



ILMA-VESILÄMPÖPUMPPU ÖLJYLÄMMITYKSEN RINNALLA

Air-to-water heat pump alongside oil heating

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Energiatekniikan kandidaatintyö

2023

Ellinoora Veikkanen

Tarkastaja: Professori Tero Tynjälä

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Energiatekniikka

Ellinoora Veikkanen

Ilma-vesilämpöpumppu öljylämmityksen rinnalla

Energiatekniikan kandidaatintyö

2023

39 sivua, 11 kuvaa, 5 taulukkoa ja 2 liitettä

Tarkastaja: Professori Tero Tynjälä

Avainsanat: Ilma-vesilämpöpumppu, öljylämmitys

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on selvittää sopiiko ilma-vesilämpöpumppu öljykattilan rinnalle omakotitalokiinteistössä. Kiinteistö on vuonna 2003 valmistunut hirsirakenteinen omakotitalo, jossa on vesikiertoinen lattialämmitysjärjestelmä. Kiinteistöä lämmitetään kaksoipesäkattilalla, jossa polttoaineena käytetään pääasiassa öljyä. Öljyn hintojen nousun seurauksena kiinteistön omistaja on miettinyt ilma-vesilämpöpumpun hankintaa. Lisäksi työssä tutkitaan mahdollisen investoinnin kannattavuutta takaisinmaksuajan sekä erilaisten herkkyystarkastelujen avulla.

Ilma-vesilämpöpumput ovat toiminnaltaan samankaltaisia kuin perinteiset ilmalämpöpumput. Ilma-vesilämpöpumpussa laitteistossa kiertävä vesi tai kylmäaine sitoo höyrystimessä itseensä ulkoilman lämpöenergiaa ja luovuttaa sen lauhduttimessa rakennuksen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Ilma-vesilämpöpumppujen toiminta rajoittuu kylmissä lämpötiloissa. Lämpötilan laskiessa niiden teho heikkenee ja alle -20 °C :n lämpötiloissa ne voivat sammuttaa itsensä. Tämän takia ilma-vesilämpöpumppu tarvitsee Suomen olosuhteissa aina rinnalleen varalämmitysjärjestelmän. Tässä tapauksessa varalämmitysjärjestelmänä toimisi öljylämmitys.

Työssä huomattiin, että ilma-vesilämpöpumpun ja öljykattilan yhteiskäytöstä syntyisi huomattavia säästöjä. Myös ilma-vesilämpöpumpun takaisinmaksuaika oli pienempi kuin sen käyttöikä. Herkkyystarkasteluissa tarkasteltiin öljyn sekä sähkön hintojen vaihtelun vaikutusta lämmityksen kustannuksiin sekä takaisinmaksu-aikaan. Kaikissa tapauksissa voitiin todeta yhteiskäytön olevan kannattavampi vaihtoehto kuin pelkkä öljylämmitys. Työstä voitiin siis todeta ilma-vesilämpöpumpun investoinnin olevan kannattavaa kyseiseen kiinteistöön.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Energy Technology

Ellinoora Veikkanen

Air-to-water heat pump alongside oil heating

Bachelor's thesis

2023

39 pages, 11 figures, 5 tables and 2 appendices

Examiners: Professor Tero Tynjälä

Keywords: Air-to-water heat pump, oil heating

The goal of this Bachelor's thesis is to find out if an air-to-water heat pump is suitable alongside an oil boiler in a detached house property. The property is a log framed detached house completed in 2003, with a water circulation underfloor heating system. The property is heated with a combination oil/wood hot water boiler, where oil is mainly used as a fuel. As a result of the rise in oil prices, the owner of the property has been thinking about investing in an air-to-water heat pump. In addition, this thesis examines the profitability of the possible investment using the payback period and various sensitivity analyses.

Air-to-water heat pumps are functionally similar to traditional air-to-air heat pumps. In an air-to-water heat pump the water or refrigerant circulating in the pump binds the thermal energy of the outside air in the evaporator and releases it in the condenser to the water circulation heating system of the building. The operation of air-to-water heat pumps is limited in cold temperatures. As the temperature decreases, the heat pump's efficiency decreases, and at temperatures below -20 °C the heat pump can turn itself off. Because of this, the air-to-water heat pump always needs a backup heating system in Finnish conditions. In this case, the backup heating system would be oil heating.

In the thesis, it was noticed that the combined use of an air-to-water heat pump and an oil boiler would result in considerable savings. The payback period for the air-to-water heat pump was also shorter than its operational life. In the sensitivity analyses, the effect of variation in oil and electricity prices on heating expenses and payback time was examined. In all cases, it was concluded that combined use is a more profitable option than oil heating alone. It could therefore be concluded that the investment of an air-to-water heat pump is profitable for the property in question.

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Roomalaiset

a	vuosi	[-]
E	kulutus	[cm, l]
H	lämpöarvo	[kWh/l]
I	investointi	[€]
p	säästö	[€]
T	lämpötila	[°C]
Q	lämpöenergia	[kWh]

Kreikkalaiset

ε	tehokerroin	[-]
---------------	-------------	-----

Alaindeksit

cl	carnot lämpöpumppu
cm	senttimetri
kk	kuukausittainen
L	lämmitys
l	litra
max	veden lämpötila
min	ulkolämpötila
valm	valmistajan tuottama

Lyhenteet

COP tehokerroin (coefficient of performance)

i-m³ heittokuutio

p-m³ pinokuutio

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Symboli- ja lyhenneluettelo

1	Johdanto.....	8
2	Kiinteistön esittely.....	9
2.1	Lämmitysjärjestelmä.....	11
2.1.1	Polttoaineena öljy	11
2.1.2	Polttoaineena puu.....	11
2.1.3	Muu laitteisto	12
3	Vaihtoehtona ilma-vesilämpöpumppu.....	13
3.1	Toimintaperiaate	13
3.2	Käyttökelpoisuus	15
3.3	Mallit.....	16
4	Lämmitysjärjestelmien kulutukset.....	17
4.1	Öljyn kulutus ja kiinteistön lämmityksen tarve	17
4.2	Ilma-vesilämpöpumppu	20
4.2.1	Ilma-vesilämpöpumpun sähkön kulutus	23
5	Kustannukset	25
5.1	Öljy	25
5.2	Ilma-vesilämpöpumpun investointi ja käyttö	26
6	Kannattavuus	28
6.1	Öljylämmityksen käyttöönoton kriteerit.....	28
6.2	Lämmitysjärjestelmien vertailu	28
6.3	Ilma-vesilämpöpumpun kannattavuus ja takaisinmaksuaika.....	29
6.3.1	Herkkyystarkastelu	30
7	Johtopäätökset	35
	Lähteet	37

Liitteet

Liite 1. Öljysäiliön pinnan korkeudet

Liite 2. NIBE Split-plus AMS 10-8 ilma-vesilämpöpumpun tehokerroin kuvaaja

1 Johdanto

Energiankulutus sekä -säästö ovat olleet tärkeitä puheenaiheita jo pitkään, nousseiden energian hintojen sekä fossiilisista polttoaineista syntyvien päästöjen vuoksi. Erityisesti omakotitalokiinteistöjen omistajia kiinnostaa rakennuksen energiankulutus ja kuinka siinä tulisi säästöjä, kun eri energiahinnat ovat korkealla. Tämä on saanut monet miettimään kiinteistön lämmitysjärjestelmän muuttamista. Yksi vaihtoehto on siirtyä fossiilisista polttoaineista uusiutuviin energialähteisiin, joko kokonaan tai osittain. Esimerkiksi asennuttamalla ilma-vesilämpöpumppu toimimaan öljykattilan rinnalle, voidaan öljyn kulutuksesta korvata jopa 80% ilma-vesilämpöpumpulla (Motiva 2023).

Tämän työn tarkoituksena on tutkia omakotitalokiinteistön lämmitysjärjestelmän päivittämistä ympäristöystävällisempään ja säästävempään vaihtoehtoon. Tutkittavassa kiinteistössä toimii nykyisenä lämmitysjärjestelmänä kaksoispesäkattila, jossa polttoaineena käytetään pääasiassa öljyä. Maailman siirtyessä kestävämpiin energiaratkaisuihin sekä energianhintojen noustessa, haluaa myös kiinteistön omistaja tehdä energiansäästöä parantavia muutoksia kiinteistön lämmitysjärjestelmään. Työssä on siten päädytty tutkimaan vaihtoehtoisena lämmitysjärjestelmänä ilma-vesilämpöpumppua.

Ilma-vesilämpöpumput ovat toimintaperiaatteeltaan samankaltaisia kuin perinteiset ilma-lämpöpumput, mutta niillä voidaan lämmittää rakennuksen vesikiertoista lämmitysjärjestelmää rakennuksen sisäilman sijaan (Motiva 2021). Työn tavoitteena on tutkia ilma-vesilämpöpumpun sopivuutta öljykattilan rinnalle, sekä mahdollisesta hankinnasta ja yhteiskäytöstä syntyviä säästöjä. Työssä myös pohditaan hankinnan kannattavuutta muun muassa ilma-vesilämpöpumpun takaisinmaksuajan suhteen, sekä sähkön ja öljyn hintojen vaihtelun vaikutusta lämmitykseen kuluviin kustannuksiin sekä takaisinmaksuaikaan.

2 Kiinteistön esittely

Tässä työssä tarkastellaan kiinteistöä, joka on vuonna 2003 valmistunut kolmikerroksinen omakotitalo. Kiinteistö sijaitsee Kaakkois-Suomessa, Etelä-Karjalassa Luumäen kunnan alueella. Kiinteistö on rakennettu järven rantaan, etelärinnetontille niin, että osa kohteen alimman kerroksen ulkoseinistä sijaitsee maan alla.

Kiinteistö koostuu kahdesta asuinkerroksesta sekä alimpana sijaitsevasta kellarikerroksesta. Kellarikerroksessa sijaitsee autotalli sekä varastotila, eikä kyseistä kerrosta lämmitetä. Lämmitettävää pinta-alaa kiinteistössä on siis yhteensä noin 180 m², johon lukeutuvat kaksi ylintä asuinkerrosta, alempi kerros noin 100 m² ja ylempi noin 80 m². Huonekorkeuden ollessa asuinkerroksissa noin 2,40 m, lämmitettävien kuutioiden määrä kiinteistössä on noin 432 m³.

