



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

LÄMPÖPUMPUT PIENTALOISSA JA NIIDEN VAIKUTUKSET SÄHKÖVERKKOON

Roope Gustafsson

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Talotekniikan koulutus
LVI-talotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutus
LVI-talotekniikka

GUSTAFSSON, ROOPE:

Lämpöpumput pientaloissa ja niiden vaikutukset sähköverkkoon

Opinnäytetyö 53 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Huhtikuu 2018

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää lisää tietoa erilaisista lämpöpumppujärjestelmistä kuluttajille ja tutkia niiden vaikutuksia sähköverkkoon. Lämpöpumppujen määrä on kasvanut vuosien saatossa valtavasti energiatehokkuusmääräyksien jatkuvasti kiristyessä. Kuluttajien näkökulmasta markkinoille kaivataan lisää puolueetonta tietoa erilaisten lämpöpumppujen todellisesta hyötysuhteesta ja sähkönkulutuksesta uusissa rakennuksissa ja etenkin saneerauskohteissa.

Tämä tutkimus tehtiin osana suurempaa hanketta. Hankkeessa mukana olleiden kanssa järjestettiin säännöllisesti kokouksia ja tutkimustietoja jaettiin. Tietoja tähän tutkimukseen kerättiin muun muassa asiaan liittyvästä kirjallisuudesta ja aiemmista tutkimuksista, joita on tehty lämpöpumpuista. Työn alussa perehdyttiin erilaisten lämpöpumppujärjestelmien perustietoihin. Tutkivassa osuudessa vierailtiin ja tehtiin tutkimuksia rakennuksissa, joissa lämpöpumput olivat pääasiallinen lämmönlähde. Tutkittujen rakennusten käyttäjiä haastateltiin veden, sähkön ja lämmityksen kulutustottumuksista ja selvitettiin rakennuksen yleistietoja, kuten esimerkiksi rakennusvuosi ja lämmönjakotapa.

Tuloksena saatiin selville, että rakennuksen lämmönjakotapa vaikuttaa merkittävästi lämpöpumpun hyötysuhteeseen. Saatujen tulosten perusteella voidaan myös todeta, että lämpöpumppujen vaikutukset sähköverkkoon ovat selvästi havaittavissa. Vaikutukset vaihtelevat suuresti lämpöpumpun tehomitoitustavan mukaan. Tulokset osoittavat, että sähköntuotannon kannalta täystehomitoitus olisi suositeltavaa, vaikka osatehomitoitus saattaisikin olla kustannustehokkaampi ratkaisu kuluttajille.

Asiasanat: lämpöpumppu, hyötysuhde, sähköverkkovaikutus, tehomitoitus

ABSTRACT

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

GUSTAFSSON, ROOPE:

Heat Pumps in Small Residential Buildings and Their Effects on the Electrical Grid

Bachelor's thesis 53 pages, appendices 4 pages

April 2018

The purpose of this thesis was to generate more information on different heat pump solutions for consumers and study their effect on the electrical grid. The number of heat pumps has grown intensively over the years due to the legislative requirements for lower and lower energy consumption. From the consumers' point of view more impartial information is needed on the actual coefficient of performance and the electrical energy consumption of different heat pumps used in renovations and new buildings in the climate of Finland.

This study was carried out as part of a larger project. Meetings were held regularly with the people involved in the project and the explored data were shared. The data for this study were collected from relevant literature and previous studies that were made of this subject. The theoretical section introduces fundamental information on different heat pump solutions. The empirical part describes the examinations that were conducted in existing buildings that had heat pumps as the main heat source. The users of the examined buildings were interviewed on their consumption habits of water-, electricity- and heating, and on the basic information on the building.

The results revealed that the coefficient of performance depends largely on the heat distribution system of the building. It also appeared that the effects of the heat pumps on the electrical grid were clear seen. The effects vary greatly depending on the power dimensioning of the pump. The findings indicated that full-power systems should be preferred from the point of view of electricity production, even though part-power systems might be a more cost-effective solution for consumers.

Key words: heat pump, coefficient of performance, electrical grid, power dimensioning

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LÄMPÖPUMPUT LÄMMITYSLAITTEENA	7
2.1	Lämpöpumpun toimintaperiaate	7
2.2	Lämpöpumppujen markkinaosuudet.....	8
2.3	Lämpöpumppujen hyötysuhteet.....	9
2.4	Yleisimmät lämpöpumput.....	10
2.4.1	Ilmalämpöpumppu	10
2.4.2	Ilma-vesilämpöpumppu.....	12
2.4.3	Poistoilmalämpöpumppu	14
2.4.4	Maalämpöpumppu.....	16
2.5	Lämpöpumppumarkkinat Suomessa.....	21
3	CASE KISSANMAA	24
3.1	Kohde 1	24
3.1.1	Lämmitysjärjestelmä	24
3.1.2	Vaikutukset sähköverkkoon	27
3.2	Kohde 2.....	28
3.2.1	Lämmitysjärjestelmä	28
3.2.2	Vaikutukset sähköverkkoon.....	31
3.3	Kohde 3.....	32
3.3.1	Lämmitysjärjestelmä	32
3.3.2	Vaikutukset sähköverkkoon	33
3.4	Kohde 4.....	34
3.4.1	Lämmitysjärjestelmä	34
3.4.2	Vaikutukset sähköverkkoon	37
4	TULOKSET	39
4.1	Hyötysuhteen muodostuminen	39
4.2	Uudis- ja saneerauskohteiden vertailu	41
4.3	Osatehon ja täystehon vertailu	44
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	46
5.1	Johtopäätökset.....	46
5.2	Pohdinta	46
	LÄHTEET.....	48
	LIITTEET	50
	Liite 1. Kohde 1 haastattelumateriaali.....	50
	Liite 2. Kohde 2 haastattelumateriaali.....	51
	Liite 3. Kohde 3 haastattelumateriaali.....	52

Liite 4. Kohde 4 haastattelumateriaali..... 53

1 JOHDANTO

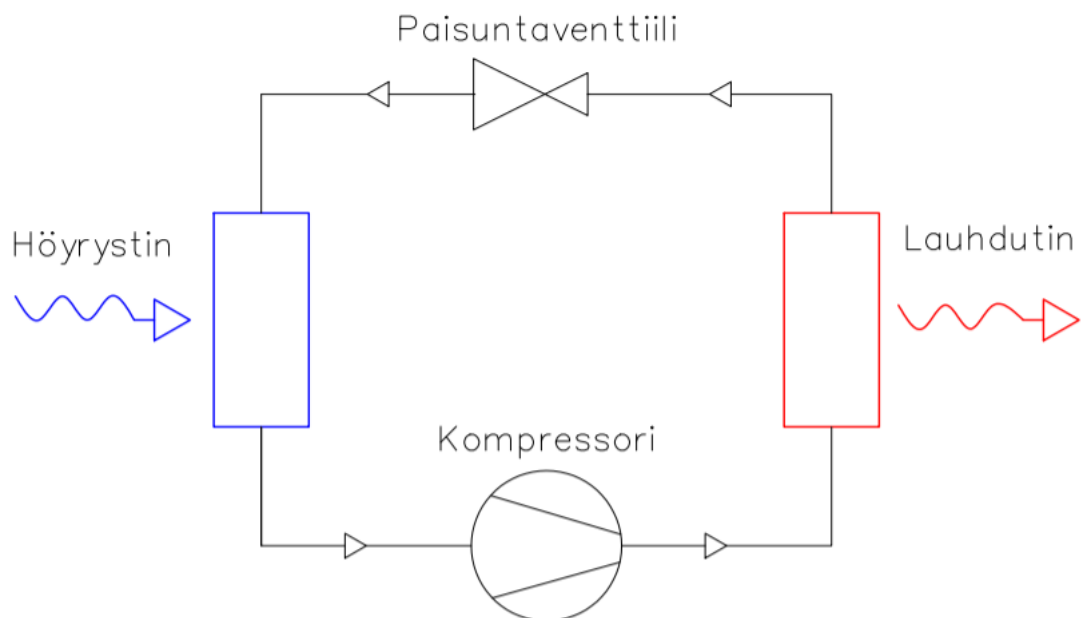
Lämpöpumppujen myynti on kasvanut 2000-luvulla valtavasti. Lämpöpumppuja käytetään pää- tai tukilämmitysmuotona uusissa ja saneerattavissa pientaloissa sekä isommissa kiinteistöissä. Lämpöpumppujen määrä Suomessa on 10-kertaistunut vuodesta 2004 (SULPU Ry 2017). Kasvun odotetaan jatkuvan tulevaisuudessa entisestään, joten lämpöpumppujen vaikutukset nykyiseen sähköverkkoomme alkavat myös näkyä entistä selkeämmin. Lämpöpumpuilla kyetään lisäämään uusiutuvan energian määrää ja vähentämään kokonaissähkönkulutusta. Suurin osa lämpöpumpuista käyttää kuitenkin sähkövastuksia kovimpien pakkasten aikaan tuottaakseen riittävästi lämpöä. Tällöin huippukulutuspiikit kasvavat sähköverkossa entisestään ja aiheuttavat ongelmia sähkön riittävyyteen. Kulutushuippujen aikana erimuotoisten sähkölämmitysjärjestelmien tehontarpeen on arvioitu vastaavan noin kolmasosaa huippukuormituksen aikaisesta tehontarpeesta. (Jalas & Ahonen 2016.)

Tässä työssä keskitytään tutkimaan erilaisia lämpöpumppuratkaisuja pientalokohteisiin, sekä selvittämään niiden toimintaa ja sähkötehon tarvetta. Työn tavoitteena on parantaa käyttäjien tietoisuutta lämpöpumpuista ja antaa kuvaa niiden sähkönkulutuksesta sekä hyötysuhteen muodostumisesta. Työn yhtenä osa-alueena tutkitaan olemassa olevissa lämpöpumppukohteissa käytettyjä ratkaisuja ja niiden vaikutuksia alueen sähköverkkoon. Tämä opinnäytetyö on tehty osaksi suurempaa Suomen Akatemian rahoittamaa sähköenergiajärjestelmän tulevaisuutta tutkivaa EL-TRAN-hanketta.

2 LÄMPÖPUMPUT LÄMMITYSLAITTEENA

2.1 Lämpöpumpun toimintaperiaate

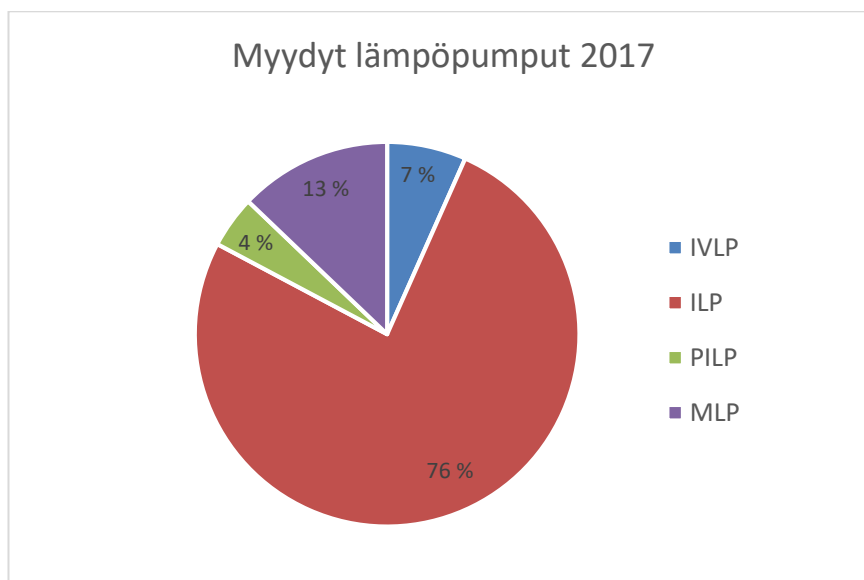
Lämpöpumpun toimintaperiaate on samanlainen kuin kylmälaitteilla, esimerkiksi jääkaapilla ja pakastimella, mutta prosessi on päinvastainen. Kylmälaitteet ottavat lämmön ruokatarvareista ja siirtävät sen kylmälaitteen ulkopuolelle. Lämpöpumppu koostuu yksinkertaisimmillaan höyrystimestä, kompressorista, lauhduttimesta ja paisuntaventtiilistä. Höyrystimessä nestemäinen, alhaisessa paineessa oleva kylmäaine sitoo itseensä lämpöenergiaa esimerkiksi maaperästä tai ilmasta, jonka jälkeen kylmäaine höyrystyy ja kiehuu. Seuraavaksi kompressori puristaa kylmäainehöyryä korkeassa paineessa pienempään tilaan, jolloin sen lämpötila nousee korkeaksi. Kuuma, noin sata-asteinen kylmäainehöyry johdetaan lauhduttimeen, jossa höyry muuttuu takaisin nestemäiseksi vapauttaen samalla sitomansa lämmön rakennuksen sisäilmaan tai lämmitysverkoston veteen. Tämän jälkeen nestemäinen kylmäaine kulkee vielä paisuntaventtiilin kautta takaisin höyrystimeen, jonka jälkeen prosessi alkaa alusta. Paisuntaventtiili alentaa kylmäaineen painetta ja laskee sen lämpötilan sovelluksesta riippuen noin -10 °C .



KUVA 1. Lämpöpumpun toimintaperiaate

2.2 Lämpöpumppujen markkinaosuudet

Yleisin pientaloista löytyvä lämpöpumppu on ilmalämpöpumppu (ILP). Niitä asennetaan paljon pääasiassa säästämään ostoenergiakuluissa sähkölämmitteisissä taloissa, mutta myös niiden kesäaikaisen viilennysmahdollisuuden takia. Tämä näkyy myyntitilastoissa, vuonna 2017 Suomessa myydyistä lämpöpumpuista noin 76 % (kuvio 1) oli ilmalämpöpumppuja ja niistä ylivoimaisesti suurin osa oli mitoituslämpötehoaan nimenomaan pientaloihin soveltuvia malleja. Toiseksi yleisin lämpöpumppu on maalämpöpumppu (MLP). Nykypäivänä jo yli 50 % pientalorakentajista valitsee lämmönlähteekseen maalämmön (Ylönen 2016). Ilma-vesilämpöpumput (IVLP) ovat myös kasvattaneet suosioitaan olemassa olevaa vesikiertoista lämmitysjärjestelmää täydentävänä lämmitysmuotona ja poistoilmalämpöpumppujenkin (PILP) määrä on kasvussa mm. matalaenergia- ja passiivitalojen määrän lisääntymisen ansiosta.



KUVIO 1. Lämpöpumppujen markkinaosuudet 2017 (SULPU Ry 2017)

2.3 Lämpöpumppujen hyötysuhteet

Lämpöpumppujen hyötysuhteita kuvataan COP-arvoilla. Lämpökerroin eli COP (Coefficient Of Performance) ilmoittaa lämpöpumpun hetkellisen tehokertoimen, joka riippuu toimintaolosuhteista. COP-arvo määritellään saadun lämmitystehon ja ottotehon suhteena. Esimerkiksi COP-arvon ollessa 3,5, lämpöpumppu tuottaa yhdellä kilowatilla sähköenergiaa 3,5 kilowattia lämpöenergiaa. Lämpöpumppujen COP-arvot tulee ilmoittaa virallisen SFS-EN 14511 standardin mukaan. Kyseessä on eurooppalainen standardi, jonka mukaan COP-arvo ilmoitetaan ulkoilmalämpöpumppujen eli ilma-vesi- ja ilmalämpöpumppujen osalta ulkolämpötilan ollessa +7 °C ja sisälämpötila 20 °C, sekä maalämpöpumppujen osalta keruupiirin paluunesteen lämpötilalla 0 °C ja lämmönjakoverkoston menoveden lämpötilalla 35 °C (Ympäristöministeriö 2012).

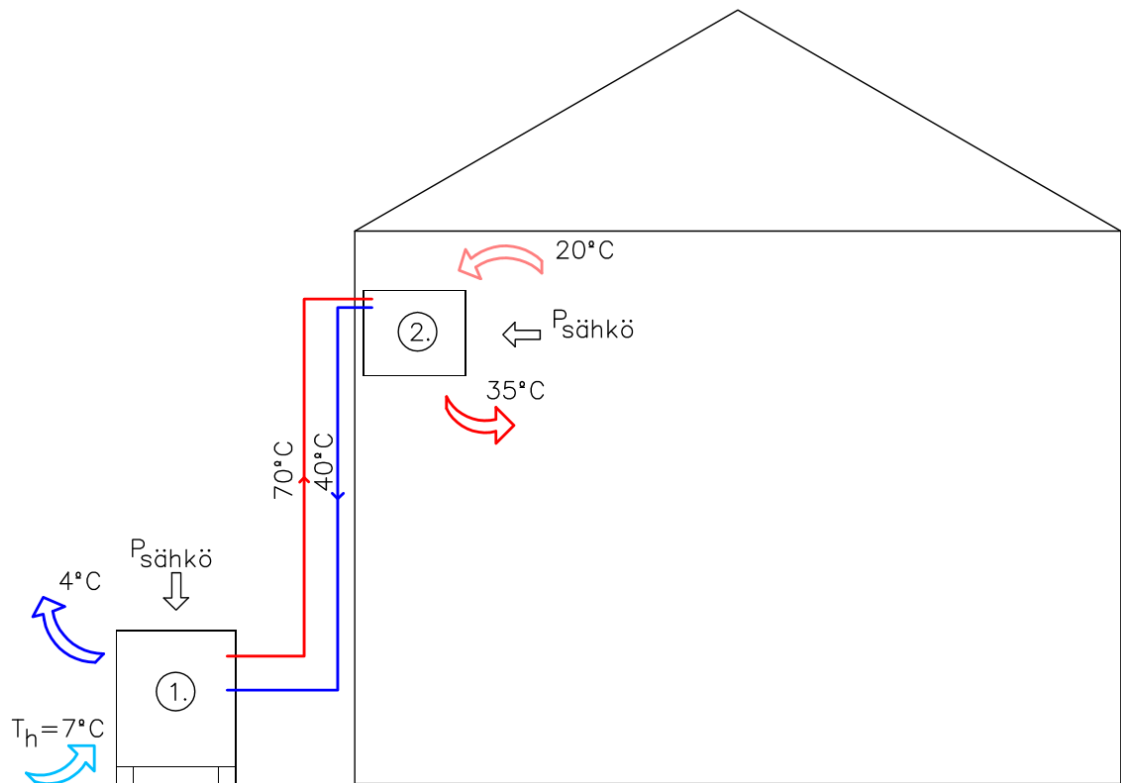
Ulkoilmalämpöpumppujen suorituskyky on verrannollinen ulkoilman lämpötilaan. Standardin mukaan ilmoitettu COP-arvo voi olla parhailla laitteilla jopa 5. Hyötysuhde kuitenkin laskee merkittävästi ulkolämpötilan laskiessa, joten COP-arvo ei anna selvää kuvaa energiansäästöistä Suomen olosuhteissa. Tarkemman arvion lämpöpumppujen soveltuvuudesta Suomen olosuhteisiin saadaan SCOP-arvosta, joka kertoo koko laitteen vuosihyötysuhteen tietyssä ilmastossa. SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance) määritellään standardin SFS-EN 14825 mukaan, jossa Eurooppa on jaettu kolmeen eri ilmastovyöhykkeeseen. Suomi kuuluu luonnollisesti Pohjois-Euroopan vyöhykkeeseen, jonka laskenta perustuu Helsingin ilmasto-olosuhteisiin. Kaikkien Suomessa myytävien lämpöpumppujen SCOP-arvot tulee olla laskettu tämän mukaisesti.

