoksi mittausjakson aikaiset hyötysuhteet kaikissa kohteissa laskivat alle kahden siinä vaiheessa, kun ulkolämpötila laski noin -17 °C :n alapuolelle.

Työn tuloksista on havaittavissa, että maalämpöpumput toimivat parhailla hyötysuhteilla silloin, kun lämmityspiirin menoveden lämpötila mitoituspakkasella ei nouse paljon yli 42 °C :n. Parhaimman hyötysuhteen Thermian lämpöpumpuilla saa, kun lämmityspiirinä toimii matalalämpöinen vesikiertoinen lattialämmitys.

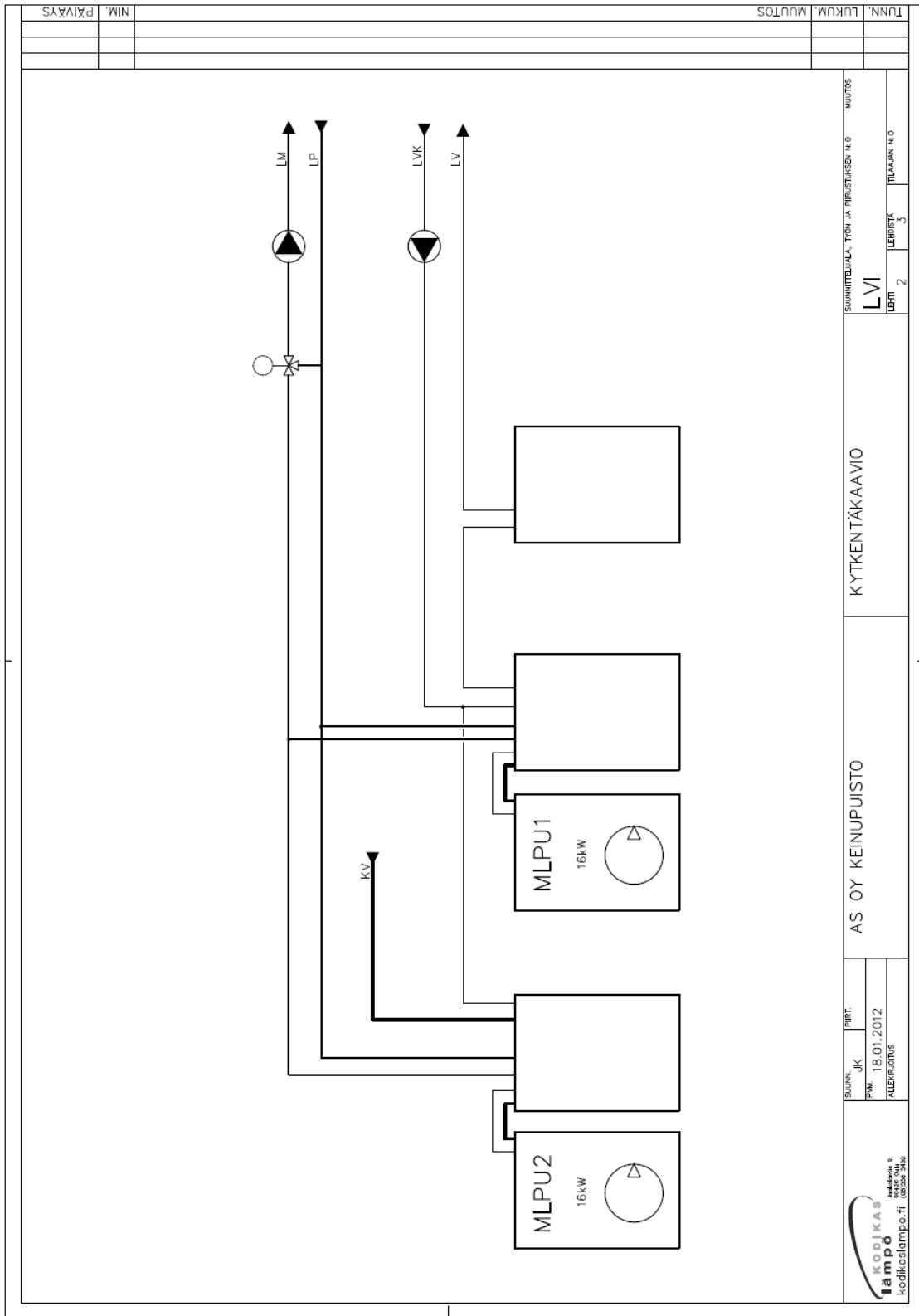
LÄHTEET

1. Maalämpö – Motiva. 2011. Saatavissa:
http://motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/er_lammitysmuodot/maalampo/. Hakupäivä 18.2.2012.
2. Lämpöpumput -> maalämpö - Suomen lämpöpumppuyhdistys r.y. 2012. Saatavissa:
http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=114. Hakupäivä 19.2.2012.
3. Maalämpö -> 8. Maalämpöjärjestelmän mitoitus. Senera Oy. Saatavissa:
<http://www.senera.fi/Maalampo>. Hakupäivä 19.2.2012.
4. NIBE MLP OPAS 1135-1 – Nibe Oy. Saatavissa:
http://www.nibe.fi/Documents/haato_fi/NIBE%20MLP%20JA%20VPDIM%20OPAS%201137-1.PDF
5. Maalämpö -> lämpökaivo, porakaivo -> 1. porakaivon syvyyden määrittäminen. Senera Oy. Saatavissa: http://www.senera.fi/Lampokaivo__porakaivo. Hakupäivä 19.2.2012.
6. Thermia Partners Oy/Thermia Värme AB. Suuri lämpöpumppukirja. Suom. Marianne Mattsson. Ord&Bild Reklambyrå.
7. Hoito-ohje, Thermia Diplomat - Diplomat Duo - Thermia Partners Oy/Thermia Värme AB. Saatavissa:
http://www.thermia.fi/docroot/dokumentbank/Thermia_user_086U6294_FI.pdf. Hakupäivä 19.2.2012.
8. Näin lämpöpumppu toimii - Thermia. 2012. Saatavissa:
<http://www.thermia.fi/lampopumppu/nain-lampopumppu-toimii.asp>. Hakupäivä 18.2.2012.