Kiinteistön kaksi ylintä kerrosta ovat hirsirakenteisia. Hirsien eristeenä on käytetty villaa. Rakennuksen keskimmäinen kerros, eli ensimmäinen asuinkerros, on rakennettu lamellihirsistä, joiden paksuus on noin 205 mm. Ensimmäisen asuinkerroksen lattian pintana on käytetty laattaa, joka kattaa noin kolmasosan kerroksen lattiasta. Loput kyseisen kerroksen lattiasta on laminaatin kaltaista aitopuuta.

Toinen asuinkerros on puurunkoinen, jossa on käytetty eristeenä kivivillaa. Toisen kerroksen yläpuolella on myös eristekerros, jossa eristeenä on käytetty puhallusvillaa noin 400 mm paksuudelta. Myös lattia on toisessa kerroksessa puurakenteinen, ja pintamateriaalina on laminaatti.

Ensimmäisen asuinkerroksen pohja on rakennettu ontelolaatoista ja sen alla oleva kellarikerros on rakennettu harkoista. Kellarikerroksen ulkoseinämät ovat rakennettu eristeharkoista, joiden paksuus on noin 310 mm. Koska kiinteistö sijaitsee rinnetontilla, noin puolet kellarikerroksen ulkoseinistä ovat maan alla (kuvat 1 ja 2).



Kuva 1. Kiinteistön pohjoispuoli



Kuva 2. Kiinteistön eteläpuoli

Kuvissa 1 ja 2 on esitelty kiinteistö sekä tontin pohjois- että eteläpuolelta. Kuvista voidaan nähdä, kuinka kiinteistön kellarikerros sijoittuu osittain maan alle, jolloin kellarikerros on nähtävissä vain tontin eteläpuolelta.

2.1 Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysmuotona kohteessa toimii vesikiertoinen lattialämmitys, jota lämmitetään keskuslämmityskattilalla. Kattila on kaksoispesäkattila, jossa voidaan polttaa sekä öljyä että puuta. Lattialämmitysputkisto kulkee ympäri taloa kahdessa asuinkerroksessa noin 800 m verran.

Öljyn hinnan kallistuttua, sekä muunkin maailman siirtyessä kestävämpiin energiaratkaisuihin, kiinteistön omistaja halust tarkastella muita lämmitysvaihtoehtoja öljylämmityksen rinnalle. Kiinteistöä lämmitetään ajoittain myös puulla, mutta koska kohteessa ei ole erillistä lämminvesivaraajaa, olisi pelkkä puulämmitys omistajalle liian työläs. Lisäksi puulämmityksessä ongelmaksi koituisi omistajan näkökulmasta raaka-aineen hankinnan, käsittelyn sekä varastoinnin työläys.

2.1.1 Polttoaineena öljy

Keskuslämmityskattilana kohteessa toimii Arimax 520 kaksoispesäkattila, jolla voidaan polttaa joko puuta tai öljyä. Kattilan teho öljyikäytössä on noin 20 kW (Arterm 2020). Öljyä kiinteistössä kulutetaan vuodessa noin 2500 l, ja öljykattila on ollut kiinteistössä käytössä lähes 20 vuotta. Kattila sijaitsee kohteen kellarikerroksessa, missä sijaitsee myös kaksi 1500 l öljysäiliötä. Koska öljysäiliöt sijaitsevat sisätiloissa, öljystä voidaan käyttää kesälaatua, eikä öljyn jäätymistä tarvitse huomioida.

2.1.2 Polttoaineena puu

Arimax 520 kaksoispesäkattilassa voidaan käyttää myös puuta lämmittämään lattialämmityksen vedenkierto sekä käyttövesi. Tällöin kattilan teho on noin 15-20 kW luokkaa (Arterm 2020). Lämmittämiseen puuta kuluu kiinteistön omistajan mukaan noin 4-5 i-m³ eli heittokuutiota vuodessa. Tämä tekee vuotuisesta puunkulutuksesta pinokuutiaina noin 2,4-3 p-m³ (Bioenergianeuvoja 2022b).

Kohteessa on myös ensimmäiseen asuinkerrokseen rakennettu varaava takka ja leivinuuni. Kyseisen Tiilerin *Tyyne* -varaavan takan lämmöntuotto on noin 76 kWh ja hyötysuhde noin 87 % (Tiileri 2022).

2.1.3 Muu laitteisto

Kohteessa on käytössä Ouman EH-80 -säätöyksikkö. Ouman säätää automatiikkaa hyödyntäen lattialämmitysjärjestelmään menevän veden lämpötilaa ulkoilman lämpötilan mukaan. Ouman mittaa ulkoilman lämpötilaa, jonka mukaan laite säätää kattilan varaajasta vesikiertoon päästettävää lämpöä, siten että rakennuksen lämpötila pysyy tasaisena. (Ouman 2022.)

Kohteessa on myös koneellinen ilmanvaihto, Vallox Digit SE, joka on varustettu lämmön talteenotolla. Ilmanvaihtokone ottaa talteen lämpöä rakennuksen poistoilmasta ja lämmittää sillä sisään tulevan kylmän ilman. Ilmanvaihtokoneeseen on myös kytkettynä talviolosuhteita varten sähköinen ilmanesilämmitin. Tällä voidaan lämmittää sisääntulevaa ilmaa talven kylmissä olosuhteissa, jos ilmanvaihtokoneen talteen ottama lämpö ei riitä sitä lämmitämään riittävästi. (Vallox 2008.)

3 Vaihtoehtona ilma-vesilämpöpumppu

Työssä pohditaan, kuinka edellä esitetyn kiinteistön lämmitysjärjestelmää voitaisiin päivittää säästävämmäksi. Kiinteistön omistajalla on tarkoituksena vielä pitää öljylämmityksen mahdollisuus talven kylmien olosuhteiden varalta. Myös puulämmityksen mahdollisuus säästetään, mutta tässä työssä keskitytään enimmäkseen öljylämmityksen vertailuun, sillä puun kulutus kiinteistössä on satunnaista ja kiinteistön omistajaa huolestuttaa eniten öljyn hintojen nousu. Kiinteistön omistaja on miettinyt vaihtoehtoiseksi lämmitysjärjestelmäksi ilma-vesilämpöpumppua, jonka takia tämä työ keskittyy tutkimaan sen sopivuutta öljykattilan rinnalle kyseiseen kiinteistöön.

Ilma-vesilämpöpumppu on yksi uusimmista lämmitysjärjestelmistä, jossa käytetään lämpöpumpputekniikkaa. Perusperiaatteeltaan toiminta ilma-vesilämpöpumpussa on samankaltainen kuin perinteisessä ilmalämpöpumpussa. Erona kuitenkin on, että ilma-vesilämpöpumpulla lämmitetään rakennuksen vesikiertoista lämmitysjärjestelmää ulkoilmasta otetulla lämpöenergialla rakennuksen sisäilman sijaan. Ilma-vesilämpöpumppu voidaan liittää myös vanhan lämmitysjärjestelmän rinnalle, kuten öljykattilan rinnalle, jolloin ne toimisivat niin kutsutusti hybridilämmitysmuotona. (Motiva 2021.)

Ilma-vesilämpöpumpulla lämmitystarpeiden kustannuksista syntyvä säästö on huomattavaa. Esimerkiksi suoraan sähkölämmitykseen verrattuna ilma-vesilämpöpumpulla säästöä voi syntyä jopa 40–60 % lämmityksen kustannuksista. Energian ja syntyvien kustannusten säästö kuitenkin riippuu paljon rakennuksen energiankulutuksesta, lämmitysjärjestelmästä ja sijainnista, sekä ilma-vesilämpöpumpun mitoituksesta. (Motiva 2012.)

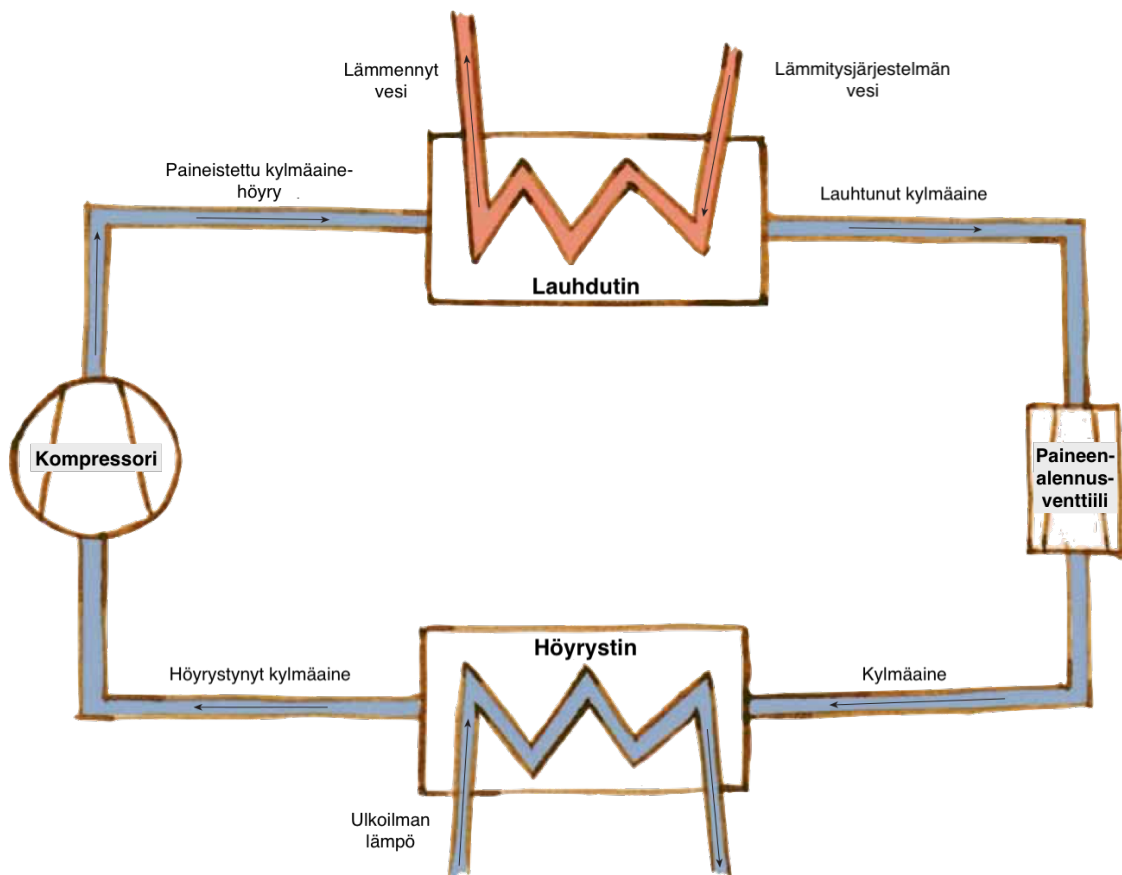
3.1 Toimintaperiaate

Ilma-vesilämpöpumpussa voi kiertoaineena toimia joko vesi tai kylmäaine. Tässä osiossa tarkastellaan kiertoaineena kylmäainetta käyttävän ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaatetta. (Motiva 2022a.)