2.4 Yleisimmät lämpöpumput

2.4.1 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu siirtää lämpöä ulkoilmasta talon sisäilmaan. Ilmalämpöpumppu koostuu tavallisesti ulko- ja sisäyksiköstä. Ulkoyksikkö pitää sisällään höyrystimen, kompressorin ja automatiikan ohjauslaitteita. Höyrystin ottaa ulkoilmasta lämpöä talteen, jonka jälkeen kompressori puristaa höyrystyneen kylmäaineen kuumaksi, korkeapaineiseksi kylmäainehöyryksi, joka johdetaan ilmalämpöpumpun sisäyksikköön. Sisäyksikön lauhdutinpiirissä höyry tiivistyy takaisin nesteeksi luovuttaen samalla ulkoilmasta saadun lämpöenergian. Sisäyksikön puhallinpatteri puhaltaa tämän vapautuneen lämpöenergian osaksi talon sisäilmaa. Ilmalämpöpumppua voidaan käyttää kesäisin myös jäähdytykseen. Jäähdytyskäytössä toimintaperiaate on täysin sama, mutta nelitieventtiili kääntää kylmäaineen virtauksen vastakkaiseen suuntaan.

Kuvassa 2 esitetään ilmalämpöpumpun toimintaperiaate ja havainnollistetaan sähkötehon käyttöä. Sähkötehon tarpeeseen vaikuttaa oleellisesti kylmäaineen höyrystymislämpötila eli ulkoilman lämpötila. Mitä kylmempi lämpötila, sitä enemmän sähkötehoa kompressori tarvitsee tekemäänsä työhön. Ulkoyksikön höyrystinpatterin sisäpinnoille huurtuu myös ilmankosteutta, jonka takia ulkoyksikkö vaatii ajoittaisen automaattisen sulatuksen. Automaattinen sulatus tapahtuu yleisesti joko sähkövastuksilla tai ulkoyksikön nelitieventtiilillä kääntämällä kylmäaineen virtauksen hetkellisesti vastakkaiseen suuntaan. Ulkoyksikössä kompressorin ja automaattisen sulatuksen lisäksi sähköä kuluttaa puhallin sekä automatiikan ohjauselektronikka (mm. nelitieventtiilin ohjaus). Sisäyksikössä sähkötehoa tarvitaan puhallinpatterin toimintaan sekä automatiikan ohjauselektronikkaan.



KUVA 2. Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate ja sähkötehon käyttö

Sähkötehon tarpeeseen oleellisesti vaikuttavat:

1. Ulkoilman lämpötila eli höyrystyslämpötila
 - Mitä kylmempi lämpötila, sitä enemmän sähkötehoa kompressori tarvitsee tekemäänsä työhön
 - Ulkoyksikön automaattinen sulatus
2. Sisäilman haluttu lämpötila
 - Mitä suurempi höyrystymis- ja lauhtumislämpötilan ero on, sitä enemmän sähkötehoa lämmittämiseen tarvitaan
 - Sisäyksikön puhallinpatterin toiminta

Ilmalämpöpumpua valittaessa on syytä huomioida, että eri mallien COP-arvot käyttäytyvät erilailla lämpötilan vaihdella. Myyntitiedoissa parhaan COP-arvon ilmoittama malli ei välttämättä tuotakaan enää eniten säästöjä pakkaskeleillä. Kylmään ilmastoon suunniteltujen, uudehkojen ja laadukkaiden ilmalämpöpumppujen COP-arvo on -20°C pakkasilla tyypillisesti 1,5-2,0. Parhaan kuvan ilmalämpöpumpun energiansäästöistä koko lämmityskaudelta saadaan vuosihyötysuhteesta eli SCOP-arvosta, joka on ilmalämpöpumpuilla Suomessa tyypillisesti noin 2,0. (Motiva 2017.)

2.4.2 Ilma-vesilämpöpumppu

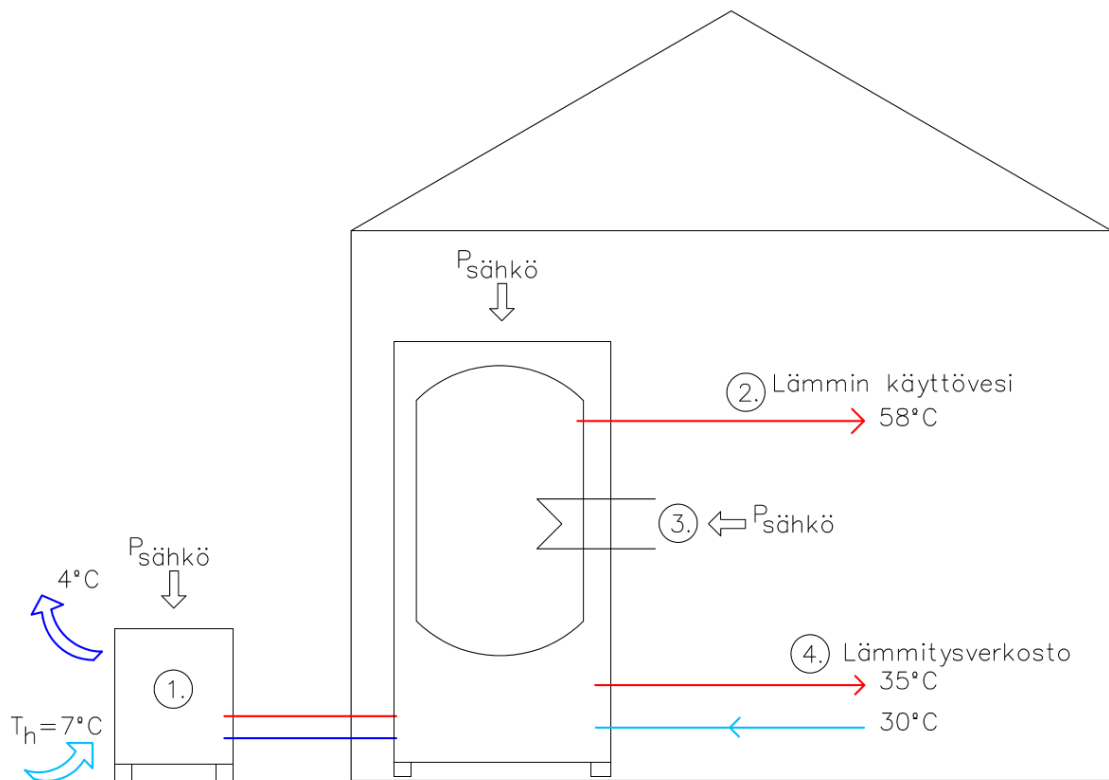
Ilma-vesilämpöpumppu toimii samalla periaatteella kuin ilmalämpöpumppu. Kuvassa 3 esitetään ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate ja havainnollistetaan sähkötehon käyttöä. Tavallisen ilmalämpöpumpun puhallinpatterin sijaan ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksikkö siirtää lämmön suoraan rakennuksen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään ja sillä voidaan myös lämmittää käyttövettä. Lämmin käyttövesi ohjataan sisäyksikön lämminvesivaraajaan. Kompressori kykenee lämmittämään veden tehokkaasti vain noin 50 °C tasolle, ja sitä lämpimämmäksi vesi lämmitetään varaajan sähkövastuksella (Motiva 2017). Käyttöveden on oltava aina vähintään 55 °C, joten sen lämmittämiseen kuluu huomattavasti sähkötehoa. Lämmitysverkosto saattaa myös tarvita ajoittain korkeaa menoveden lämpötilaa kovimmilla pakkasilla, etenkin patteriverkostossa, jolloin sinnekin on ohjattava sähkövastuksella lämmitettyä kuumempaa vettä. Lattialämmitys soveltuukin paremmin kytkettäväksi ilma-vesilämpöpumppuun matalan menoveden lämpötilan ansiosta. Kuten myös ilmalämpöpumpulla, ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhteeseen vaikuttaa oleellisesti ulkoilman lämpötila. Niiden ulkoyksiköt toimivat samankaltaisesti ja kuluttavat sähkötehoa samoihin tarpeisiin. Ilma-vesilämpöpumpun sisäyksikössä sähkötehoa kuluttaa veden lisälämmityksen lisäksi mm. kiertovesipumput ja automatiikan ohjauselektronikka.

Sähkötehon tarpeeseen oleellisesti vaikuttavat:

1. Ulkoilman lämpötila eli höyrystymislämpötila
 - Mitä kylmempi lämpötila, sitä enemmän sähkötehoa kompressori tarvitsee tekemäänsä työhön
 - Ulkoyksikön automaattinen sulatus
2. Lämpimän käyttöveden lämmitys
 - Käyttövesi vaatii korkeampaa lämpötilaa kuin lattialämmitysverkosto, joten kompressori kuluttaa enemmän sähkötehoa nostaakseen lauhdutuslämpötilaa
3. Käyttöveden lisälämmitys/tulistus
 - Varaaja on varustettu sähkövastuksella, jotta käyttövedestä saadaan varmasti riittävän lämmintä
 - Sähkövastuksella saatetaan myös ajoittain lämmittää käyttövesi noin 65 °C saakka, jolloin haitallista Legionella -bakteeria ei pääse kertymään käyttöveteen

4. Lämmitysverkosto

- Mitä korkeampi lämmitysverkoston menoveden lämpötila, sitä enemmän sähkötehoa sen lämmittämiseen kuluu
- Putkivetojen ollessa pitkiä, meno- ja paluuveden lämpötilaero kasvaa, jolloin veden lämmittämiseen tarvitaan taas enemmän energiaa



KUVA 3. Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate ja sähkötehon käyttö

Ilma-vesilämpöpumppujen tyypillisiä asennuskohteita ovat rakennukset, joihin maalämpöpumpun asennus ei esimerkiksi maaperän laadusta johtuen ole mahdollista. Ilma-vesilämpöpumppujen hankintahinta on myös yleensä edullisempi kuin maalämpöpumpun. Ilma-vesilämpöpumppuja asennetaan myös olemassa oleviin taloihin vanhan lämmitysjärjestelmän tilalle tai rinnalle hybridikäyttöön, jolloin esimerkiksi öljykattila lämmittää talon kovimmilla pakkasilla ja tukee ilma-vesilämpöpumppua. Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan säästää noin 40-60 prosenttia rakennuksen lämmitysenergiatarpeesta verrattuna suoraan sähkölämmitykseen (Motiva 2012).

2.4.3 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu eli PILP kerää lämpöä talteen rakennuksesta koneellisesti poistettavasta ilmasta ja siirtää sen mallista riippuen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään, lämpimän käyttöveden lämmittämiseen ja tuloilman lämmittämiseen. Toimiakseen järjestelmä vaatii jatkuvan poistoilmavirran, jonka on oltava vähintään 0,5 kertaa talon ilmatilavuus tunnissa, tällöin poistoilmavirrasta saadaan kerättyä lämpöä talteen tehokkaasti.

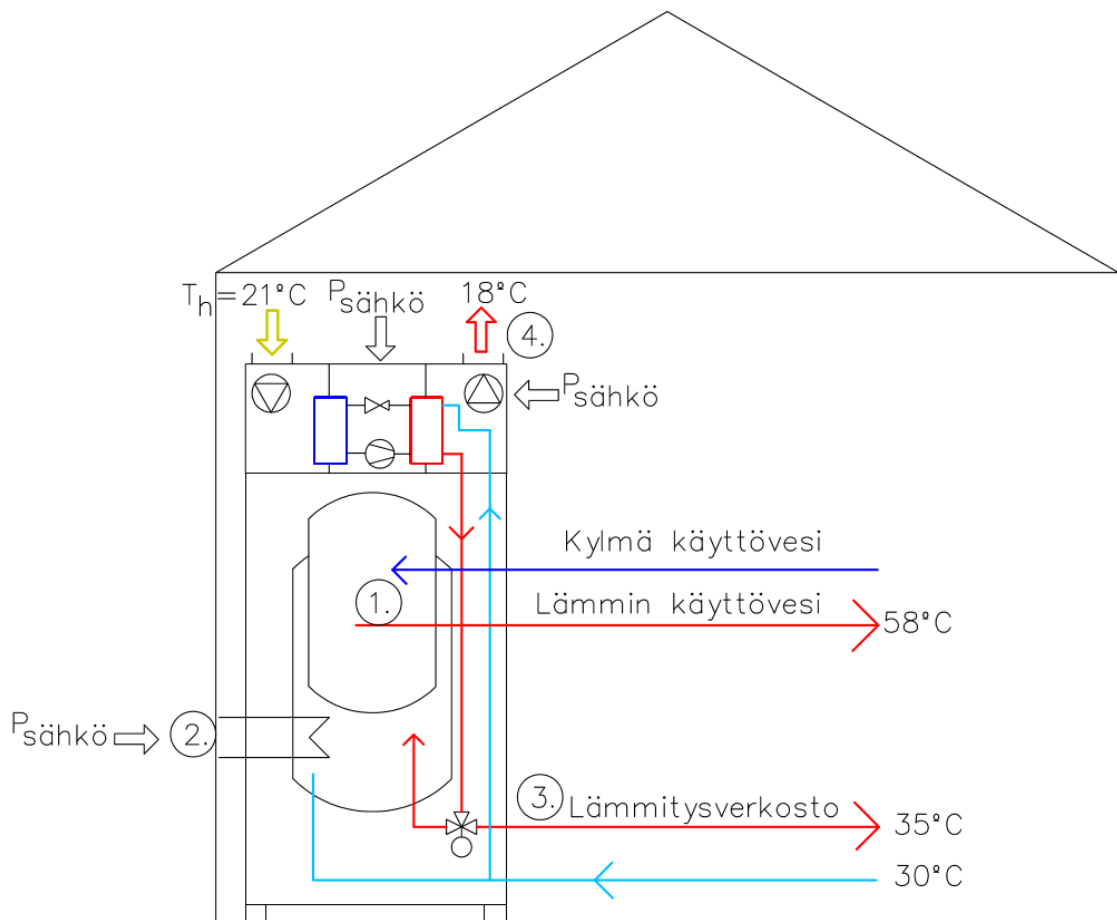
Poistoilmalämpöpumppu kykenee tuottamaan aina jonkin verran lämpöä vuodenajasta ja ulkolämpötilasta riippumatta, koska se käyttää lämmönlähteenään aina lähes vakiona pysyvää rakennuksen 21 °C sisäilmaa. PILP:n hyötysuhdelukemaan ei siis vaikuta ilmasto-olosuhteet samalla tavalla kuin ilmalämpöpumppuihin. Sen sijaan mm. ilmastoinnin teho, lämmitettävän käyttöveden lämpötila ja jäteilman lämpötila vaikuttavat hyötysuhteeseen. Jäteilman lämpötila kertoo, kuinka paljon poistoilmasta kyetään ottamaan energiaa talteen. Mitä kylmemmäksi jäteilma kyetään jäähdyttämään, sitä enemmän siitä on saatu lämpöenergiaa talteen. Jäteilman lämpötila voidaan laskea reilusti jopa pakkasen puolelle, mutta silloin on huolehdittava, ettei höyrystinpatteri pääse jäätymään. Poistoilmalämpöpumppujen keskimääräinen vuosihyötysuhde on yleensä noin 2,6-3,8 (Rakennustietosäätiö RTS & LVI-keskusliitto 2002).

Sähkötehon tarpeeseen oleellisesti vaikuttavat:

1. Lämpimän käyttöveden lämmitys
 - Käyttövesi vaatii korkeampaa lämpötilaa kuin lattialämmitysverkosto, joten kompressori kuluttaa enemmän sähkötehoa nostaakseen lauhdutuslämpötilaa
2. Käyttöveden sekä lämmitysveden lisälämmitys/tulistus
 - Varaaja on varustettu sähkövastuksella, jolla hoidetaan käyttöveden ja lämmityksen tarve silloin kun lämpöpumppu ei sitä kykene tuottamaan
 - Sähkövastuksella lämmitetään käyttövesi, silloin kun sen tarve on suurta
 - Sähkövastuksella saatetaan myös ajoittain lämmittää käyttövesi noin 65 °C saakka, jolloin haitallista Legionella -bakteeria ei pääse kertymään käyttöveteen
3. Lämmitysverkosto

- Mitä korkeampi lämmitysverkoston menoveden lämpötila, sitä enemmän sähkötehoa sen lämmittämiseen kuluu
 - Putkivetojen ollessa pitkiä, meno- ja paluuveden lämpötilaero kasvaa, jolloin veden lämmittämiseen tarvitaan taas enemmän energiaa
4. Tuloilman lämmitys ja ilmastoinnin teho
- Ilmanvaihdon on oltava jatkuvaa ja riittävän tehokasta, jotta siitä saadaan mahdollisimman paljon lämpöä talteen
 - Liian tehokkaalla ilmanvaihdolla puhaltimen kuluttavat enemmän sähkötehoa ja tuloilman lämmittämiseen kuluu enemmän energiaa
 - Kylmillä keleillä tarvitaan lämpimämpää tuloilmaa ja sen lämmittämiseen kuluu enemmän energiaa

Näiden lisäksi poistoilmalämpöpumpussa sähköä kuluttaa mm. puhaltimet, kiertovesipumput ja automatiikan ohjauselektronikka.



KUVA 4. Poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate ja sähkötehon käyttö

Pelkällä poistoilmalämpöpumpulla ei kyetä kattamaan kaikkea rakennuksen tarvitsemaa lämmitysenergiaa. Poistoilmasta saatu energiamäärä ei riitä tuottamaan tarpeeksi lämmintä vettä käyttöveden, tuloilman ja lämmitysverkoston lämmittämiseen kovilla pakkasilla. Järjestelmiin sisältyy yleensä sähkövastukset, joilla katetaan tämä kovimpien pakkasten aikana esiintyvä huipputehontarve. Pakkasjaksojen aikana onkin suositeltavaa polttaa puuta, jolloin talon sisäilma lämpenee ja siitä saadaan enemmän lämpöä talteen. Näin ollen myös ostettavan sähköenergian määrää saadaan pienemmäksi. Poistoilmalämpöpumpulla voidaan säästää noin 40 % ostoenergiasta suoraan sähkölämmitykseen verrattuna (Motiva Oy & SULPU Ry 2008).

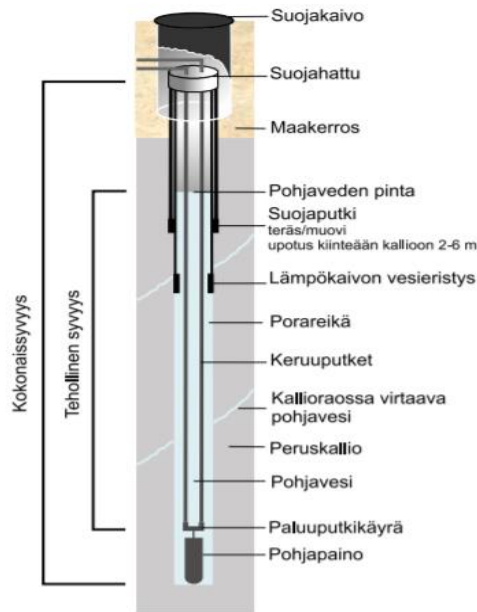
Poistoilmalämpöpumppu soveltuu parhaiten matalaenergia- ja passiivitaloihin, joissa sisätilavuus on suuri suhteessa lämmitysenergian tarpeeseen. Investointina poistoilmalämpöpumppu on yleensä jonkin verran maalämpöä edullisempi ja se huolehtii rakennuksen lämmittämisen lisäksi ilmanvaihdosta ja lämpimän käyttöveden tuottamisesta. Erillistä ilmanvaihtokonetta ja LTO-laitetta ei siis tarvita. Joillakin malleilla pystytään myös viilentämään rakennusta kesäaikaan.