9. Soile-maalämpö -> maalämmön mitoitus - Lämpövinkki Oy. Saatavissa:
<http://www.lampovinkki.fi/DowebEasyCMS/?Page=Maalammonmitoitus>. Hakupäivä 19.2.2012.
10. Aittomäki, Antero 2001. Lämpöpumppulämmitys. Suomen lämpöpumppuyhdistys r.y.
11. Maalämpö -> 8. Maalämpöjärjestelmän mitoitus. Senera Oy. Saatavissa:
<http://www.senera.fi/Maalampo>. Hakupäivä 19.2.2012.
12. Lehtinen, Jari 2012. Maalämpöpumpun ja maalämmön valinta. Lämpövinkki Oy. Saatavissa:
[http://www.lampovinkki.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/ladattavatopaatjatyykalut/Maalämpöpumpun ja maalämmön valinta pikaopas.pdf](http://www.lampovinkki.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/ladattavatopaatjatyykalut/Maalampopumpun%20ja%20maalamm%20n%20valinta%20pikaopas.pdf). Hakupäivä 19.2.2012.



1	1	Lämpöpumppu Värmepump			Diplomat TWS
2	1	Ulkolämpötila-anturi Utegivare	7588-49579001	T	
3	2	Likasuodatin "Filterball", R 1" Smutssil "Filterball", R 1"	9360-52488001	T	
4	1	Imaus- ja paisunta-astia Avluftn. och exp.kärl (köldb.)	9674-24735001	T	
5	1	Takaiskuventtiili Backventil			
6	1	Takaisinimusoja Vakuumentil			
7		Sulkuventtiili Avstängningsventil			Tarvittava määrä Erforderligt antal
8	2	Varoventtiili (3 bar) Säkerhetsventil (3bar)	9360-47054005	T	
9	1	Varoventtiili (9 bar) Säkerhetsventil (9bar)	9360-47054001	T	
10	2	Joustava letku Flexibel slang	5211-50730A00		Liitäntä R 25, L=600 mm Anslutning R25 L=600mm



TUNN.	LUKUM.	MUUTOS	

SUUNNITTELU- JA PIIRUSTUKSEN N:o
LVI
 LEHTI 2
 LEHTIEN N:o 3

KYTKENTÄKAAVIO

AS OY KEINUJUISTO

SAUNN. JK
 Pvm. 18.01.2012
 ALUEPIIRUSTUS

KODIKAS lamppö
 ammattilainen &
 kodikaslamppo.fi 020554700