Ilma-vesilämpöpumpussa kiertävä kylmäaine kerää ulkoilman lämpöenergiaa itseensä ja luovuttaa sen rakennuksen vesikiertoon. Ilma-vesilämpöpumppu koostuu kahdesta

lämmönvaihtimesta, höyrystimestä ja lauhduttimesta, sekä kompressorista ja paineenalennusventtiilistä. (Motiva 2012.)

Pumpussa kiertävä kylmäaine höyrystyy höyrystimessä sitoen itseensä ulkoilmasta lämpöenergiaa, jonka jälkeen höyry kulkeutuu kompressorin. Kompressorin puristaa höyryä pienentäen sen tilavuutta, jolloin höyrin paine sekä lämpötila entisestään nousevat. Tämän jälkeen paineistettu höyry kulkeutuu lauhduttimeen, jossa lämmitysjärjestelmän vesi lauhduttaa höyrystyneen kylmäaineen takaisin nesteeksi, jolloin kylmäaine samalla luovuttaa lämpöenergiaansa rakennuksen vesikiertoon. Tämän jälkeen lauhtunut kylmäaine kulkeutuu paineenalennusventtiilille, jossa kylmäaineen paine sekä lämpötila vielä laskevat, jonka jälkeen kylmäaine kulkeutuu uudelleen höyrystimelle. (Motiva 2012.) Lämpöpumpun toiminta on vielä havainnollistettu kuvassa 3.



Kuva 3. Ilma-vesilämpöpumpun toiminta (Motiva 2012, muokattu)

Nykyään ilma-vesilämpöpumppujen tehoa säädetään yksikön kompressorin kierroslukua vaihtamalla, mikä säätelee ilma-vesilämpöpumpun lämmöntuottoa lämmitystarpeeseen

sopivaksi. Tällä tavalla pumpun hyötysuhde paranee sekä elinikä kasvaa. Näitä nykyisiä malleja kutsutaan inverter -malleiksi. (Motiva 2022a.)

Tehokertoimella COP (coefficient of performance) kuvataan lämpöpumpun tehokkuutta. Tämä kertoo millä suhteella lämpöpumppu tuottaa lämpöä verrattuna sen kuluttamaan sähköön. Ilma-vesilämpöpumpussa tehokerroin, eli pumpun tehokkuus, on sitä parempi, mitä pienempi ero lämpötiloissa on ulkoilman ja lattialämmitysputkiston välillä. (Motiva 2018a, s.9.) Rakennuksessa, jossa on lattialämmitysjärjestelmä sekä suhteellisen uusi ilma-vesilämpöpumppu, lämpökerroin on -20 °C :n pakkasilla noin 1,4–1,8 (Motiva 2021).

3.2 Käyttökelpoisuus

Jo olemassa olevaan kohteeseen ilma-vesilämpöpumpun asentaminen on helppoa, sillä se voidaan kytkeä suoraan vanhan lämmitysjärjestelmän rinnalle. Ilma-vesilämpöpumppu on myös mahdollista vaihtaa vanhan lämmitysjärjestelmän tilalle, jos vanhasta on tarve päästä kokonaan eroon. Lämpöisemmissä maissa ilma-vesilämpöpumppu riittäisi kattamaan koko rakennuksen lämmitystarpeen vuoden ympäri, mutta Suomen kylmimmissä talviolosuhteissa pumpun teho ja hyötysuhde laskevat niin, että rakennus tarvitsee toisen lämmitysjärjestelmän ilma-vesilämpöpumpun tueksi. (Motiva 2021.)

Ilma-vesilämpöpumpun toiminta rajoittuu yleensä -20 °C :n pakkaseen, jonka jälkeen pumpun teho sekä tehokerroin laskevat huomattavasti. Kuitenkin markkinoilla on myös uusia malleja, jotka ovat toimintakuntoisia kylmillä, jopa -26 °C :n pakkasilla. (Motiva 2012.) Kuitenkin nykymalleissa jo -20 °C :n pakkasilla ilma-vesilämpöpumpun teho on 50 % huonompi kuin esimerkiksi 7 °C :n lämpötilassa (Motiva 2022a).

Talven kylmimpiä kuukausia varten ilma-vesilämpöpumpun rinnalle tarvitaan koko rakennuksen lämmöntarpeen kattava varalämmitysjärjestelmä, sillä ilma-vesilämpöpumppu voi myös sammuttaa itsensä ulkolämpötilan laskieassa liian alhaiseksi (Motiva 2021). Ilma-vesilämpöpumpun sammuminen kylmissä lämpötiloissa johtuu siitä, ettei kylmäaineen ja ulkoilman välille muodostu laitteen toiminnan kannalta tarvittavaa lämpötilaeroa (Lämpöykönen 2022).

Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan lämmittää rakennuksen vesikiertoista lämmitysjärjestelmää sekä käyttövettä. Kuitenkin ilma-vesilämpöpumpulla veden lämmittäminen yli 55 °C :n

lämpötilaan on useimmissa malleissa vaikeaa, jolloin loppulämmitys hoidetaan jollakin muulla lämmitystavalla, kuten puu- tai öljylämmityksellä. (Motiva 2022a.)

Usein ilma-vesilämpöpumpuissa on omat sähkövastukset, jotka kylmimpinä kuukausina riittävät kattamaan rakennuksen lämmitystarpeen, mutta varalämmitys voidaan hoitaa myös jo olemassaolevalla lämmitysjärjestelmällä, kuten puu- tai öljylämmityksellä. Koska ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhde sekä teho laskevat kylmissä olosuhteissa, soveltuu se Suomessa parhaiten Etelä-Suomen lämpöisempiin olosuhteisiin. (Motiva 2021.)

3.3 Mallit

Ilma-vesilämpöpumppuja tuotetaan pääasiassa kahdenlaista mallia, split- ja monoblock-laitteita. Split-laitteistossa toimii kiertoaineena kylmäaine, ja laite koostuu kahdesta osuudesta, sisä- sekä ulkoyksiköstä. Monoblock -laitteisto koostuu taas vain yhdestä osuudesta, ulkoyksiköstä. Monoblock -laitteistossa toimii kiertoaineena vesi, joka kiertää ulkoyksikön sekä sisällä olevan lämminvesivaraajan välillä. (Motiva 2022a.) Myös Split -laitteistossa on yleensä sisäyksikköön integroitu pieni lämminvesivaraaja (Motiva 2018a, s.6).

Kumpaakin laitteistoa voidaan käyttää öljykattilan rinnalla. Ilma-vesilämpöpumppu voidaan kytkeä kahdella eri tavalla, joko niin, että öljykattila lämmittää aina käyttöveden tai niin, että lisäksi liitetään lämminvesivaraaja. Tällöin lämpöpumppu lämmittää sekä lämmitysjärjestelmän veden että käyttöveden, ja lämminvesivaraajalla käyttövesi saadaan lämmitettyä lopulliseen lämpötilaansa. (Jäspi 2018.) Ensimmäisessä tapauksessa voidaan varmistaa, että öljykattila pysyy toimintakuntoisena, kun käyttövesi lämmitetään aina öljykattilalla (NIBE 2022).

Tässä työssä keskitytään Split -malliin, sillä se vastaa paremmin tutkittavan kiinteistön tarpeisiin ja ominaisuuksiin, kun kyseisen mallin sisäyksikköön integroitu lämminvesivaraaja riittää. Rakennusta voitaisiin lämmittää vanhalla lämmitysjärjestelmällä talven kylmimpinä aikoina ja muulloin ilma-vesilämpöpumpulla, ja tarvittaessa tukea sitä öljylämmityksellä.

4 Lämmitysjärjestelmien kulutukset

Tässä osiossa käydään läpi, kuinka paljon kiinteistö kuluttaa öljyä vuodessa, kiinteistön lämmityksen tarve sekä ulkolämpötilan vaikutus ilma-vesilämpöpumpun tehokertoimeen. Osiossa myös lasketaan, kuinka paljon ilma-vesilämpöpumppu kuluttaisi sähköä vuodessa ainoana lämmitysjärjestelmänä.

4.1 Öljyn kulutus ja kiinteistön lämmityksen tarve

Kiinteistön omistajan mukaan öljyä kuluu vuodessa noin 2500 l sääolosuhteista riippuen. Öljyn vuosittaisen kulutuksen suuruuteen vaikuttaa kuitenkin myös se, kuinka suuri osuus käyttö- sekä lämmitysjärjestelmän vedestä lämmitetään polttamalla kattilassa puuta.

Kiinteistön omistaja on seurannut öljyn kulutusta vuosina 2011-2020 kirjaamalla ylös öljysäiliöiden pinnan tasot kuukausittain (Liite 1). Liitteestä voidaan huomata, että 75 cm muutos öljyn pinnan korkeudessa vastaa noin 1500 l. Tässä työssä tarkastellaan öljyn käytön kannalta vuosia 2011-2017, niiden selkeimpien arvojen vuoksi.