2.4.4 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumppu käyttää lämmönlähteenään maaperään, kallioon tai vesistöön varastoitunutta lämpöenergiaa ja siirtää sen rakennuksen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen. Maa- ja kallioperän pintaosiin varastoitunut lämpö on peräisin auringosta, kun taas syvemmälle kallioperään varastoitunut lämpö on pääosin geotermistä energiaa. Yleisimmin lämmönlähteenä käytetään lämpökaivoa eli porakaivoa, mutta lämpöenergiaa voidaan myös kerätä maaperän pintaosista tai vesistöistä. Maalämpöpumppu soveltuu myös kesäaikaan rakennuksen jäähdyttämiseen, etenkin silloin kun lämmönlähteenä toimii lämpökaivo. Tällöin lämpimän huoneilman lämpöä ”ladataan” kesällä kallioperään, jonka ansiosta lämpökaivon antoisuus talvella paranee.

Porakaivon syvyyteen ja niiden lukumäärään vaikuttavat pääasiassa rakennuksen lämmöntarve ja porakaivon vedentuotto. Mitä enemmän kaivo tuottaa vettä, sitä enemmän siitä saadaan myös lämpöenergiaa talteen. Jos kaivosta ei saada vettä, niin se yleensä täytetään vedellä. (Motiva 2012.) Jos lämpökaivoja on useita, ne kytketään rinnakkaisiksi

putkisilmukoiksi erillisessä kytkentäkaivossa. Kaivon syvyys on tärkein maalämpöpumpulla saatavaan lämpömäärään vaikuttaja tekijä, joten se on tärkeää mitoittaa oikein. Porareian syvyys vaihtelee yleensä 120–300 metrin välillä. Suomessa tehtyjen lämpökaivojen porareikien halkaisija vaihtelee välillä 105–165 mm. (Juvonen & Lapinlampi 2013.) Kaivon tehollisella syvyydellä tarkoitetaan kaivon vedellä täyttynyttä syvyyttä. Lämpökaivon lämpötila vaihtelee vuoden aikana vain noin 2–3 astetta.



KUVA 5. Lämpökaivon rakenne (Juvonen & Lapinlampi 2013)

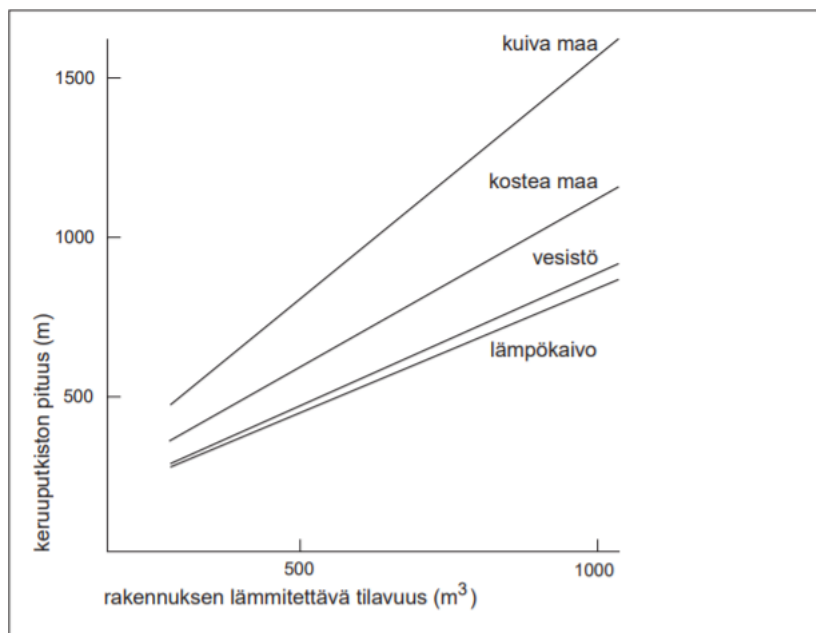
Maalämpöpumpun lämmönkeruupiiri voidaan asentaa myös vaakaputkistoksi maanpinnan alapuolelle tai vesistöön. Maaperään vaakaputkisto asennetaan noin metrin syvyyteen ja putkistosilmukat noin 1,5 metrin välein toisistaan. Vaakaputkiston investointi on hieinan edullisempi kuin porakaivon, mutta se tarvitsee suuren tontin. Yleisenä nyrkkisääntönä voidaan todeta, että jokaista lämmitettävää rakennuskuutiota kohden tarvitaan 1–2 metriä putkea ja jokainen putkimetri tarvitsee 1,5 m² tonttimaata (Motiva 2012). Pienikokoisen pientalonkin lämmittämiseen tarvitaan jo noin 500 m² maapinta-alaa. Maaperän laatu ja kosteus ovat avainasemassa vaakaputkiston mitoituksessa. Savipitoinen ja runsasvetinen maaperä soveltuu vaakaputkistolle parhaiten, kun taas kuivassa maaperässä pinta-alan tarve voi olla huomattavasti suurempi.



KUVA 6. Vaakaputkisto maanpinnan alapuolella (Savonlinnan lämpöpumppu Oy)

Vesistöön keruuputkisto asennetaan vaakaputkiston tavoin. Veden syvyyden tulee olla vähintään 2 metriä jo lähellä rantaviivaa, jotta putket saadaan vietyä veteen routarajan alapuolella. Putket ankkuroidaan veden pohjaan tai pohjamutaan betonipainoilla ja niiden sijainti merkitään selkeästi kyltillä, jossa kielletään veneiden ankkurointi kyseiseen kohtaan. (Motiva 2012.)

Kuvasta 7 nähdään ohjeellinen lämmönkeruuputkiston pituuden tarve suhteessa rakennuksen lämmitettävään tilavuuteen. Vesistöputkistosta saadaan lähes lämpökaivoa vastaava lämmöntuotto veden hyvän lämmönsiirto-ominaisuuden ansiosta.



KUVA 7. Putkistopituudet eri lämmönkeruujärjestelmillä (Rakennustietosäätiö RTS 2001)

Maalämpöpumppu soveltuu pientaloihin ja suuriinkin kohteisiin päälämmitysmuodoksi erinomaisesti. Sen käyttämien lämmönlähteiden lämmönmuutokset eri vuodenaikoina ovat niin pieniä, että maalämpöpumppu kykenee toimimaan hyvällä hyötysuhteella ympäri vuoden. Maalämpöpumppujen vuosihyötysuhde eli SCOP-arvo on Suomen olosuhteissa yleisesti noin 2,5-3,5 (Motiva 2018). Kytettäessä maalämpö lattialämmitykseen, on vuosihyötysuhde parempi kuin pattereilla lämmitettäessä. Lauhdutuslämpötila pysyy alhaisempana, joten kompressorilla tehdyn työn määrä jää vähäisemmäksi. Täysteholle mitoitettu maalämpöpumppu kattaa rakennuksen huipputehontarpeen kovimmillakin pakkasilla, kun taas osatehomitoituksella tuotetaan suurin osa vuotuisesta lämmitysenergian tarpeesta ja loppuosa sähkövastuksilla.

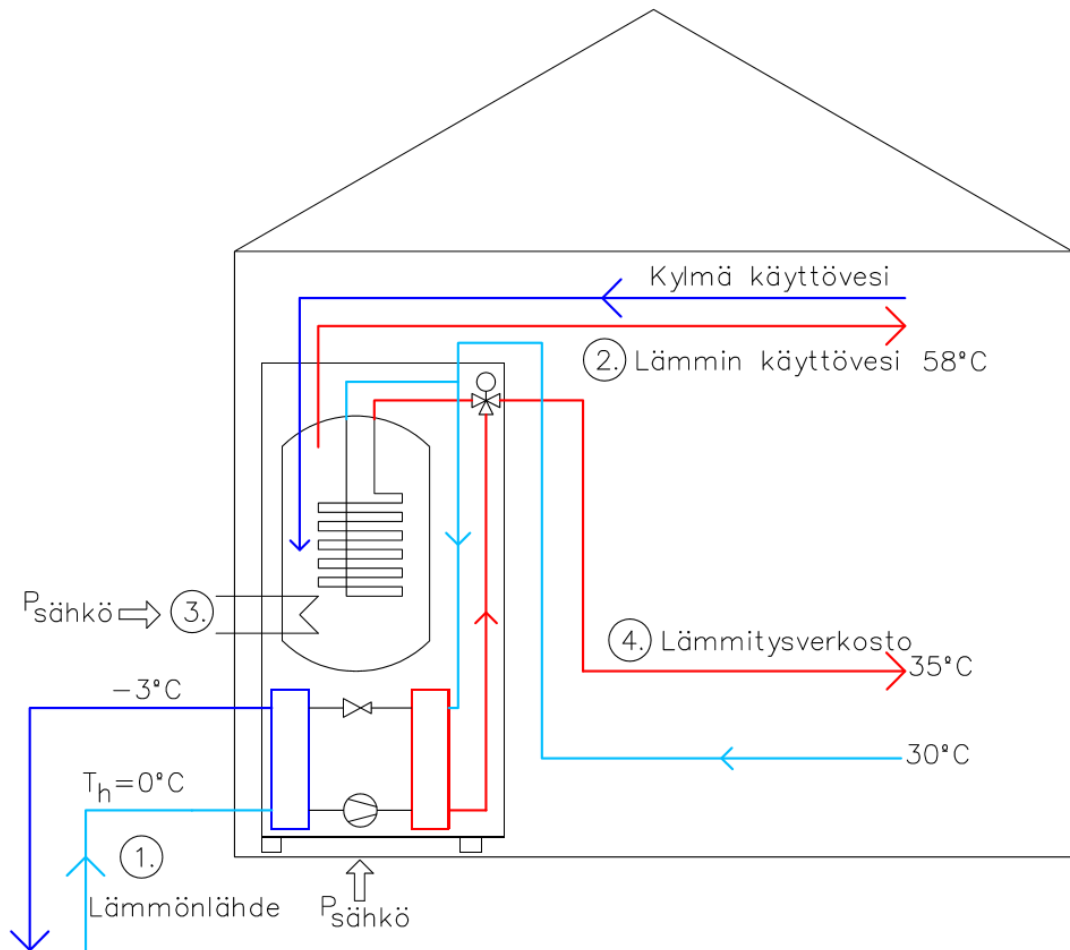
Eri maalämpöpumppujen suurimmat eroavaisuudet tulevat niiden tavasta lämmittää käyttövesi. Yleisesti käytetään muutamaa eri vaihtoehtoa ja jokaisella näistä on omat hyvät ja huonot puolensa. Tulistinpiiriratkaisussa kompressorin ja lauhduttimen väliin on lisätty erillinen lämmönvaihdin, jolloin se ottaa lämmön talteen kohdasta jossa kylmäaine on kuumimmillaan ja vasta tämän jälkeen hieman jäähtynyt kylmäainehöyry johdetaan varsinaiseen lauhduttimeen, missä se luovuttaa lopun energiansa varaajaan alaosaan. Varaaja on jaettu kahteen osaan, jossa alaosa toimii lämmitysvaraajana ja yläosa käyttövesivaraajana. Tulistimesta saatu lämpö ohjataan käyttövesivaraajaan ja sillä nostetaan käyttöveden lämpötila lopulliseen arvoonsa. Käyttövedestä saadaan riittävän lämmintä ja lauhdutuslämpötila pysyy matalana, jolloin lämpöpumppu toimii hyvällä hyötysuhteella. (Perälä 2012.)

Vaihtuvan lauhdutuksen maalämpöpumppu lämmittää tarpeen mukaan joko lämmitysverkostoa tai käyttövettä. Kuvassa 8 nähdään lämmityskierukalla varustetun vaihtuvan lauhdutuksen maalämpöpumpun toimintaperiaate, sekä havainnollistetaan sähkötehon käyttöä. Käyttövettä lämmitettäessä koko pumpun tuottama lämpöteho ohjataan varaajassa olevaan lämmityskierukkaan, jolloin se lämmittää käyttöveden nopeasti haluttuun lämpötilaan. Kun käyttövesi on saavuttanut riittävän lämpötilan, vaihtaa 3-tiemoottori-venttiili taas lämpimän veden suunnan lämmitysverkostoon.

Sähkötehon tarpeeseen oleellisesti vaikuttavat:

1. Lämmönlähteestä saapuvan nesteen lämpötila eli höyrystymislämpötila
 - Mitä kylmemmäksi lämpötila ehtyy, sitä vähemmän siitä saadaan lämpöä talteen jolloin kompressori kuluttaa sähkötehoa enemmän
2. Lämpimän käyttöveden lämmitys
 - Käyttövesi vaatii korkeampaa lämpötilaa kuin lattialämmitysverkosto, joten kompressori kuluttaa enemmän sähkötehoa nostaakseen lauhdutuslämpötilaa
3. Käyttöveden lisälämmitys/tulistus
 - Varaaja on yleensä varustettu sähkövastuksella, joka kytkeytyy päälle, jos lämmintä käyttövettä tarvitaan tavallista enemmän
 - Sähkövastuksella saatetaan myös ajoittain lämmittää käyttövesi noin 65 °C saakka, jolloin haitallista Legionella -bakteeria ei pääse kertymään käyttöveteen
4. Lämmitysverkosto
 - Mitä korkeampi lämmitysverkoston menoveden lämpötila, sitä enemmän sähkötehoa sen lämmittämiseen kuluu
 - Putkivetojen ollessa pitkiä, meno- ja paluueden lämpötilaero kasvaa, jolloin veden lämmittämiseen tarvitaan taas enemmän energiaa

Maalämpöpumpussa sähkötehoa kuluttaa näiden lisäksi mm. kiertovesipumput ja automatiikan ohjauselektronikka.



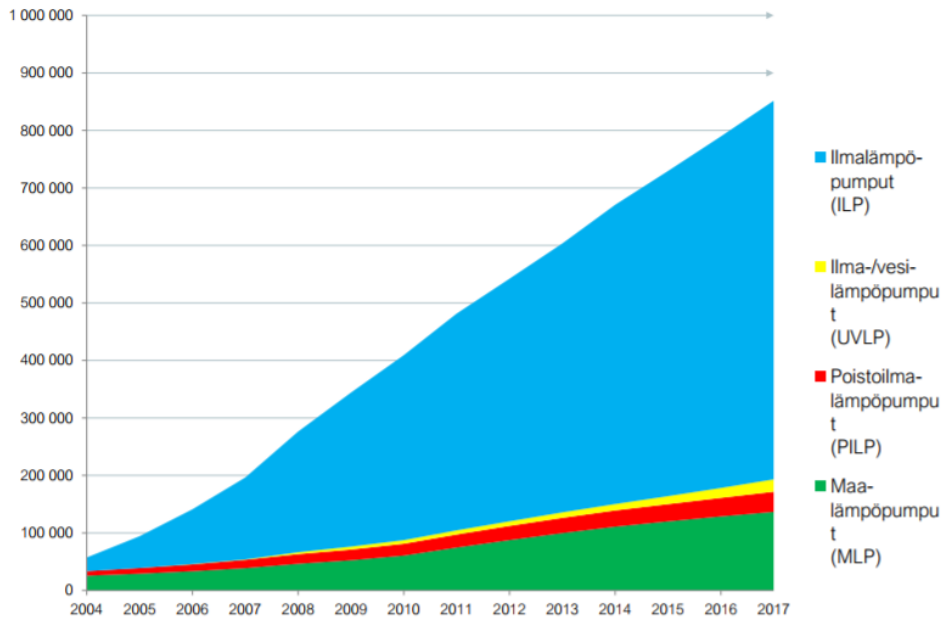
KUVA 8. Vaihtuvälähdutteen maalämpöpumpun toimintaperiaate

Maalämpöjärjestelmien rakentaminen on luvanvaraista ja siihen tarvitaan pääsääntöisesti maankäyttö- ja rakennuslain mukainen toimenpidelupa, sekä lisäksi vesilain mukainen lupa, jos maalämpöjärjestelmää ollaan rakentamassa pohjavesialueelle. Jos keruuputkisto asennetaan vesistöön, tarvitaan myös suostumukset vesialueen omistajalta ja lähinaapureilta tai luvan aluehallintovirastolta. (Juvonen & Lapinlampi 2013.)

2.5 Lämpöpumppumarkkinat Suomessa

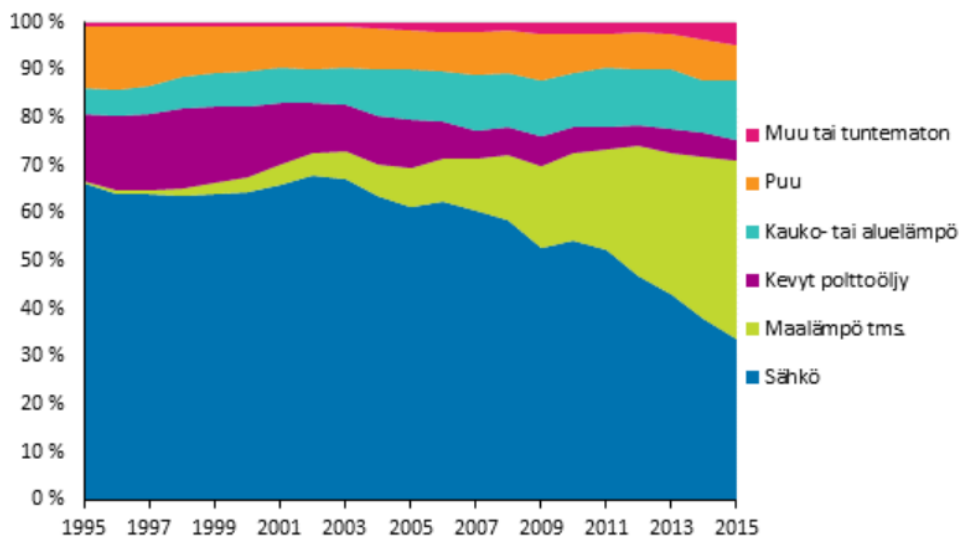
Lämpöpumpputoimiala on kehittynyt Suomessa nopeasti, ja se kehittyi tulevaisuudessa entisestään. Vuosittain Suomessa myydään tällä hetkellä noin 60 000 lämpöpumppua ja vuoden 2017 loppuun mennessä lämpöpumppujen määrä oli jo noin 850 000 kpl (kuvio 2). Kasvupotentiaali on edelleen suuri, koska varsinaisia kilpailijoita ei ole Suomen markkinoilla näkyvissä. Energiamääräysten ja päästövähennyksien jatkuvasti kiristyessä öljylämmitys on jäämässä hiljalleen historiaan, kaukolämpö ulottuu vain rajatulle alueelle ja

kaasuverkko vielä sitäkin rajatullamme alueelle. Auringosta ja tuulesta saadaan uusiutuvaa energiaa, mutta lämmittämisen kannalta yleensä liian vähän ja väärin aikoihin. Suorasähköllä lämpiäviin taloihin saadaan merkittäviä säästöjä sijoittamalla lämpöpumppuun lisälämmityslähteeksi.