Öljyn vuosittainen kulutus litroina saadaan kertomalla vuodessa tapahtuva öljyn pinnan korkeuden muutos tiedetyllä suhteella, 1500 l/ 75 cm.

$$E_1 = E_{cm} \cdot \frac{1500 \text{ l}}{75 \text{ cm}} \quad (1)$$

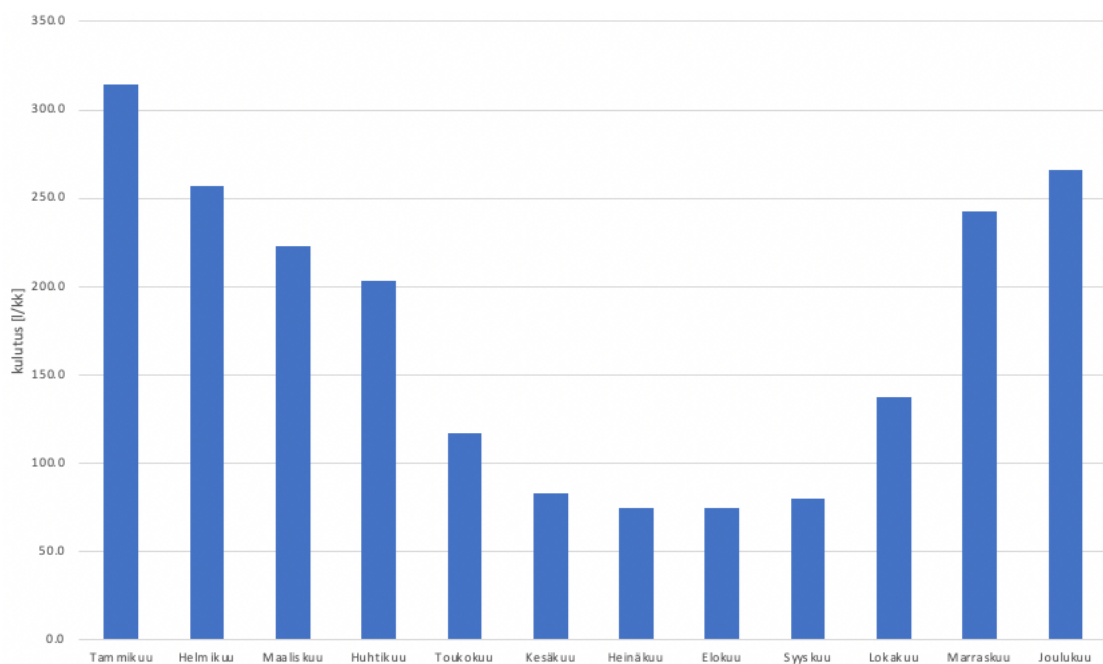
jossa E_1 on öljyn kulutus litroina [l] ja E_{cm} on öljyn kulutus senttimetreinä [cm]. Yhtälön 1 mukaisesti laskettu vuosittainen litramääräinen kulutus esitetään seuraavassa taulukossa (taulukko 1).

Talukko 1. Öljyn kulutus vuosittain

	Öljyn kulutus [l]
2011	2300
2012	2020
2013	1020
2014	1820
2015	2140
2016	2460
2017	2740

Tarkastelemalla taulukkoa 1 voidaan huomata öljyn kulutuksen laskevan vuoteen 2013 asti, jonka jälkeen kulutus taas lähtee nousuun aina vuoteen 2017 saakka. Tämä öljyn kulutuksen vaihtelu voi johtua vuosien erilaisista lämpötiloista tai suuremmasta puun kulutuksesta lämmityksessä. Taulukosta voidaan myös huomata öljyn kulutuksen olevan huomattavasti alhaisempaa vuotena 2013 muihin vuosiin verrattuna, mikä voi johtua lämpötilojen vaihtelun sekä puun kulutuksen lisäksi, siitä ettei öljypoltin ole välttämättä ollut ollenkaan käytössä vähäisen lämmityksentarpeen vuoksi.

Yhtälön 1 mukaisesti voidaan laskea myös keskimääräinen öljyn kulutus litroina kuukausittain vuosilta 2011-2017, mikä esitetään seuraavassa kuvassa (kuva 4).



Kuva 4. Öljyn keskimääräinen kuukausittainen kulutus litroina

Tarkastelemalla kuvaa 4, voidaan huomata, että öljyn kulutus on ollut yleensä suurinta tammikuussa ja huomattavasti pienempää kesäkuukausina, jolloin öljyä on todennäköisesti kulunut lähes pelkästään käyttöveden lämmitykseen. Tammikuussa öljyn kulutus on suurinta oletettavasti sääolosuhteiden ollessa tällöin kylmimpiä ja kesäkuukausien vähäinen öljynkulutus voi johtua taas sääolosuhteiden ollessa vuoden lämpöisimpiä. Kuten aiemmin mainittiin, myös puun kuluttaminen lämmitykseen pienentää öljyn kulutusta. Öljyn keskimääräiseksi kulutukseksi vuodessa saadaan noin 2071 l. Tätä voidaan pitää realistisena tuloksena, sillä 150-200 m² omakotitalo kuluttaa yleensä noin 2000 l vuodessa rakennuksen sekä käyttöveden lämmitykseen (Neste 2023b).

Lämmityksen tarve voidaan laskea öljyn kulutuksen avulla. On kuitenkin huomioitava, että lämmityksen tarvetta ei ole suoraan laskettu kiinteistölle sen koon mukaan, vaan laskettu kiinteistön kuluttaman öljyn määrän perusteella. Lämmityksen tarve voidaan laskea kertomalla öljyn kulutus polttoöljyn lämpöarvolla. Otetaan laskuissa huomioon myös öljykattilan hyötysuhde, joka on tyypillisesti noin 90–95 % (Motiva 2022b). Oletetaan kiinteistön kattilan hyötysuhteen olevan noin 90 %, jolloin kiinteistön lämmityksen tarve voidaan laskea seuraavasti.

$$Q_L = 0,9HE_{kk} \quad (2)$$

jossa Q_L on tarvittava lämmityksen tarve kuukautta kohden [kWh], H on lämpöarvo [kWh/l] ja E_{kk} kulutettu öljy kuukaudessa [l]. Polttoöljyn lämpöarvona voidaan käyttää 10 kWh/l (Bioenergianeuvoja 2022a). Lasketaan kiinteistön kuukausittainen lämmityksen tarve öljyn keskimääräisestä kuukausittaisesta kulutuksesta (taulukko 2).

Taulukko 2. Tarvittava keskimääräinen lämmityksen tarve kuukausittain

	Lämmityksen tarve [kWh]
Tammikuu	2828,6
Helmikuu	2314,3
Maaliskuu	2005,7
Huhtikuu	1825,7
Toukokuu	1054,3
Kesäkuu	745,7
Heinäkuu	668,6
Elokuu	668,6
Syyskuu	720,0
Lokakuu	1234,3
Marraskuu	2185,7
Joulukuu	2391,4

Tarvittavaksi keskimääräiseksi kokonaislämmityksen tarpeeksi vuodessa taulukon 2 mukaan saadaan noin 18 640 kWh. Taulukosta voidaan huomata lämmityksen tarpeen vaihtelevan huomattavasti eri kuukausien välillä. Voidaan myös huomata lämmityksen tarpeen olevan marraskuusta huhtikuuhun lähes kaksinkertainen muihin kuukausiin verrattuna, mikä voi johtua kylmemmistä sääolosuhteista.

4.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpun tehokerrointa eli COP -arvoa arvioidaan tässä työssä jonkin ilma-vesilämpöpumpun valmistajan laatimasta tehokerroin kuvaajasta. Tarkastellaan tässä työssä NIBE:n ilma-vesilämpöpumppua NIBE split plus, joka sopii hyvin muun lämmitysmuodon, kuten öljyn, rinnalle (NIBE 2023). Tarkastellaan kyseisestä ilma-vesilämpöpumpusta valmistajan tuottamaa tehokerroin kuvaajaa, jossa tehokerroin on esitetty ulkoilman lämpötilan funktiona (Liite 2). Kyseinen laitteisto on aiemmin kiinteistöön sopivaksi todettua split -mallia ja tässä työssä tutkittavaksi laitteiston ulkoyksiköksi valitaan malli AMS 10-8.

Valmistajan kuvaajasta voidaan lukea tehokertoimen arvot -20 °C – 5 °C :n väliltä, kun lämmitysjärjestelmän vesi kiinteistössä halutaan pitää yleensä noin 35 °C :n lämpötilassa. Valmistajan tuottama kuvaaja kuitenkin loppuu noin 9 °C :n ulkolämpötilaan, jolloin

korkeampien lämpötilojen tehokerroinarvojen arvioimiseen käytetään ideaalista lämpöpumppprosessia eli käänteistä Carnot-prosessia.

$$\varepsilon_{cl} = \frac{T_{max}}{T_{max} - T_{min}} \quad (3)$$

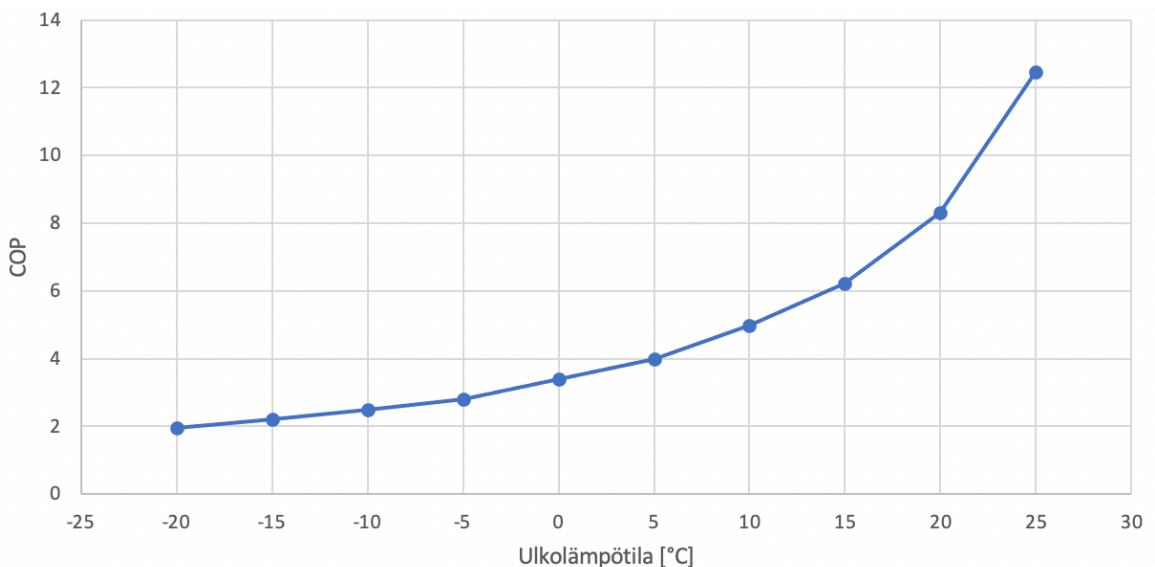
jossa ε_{cl} on ideaalisen lämpöpumppprosessin tehokerroin, T_{max} on lämpimän puolen lämpötila [°C] eli tässä tapauksessa lämmitysjärjestelmässä kiertävä vesi ja T_{min} kylmän puolen lämpötila [°C] eli ulkoilman lämpötila. (Ebnesajjad 2021, s.90)

Luetaan valmistajan kuvaajasta suurin käyrällä oleva tehokerroin sekä sitä vastaava ulkoilman lämpötila, ja lasketaan tilanteelle käänteistä Carnot-prosessia vastaava uusi tehokerroin käyttämällä yhtälöä 3. Lasketun sekä luetun tehokertoimien avulla voidaan määrittää tehokertoimien suhde, jonka avulla voidaan laskea 9 °C:ta korkeammille ulkolämpötiloille tehokerroin. Suhteeksi saadaan siten

$$\frac{\varepsilon_{valm}}{\varepsilon_{cl}} = \frac{4,7}{11,6} = 0,40$$

jossa ε_{valm} on valmistajan kuvaajasta luettu suurin käyrällä oleva tehokerroin ja ε_{cl} on ideaalista prosessia vastaava eli laskettu tehokerroin.