KUVIO 2. Lämpöpumppujen myynnin kehitys 2004-2017 (SULPU Ry 2017)

Maalämpöpumppu on jo nyt suosituin päälämmitysmuoto uusissa pientaloissa. Vuonna 2015 maalämpö ohitti 37,5 % osuudella ensimmäistä kertaa sähkön (33,5 %) yleisimpänä uusien pientalojen lämmönlähteenä Suomessa (kuvio 3).



KUVIO 3. Lämmönlähteiden suhteelliset osuudet uusissa pientaloissa (Tilastokeskus 2016)

Vuonna 2020 Suomessa ennustetaan olevan miljoona lämpöpumppua ja lämpöpumpuilla tuotettua lämmitystehoa yli 6000 MW, jolla tuotetaan uusiutuvaa energiaa vuosittain yhteensä 10 TWh. Nämä ennusteet tulevat toteutumaan, mikäli lämpöpumppujen myyntimäärät pysyvät samankaltaisina, kuin mitä ne tällä hetkellä ovat. (SULPU Ry.)

Lämpöpumppujen määrän jatkuva lisääntyminen muuttaa sähkönkulutuksen rakennetta, jolloin kysynnänjoustolle tulee entistä suurempi tarve. Kysynnänjoustolla tarkoitetaan sähkön käytön hetkellistä vähentämistä tai käytön siirtämistä korkean kulutuksen ja hinnan tunneilta edullisempaan ajankohtaan (Salonen 2014). Suurin osa lämpöpumpuista ei kykene tuottamaan riittävästi lämpöä kovimpien pakkasjaksojen aikana, jolloin sähkövastukset kytkeytyvät päälle ja aiheuttavat huipputehoalueelle kulutuspiikkejä. Sähkön tuotannon kannalta olisikin siis syytä suosia täysteholle mitoitettuja lämpöpumppuja. Lämpöpumppujen käynnistykset aiheuttavat myös kulutuspiikkejä sähköverkkoon, kun niitä on samassa verkossa useita ja käynnistystiheydet nousevat korkeaksi. Ilman kysynnänjoustopon lisäystä ja kehittämistä sähkölaitokset joutuisivat varautumaan entistä suurempaan huipputehon tuotantoon, vaikka suurimman osan vuodesta lämpöpumput toimivatkin huomattavasti pienemmällä teholla. Kysynnänjoustopon lisäksi on syytä tarkastella ja kehittää myös lämpöpumppujen omia ohjaustapoja, jotta niiden tuomista hyödyistä energiatehokkuuteen saataisiin kaikki irti.

3 CASE KISSANMAA

Työn osasuoritukseksi tutkittiin Tampereen Kissanmaalla sijaitsevien omakotitalojen lämpöpumppuratkaisuja. Alueella on vuosien saatossa tehty paljon lämmitystapamuutoksia, ja suurin osa onkin vaihtanut öljylämmityksen maalämpöön. Tutkittavat kohteet kuuluvat kaikki samaan muuntopiiriin. Asukkaita haastateltiin mm. heidän lämmitys-, sähkö- ja vedenkäyttö tottumuksistaan, jotta käyttäjistä riippuvasta energiankulutuksesta saataisiin tarkempaa kuvaa (haastattelumateriaalit liitteinä).

3.1 Kohde 1

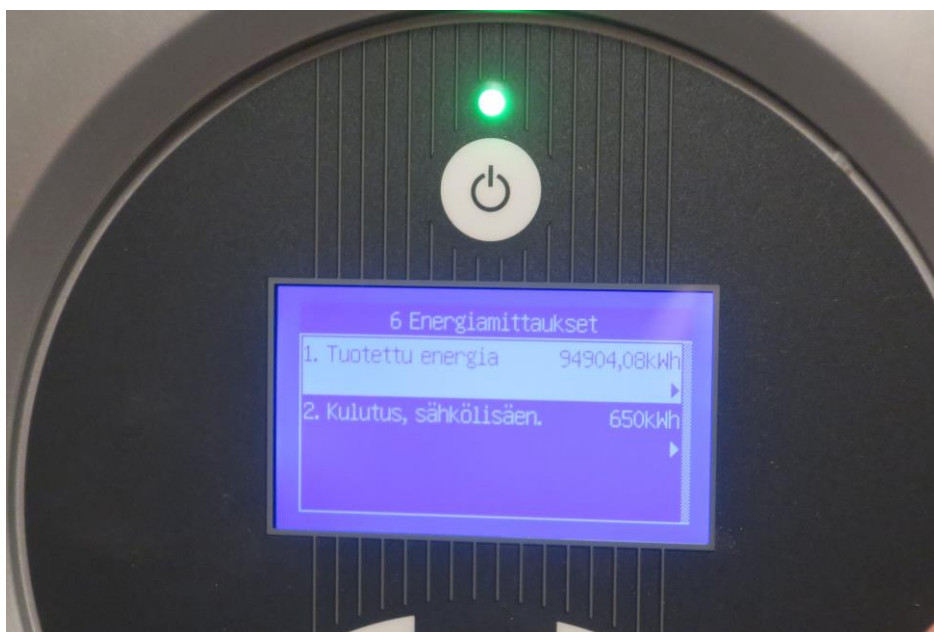
Kohde on vuonna 1954 rakennettu omakotitalo, joka on peruskorjattu 2000-luvun vaihteissa. Kohteessa asuu viisi henkilöä ja lämmitettävä nettopinta-ala rakennuksessa on 220 m². Vedenkulutus viimeisen vuoden ajalta oli noin 105 m³. Ilmanvaihtotapa rakennuksessa on painovoimainen. Kohteeseen on tehty lämmitystapamuutos vuonna 2014, jolloin öljylämmitys vaihdettiin maalämpöön.

3.1.1 Lämmitysjärjestelmä

Kohteeseen asennettiin vuonna 2014 IVT Greenline HE C9 RF -maalämpöpumppu, teholtaan 9 kW. Lämmönlähteenä toimii lämpökaivo, jonka syvyydeksi asukas osasi kertoa 200 metriä. Rakennuksessa on viisi kappaletta lämmityspattereita, sekä vesikiertoinen lattialämmitys, joten lämpöpumpussa on kaksi piiriä. Piiri 1 on tarkoitettu patteriverkostolle ja siihen sisältyy 200 litran puskurivaraaja, johon lämpöpumppu varaa lämmitysvettä, joka sitten johdetaan omalla pumpullaan patteriverkoston käyttöön. Tästä samasta vedestä laimennetaan toiseen, omalla pumpulla varustettuun piiriin shuntin kautta lattialämmitysvettä.

Lämpöpumppu on kerännyt dataa tuottamastaan energiasta, ja kuluttamastaan sähköisäenergiasta sen ensikäynnistyksestä lähtien. Lämpöpumppu oli tuottanut energiaa lähes 95 000 kWh ja kuluttanut sähköisäenergiaa 650 kWh (kuva 9). Näiden tietojen perusteella voidaan päätellä, että lämpöpumppu on mitoitettu täysteholle. Asukas kertoi, että

lämpöpumppuun oli asetettu toiminto, joka nostaa käyttöveden lämpötilan hetkellisesti korkeaksi kahden viikon välein legionella-bakteerin poistamiseksi. Tämä lämpötilan nosto tapahtuu lämpöpumpun sisältämällä kolmivaiheisella sähkövastuksella, jonka maksimiteho on 9 kW, joten se selittää kulutetun sähkölisäenergian määrää. Asukas kertoi lisäksi, että taloa oli jouduttu lämmittämään pelkällä lämpöpumpun sähkövastuksella jonkin aikaa, ennen kuin lämpökaivo oli saatu käyttöön. Tänä aikana oli siis kulunut myös merkittävä määrä sähkölisäenergiaa. Sähkölisäenergialla lämmitetään käyttövettä myös silloin, kun sen tarve on suurta. Kulutetun sähköenergian määrä tuotetun kokonaisenergian määrästä on tällä lämpöpumpulla kuitenkin alle prosentin verran reilun kolmen vuoden ajalta. Osateholle mitoitettu lämpöpumppu tuottaa noin 95 % vuotuisesta lämpöenergiasta, jolloin sähkölisäenergiaa kuluisi huomattavasti enemmän kuin tässä tapauksessa (Motiva 2012).



KUVA 9. Maalämpöpumpun tuottama energia

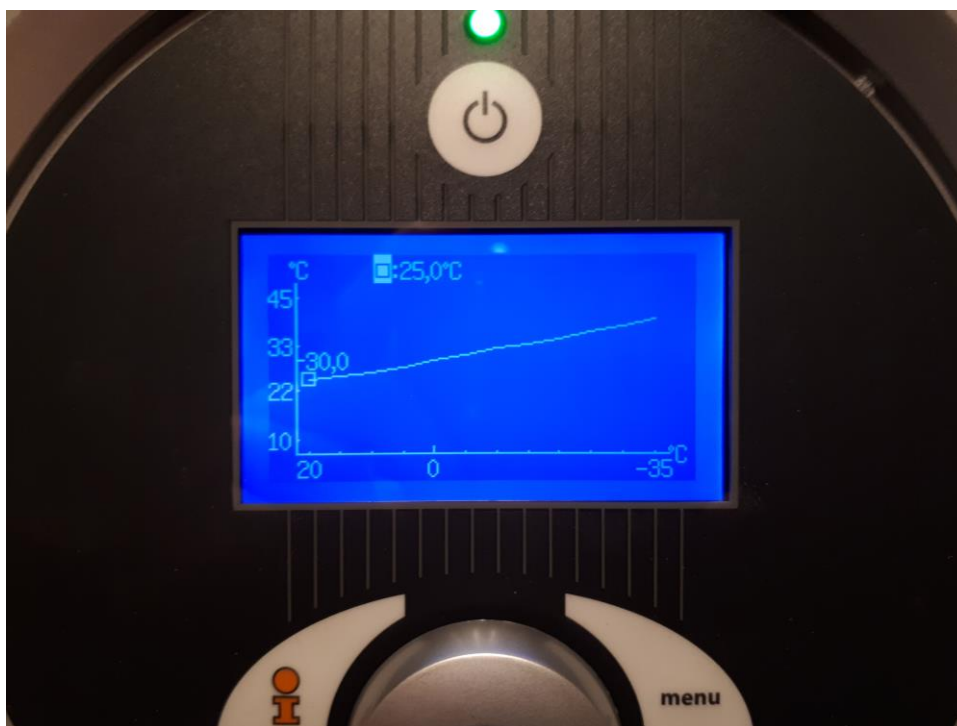
Lämpöpumpussa on sisäänrakennettuna 185 litran kaksoisvaippavaraaja, ja käyttöveden lämmitys tapahtuu vaihtuvalla lauhdutuksella. Lämmitettäessä käyttövettä lauhduttimelta tuleva lämmin vesi ohjataan vaihtoventtiilin avulla varaajan uloimpaan osaan, jolloin varaajan sisemmässä osassa sijaitseva käyttövesi lämpenee. Lämpöpumpun tuottamasta energiasta noin 83 000 kWh oli kulunut lämmitykseen ja vain noin 12 000 kWh käyttöveden lämmittämiseen (kuva 10). Tämä luku vastaa noin 15 % tuotetun energian kokonaismäärästä, joten lämpimän käyttöveden kulutus kohteessa on suhteellisen vähäistä etenkin siihen nähden, että talossa asuu viisi henkilöä. Keskimääräinen vedenkulutus

Suomessa on 140 l/asukas/vrk, eli noin 51 m³/asukas/a (Motiva 2017). Kyseisen kohteen vedenkulutus viimeisen vuoden ajalta oli noin 105 m³, mikä tekee yhden asukkaan vedenkulutukseksi 21 m³, joten keskimääräiseen vedenkulutukseenkin verrattuna kohteen vedenkulutus on erittäin vähäistä. Lämpöpumpun kaksoisvaippavaraaja on hyvin eristetty, jolloin se pitää lämmön hyvin sisällään eikä hukkalämpöä pääse juuri syntymään. Käyttöveden lämmittämiseen tarvitaan aina korkeampaa lauhdutuslämpötilaa kuin lattialämmitysverkostoon, joten lämpöpumppu toimii paremmalla hyötysuhteella lämpimän käyttöveden kulutuksen ollessa vähäistä.



KUVA 10. Tuotettu energia lämmitys ja käyttövesi

Lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa ohjataan ulkolämpötilan anturilla. Anturi on asennettu talon ulkoseinään ja se lähettää signaalit lämpöpumpun säätökeskukseen, jolloin lämpöpumppu säätelee automaattisesti lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa ulkolämpötilan perusteella. Käyttäjä voi itse asettaa molemmille lämmityspiireille lämpökäyrän säätökeskuksesta, joka määrittää miten lämmintä menoveden lämpötilan tulee olla suhteessa ulkolämpötilaan (kuva 11).

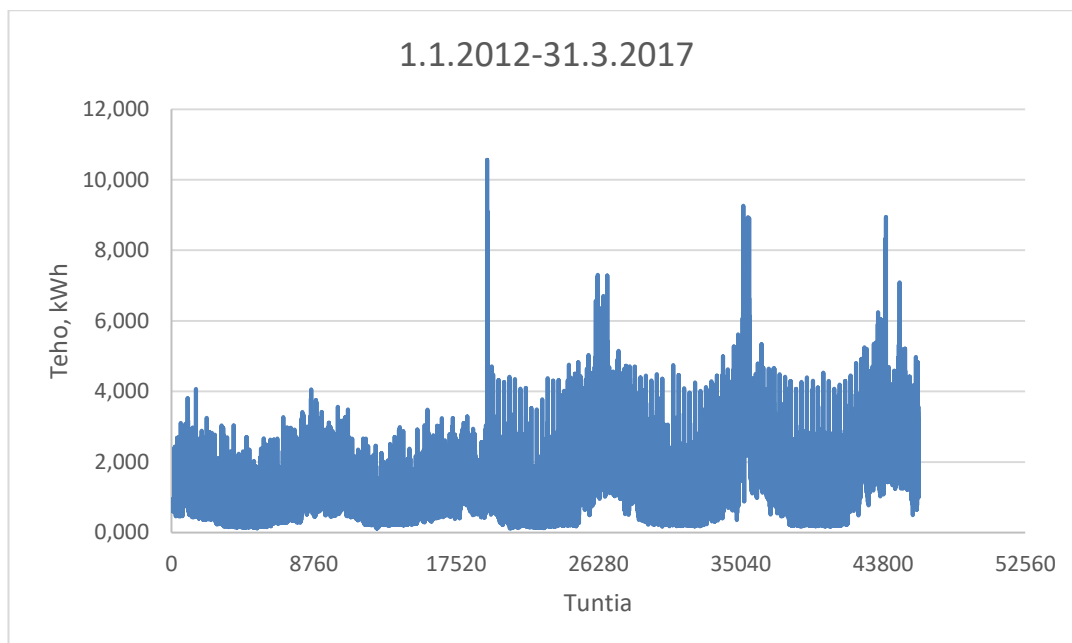


KUVA 11. Lattialämmitysverkoston lämpökäyrän asetus

Käyttäjälle oli lämpöpumpun asennuksen yhteydessä kerrottu yleistietoa lämpöpumpusta ja opetettu lämpökäyrien säädöt, mutta koki että laajempikin tietoisuus lämpöpumpusta ei olisi pahitteeksi. Käyttäjä ei muun muassa ollut tietoinen lämpöpumpumallinsa muista ohjausmahdollisuuksista. Kyseisen mallin ohjausjärjestelmä on varustettu Smart Grid -valmiudella, ja malliin on saatavilla myös lisävarusteena kauko-ohjausjärjestelmä, joka mahdollistaa lämpöpumpun ohjauksen älypuhelimien kautta.

3.1.2 Vaikutukset sähköverkkoon

Kuviosta 4 nähdään sähkölaitoksen dataa kohteen tuntitehoista ajalta 1.1.2012-31.3.2017. Kuviosta on selvästi havaittavissa lämmitystapamuutos vuoden 2014 alussa eli hieman 17 520 tunnin jälkeen. Kompressorin käynti samanaikaisesti rakennuksen muiden sähkölaitteiden kanssa, sekä sähkövastuksella käyttöveden lisälämmittäminen aiheuttaa kulutuspiikkejä huipputehoalueelle. Kohteen korkein kulutuspiikki on tapahtunut maalämpöpumpun asennuksen yhteydessä, jolloin rakennusta lämmitettiin pelkällä lämpöpumpun sähkövastuksella ennen kuin lämpökaivo saatiin käyttöön. Tämä kulutuspiikki on ollut teholtaan lähes 11 kWh.



KUVIO 4. Tuntitehot (Tampereen Sähkölaitos Oy 2018)

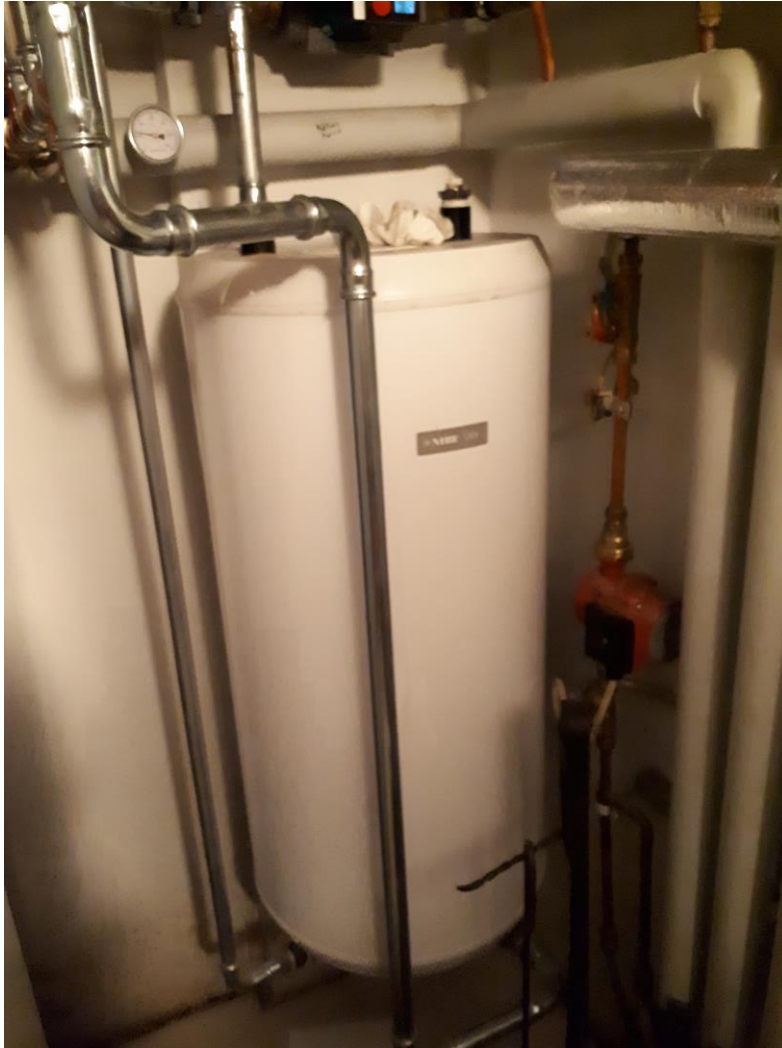
3.2 Kohde 2

Kohde on vuonna 1996 rakennettu omakotitalo, jossa asuu kaksi henkilöä. Yhden talven ajan talossa asui lisäksi talon omistajan poika ja hänen perheensä. Vedenkulutus viimeisen vuoden ajalta oli noin 70 m³. Ilmanvaihtotapa rakennuksessa on koneellinen poisto huippuimureilla ja korvausilma tulee ikkunoiden päältä. Kohteeseen on tehty lämmitystapamuutos vuonna 2013, jolloin öljylämmitys vaihdettiin maalämpöön. Asukas arvioi lämmitystapamuutoksen pudottaneen vuosittaisia lämmityskustannuksia noin 75 %.