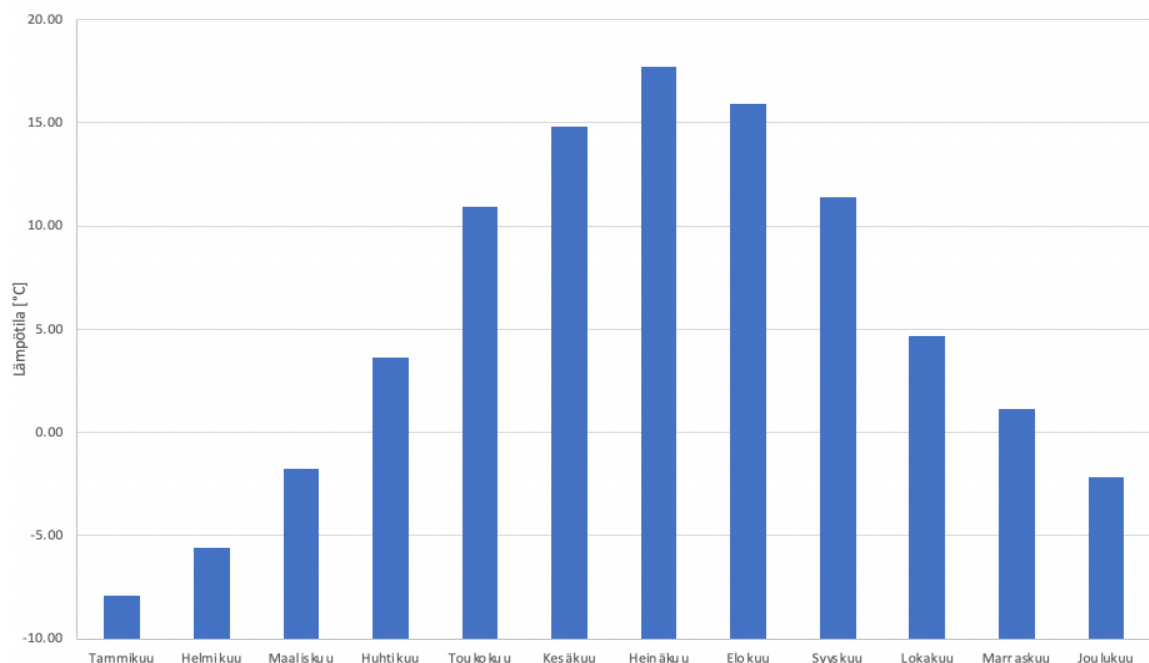
Lukemalla alle 9 °C:n sijoittuvat tehokertoimet valmistajan kuvaajasta sekä laskemalla korkeammille ulkolämpötiloille tehokerroin, voidaan piirtää ilma-vesilämpöpumpun tehokerroin ulkolämpötilan funktiona (kuva 5).



Kuva 5. Tehokerroin ulkolämpötilan funktiona

Kuvasta 5 voidaan huomata sen mukailevan valmistajan tuottamaa kuvaajaa (Liite 2), joten voidaan todeta sen olevan realistinen. Kuvasta voidaan nähdä tehokertoimen muuttuvan lämpötilan muuttuessa. Aiemmin mainittu tehokertoimen pieneneminen kylmillä lämpötiloilla voidaan myös huomata tehdystä kuvaajasta. Toisinsanoen mitä korkeampi ulkolämpötila on, sitä suurempi on myös ilma-vesilämpöpumpusta saatava hyöty. Tässä kuitenkin ongelமாகsi muodostuu se, että ulkolämpötilan ollessa korkea lämmityksen tarve kiinteistöissä on usein vähäinen.

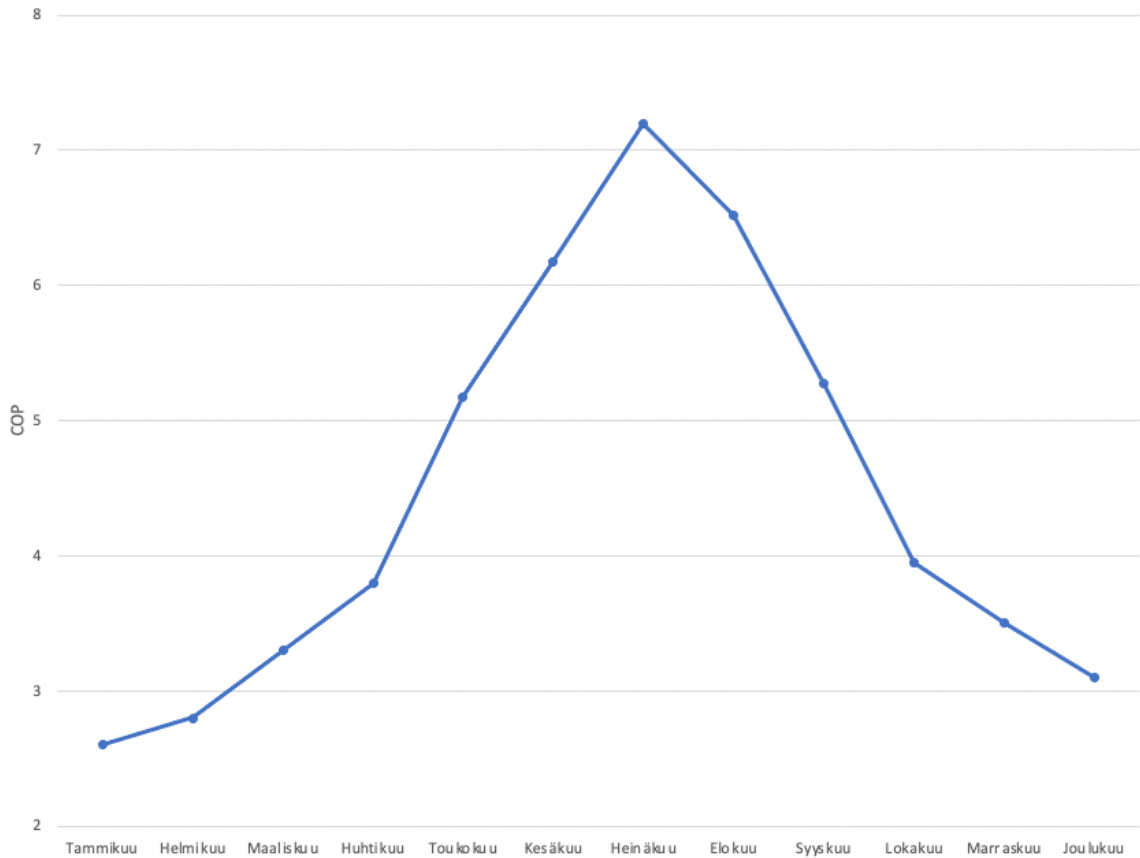
Ilma-vesilämpöpumpun tehokerrointa voidaan tutkia myös kuukausitasolla, jolloin tarvitaan keskimääräinen kuukausittainen ulkoilman lämpötila. Jotta ilma-vesilämpöpumpun tehokkuus sekä sähköenergian kulutus olisivat vertailukelpoisia aikaisemmin laskettuun öljyn kulutukseen, on ilma-vesilämpöpumpun tehokkuutta arvioitava samoilta vuosilta, joilta öljyn kulutusta on tarkasteltu. Tämän vuoksi kuukausittaisen keskilämpötilan (kuva 6) laskemiseen käytetään Ilmatieteenlaitokselta saatua säädataa vuosilta 2011-2017, kun säähavainnointi paikkana on Lappeenrannan lentoasema, joka on sijaitsee noin 25 km päässä kiinteistöä (Ilmatieteenlaitos 2022).



Kuva 6. Keskimääräinen lämpötila vuosilta 2011-2017

Luetaan edelleen ilma-vesilämpöpumpulle alle 9 °C:n ulkolämpötilojen tehokerroin valmistajan kuvaajasta (Liite 2). Kuvasta 6 voidaan huomata, että touko-syyskuussa keskimääräiset lämpötilat ovat yli 9 °C:n, jolloin tehokertoimen määrittämiseen täytyy käyttää edellä

esitettyä käänteistä Carnot-menetelmää. Lukemalla sekä laskemalla tehokertoimet, saadaan piirrettyä kuvaaja tehokertoimen muutoksesta kuukausittain vuosien 2011-2017 ajalta (kuva 7).



Kuva 7. Tehokerroin kuukausittain vuosien 2011-2017 keskilämpötilasta

Kuten aiemminkin huomattiin, mitä korkeampi lämpötila on, sitä korkeampi on ilma-vesilämpöpumpun tehokerroin. Tämä tarkoittaa ilma-vesilämpöpumpun olevan tehokkaampi mitä lämpöisempi ulkoilmanlämpötila on. Kuitenkin ilma-vesilämpöpumpun ollessa tehokkaimmillaan kesällä lämmityksen tarve on vähäisin ja taas lämmityksen tarpeen ollessa suurimmillaan talvella, ilma-vesilämpöpumpun tehokkuus on huonoimmillaan.