3.2.1 Lämmitysjärjestelmä

Kohteeseen asennettiin vuonna 2013 NIBE F1245 -maalämpöpumppu, teholtaan 8 kW. Lämmönlähteenä toimii lämpökaivo. Lämmönjakotapana rakennuksen alakerrassa on vesikiertoinen lattialämmitys ja yläkerrassa lämmityspatterit, joten lämpöpumpussa on kaksi piiriä. Patteriverkoston piiri on varustettu 200 litran puskurivaraajalla (kuva 12), johon varataan lämmitysvettä ja johdetaan omalla pumpullaan pattereiden käyttöön. Tästä samasta vedestä laimennetaan toiseen, omalla pumpulla varustettuun piiriin shuntin kautta lattialämmitysvettä. Lämmitysverkostoa ohjataan ulkolämpötilan anturilla. Anturi

on asennettu talon ulkoseinään ja siitä saapuvien signaalien mukaan lämpöpumpun ohjauskeskus säätelee lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa ulkolämpötilan mukaan. Käyttäjä pystyy itse säätämään lämpökäyrää ohjauskeskuksesta askeleittain, jos huone-
lämpötila on liian matala tai korkea. Lämpökäyrällä määritellään, miten lämmintä menoveden lämpötila tulee olla suhteessa ulkolämpötilaan.



KUVA 12. Puskurivaraaja

Lämpöpumpussa on sisäänrakennettuna 180 litran lämminvesivaraaja, ja käyttöveden lämmitys tapahtuu vaihtuvalla lauhtuksella. Lämminvesivaraaja sisältää latauskierukan, johon lauhttimelta saapuva lämmin vesi ohjataan vaihtoventtiilin avulla käyttövettä lämmitettäessä. Käyttöveden lämmitystä ohjataan käyttövesianturilla. Käyttöveden lämmitys käynnistyy, kun käyttövesianturin arvo on laskenut käynnistyslämpötilaan. Käyttöveden lämmitys pysähtyy, kun anturille asetettu käyttöveden tavoitelämpötila on saavutettu. Lämpöpumpun ohjausyksiköstä selvitettiin kompressorin käyntitiedot. Niistä nähtiin kompressorin käynnistysten lukumäärä, kokonaiskäyttöaika tunneissa ja aika,

joka siitä on kulunut käyttöveden lämmitykseen (kuva 13). Kompressorin oli käynnistynyt 15 404 kertaa ja se oli ollut käynnissä yhteensä 12 083 tuntia, mikä tekee kompressorin käyntiajaksi noin 47 minuuttia per käynnistys. Käyttöveden lämmittämiseen kokonaiskäyttöajasta oli kulunut 2365 tuntia, eli noin 20 %.

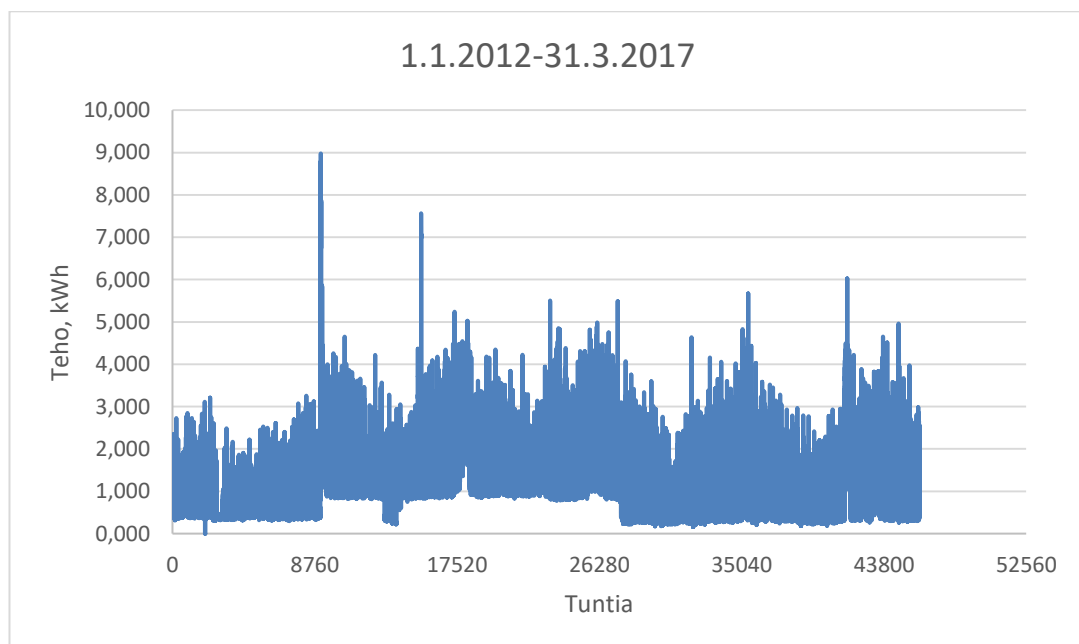


KUVA 13. Kompressorin käyntitiedot

Lämpöpumpussa on sisäänrakennettuna 4-portainen 9 kW:n sähkövastus, joka kytkeytyy automaattisesti päälle, jos lämmitys-/käyttövettä tarvitaan enemmän kuin kompressorin pystyy tuottamaan. Asukas kertoi, että järjestelmään oli asennettu vielä erillinen 500 W lisävastus, joka oli ollut päällä vuorokauden ympäri. Asukas oli itse kytkenyt lisävastuksen pois päältä vuonna 2015, koska näki tämän turhaksi.

3.2.2 Vaikutukset sähköverkkoon

Asukas kertoi vuotuisen sähkönkulutuksen kasvaneen 6 000 kWh:sta 10 000 kWh:iin kun öljylämmityksestä siirryttiin maalämpöön. Kuviosta 5 nähdään sähkölaitoksen dataa kohteen tuntitehoista ajalta 1.1.2012-31.3.2017. Siirtyminen maalämpöön on selvästi havaittavissa 8 760 tunnin kohdalla eli vuoden 2013 alussa. Maalämpö aiheuttaa kulutuspiikkejä huipputehoalueelle, mitä ei öljylämmityksen aikana tapahtunut. Korkein kulutuspiikki on ollut teholtaan noin 9 kWh, ja se on tapahtunut vuoden 2013 alussa juuri kun maalämpö on asennettu. Lämmitysjärjestelmä on todennäköisesti lämmittänyt hetken aikaa pelkillä sähkövastuksilla ennen kuin lämpökaivo on saatu käyttöön, ja tämä selittäisi korkean piikin. Kuviosta nähdään myös selvästi erillisen 500 W:n sähkövastuksen aiheuttama pohjakulutuksen nosto vuodesta 2013 vuoteen 2015, jolloin asukas oli kytkenyt tämän pois päältä.



KUVIO 5. Tuntitehot (Tampereen Sähkölaitos Oy 2018)

3.3 Kohde 3

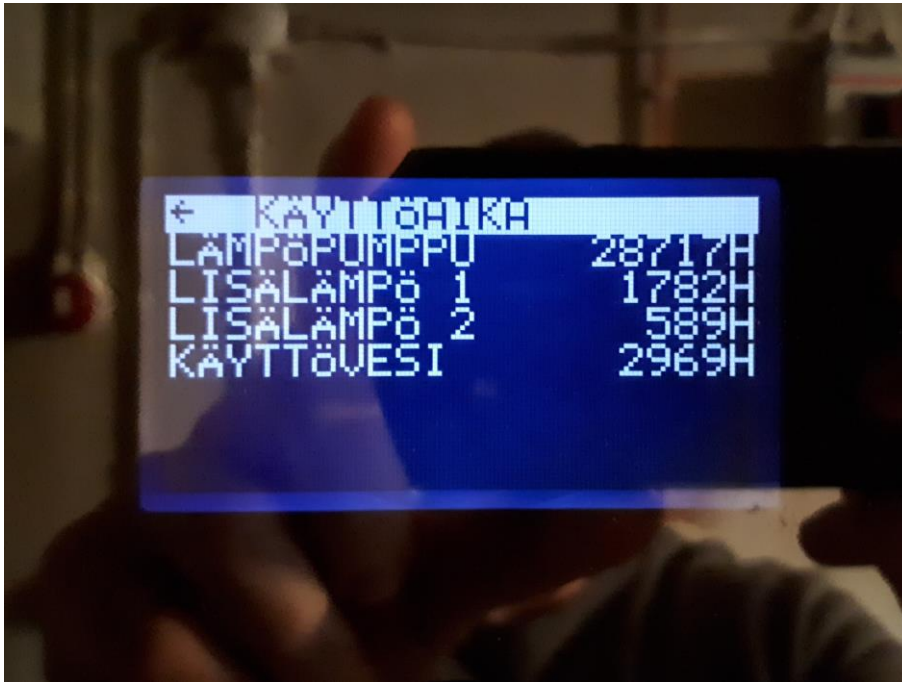
Kohde on vuonna 1958 rakennettu omakotitalo, jossa asuu tällä hetkellä viisi henkilöä. Yksi henkilö oli hiljattain muuttanut pois. Talon lämmitettäväksi nettopinta-alaksi asukas arvioi noin 170 m² ja vedenkulutus viimeisen vuoden ajalta oli noin 250 m³. Ilmanvaihtotapa rakennuksessa on painovoimainen. Lämmönjakotapana on vesikiertoiset lämmityspatterit, sekä kylpyhuoneessa lisäksi vesikiertoinen lattialämmitys. Kohteeseen tehtiin lämmitystapamuutos vuonna 2010, jolloin maalämpö korvasi öljylämmityksen.

3.3.1 Lämmitysjärjestelmä

Kohteen lämmitysjärjestelmänä toimii Thermia Diplomat Optimum 8 kW -maalämpöpumppu, jonka lämmönlähteenä käytetään lämpökaivoa. Lämmitysverkoston menoveden lämpötila ohjautuu ulkolämpötila-anturin lähettämän signaalin perusteella. Lämpökäyrä, joka määrittää menoveden lämpötilan suhteen ulkolämpötilaan, voidaan säätää itsenäisesti lämpöpumpun ohjausyksiköstä. Lämpöpumpussa on sisäänrakennettuna 180 litran lämminvesivaraaja, joka pitää sisällään latauskierukan. Käyttöveden lämmitys tapahtuu vaihtuvalla lauhdutuksella, jolloin lauhduttimelta saapuva lämmitetty vesi ohjataan vaihtoventtiilillä varaajan latauskierukkaan. Käyttöveden lämmitys käynnistyy, kun käyttövesianturin arvo on laskenut käynnistyslämpötilaan. Kompressorilla käyttövesi lämpenee noin 50-55 asteeseen. Lämpöpumppu sisältää toiminnon, joka nostaa käyttöveden lämpötilaa kerran viikossa bakteerien poistamiseksi. Tämä käyttöveden lisälämmitys tapahtuu lämpöpumpun kiinteällä kolmivaiheisella sähkövastuksella, jonka maksimiteho on 9 kW. Bakteeriestotoiminto lämmittää vettä niin kauan, että käyttövesianturin lämpötila saavuttaa 60 °C.

Lämpöpumpun ohjausyksiköstä saatiin selvitettyä lämpöpumpun käyttöajat (kuva 14). Kompressorin oli ollut käynnissä yhteensä 28 717 tuntia, josta käyttöveden lämmittämiseen oli kulunut 2 969 tuntia, eli noin 10 % kokonaiskäyttöajasta. Kompressorin oli ollut käynnissä lähes puolet ajasta lämpöpumpun asennuksen jälkeen. Käyttöajat ovat korkeat, koska patteriverkosto tarvitsee aina korkeaa menoveden lämpötilaa. Lämpöpumppu oli mitoitettu osatehoiseksi ja sähkövastus oli ollut käynnissä yhteensä 2 371 tuntia. Lisä-

lämmityksen käyttöajat on eritelty tehovaiheen perusteella. Kuvassa 14 lisälämpö 1 tarkoittaa, että sähkövastus on ollut käynnissä 3 kW:n teholla 1 782 tuntia. Lisälämpö 2:n käyttöaika oli 589 tuntia, ja silloin sähkövastus on lämmittänyt 6 kW:n teholla.



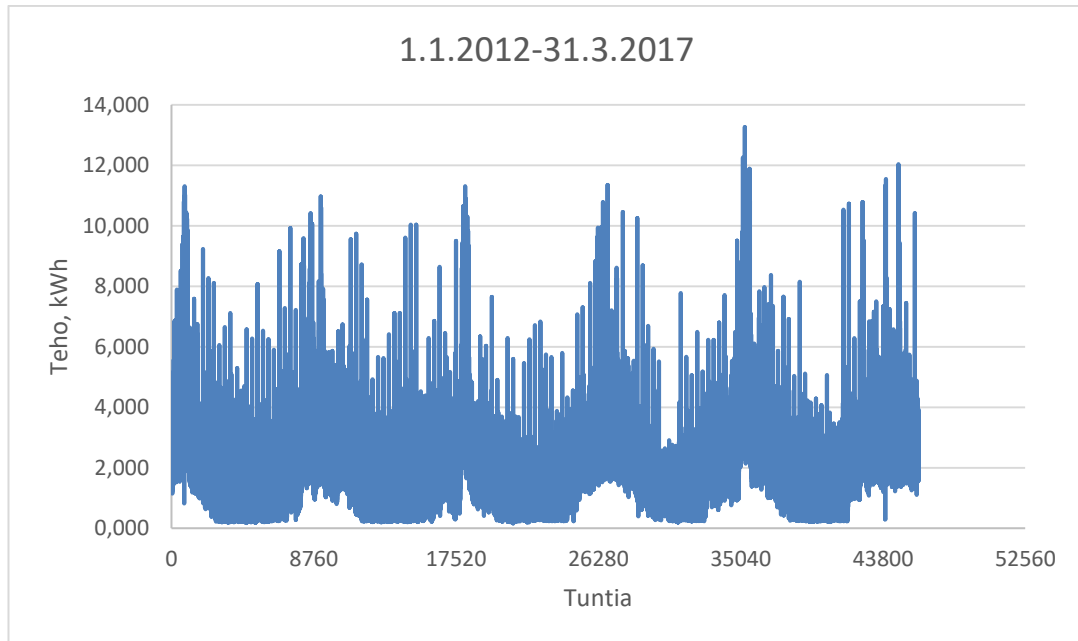
KUVA 14. Kompressorin ja lisälämmityksen käyttöajat

3.3.2 Vaikutukset sähköverkkoon

Asukas kertoi heidän vuotuisen sähkönkulutuksen olevan noin 15 000-16 000 kWh. Asukas oli tietoinen heidän asuntonsa sähköverkon huipputehon olevan kovilla pakkasilla ja silloin lämpöpumppu on käynnissä lisävastuksilla, sekä mahdollisesti vielä muutama kodinkone samanaikaisesti. Asukas myös kertoi sulakkeiden paukkuvan pakkaskeleillä.

Kuviosta 6 nähdään sähkölaitoksen dataa kohteen tuntitehoista ajalta 1.1.2012-31.3.2017. Kuviosta on selvästi havaittavissa, kuinka runsaasti osateholle mitoitettu lämpöpumppu aiheuttaa kulutuspiikkejä huipputehoalueelle. Korkeimmat piikit kertyvät etenkin talven kylmimpien kuukausien aikaan, kun lämpöpumppu käyttää apunaan sähkövastuksia tuottaakseen riittävästi lämpöä. Enimmillään tehoa on kulunut lähes 14 kWh, ja tämä on tapahtunut alkuvuodesta 2016. Tähän aikaan on todennäköisesti ollut tarkastelujakson kylmin ajankohta. Kompressorin käyntiajat ovat kohteessa korkeat, ja kulutuspiikkejä syntyy myös, jos useampi sähkölaite rakennuksessa on yhtäaikaisesti käynnissä kompressorin

kanssa. Lämpimän käyttöveden kulutus on kohteessa myös runsasta, ja tämä lisää sähkövastuksien käyttöä, jolloin kulutuspiikitkin lisääntyvät.



KUVIO 6. Tuntitehot (Tampereen Sähkölaitos Oy 2018)

3.4 Kohde 4

Kohde on vuonna 1954 rakennettu omakotitalo, jossa asuu tällä hetkellä kaksi henkilöä. Rakennuksen lämmitetyksi nettopinta-alksi asukas arvioi noin 150 m². Asukkaiden käyttöveden kulutustottumukset olivat säästeliäät. Ilmanvaihtotapa rakennuksessa on painovoimainen. Lämmönjako tapahtuu vesikiertoisilla lämmityspattereilla. Kohteeseen tehtiin lämmitystapamuutos vuonna 2009, jolloin maalämpö korvasi öljylämmityksen. Kohteessa on lisäksi tukilämmitysjärjestelmänä Daikin Emura -ilmalämpöpumppu.

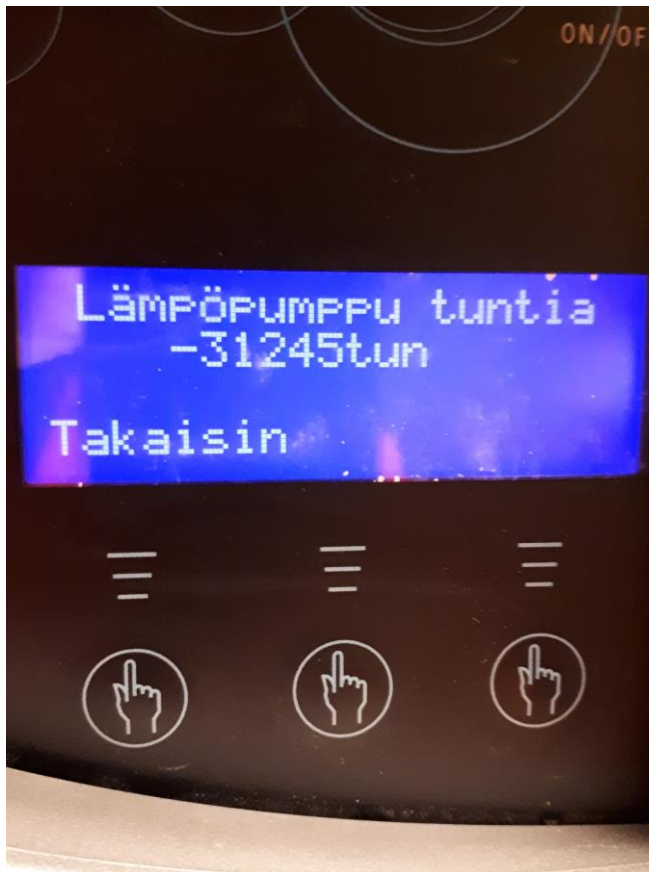
3.4.1 Lämmitysjärjestelmä

Kohteen päälämmitysjärjestelmänä toimii IVT Greenline HT+ C7 -maalämpöpumppu, teholtaan 7 kW. Lämmönlähteenä käytetään lämpökaivoa, jonka aktiivinen syvyys on 126 m. Lämmitysverkoston lämpötilaa ohjataan ulkolämpötila-anturilla. Ulkoseinään asennettu anturi lähettää signaaleja lämpöpumpun säätökeskukseen, jonka perusteella

lämpöpumppu säätelee automaattisesti rakennuksen sisälämpötilaa ulkolämpötilan perusteella. Käyttäjä voi itse säätää lämpökäyrän kaltevuutta säätöyksiköstä, jos ei ole tyytyväinen rakennuksen sisälämpötilaan.

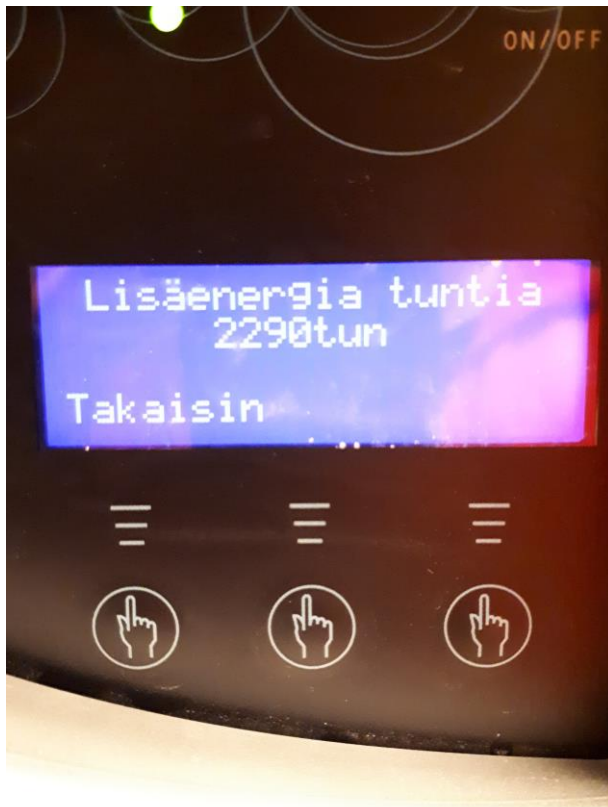
Lämpöpumpussa on sisäänrakennettuna lämminvesivaraaja. Varaaja on kaksivaippainen ja sen sisempään osaan mahtuu 165 litraa käyttövettä, sekä ulompaan vaippaan 60 litraa lämmitysvettä. Käyttöveden lämmitys tapahtuu vaihtuvalla lauhdutuksella, jolloin lämmitysvesi ohjataan vaihtoventtiilillä varaajan ulompaan vaippaan ja sisäosassa oleva käyttövesi lämpenee. Käyttöveden lämmitystä ohjataan lämminvesivaraajan sisältämän anturin avulla. Säätokeus priorisoi aina käyttöveden lämmityksen lämmitysveden edelle, joten lämmin käyttövesi ei normaalitilanteessa pääse koskaan loppumaan.

Lämpöpumpun säätöyksiköstä selvitettiin lämpöpumpun käyttöajat. Kompressori oli ollut käynnissä 31 245 tuntia asennuspäivän jälkeen (kuva 15). Tämä määrä on lähes puolet ajasta lämpöpumpun asennuksen jälkeen. Korkeat käyntiajat selittyvät sillä, että rakennuksessa on vanhat lämmityspatterit, jotka ovat suunniteltu toimimaan korkeilla lämpötiloilla. Lämpöpumppu joutuu siis lämmityskaudella tuottamaan lähes jatkuvasti lämmintä vettä, jolloin kompressorin käyntitiheys ja käyntiajat käyvät korkeaksi. Säätoyksiköstä nähtiin myös lämpöpumpun käyttövesi- ja lämmityskäytön jakauma prosentteina. 87 % lämpöpumpun tuottamasta energiasta oli kulunut lämmityskäyttöön ja 13 % käyttöveden lämmittämiseen. Lämpimän käyttöveden kulutus kohteessa on suhteellisen vähäistä.



KUVA 15. Kompressorin käyttöaika

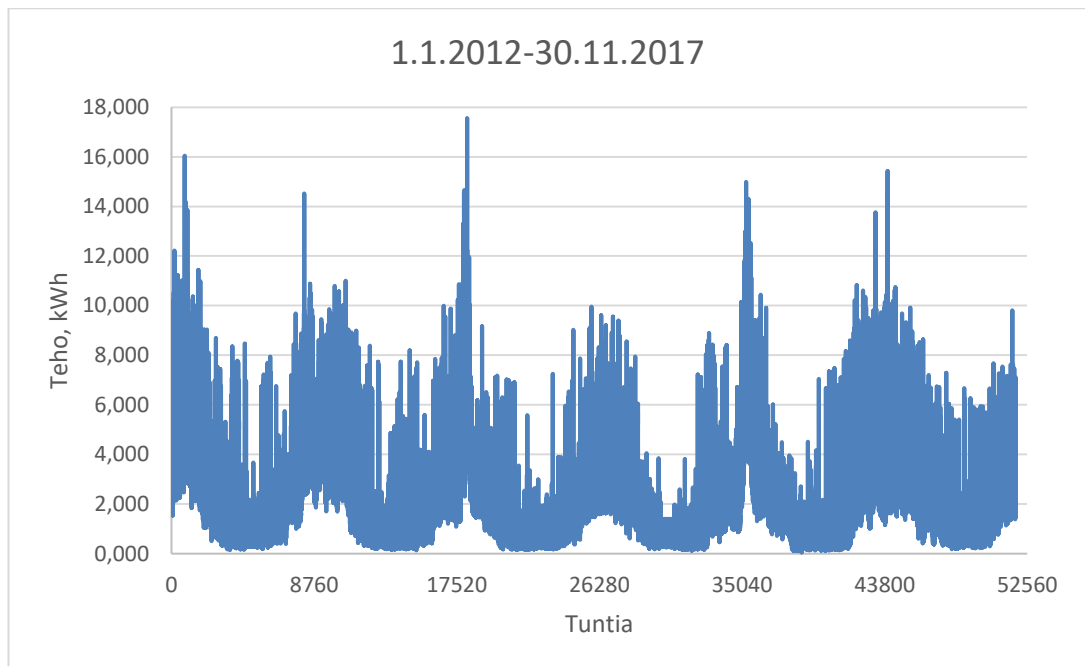
Lämpöpumppu oli mitoitettu osatehoiseksi ja säätöyksiköstä saatiin myös selville lisälämmityksen käyttöaika (kuva 16). Lisälämmitys tapahtuu lämpöpumppuun sisäänrakennetulla kolmivaiheisella sähkövastuksella, jonka maksimiteho on 9 kW. Lisälämmitykseen oli kulunut 2 290 tuntia, mikä vastaa noin 7 % kompressorin käyttöajasta. Sähkövastus kytkeytyy automaattisesti päälle, kun kompressori ei kykene tuottamaan riittävästi lämmintä vettä. Sähkövastuksella myös korotetaan käyttöveden lämpötila noin 65 °C asteeseen säännöllisin väliajoin legionella-bakteerin poistamiseksi. Väliajan pituuden voi käyttäjä itse määrittää säätöyksiköstä. Lämpöpumpun säätöyksikkö sisältää merkkivalon, joka ilmoittaa, kun sähkövastus on päällä. Tämä merkkivalo syttyi juuri säätöyksikön tutkintahetkellä, tällöin ulkona oli pakkasta noin -15 °C. Säätöyksikössä ilmoitettiin lisälämmityksestä 95 % kuluneen lämmityskäyttöön ja 5 % käyttöveden lämmitykseen. Kompressori kykenee tuottamaan tehokkaasti noin 50-55 °C asteista vettä, ja tätä lämpimämmäksi lämmittäessä sähkövastukset käynnistyvät. Vanha patteriverkosto tarvitsee pakaskaleilla korkeampia lämpötiloja, joten tästä syystä lämmityskäyttöön kuluu lähes kaikki lisälämmityksen avulla tuotettu energia.



KUVA 16. Lisälämmityksen käyttöaika

3.4.2 Vaikutukset sähköverkkoon

Kuviosta 7 nähdään sähkölaitoksen dataa kohteen tuntitehoista ajalta 1.1.2012-30.11.2017. Kohteeseen tehtiin lämmitystapamuutos vuonna 2009, joten sen aiheuttamaa muutosta sähköverkkoon ei ole kuviosta nähtävillä. Kuviosta voidaan kuitenkin selvästi havaita osatehomoitettun lämpöpumpun vaikutukset sähköverkkoon. Huipputehoalueelle on kertynyt runsaasti korkeita kulutuspiikkejä. Korkeimmat piikit aiheutuvat etenkin kylmimpien pakkaskelien aikaan, jolloin sähkövastus lämmittää täydellä teholla. Enimmillään tehoa on kulunut lähes 18 kWh vuoden 2014 alussa.

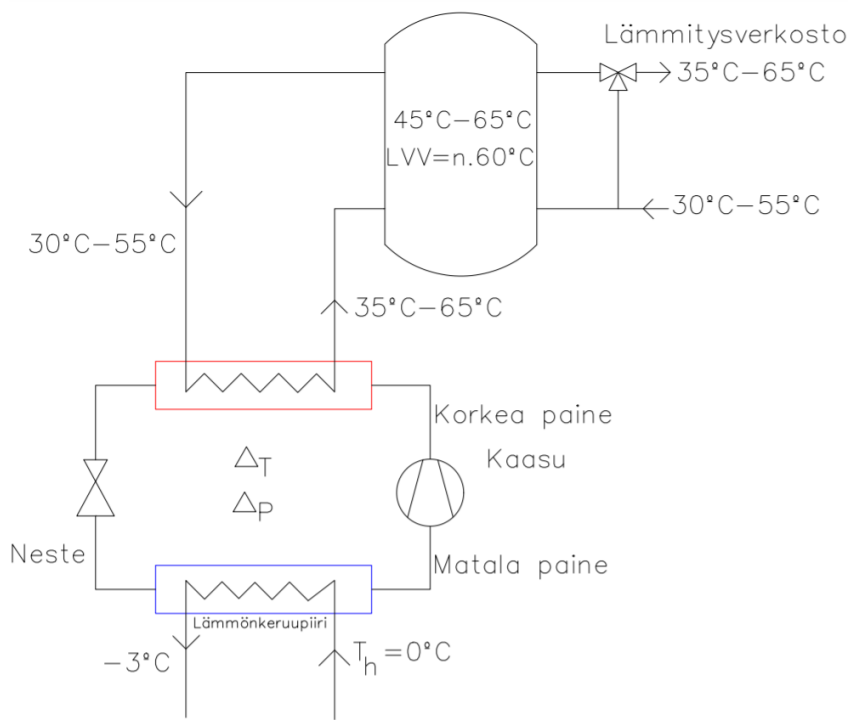


KUVIO 7. Tuntitehot (Tampereen Sähkölaitos Oy 2018)

4 TULOKSET

4.1 Hyötysuhteen muodostuminen

Lämpöpumpun hyötysuhteeseen pääasiallisesti vaikuttaa lämmönlähteestä saapuvan nesteen lämpötila eli höyrystymislämpötila, sekä lämmitysverkoston menoveden lämpötila (kuva 17). Mitä matalampi höyrystymislämpötila on, sitä suurempi on lämpötilaero höyrystymisen ja lauhtumisen välillä, jolloin kompressori joutuu tekemään enemmän työtä puristaakseen lauhdepiiriin suurempaa painetta, jotta lämpötila nousisi. Tällöin kompressorin käyntiajat kasvavat ja sähkötehoa kuluu enemmän, jolloin hyötysuhde laskee. Lämmitysverkoston menoveden korkealla lämpötilalla on samankaltainen vaikutus hyötysuhteeseen. Mitä korkeampi menoveden lämpötila, sitä suuremmaksi paine- ja lämpötilaero höyrystymisen ja lauhtumisen välillä kasvaa, jolloin kompressorin työn määrä lisääntyy. Lämpöpumppu toimii paremmalla hyötysuhteella lämmönjakotavan ollessa lattialämmitys, koska sen toimintalämpötilat ovat huomattavasti matalammat kuin patteriverkostossa. Tämä voidaan havaita myös Kissanmaan kohteista. Kohteessa 2, jossa oli lämmönjakotapana alakerrassa lattialämmitys ja yläkerrassa patterit, oli kompressori ollut käynnissä yhteensä noin 35 % ajasta lämpöpumpun asennuksen jälkeen. Kohteessa 3, jossa lämmönjakotapana oli patteriverkosto, oli kompressori ollut käynnissä noin 47 % ajasta asennuksen jälkeen. Näiden tietojen perusteella voidaan siis todeta, että kohteessa 2 lämpöpumppu toimii paremmalla hyötysuhteella kuin kohteessa 3.



KUVA 17. Hyötysuhteen muodostuminen

Taulukosta 1 nähdään maalämpöpumpun periaatteellinen COP-arvo eri menoveden- ja höyrystyslämpötiloilla. Mitä kylmempi lämmönlähteestä saapuvan nesteen lämpötila, eli höyrystyslämpötila on, ja mitä kuumempi menoveden lämpötila, niin sitä heikompi COP-arvo eli hyötysuhde on. Lämminvesivaraajan tavoitelämpötila on yleensä 60 °C, lattialämmitysverkoston mitoittava menoveden lämpötila 35 °C, ja uuden patteriverkoston 45 °C, joten käyttöveden lämmityksessä lämpöpumppu toimii huomattavasti heikommalla hyötysuhteella. Vanhat patteriverkostot, kuten esimerkiksi Kissanmaan kohteessa 4, vaativat kylmillä pakkaskeleillä korkeita noin 60 °C asteen, ja korkeimmillaan jopa 70 °C asteen lämpötiloja. Tällöin lämpöpumppu toimii heikolla hyötysuhteella ja lisälämmitysvastuksienkin käyntiajat nousevat korkeaksi.

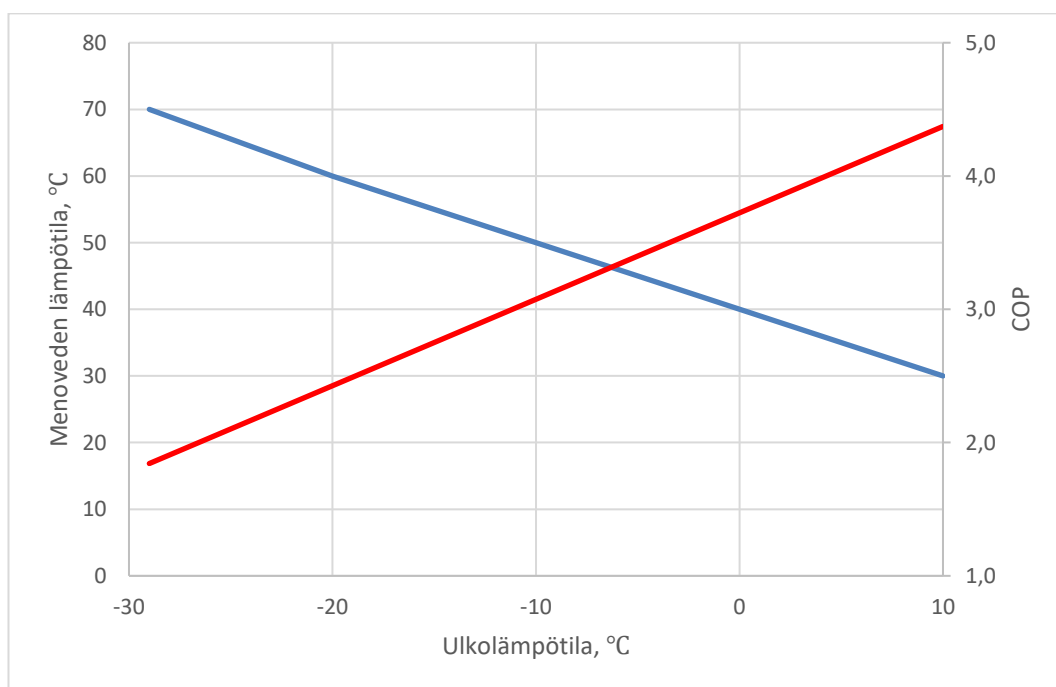
TAULUKKO 1. Maalämpöpumpun COP-arvo menoveden- ja höyrystyslämpötilan mukaan (Pihlanen 2018)

Menoveden lämpötila, °C	Lämmönlähteestä saapuvan nesteen lämpötila, °C					
	-5	-3	0	3	5	7
35	3,64	3,82	4,09	4,29	4,42	4,59
40	3,34	3,52	3,72	3,91	4,03	4,21
45	3,03	3,16	3,34	3,52	3,65	3,77
50	2,61	2,70	2,84	2,88	2,91	3,02
55	2,42	2,51	2,61	2,65	2,74	2,86
60	2,23	2,33	2,38	2,42	2,57	2,69
65	2,04	2,08	2,15	2,30	2,41	2,45

4.2 Uudis- ja saneerauskohteiden vertailu

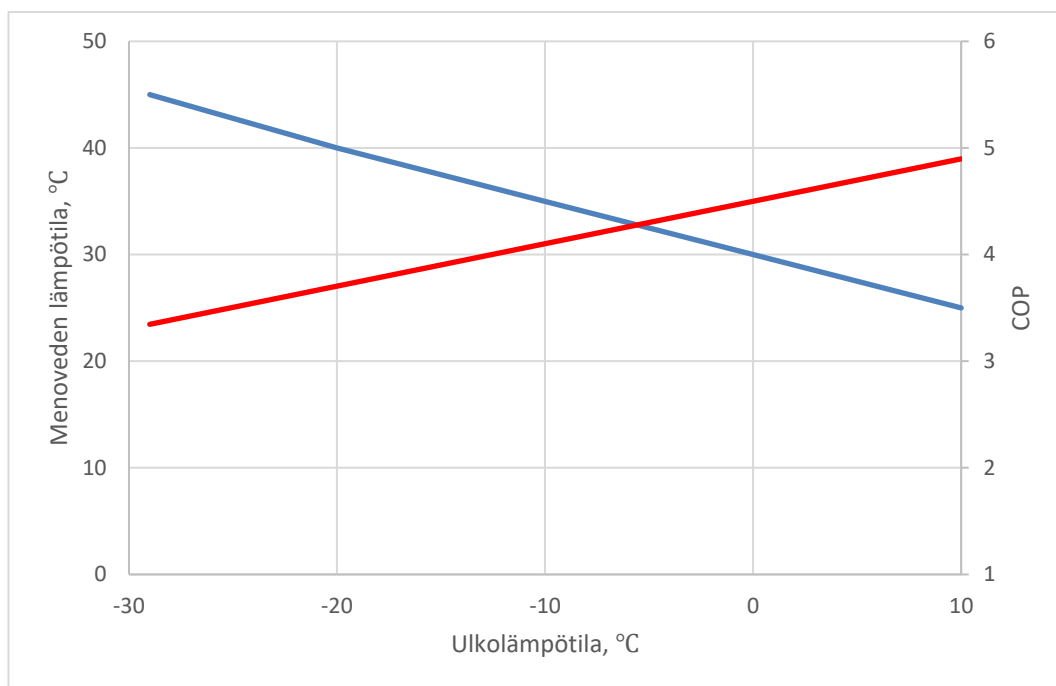
Maalämpöpumppujen COP-arvot ilmoitetaan lämmitysverkoston menoveden lämpötilalla 35 °C, joten se ei kerro juurikaan pumpun hyötysuhteesta saneerauskohteissa ja patteriverkostoissa. Alla olevissa kuvaajissa sinisellä viivalla havainnollistetaan lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa eri ulkolämpötiloissa, ja punaisella viivalla COP-arvoa menoveden lämpötilassa. Tiedot perustuvat taulukkoon 1, lämmönlähteestä saapuvan nesteen lämpötilana käytettiin 0 °C.