4.2.1 Ilma-vesilämpöpumpun sähkön kulutus

Jos ilma-vesilämpöpumppu lämmittäisi koko kiinteistön vuoden ympäri, sen kuukausittainen sähkön kulutus voidaan laskea jakamalla kuukauden lämmityksen tarve kyseistä

kuukautta vastaavalla edellä lasketulla tehokertoimella. Laskemalla vuoden kuukausittaiset sähkön kulutukset, saadaan seuraavanlainen taulukko (taulukko 3).

Taulukko 3. Ilma-vesilämpöpumpun sähkön kulutus kuukausittain

	Sähkön kulutus [kWh]
Tammikuu	1087,9
Helmikuu	826,5
Maaliskuu	607,8
Huhtikuu	480,5
Toukokuu	203,6
Kesäkuu	120,9
Heinäkuu	92,9
Elokuu	102,5
Syyskuu	136,4
Lokakuu	312,5
Marraskuu	624,5
Joulukuu	771,4

Taulukosta 3 voidaan huomata, että sähkön kulutus ilma-vesilämpöpumpussa on keskimääräisesti suurinta tammikuussa, mikä voi johtua sen huonommasta tehokkuudesta kylmissä sääolosuhteissa sekä kiinteistön suuremmasta lämmityksentarpeesta. Lämpöisimpinä kausina, kuten kesäkuusta elokuuhun, ilma-vesilämpöpumpun sähkön kulutus pysyisi lähes alle 120 kWh/kk. Syksyisin sekä keväisin ilma-vesilämpöpumpun sähkön kulutus liikkuisi noin 130-630 kWh/kk välillä, kun taas esimerkiksi tammikuussa kulutus olisi jopa 1090 kWh. Koko vuoden keskimääräiseksi sähkön kulutukseksi saadaan noin 5367 kWh.

5 Kustannukset

Tässä osiossa lasketaan kustannukset öljylämmitykselle sekä ilma-vesilämpöpumpun sähkön kulutukselle. Ilma-vesilämpöpumppu osiossa otetaan myös huomioon laitteen investointiin kuluvat kustannukset.

5.1 Öljy

Tarkastellaan öljyn käytön kustannuksia vuosien 2011-2017 kulutuksen kannalta. Hintana käytetään kesälaatuksen lämmitysöljyn tämän hetkistä hintaa. Kiinteistön omistaja on yleensä tilannut lämmitysöljynsä Nesteeltä, jonka mukaan öljyn tämän hetkinen hinta on noin 1,58 €/l (Neste 2023a). Laskemalla keskimääräiselle kuukausittaiselle öljyn kulutukselle kustannukset edellä mainitulla hintatasolla, saadaan kustannuksiksi seuraavanlainen taulukko (taulukko 4).

Taulukko 4. Öljyn kulutuksen kuukausittainen kustannus

	Öljyn kustannus [€]
Tammikuu	496,57
Helmikuu	406,29
Maaliskuu	352,11
Huhtikuu	320,51
Toukokuu	185,09
Kesäkuu	130,91
Heinäkuu	117,37
Elokuu	117,37
Syyskuu	126,40
Lokakuu	216,69
Marraskuu	383,71
Joulukuu	419,83

Taulukosta 4 voidaan huomata öljyn käytön kustannuksien vaihtelevan huomattavasti eri vuoden aikoina, joka voi johtua kiinteistön erilaisesta lämmityksen tarpeesta vuoden eri

kuukausina. Lämmitysöljyn toimitukseen sisältyy myös toimitusmaksu, joka on kyseiselle paikkakunnalle 50 € (Neste 2023a). Huomioiden toimitusmaksun, öljyn kulutuksen kokonaiskustannuksiksi vuodessa saadaan 3322,9 €. Kuitenkin öljyn käytön kustannuksiin vaikuttavat, kuinka paljon kiinteistön lämmitykseen käytetään puuta sekä tapahtuuko öljysäiliöiden täyttö useamman kerran vuodessa.

5.2 Ilma-vesilämpöpumpun investointi ja käyttö

Koska kiinteistössä on kyseisellä hetkellä käytössä lämmitysjärjestelmänä öljykattila, tarkastellaan työssä myös ilma-vesilämpöpumpun asennuksen kustannuksia. Laskennassa oletetaan, ettei investointia varten tarvitse ottaa lainaa.

Tyypillisesti ilma-vesilämpöpumpun investointi kustantaa kuluttajalta noin 8000–9000 €, kun laite asennetaan saneerauskohteeseen. Toisaalta, myös ilma-vesilämpöpumppu mallien välillä on hinta eroja. Split -mallinen laitteisto esimerkiksi kustantaa 9000–14000 €. (Energiatehokaskoti 2023.) Koska työssä tarkasteltava kiinteistö on saneerauskohteeseen, ja haluttu malli on split, käytetään ilma-vesilämpöpumpun investoinnin hintana 9000 €.

Ilma-vesilämpöpumpun käytön kustannukset saadaan kertomalla kulutus sähkön hinnalla. Kiinteistön omistaja ostaa sähkönsä Helen-sähkøyhtiöltä, ja sopimuksen hintana hänellä on 0,1757 €/kWh (Helen 2023). Sähkön hinnan lisäksi laskelmissa on huomioitava sähkön siirron sekä sähköveron hinta. Nämä määräytyvät alueellisen sähkøyhtiön mukaan, joka tässä tapauksessa on Kymenlaakson sähkø. Tällöin sähkön siirrosta käytetään hintaa 0,0241 €/kWh ja sähköverossa 0,027937 €/kWh (Kymenlaakson sähkø 2021). Keskimääräiselle sähkön kulutukselle kuukausikohtaisiksi kustannuksiksi saadaan seuraavat (taulukko 5).

Taulukko 5. Ilma-vesilämpöpumpun käytön keskimääräiset kustannukset vuodessa

	Sähkön kustannus [€]
Tammikuu	247,76
Helmikuu	188,23
Maaliskuu	138,42
Huhtikuu	109,42
Toukokuu	46,38
Kesäkuu	27,52
Heinäkuu	21,15
Elokuu	23,35
Syyskuu	31,07
Lokakuu	71,16
Marraskuu	142,22
Joulukuu	175,68

Taulukosta 5 voidaan huomata ilma-vesilämpöpumpun käytön kustannusten olevan suurimmillaan talvikuukausina, jolloin myös sähkön kulutus oli suurinta. Tammikuussa kustannukset olisivat jopa lähes 250 €, mutta esimerkiksi heinäkuussa ne olisivat vain noin 21 €. Keskimääräiseksi vuotuisaksi kustannukseksi taulukon 5 mukaan saadaan noin 1220 €, joka on huomattavasti vähemmän kuin öljyn kulutukseen kuluvat kustannukset.

6 Kannattavuus

Tässä osiossa tarkastellaan ilma-vesilämpöpumpun sekä öljylämmityksen muodostaman hybridilämmitysjärjestelmän kannattavuutta. Osiossa pohditaan myös, mitkä ovat kriteerit, jolloin öljylämmitys otetaan käyttöön, ilma-vesilämpöpumpun kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa, sekä tehdään herkkyystarkastelu öljyn ja sähkön hinnoille.

6.1 Öljylämmityksen käyttöönoton kriteerit

Öljylämmityksen käyttöönotolle ilma-vesilämpöpumpun sijasta voi olla useita eri syitä. Ilma-vesilämpöpumpun käyttöä rajoittaa, se että pumpun teho ei välttämättä riitä kattamaan kiinteistön lämmityksen tarvetta talven alhaisimmissa lämpötiloissa. Tällöin ilma-vesilämpöpumpun rinnalle täytyy ottaa käyttöön öljylämmitys, jolla hoidetaan kiinteistön lisälämmityksentarve.

Toinen ilma-vesilämpöpumpun käyttöä rajoittava tekijä on sen taipumus sammuttaa itsensä lämpötilan pudotessa liian alhaiseksi, jolloin varalämmitysjärjestelmä on välttämätön. Huomioiden kiinteistön sijainnin, sekä tarkastelemalla vuoden lämpötiloja (kuva 5), voidaan huomata kylmimpien kuukausien olevan tammi- sekä helmikuu. Tämä tarkoittaa, että öljylämmityksen on oltava käyttövalmiina ainakin kyseisinä kuukausina.

Öljylämmitys voi olla syytä ottaa käyttöön myös silloin, jos on taloudellisesti kannattavampaa hoitaa kiinteistön lämmitys öljyllä ilma-vesilämpöpumpun sijaan. Taloudelliseen kannattavuuteen vaikuttaa öljyn ja sähkön hinnan lisäksi ulkolämpötila, sillä ilma-vesilämpöpumpun tehokerroin laskee ulkolämpötilan laskiessa. Myös tämän takia kylmemmillä lämpötiloilla voi olla kannattavampaa hoitaa lämmitys öljyllä.

6.2 Lämmitysjärjestelmien vertailu

Kiinteistön lämmitykseen öljyä kuluu vuodessa noin 2070 l. Ennen tämä olisi kustantanut vähemmän, mutta koska öljyn hinta on noussut viime vuosina, kustantaa öljylämmitys

nykyisellä hinnalla kiinteistön omistajalta noin 3300 € vuodessa. Jos öljyn hinta jatkaa edelleen nousuaan, on mahdollista, että lähi vuosina öljylämmitys kustantaa paljon enemmän.

Työn laskelmien mukaan ilma-vesilämpöpumppu kuluttaisi noin 5367 kWh sähköä vuodessa kattaessaan koko kiinteistön lämmityksen tarpeen. Tämä kustantaisi nykyisellä sähkön hinnalla kiinteistön omistajalta noin 1220 € vuodessa. Vaikka ilma-vesilämpöpumpun käyttö kiinteistön lämmitysjärjestelmänä kustantaisi lähes joka kuukausi huomattavasti vähemmän kuin öljyn käyttö, ei sen teho kuitenkaan välttämättä riitä kattamaan kiinteistön lämmityksentarvetta kylmimmissä talviolosuhteissa. Kuten aiemminkin todettiin, ilma-vesilämpöpumppu tarvitsee rinnalleen öljylämmityksen vuoden kylmimpinä aikoina.