Kuviosta 8 nähdään, miten COP-arvo muuttuu eri menoveden lämpötiloilla vanhassa patteriverkostossa, joissa korkeimpana mitoittavana lämpötilana käytetään yleensä 70 °C. Kylmillä pakkaskeleillä maalämpöpumppu toimii heikolla hyötysuhteella COP-arvon ollessa vain noin 2,0 säävyöhyke II:n mitoittavalla ulkoilman lämpötilalla -29 °C. Lämmityskauden keskimääräinen ulkoilman lämpötila samaisella säävyöhykkeellä on 0 °C, jolloin patteriverkoston menoveden lämpötila on noin 40 °C ja COP-arvo noin 3,7. (Ympäristöministeriö 2007.) Lämmönjakotavan ollessa vanha patteriverkosto, on siis lämpöpumpun hyötysuhde merkittävästi heikompi, kuin mitä valmistajien myyntitiedoissa yleensä annetaan ymmärtää.



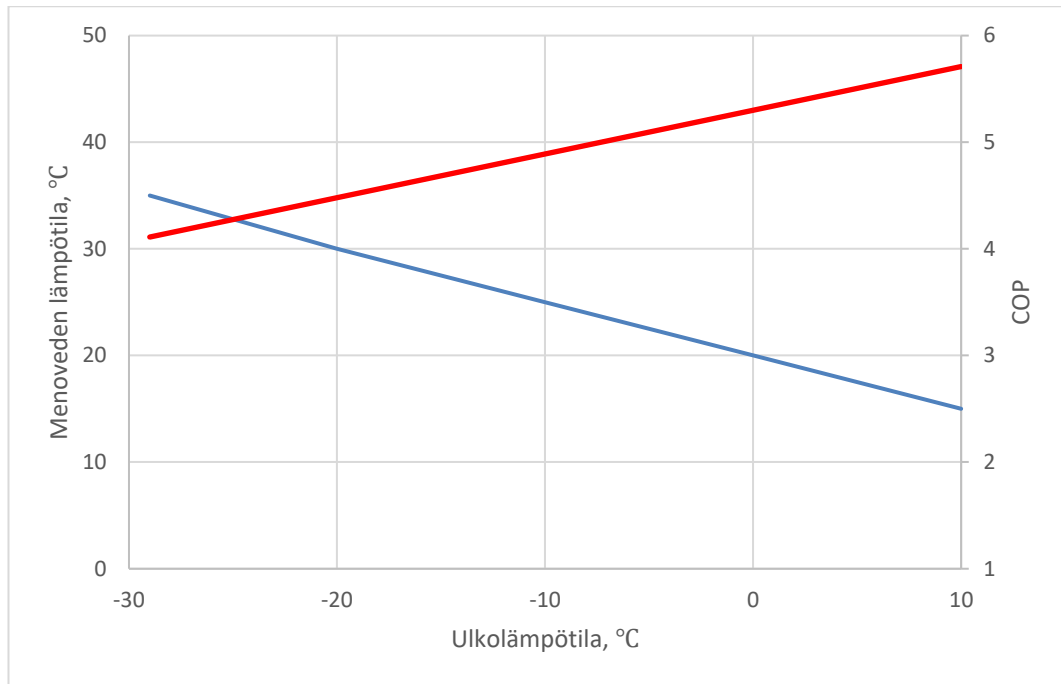
KUVIO 8. Vanhan patteriverkoston menoveden lämpötila suhteessa ulkolämpötilaan sekä COP-arvo menoveden lämpötilassa

Kuviossa 9 COP-arvo eri menoveden lämpötiloissa uudessa patteriverkostossa, jonka korkeimpana mitoituslämpötilana käytetään 45 °C. Lämpöpumppu kykenee toimimaan hyvällä hyötysuhteella kylmimmilläänkin pakkaskeleillä, COP-arvon ollessa noin 3,3 menoveden lämpötilalla 45 °C. Lämmityskauden keskimääräisessä ulkolämpötilassa menoveden lämpötila on noin 30 °C ja COP-arvo noin 4,5. Lämpöpumppu toimii siis huomattavasti paremmalla hyötysuhteella koko lämmityskauden ajan uuden patteriverkoston matalammilla lämpötiloilla verrattuna vanhaan patteriverkoston.



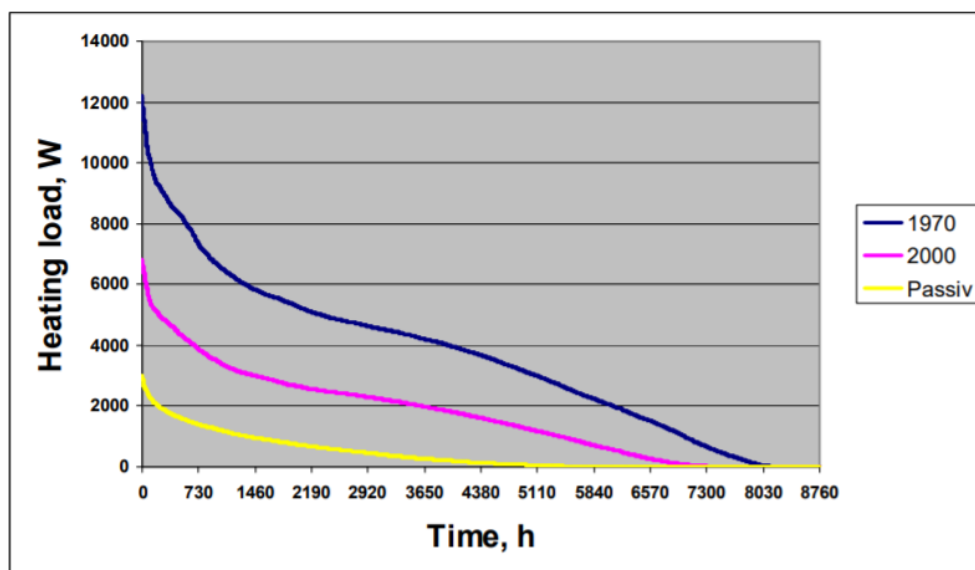
KUVIO 9. Uuden patteriverkoston menoveden lämpötila suhteessa ulkolämpötilaan sekä COP-arvo menoveden lämpötilassa

Kuviossa 10 COP-arvo eri menoveden lämpötiloilla lämmönjakotavan ollessa lattialämmitys. Lattialämmityksen hyvä soveltuvuus lämpöpumpun lämmönjakotavaksi on selvästi havaittavissa. Lattialämmitysverkoston menoveden lämpötila on kylmimmilläänkin pakkaskeleillä vain noin 35 °C, jolloin COP-arvo on noin 4,0. Lämmityskauden keskimääräisessä ulkolämpötilassa menoveden lämpötila on noin 20 °C, jolloin COP-arvo voi olla jopa yli 5,0. Kuvioidenkin perusteella voidaan todeta, että lämmityskäytössä maalämpöpumpusta parhaan hyötysuhteen saa irti lämmönjakotavan ollessa lattialämmitys.



KUVIO 10. Lattialämmitysverkoston menoveden lämpötila suhteessa ulkolämpötilaan sekä COP-arvo menoveden lämpötilassa

Kuviosta 11 nähdään erilaisten pientalojen lämmitystehontarpeen pysyvyyskäyrät. 1970-luvulla rakennettu pientalo tarvitsee huomattavasti enemmän lämmitystehoa kuin 2000-luvulla rakennettu pientalo. Sähkövastuksien käyntiajat nousevatkin useasti korkeaksi vanhassa rakennuksessa, jos lämpöpumppu on mitoitettu huomattavasti osatehoiseksi. Passiivitalon matalan lämmitystehontarpeen ansiosta niihin soveltuu hyvin lämmitysjärjestelmäksi esimerkiksi poistoilmalämpöpumppu.



KUVIO 11. Lämmitystehontarpeen pysyvyyskäyrä (Laitinen, Ruska & Koreneff 2011)

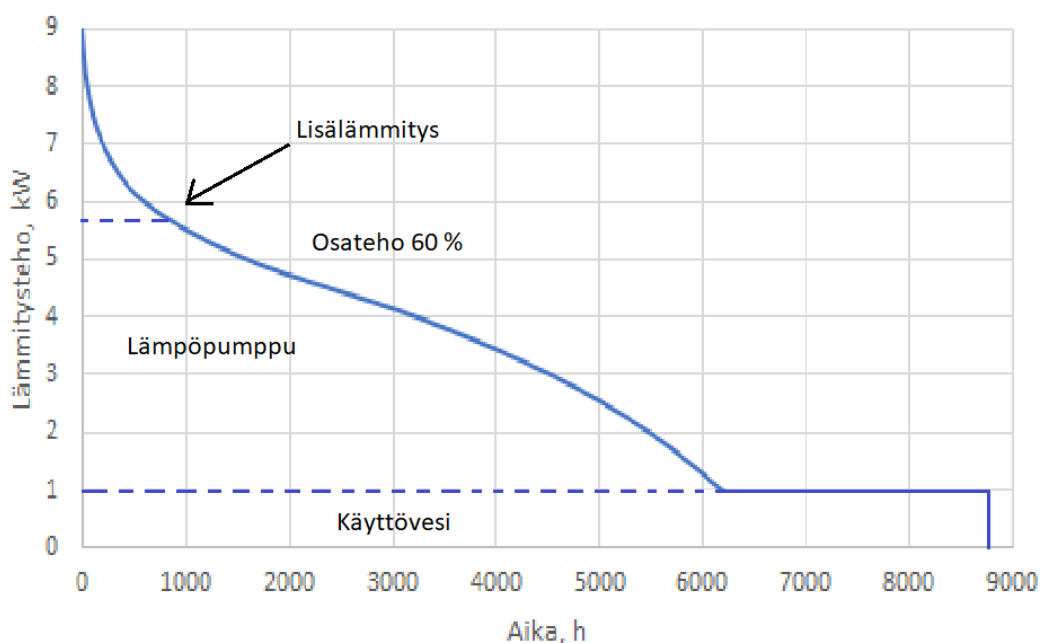
4.3 Osatehon ja täystehon vertailu

Lämpöpumpun pienentävät sähköenergiankulutusta silloin, kun niitä asennetaan sähkölämmitteisiin taloihin. Saneerauskohteissa lämpöpumput useasti kuitenkin korvaavat etenkin öljylämmityksen, tällöin lämmityskustannukset kohteessa pienenevät mutta sähköenergiankulutus kasvaa. Taulukosta 2 nähdään erilliset pientalot käytetyn lämmitysenergian mukaan vuonna 2016. Kuten taulukosta huomataan, pientaloista 22 % ovat edelleen öljylämmitteisiä ja 43 % sähkölämmitteisiä.

TAULUKKO 2. Erilliset pientalot käytetyn lämmitysenergian mukaan vuonna 2016 (Tilastokeskus 2016)

Lämmitysaine	Rakennuksia (lkm)	%
Kauko- tai aluelämpö	64 005	6
Öljy, kaasu	253 234	22
Sähkö	491 133	43
Kivihiili	6 309	1
Puu, turve	263 506	23
Maalämpö	46 922	4
Muu, tuntematon	24 718	2

Maalämpöpumppu mitoitetaan usein osatehoiseksi, jolloin se on hankintakustannuksiltaan edullisempi ja kompressorille saadaan pidempi elinikä, koska sen käyntiajat ovat ideaalipituisia. Lyhyet käyntijaksot kuluttavat kompressoria enemmän. Osatehomitoitus onkin kuluttajan näkökulmasta useasti edullisempi ja järkevämpi vaihtoehto. Kuviossa 12 osateholle mitoitettu lämpöpumppu integroituna lämmitystehontarpeen pysyvyyskäyrään. Lämmin käyttövesi on asetettu peruskuormaksi kuvioon. Lämpöpumppu on mitoitettu kattamaan 60 % rakennuksen mitoitustehosta. Lämpöpumpulla tuotettu lämmitysteho rajattuna sinisellä katkoviivalla. 60 % osateholla kyetään kattamaan kyseisessä tapauksessa noin 90 % rakennuksen lämmitykseen kuluva lämmitystehontarpeesta ja loput 10 % tuotetaan sähkövastuksilla. Lämpöpumppu toimii siis suurimman osan vuodesta melko pienellä sähkötehotarpeella, mutta huippupakkasilla sen tarvitsema teho kasvaa voimakkaasti. Sähköntuotannon näkökulmasta tämä 10 % aiheuttaa ongelmia, koska se osuu juuri pahimpaan huipputehoaikaan nostaten kulutuspiikkejä entisestään, ja näin ollen sähköntuotannossa on varauduttava entistä suurempaan lisätehontuotantoon.



KUVIO 12. Osatehomoitettu lämpöpumppu ja lämmitystehontarpeen pysyvyyskäyrä

2000-luvun alussa maalämpöpumput mitoitettiin yleisesti 50 % osateholle, vuosien kuluessa mitoitusteho on jatkuvasti kasvanut. 2010-luvulle tultaessa mitoituksena käytettiin yleisesti 60-70 % rakennuksen mitoitustehosta ja nykypäivänä maalämpöpumput mitoitetaan kattamaan noin 70-80 % mitoitustehosta. Jotkin valmistajat, kuten esimerkiksi Lämpöässä, mitoittaa lämpöpumppunsa aina täystehoisiksi. Inverterisäädöllä varustetut lämpöpumput ovat käytännössä täystehoisia, koska ne muuttavat vaihtosähkön taajuutta ja kompressorin käyntinopeutta portaattomasti tarpeen mukaan (Perälä 2012). Inverterisäätöisten lämpöpumppujen markkinaosuuden arvioidaan olevan Suomen markkinoista tällä hetkellä noin 20-40 %. Inverterisäätöiset lämpöpumput ovat jatkuvasti lisääntymässä, markkinajohtaja Niben myydyistä lämpöpumpuista jo yli puolet ovat inverterisäädöllä varustettuja. (Hirvonen 2018.) Sähköntuotannon kannalta tulisikin suosia täystehoisia lämpöpumppuja, jolloin sähköisiä lisälämmitysvastuksia ei tarvita ja sähkönkulutus vähenisi kaikilla tehoalueilla.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

5.1 Johtopäätökset

Saaduista tuloksista voidaan päätellä, että lämpöpumppuvalmistajien kuluttajille ilmoittamat COP- ja SCOP-arvot eivät aina kuvaa lämpöpumpun todellista hyötysuhdetta ja sen soveltuvuutta saneerauskohteeseen. Jotta lämpöpumpun hyvä hyötysuhde saadaan toteutumaan, lämmönjakotapana tulisi rakennuksessa olla lattialämmitys tai matalalämpöinen patteriverkosto. Maalämpöpumpun hyötysuhteen jyrkkä lasku vanhan patteriverkoston korkeilla lämpötiloilla oli jopa hieman odottamatonta. Ilmalämpöpumpuista löytyy paljon erilaisia testiraportteja, mutta muista lämpöpumppujärjestelmistä puuttuu puolueetonta mittaus- ja laskentatietoa erilaisissa toimintaympäristöissä, joita markkinoille kaivataan.

Lämpöpumppujen määrä kasvaa tulevaisuudessa entisestään ja niiden vaikutukset sähköverkkoon ovat jo selvästi havaittavissa. Lämpöpumppujen suuri määrä kasvattaa uusiutuvan energian määrää sähköverkossa ja lisää tarvetta kysynnänjoustolle. Sähköverkkoa tulisi kehittää ja keksiä erilaisia ratkaisuja, jotta huippukulutuspiikit saataisiin kuriin. Täystehomitoitetut ja invertterisäätöiset lämpöpumput eivät aiheuta samankaltaisia huippukulutuspiikkejä sähköverkkoon kuin mitä osatehoiset järjestelmät aiheuttavat, ja ne ovatkin yleistyneet osaksi tästä syystä. Kyseiset ratkaisut tulevat todennäköisesti lisääntymään tulevaisuudessa entisestään, etenkin jos sähkön hinnoittelupolitiikka muuttuu ja huipputehosta aletaan laskuttamaan. Tällä hetkellä osatehomitoitus on kuitenkin yleensä kuluttajalle edullisempi vaihtoehto, joten niitä suositaan. Useista lämpöpumpuista löytyy jo älykkäitä ohjauksia, kuten esimerkiksi Smart Grid-valmius. Nämäkin ohjaukset tulisivat yleistymään, jos sähköverkko olisi siihen valmis.

5.2 Pohdinta

Työn tavoitteena oli lisätä käyttäjien tietoisuutta lämpöpumppujärjestelmistä, selvittää mitkä asiat hyötysuhteeseen vaikuttavat sekä mihin ja miksi sähkötehoa kuluu. Tavoitteena oli tehdä selkokielineen ja puolueeton tutkimusraportti, jota asiaan perehtymätön ns. normaalikäyttäjänkin ymmärtää. Tavoitteessa onnistuttiin hyvin. Teoriaosuudessa kerrotaan merkittävimpiä asioita eri lämpöpumppujärjestelmistä ja avataan niiden toimintaa.

Työn keskeisimpinä tuloksina selvitettiin, miten lämpöpumpun todellinen hyötysuhde muodostuu ja mitkä asiat siihen vaikuttavat. Hyötysuhteen muodostumisesta erilaisissa toimintaympäristöissä tehtiin havainnollistavia kuvaajia ja niitä vertailtiin keskenään.

Kissanmaan olemassa olevista lämpöpumppukohteista selvitettiin, miten erilaiset lämpöpumppujärjestelmät on asetettu todellisuudessa toimimaan ja saatiin hyvää dataa siitä, miten lämmitystapamuutokset vaikuttavat alueen sähköverkkoon. Jos kohteisiin olisi asetettu erilaisia mittauksia, olisi lämpöpumppujen toiminnasta saatu parempaa tietoa. Nyt lämpöpumppujen toimintaa tutkittiin kohteissa vain havainnoiden ja käyttäjien haastattelujen perusteella.

Tuloksissa vertailtiin myös osateho- ja täystehomitoitusta. Mitoituksen hyviä ja huonoja puolia tutkittiin käyttäjän sekä sähköntuotannon näkökulmasta. Osateho- ja täystehomitoituksen osuuksista Suomen markkinoilla luotettiin asiantuntijan näkökulmaan. Näillä tiedoilla osatehomitoitettujen lämpöpumppujen markkinaosuus ei ole tarkasti tiedossa, joten niiden sähköverkkoon aiheuttamien ongelmien kokoluokkaa ei myöskään voida tarkasti arvioida. Jos ongelman laajuus halutaan selvittää tarkemmin, on syytä perehtyä aiheeseen syvemmin ja tehdä jatkotutkimuksia.

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin lämpöpumppujen toimintaan pientaloissa. Lämpöpumput ovat yleistyneet lämmitysjärjestelmänä myös isoissa kiinteistöissä ja taloyhtiöissä, joten niiden toimintaa olisi syytä tutkia myös kyseisissä kohteissa. Lämpöpumppuihin perehtyneitä LVI-suunnittelijoita on yleisestikin liian vähän ja markkinoilla olisi tarve ammattitaitoisille tekijöille. Yksi vaihtoehto olisi lisätä lämpöpumppukoulutusta ammattikorkeakouluissa, jolloin tulevaisuudessa ammattilaiset saattaisivat ensisijaisesti olla mitoittamassa lämpöpumppujärjestelmiä laitevalmistajien sijaan.

LÄHTEET

Hirvonen, J. Toiminnanjohtaja. Suomen lämpöpumppuyhdistys Ry. 2018. Haastattelu 19.3.2018. Haastattelija Gustafsson, R. Tampere.