Hybridikäytössä kiinteistön lämmityksen tarve voitaisiin hoitaa ilma-vesilämpöpumpulla maaliskuusta joulukuuhun, jolloin se kuluttaisi noin 3450 kWh sähköä ja kustantaisi vain noin 790 € vuodessa. Koska tammi- ja helmikuussa ulkolämpötila voi laskea alle ilma-vesilämpöpumpun toimintapisteen, lämmityksen tarve hoidetaan tarvittaessa kyseisinä kuukausina öljylämmityksellä. Tällöin öljyä kuluisi noin 570 l ja se kustantaisi nykyisellä hinnalla noin 900 € vuodessa. Tällöin kiinteistön lämmityksentarpeen kokonaiskustannuksiksi vuodessa tulisi noin 1690 €. Hybridikäytössä syntyvä säästö nykyisiin lämmityksen kustannuksiin verrattuna olisi siis noin 1630 € vuodessa.

Kustannukset riippuvat kuitenkin paljon eri lämmitysmuotojen kulutuksesta. Esimerkiksi lämpötilan salliessa, ilma-vesilämpöpumppua voidaan käyttää myös tammi- ja helmikuussa, jolloin öljyn kulutus vähenee ja säästö kasvaa entisestään. On myös mahdollista, että ilma-vesilämpöpumppu tarvitsee tuekseen öljylämmityksen muulloinkin kuin tammi-helmikuussa, jolloin taas kustannukset hieman kasvavat. Tällöin kuitenkin osa öljylämmityksestä voitaisiin korvata puulämmityksellä, jolloin öljyn kulutus jäisi vähäisemmäksi, eivätkä kustannukset nousisi niin paljoa.

6.3 Ilma-vesilämpöpumpun kannattavuus ja takaisinmaksuaika

Tyypillisesti ilma-vesilämpöpumpun käyttöikä on noin 15–25 vuotta. Käyttöikä voi myös olla korkeampi, mikäli ilma-vesilämpöpumppu toimii hybridilämmitysjärjestelmänä toisen lämmitysmuodon rinnalla, jolloin ilma-vesilämpöpumppu säästyy suurimmalta rasitukselta toisen lämmitysmuodon hoitaessa kylmimmät lämpötilat. (Lämpöykkönen 2022.) Koska

tässä tapauksessa ilma-vesilämpöpumppu asennettaisiin toimimaan öljykattilan rinnalle, oletetaan laitteiston pysyvän käyttökelpoisena 25 vuotta.

Koska hybridilämmitysjärjestelmästä saatava säästö on vuodessa noin 1630 €, syntyisi säästöä ilma-vesilämpöpumpun toiminta-aikana yli 40 800 €. Kun huomioon otetaan ilma-vesilämpöpumpun asennuksen kustannus, joka on noin 9000 €, jäisi kiinteistön omistaja voitolle ilma-vesilämpöpumpun asennuttamisesta yli 31 800 € 25 vuoden aikana.

Ilma-vesilämpöpumpun hankkimisen kannattavuutta voidaan tarkastella myös takaisinmaksuajalla. Koroton takaisinmaksuaika voidaan laskea jakamalla ilma-vesilämpöpumpun investoinnin kustannus vuodessa saatavalla säästöllä (Motiva 2018b, s.6).

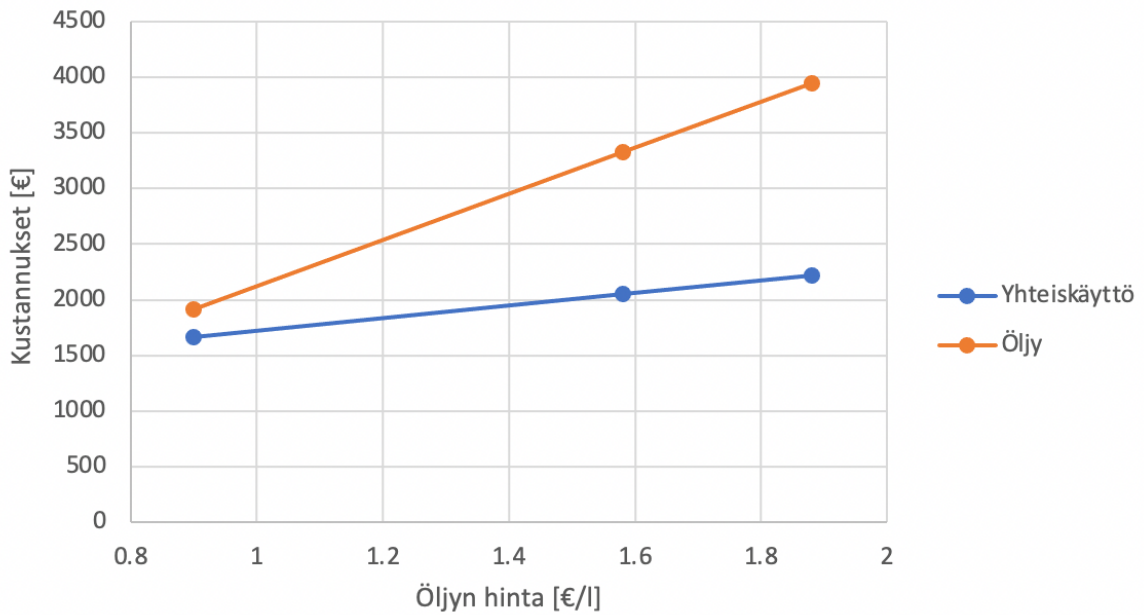
$$\text{TMA} = \frac{I}{p} \quad (4)$$

jossa I on investoinnin kustannus [€], ja p on vuodessa syntyvä säästö [€/a]. Tällöin takaisinmaksuajaksi saadaan noin 5 vuotta ja 7 kuukautta, eli ilma-vesilämpöpumpun asennus maksaisi itsensä takaisin alle kuudessa vuodessa. Verrattaessa tätä ilma-vesilämpöpumpun käyttöikänsä, vaikuttaa sen asennus kannattavalta.

6.3.1 Herkkyystarkastelu

Tarkastellaan öljyn sekä sähkön hinnan vaikutuksia öljyn käytön sekä hybridi- eli yhteiskäytön kustannuksiin sekä niiden kannattavuuteen. Yhteiskäytössä on huomioitu ilma-vesilämpöpumpun investoinnin kustannus jaettuna sen odotetulle käyttöiälle.

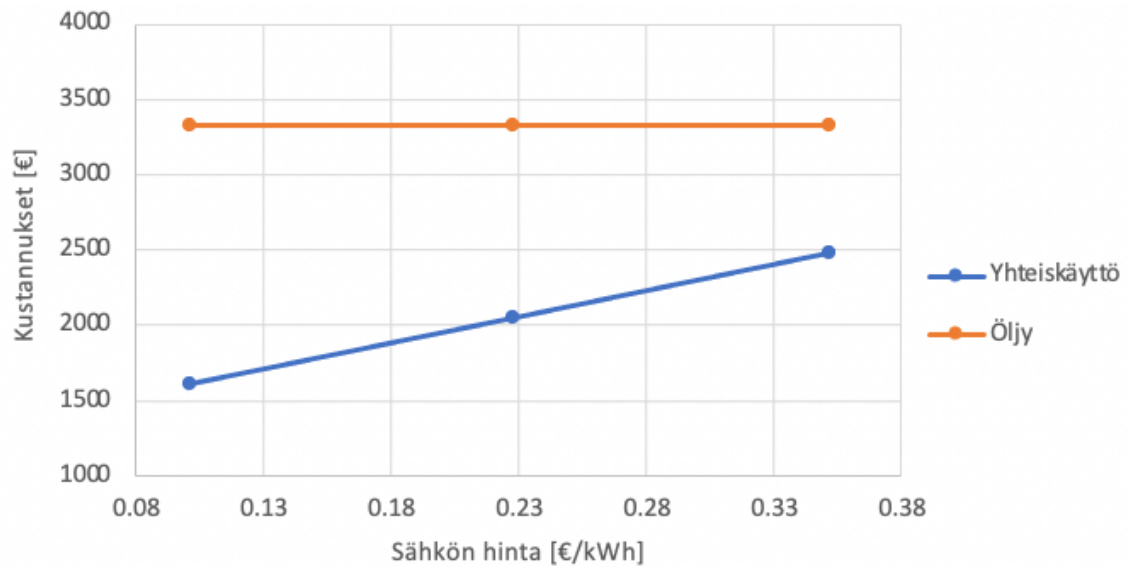
Tarkastellaan ensimmäisenä öljyn hintaa kolmella eri hintatasolla sähkön hinnan pysyessä nykyisessään vakiona. Koska öljyn hinnat ovat viime vuosina vaihdelleet huomattavasti, käytetään työssä kiinteistön omistajalta saatuja hintoja. Kiinteistön omistajan mukaan öljyn hinta on vuosina 2011-2017 ollut keskimäärin noin 0,9 €/l. Toisena vertailtavana hintana käytetään öljyn nykyistä hintaa, joka oli noin 1,58 €/l (Neste 2023a). Kolmantena vertailutasona käytetään hintaa, jossa öljy on kiinteistön omistajan mukaan käynyt korkeimmillaan, joka on noin 1,88 €/l. Öljyn hinnan muutoksen vaikutus öljyn käytön sekä yhteiskäytön vuosikustannuksiin esitetään seuraavassa kuvassa (kuva 8).



Kuva 8. Öljyn hinnan herkkyytarkastelu

Kuvasta 8 voidaan huomata, että yhteiskäyttö on kannattavampaa kaikilla työssä tarkastelluilla öljyn hinnoilla. Jos öljyn hinta laskisi alle 0,8 €/l, on mahdollista, että tällöin öljyn käyttö olisi kannattavampaa kuin yhteiskäyttö. Huomioiden kuitenkin nykytilanteen, on epätodennäköistä, että öljyn hinta laskisi alhaisemmaksi kuin mitä se on ollut noin 10 vuotta sitten, jolloin ilma-vesilämpöpumpun ja öljykattilan yhteiskäyttö olisi huomattavasti kannattavampaa öljyn nykyisillä hinnoilla.