Jalas, M. & Ahonen, T. 2016. Energiämurroksen ennakoitua vaikutuksia 2030: Lämpöpumput, aurinkolämpö ja lämmön varastointi. Luettu 12.2.2018. <https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/23513/isbn9789526071473.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Juvonen, J. & Lapinlampi, T. 2013. Energiakaivo -maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Luettu 9.1.2018. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf

Laitinen, A., Ruska, M. & Koreneff, G. 2011. Impacts of large penetration of heat pumps on the electricity use. Luettu 13.3.2018. <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2011/VTT-R-03174-11.pdf>

Motiva. 2017. Ilmalämpöpumppu tukilämmityslähteenä. Luettu 8.12.2017. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilmalampopumppu_tukilammityslahteena

Motiva. 2017. Ilma-vesilämpöpumppu, UVLP. Luettu 9.1.2018 https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu_uvlp

Motiva. 2008. Lämpöä ilmassa -opas. Luettu 3.1.2018. <https://www.motiva.fi/files/175/Ilmalampopumput.pdf>

Motiva. 2012. Lämpöä omasta maasta -opas. Luettu 8.1.2018. https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf

Motiva. 2018. Maalämpöpumppu. Luettu 8.1.2018. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampopumppu

Motiva. 2017. Vedenkulutus. Päivitetty 9.10.2017. Luettu 21.2.2018. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/vedenkulutus

Perälä, R. 2012. Lämpöpumput. Suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmästä. 3. uudistettu painos. Helsinki: Alfamer/Karisto Oy.

Pihlaniemi, N. 2018. Maalämpöpumpun COP-arvo menoveden- ja höyrystyslämpötilan mukaan. EL-TRAN-hankemateriaali. Luettu 16.3.2018.

Rakennustietosäätiö RTS. 2001. Maalämmitys. RT 50-10755 -ohjekortti. Luettu 9.1.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2410755%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-RT%2495%248279/10755.pdf>

Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-keskusliitto. 2002. Lämpöpumput. LVI 11-10332 -ohjekortti. Luettu 12.1.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5guoZSL5w%3A%2447%24L10332%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-LVI8484/L10332.pdf>

Salonen, O. 2014. Kiinteistöautomaatio osana älykkäitä sähköjärjestelmiä. Lappeenranta teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Kandidaatintyö.

Savonlinnan lämpöpumppu Oy. 2018. Maapiirit. Luettu 9.1.2018. <http://savonlinnalampopumppu.fi/porakaivot-ja-keruupiirit/maapiirit/>

Suomen Lämpöpumppuyhdistys Ry. 2015. Lämpöpumppujen merkitys ja tulevaisuus. Luettu 23.12.2017. <https://www.sulpu.fi/documents/184029/209175/Lampopumppujen-merkitys-ja-tulevaisuus-SULPU.pdf>

Suomen Lämpöpumppuyhdistys Ry. 2017. Suomen lämpöpumppumyynti 2017. Luettu 17.1.2018. <https://www.sulpu.fi/documents/184029/0/La%CC%88mpo%CC%88pump-putilasto%202017%2C%20kpl%20ja%20kuvaajat%20lehdist%C3%B6tiedotteeseen.pdf>

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2016. Maalämmön osuus lämmönlähteenä kasvussa. Luettu 17.1.2018. http://www.stat.fi/til/ras/2016/09/ras_2016_09_2016-11-25_kat_001_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2016. Rakennukset käyttötarkoituksen ja lämmityksineen mukaan. Luettu 9.3.2018. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_asu_rakke/statfin_rakke_pxt_002.px/?rxid=63579997-7181-4dbf-8698-cab131c79637

Tampereen Sähkölaitos Oy. 2018. Tuntitehot. EL-TRAN-hankemateriaali. Luettu 1.2.2018.

Ylönen, U. 2016. Maalämmöstä nauttiva pientalonistaja ei vaihtaisi lämmitysjärjestelmää mistään hinnasta. Luettu 8.2.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-8577209>

Ympäristöministeriö. 2012. Lämpöpumppujen energialaskentaopas. Luettu 22.1.2018.

Ympäristöministeriö. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma D5. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Luettu 19.3.2018.

LIITTEET

Liite 1. Kohde 1 haastattelumateriaali

YLEISTIEDOT	VASTAUS
Päivämäärä	3.11.2017
Osoite	Uudenkylänkatu 32
Sähkön käyttöpaikkanumero	
Talotyyppi ja rakennusvuosi	Omakotitalo 1954 peruskorjattu 200 luvun vaiheessa
Henkilömäärä	5 henkeä asunut viimeisen 5 vuoden aikana
Kohteen lämmitetty nettopinta-ala	220
LÄMMITYS JA VEDENKÄYTTÖ	
Päälämmitysjärjestelmä	Maalämpöpumppu
Lämmityslaitteen merkki/tyyppi	IVT 9kw
Sähkölämmitysteho (suora/pumppu)	
Lämmönjakotapa	Vesikiertoinen lattialämmitys, pattereita 5 kpl.
Apulämmitysjärjestelmät (ILP, aurinkokeräin...)	Verannalla sähköpatteri, varastossa sähköpatteri
Muut lämmitysjärjestelmät	takka, syksyllä ja talvella käytössä. Alakerran takka ei käytössä.
Läminvesivaraajan koko	180-200
Vedenkulutus viimeisen vuoden ajalta	105 kuutiota
Ilmanvaihtotapa	Painovoimainen
Asukkaan arvio sisälämpötilasta (talvi/kesä)	yläkerrassa kesällä lämmintä, 21 astetta
Kiuas (puu/sähkö, teho ja arvio käytöstä)	puukiuas
Autojen lämmitys (Sisälämmitin, kauanko lämmitys päällä)	aika vähän, sisälämpäreitä ei ole. Yhtä autoa lämmitetään ja pelkkää moottoria.
Missä lämpötilassa aletaan autoja lämmittämään?	kovimilla pakkasilla.
Muita suuritehoisia sähkölaitteita?	perus kodinkoneet.
LÄMPÖPUMPUT	
Mitä ohjausvaihtoehtoja pumpeissa?	ei ole tietoa.
Löytyykö tehovalteja tai smart grid toimintaa?	ei tietoa
Onko ohjausmenetelmät käytössä?	ei tietoa
Onko tieto lämpöpumpuista riittävä?	Alkuinfo ja säädöt.
HUOLTO JA PÄIVITTÄMINEN	
Onko lämmitysjärjestelmä tarvinnut huoltoa?	Säädetty kesällä kylpyhuoneen lattialämmitystä.
Onko rakennukseen tehty 5 vuoden aikana lämmitystaparemonttia?	2014 tullut maalämpöpumppu. Sähköllä lämmitetty ennen kaivon käyttöönottoa.
Onko tulevaisuudessa tiedossa lämmitystaparemonttia?	ei ole.
Muita merkittäviä remonteja?	Kattoremontti mietteillä.
Onko saatu riittävä tietoa lämmitysjärjestelmän käytöstä laitteen toimittajalta?	-
Kuka on suorittanut huollot?	Sama kuin toimittaja
SÄHKÖLIITTYMÄ JA TEHOSEURANTA	
Liittymän koko	25
Jakeluverkkoyhtiö	Tampereen sähkölaitos
Sähkön myyjä	Tampereen sähkölaitos
Vuotuinen sähkönkulutus	13 000
Paukkuuko sulakkeet?	ei ole paukkunut
Onko tiedossa asunnon sähköverkon huipputeho	-
Mitkä laitteet ovat päällä huipputehon aikaan	-
Seuraatteko sähköenergian käyttöä verkkoyhtiön palveluiden kautta	Muutamia kertoja käynyt katsomassa.
Onko rakennussa omaa sähköntuotantoa? (Aurinkopaneelit..)	-
Oman sähköntuotannon teho	-
MUUTA HUOMIOITAVAA	
3000l 7-8tkwh /a	
Veden lämpötilan nosto kahden viikon välein	
Aurinkokennoja mietitty, liian pitkä takaisinmaksuaika.	
maalämpö 200m	

Liite 2. Kohde 2 haastattelumateriaali

YLEISTIEDOT	VASTAUS
Päivämäärä	1.11.2017
Osoite	Kärpänkatu 7
Sähkön käyttöpaikannumero	5725
Talotyyppi ja rakennusvuosi	Omakotitalo 1996
Henkilömäärä	2 pojan perhe asunut yhden talven
Kohteen lämmitetty nettopinta-ala	-
LÄMMITYS JA VEDENKÄYTTÖ	
Päälämmitysjärjestelmä	Maalämpöpumppu 2013 sitä ennen öljylämmitys
Lämmityslaitteen merkki/tyyppi	Nibe 8kW
Sähkölämmitysteho (suora/pumppu)	-
Lämmönjakotapa	vesikiertonen lattialämmitys, radiaattorit yläkerrassa
Apulämmitysjärjestelmät (ILP, aurinkokeräin...)	Takka muutamia kertoja vuodessa
Muut lämmitysjärjestelmät	-
Läminvesivaraajan koko ja teho	100-120
Vedenkulutus viimeisen vuoden ajalta	70 kuutio
Ilmanvaihtotapa	huippuimurit, korvausilma ikkunoiden päältä
Asukkaan arvio sisälämpötilasta (talvi/kesä)	20-21, kesällä 24-25
Kiuas (puu/sähkö, teho ja arvio käytöstä)	puulämmitteinen, sähkökiuas asennettu, mutta ei sitä käytetä.
Autojen lämmitys (Sisälämmitin, kauanko lämmitys päällä)	yks auto, 30min-1h, about 50päivää
Missä lämpötilassa aletaan autoja lämmittämään?	0 asteessa
Muita suuritehoisia sähkölaitteita?	poistoilmapuhallin vedenkiertopumppu ja kylmälaitteet (vie yllättävän paljon)
LÄMPÖPUMPUT	
Mitä ohjausvaihtoehtoja pumpuissa?	Manuaalisesti kokeiltu hinnan mukaista ohjausta
Löytyykö tehovahteja tai smart grid toimintoa?	ei ole, saatavilla on
Onko ohjausmenetelmät käytössä?	ei ole
Onko tieto lämpöpumpuista riittävä?	Lisää tietoa lämpöpumpuista, kaivataan.
HUOLTO JA PÄIVITTÄMINEN	
Onko lämmitysjärjestelmä tarvinnut huoltoa?	Lisävastus otettu pois maalämpöpumpusta
Onko rakennukseen tehty 5 vuoden aikana lämmitystaparemonttia?	Öljylämmityksestä maalämpöpumppuun. 3/4 tippui lämpökustannuksissa
Onko tulevaisuudessa tiedossa lämmitystaparemonttia?	-
Muita merkittäviä remonteja?	Wc:n ja pesutilojen remonti, kosteusongelma.
Onko saatu riittävästi tietoa lämmitysjärjestelmän käytöstä laitteen toimittajalta?	ei ole
Kuka on suorittanut huollot?	Enermix ei toimi enää maalämpöpumppujen huollossa. Huolto siirtyi vammalan vesijohtajalle. Pumpussa lauhdutus mennyt liian kuumaksi. Käynyt pari kolme kertaa. Liian kylmä, ei tule illmotusta minnekään muualla kuin pumppuun.
SÄHKÖLIITTYMÄ JA TEHOSEURANTA	
Liittymän koko	25
Jakeluverkkoyhtiö	Sähkölaitos
Sähkön myyjä	Helsingistä sähkö
Vuotuinen sähkönkulutus	6000 kasvoi 10000
Paukkuuko sulakkeet?	Ei pauku, Oksahakkurilla saa sulakkeen paukkumaan
Onko tiedossa asunnon sähköverkon huipputeho	-
Mitkä laitteet ovat päällä huipputehon aikaan	-
Seuraatteko sähköenergian käyttöä verkkoyhtiön palveluiden kautta	Kerran kuukaudessa katsellaan. Reaaliaikaseurantaa haluaisi.
Onko rakennussa omaa sähköntuotantoa? (Aurinkopaneelit..)	ei ole, kaksi mäntyä pihassa joita kaupunki ei anna poistaa. Tarjous saatu aurinkopaneelien asentajalta.
Oman sähkötuotannon teho	-
MUUTA HUOMIOITAVAA	
Maalämpöpumpun, lisävastus 500w päällä, pois 2015	
Kylmälaitteita uusittu vuosi kaksi sitten	
Turhaa lämmitystä aurinkoisilla päivillä.	
WC lattia liian kylmä. Ei lämpeä kesällä	
Kiinnostusta aurinkopaneelisiin, vaikka ei takaisinmaksuaikaa saisikaan takaisin.	

Liite 3. Kohde 3 haastattelumateriaali

YLEISTIEDOT	VASTAUS
Päivämäärä	3.11.2017
Osoite	Lumikonkatu 3
Sähkön käyttöpaikkanumero	
Talotyyppi ja rakennusvuosi	Omakotitalo 1958
Henkilömäärä	6 henkilöä yksi muuttanut pois
Kohteen lämmitetty nettopinta-ala	noin 170
LÄMMITYS JA VEDENKÄYTTÖ	
Päälämmitysjärjestelmä	Maalämpöpumppu koko 5 vuoden ajan.
Lämmityslaitteen merkki/tyyppi	Thermia
Sähkölämmitysteho (suora/pumppu)	-
Lämmönjakotapa	patterit, wc ja kylpyhuoneissa vesikiertoinen lattialämmitys
Apulämmitysjärjestelmät (ILP, aurinkokeräin...)	-
Muut lämmitysjärjestelmät	-
Läminvesivaraajan koko	180
Vedenkulutus viimeisen vuoden ajalta	250
Ilmanvaihtotapa	painovoimainen
Asukkaan arvio sisälämpötilasta (talvi/kesä)	kesällä kuumaa, muulloin 21
Kiuas (puu/sähkö, teho ja arvio käytöstä)	puu
Autojen lämmitys (Sisälämmitin, kauanko lämmitys päällä)	1 autoa, 1h kerrallaan, 0 asteessa
Missä lämpötilassa aletaan autoja lämmittämään?	
Muita suuritehoisia sähkölaitteita?	normaalit kodinkoneet,
LÄMPÖPUMPUT	
Mitä ohjausvaihtoehtoja pumpuissa?	Ei ole
Löytyykö tehovahteja tai smart grid toimintoa?	-
Onko ohjausmenetelmät käytössä?	-
Onko tieto lämpöpumpuista riittävä?	Lämpöpumpun tullessa pumppu on esitelty.
HUOLTO JA PÄIVITTÄMINEN	
Onko lämmitysjärjestelmä tarvinnut huoltoa?	hajonnut kaksi kertaa ohjainkortti, venttiili piti vaihtaa, Vuoto korjattu
Onko rakennukseen tehty 5 vuoden aikana lämmitystaparemonttia?	ei ole 2010 maalämpöpumppu,
Onko tulevaisuudessa tiedossa lämmitystaparemonttia?	-
Muita merkittäviä remonteja?	-
Onko saatu riittävää tietoa lämmitysjärjestelmän käytöstä laitteen toimittajalta?	-
Kuka on suorittanut huollot?	thermia
SÄHKÖLIITTYMÄ JA TEHOSEURANTA	
Liittymän koko	25
Jakeluverkkoyhtiö	tampereen sähkölaitos
Sähkön myyjä	nordic green energy
Vuotuinen sähkönkulutus	15-16
Paukkuuko sulakkeet?	kylmällä ilmalla, pumppu päällä lisävastuksella, + kodinkoneet.
Onko tiedossa asunnon sähköverkon huipputeho	on tiedossa, kylmällä säällä
Mitkä laitteet ovat päällä huipputehon aikaan	kodinkoneet, pumppu,
Seuraatteko sähköenergian käyttöä verkkoyhtiön palveluiden kautta	Seurataan, kilowattituntimittarit erikseen lämpöpumpulle kompressorille ja lisälämmitykselle
Onko rakennussa omaa sähköntuotantoa? (Aurinkopaneelit..)	Ei ole
Oman sähkötuotannon teho	Ei ole
MUUTA HUOMIOITAVAA	

Liite 4. Kohde 4 haastattelumateriaali

YLEISTIEDOT	VASTAUS
Päivämäärä	21.2.2018
Osoite	Uudenkylänkatu 24
Sähkön käyttöpaikkanumero	
Talotyyppi ja rakennusvuosi	1954, purueristeinen rintamamiestalo, alakerta lisäeristetty pl. Keittiö, ikkunat uusittu
Henkilömäärä	2 nykyisin
Kohteen lämmitetty nettopinta-ala	80 + 60 + kellarit
LÄMMITYS JA VEDENKÄYTTÖ	
Päälämmitysjärjestelmä	Maalämpöjärjestelmä, 2009
Lämmityslaitteen merkki/tyyppi	IVT, teho XX, 126 m reikää, ja 7 kW., lisävastus käynnistyy noin 15-20
Sähkölämmitysteho (suora/pumppu)	3x35A
Lämmönjakotapa	Vesikiertoinen patterilämmitys
Apulämmitysjärjestelmät (ILP, aurinkokeräin...)	ilmalämpöpumppu, lattialämmitys saunassa
Muut lämmitysjärjestelmät	liikuteltavia lisälämmittämiä
Läminvesivaraajan koko ja teho	180 l
Vedenkulutus viimeisen vuoden ajalta	
Ilmanvaihtotapa	painovoimainen ilmanvaihto
Asukkaan arvio sisälämpötilasta (talvi/kesä)	20-21
Kiuas (puu/sähkö, teho ja arvio käytöstä)	sekä puu että sähkö
Autojen lämmitys (Sisälämmitin, kauanko lämmitys päällä)	sähkölämmitys
Missä lämpötilassa aletaan autoja lämmittämään?	
Muita suuritehoisia sähkölaitteita?	pesukone, liesi, kuivuri,
LÄMPÖPUMPUT	
Mitä ohjausvaihtoehtoja pumpuissa?	vastuksella nostetaan kiertoveden lämpötilaa
Löytyykö tehovahteja tai smart grid toimintoa?	ei merkittäviä laitteita
Onko ohjausmenetelmät käytössä?	ei merkittäviä laitteita
Onko tieto lämpöpumpuista riittävä?	
HUOLTO JA PÄIVITTÄMINEN	
Onko lämmitysjärjestelmä tarvinnut huoltoa?	Ei merkittävä, vain kiertovesipumppua on vaihdettu
Onko rakennukseen tehty 5 vuoden aikana lämmitystaparemonttia?	Sivukamerot purettu
Onko tulevaisuudessa tiedossa lämmitystaparemonttia?	
Muita merkittäviä remonteja?	
Onko saatu riittävä tietoa lämmitysjärjestelmän käytöstä laitteen toimittajalta?	On pärjätty
Kuka on suorittanut huollot?	ei merkittäviä huoltoja
SÄHKÖLIITTYMÄ JA TEHOSEURANTA	
Liittymän koko	3x35 A
Jakeluverkkoyhtiö	
Sähkön myyjä	
Vuotuinen sähkönkulutus	
Paukkuuko sulakkeet?	
Onko tiedossa asunnon sähköverkon huipputeho	
Mitkä laitteet ovat päällä huipputehon aikaan	
Seuraatteko sähköenergian käyttöä verkkoyhtiön palveluiden kautta	
Onko rakennussa omaa sähköntuotantoa? (Aurinkopaneelit..)	
Oman sähkötuotannon teho	
MUUTA HUOMIOITAVAA	