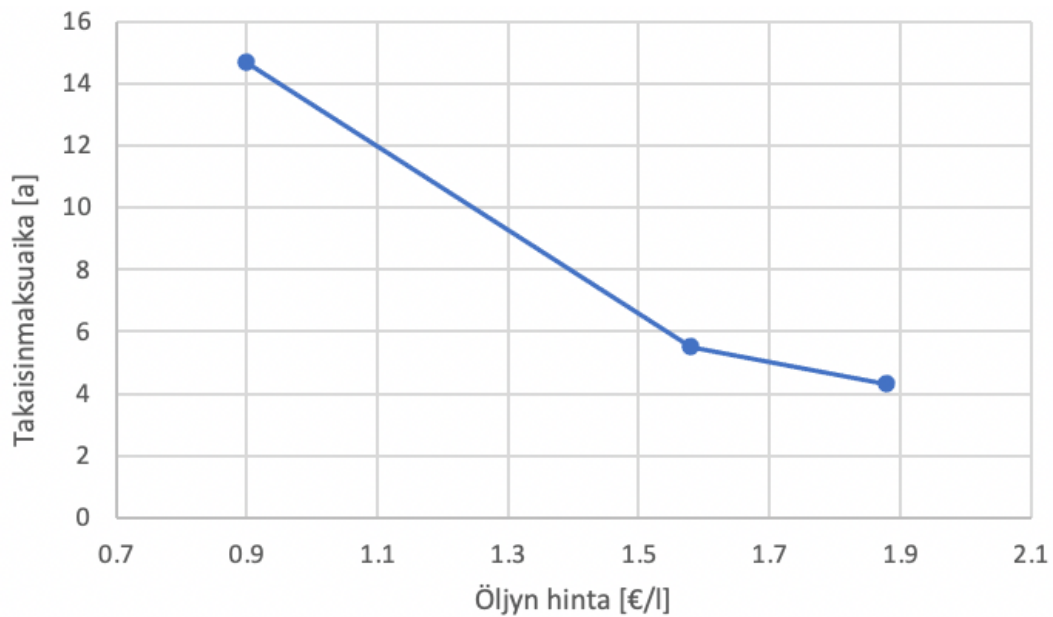
Tarkastellaan seuraavaksi sähkön hinnan vaikutusta öljyn käytön ja yhteiskäytön kustannuksiin öljyn hinnan pysyessä vakiona eli nykyisenä hintana. Käytetään sähkön matalimpana hintana vuoden 2017 sähkön hintaa kotitalousasiakkaalle, jonka sähkön vuosikulutus on 2500–4 999 kWh, jolloin hinta on 0,0492 €/kWh (Tilastokeskus 2022). Toisena vertailukohteena käytetään sähkön nykyistä hintaa 0,1757 €/kWh. Sähkön hinnat ovat olleet nousussa lähiaikoina, tämän vuoksi valitaan kolmanneksi vertailukohteeksi reilusti nykyistä korkeampi hinta, 0,30 €/kWh. Lisäksi vertailussa otetaan huomioon sähkövero ja siirtomaksu. Sähkön hinnan vaikutus öljyn ja yhteiskäytön kustannuksiin ja kannattavuuteen esitetään seuraavassa kuvassa (kuva 9).



Kuva 9. Sähkön hinnan herkkyytarkastelu

Kuvasta 9 voidaan huomata sähkön hinnan vaihtelun vaikuttavan yhteiskäytön kustannuksiin enemmän kuin öljyn hinnan vaihtelu kuvassa 8. Kuitenkin yhteiskäytön kustannukset pysyvät silti pienempinä kuin öljyn käytön kustannukset sen nykyisellä hinnalla, mikä tekee yhteiskäytöstä taas kannattavampaa.

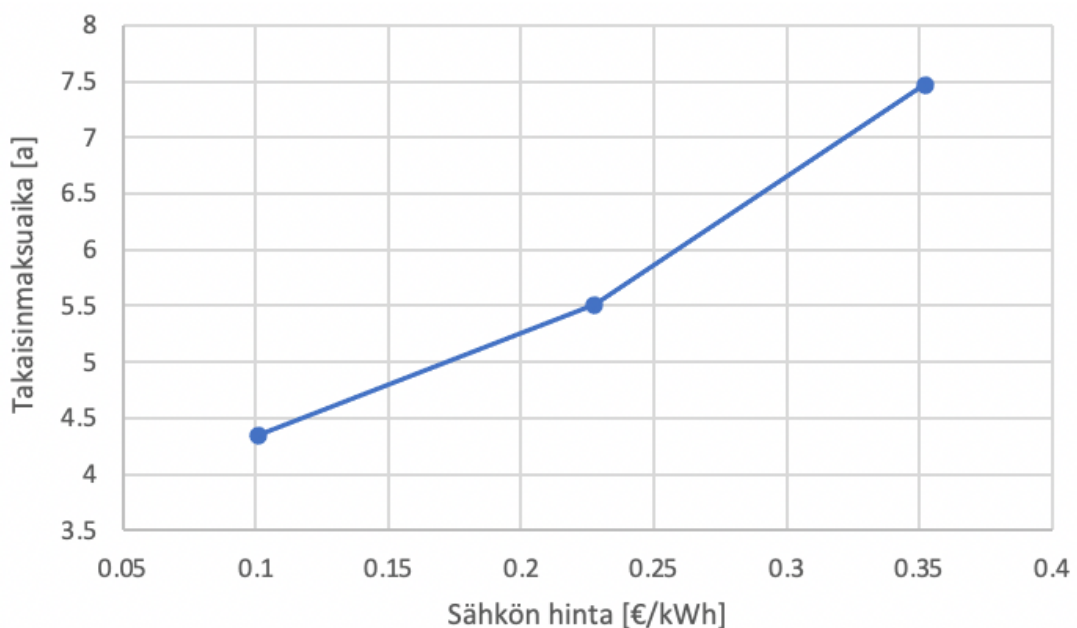
Tarkastellaan vielä öljyn sekä sähkön hinnan vaikutusta takaisinmaksuaikaan. Takaisinmaksuajassa lasketaan kuinka monta vuotta kestää, että ilma-vesilämpöpumpun ja öljylämmityksen yhteiskäytöstä syntyvä säästö on kattanut ilma-vesilämpöpumpun asennukseen kuluvat kustannukset. Seuraavassa kuvassa on esitetty öljyn hinnan vaikutus takaisinmaksuikaan (kuva 10).



Kuva 10. Takaisinmaksuaika öljyn hinnan funktiona

Kuvasta 10 voidaan huomata, että öljyn hinnan noustessa takaisinmaksuaika pienenee. Tämä johtuu siitä, että vaikka öljyn hinnan nousu kasvattaa kummankin lämmitysmuodon kustannuksia, on yhteiskäytöstä syntyvä säästö sitä suurempi mitä korkeampi öljyn hinta on. Tällöin myös takaisinmaksuaika pienenee, mikä tekee yhteiskäytöstä kannattavampaa pelkkään öljylämmitykseen verrattuna.

Esitetään seuraavassa kuvassa sähkön hinnan vaikutus takaisinmaksuaikaan (kuva 11).



Kuva 11. Takaisinmaksuaika sähkön hinnan funktiona

Kuvasta 11 voidaan huomata sähkön hinnan nousun kasvattavan ilma-vesilämpöpumpun asennuksen takaisinmaksuaikaa. Vaikka sähkön kokonaishinta nousisi 0,35 €/kWh, on takaisinmaksuaika silti huomattavasti pienempi kuin ilma-vesilämpöpumpun käyttöikä. Tästäkin voidaan siis päätellä ilma-vesilämpöpumpun asennuksen olevan kannattavaa. Tämä voidaan huomata myös öljyn hinnan herkkyytarkastelusta, jolloin voidaan todeta takaisinmaksuajan olevan kummassakin tapauksessa aina huomattavasti pienempi kuin käyttöikä, mikä tekee asennuttamisesta kannattavaa, vaikka öljyn ja sähkön hinnoissa tapahtuisikin muutoksia.

7 Johtopäätökset

Työn tarkoituksena oli tutkia ilma-vesilämpöpumpun sopivuutta öljykattilan rinnalle omakotitalokiinteistön lämmitysjärjestelmäksi. Työssä myös selvitettiin, millaiset säästöt syntyisivät, jos lämmitysjärjestelmiä käytettäisiin yhdessä eli hybridilämmitysjärjestelmänä. Tärkeimpänä johtopäätöksenä työstä saatiin, että ilma-vesilämpöpumppu olisi sopiva vaihtoehto öljykattilan rinnalle. Tämä huomattiin esimerkiksi siitä, että hybridikäytöstä syntyvät säästöt olivat huomattavat, vaikka ilma-vesilämpöpumppu jouduttaisiinkin asentamaan kiinteistöön.

Vaikka kiinteistön lämmityskustannukset olisivat ilma-vesilämpöpumpulla huomattavasti vähäisemmät kuin lämmitettäessä öljyllä, ei tämä kuitenkaan ole mahdollista ilma-vesilämpöpumpun rajoittuneen toiminnan vuoksi. Ilma-vesilämpöpumpun käyttöä sekä toimintaa rajoittaa kylmä ulkoilma, jonka vuoksi sen tehokerroin sekä teho heikkenevät lämpötilan laskiessa, ja pahimmillaan ilma-vesilämpöpumppu sammuu kylmimmissä lämpötiloissa. Tämän vuoksi ilma-vesilämpöpumppu tarvitsee aina Suomessa rinnalleen toisen lämmitysjärjestelmän, joka voi tarvittaessa hoitaa kiinteistön lämmityksen.

Ilma-vesilämpöpumpun kannattavuutta arvioitiin takaisinmaksuajan sekä eri herkkyystarkastelujen avulla. Takaisinmaksuajaksi saatiin alle kuusi vuotta, joka on verrattuna ilma-vesilämpöpumpun käyttöikäen huomattavasti pienempi, mistä voidaan päätellä ilma-vesilämpöpumpun asennuksen olevan kannattavaa. Työssä vertailtiin myös öljyn sekä sähkön hinnan muutoksien vaikutuksia hybridikäytön sekä öljyn käytön kustannuksiin. Kummastakin tapauksesta voitiin huomata, että lämmitysmuotojen yhteiskäyttö oli kaikilla tutkituilla hinnoilla kannattavampaa.

Hintojen herkkyystarkastelua tehtiin myös takaisinmaksuajan suhteen. Kummassakin tapauksessa voitiin huomata hintojen nousun vaikuttavan takaisinmaksuaikaan, öljyn hinnan noustessa takaisinmaksuaika pieneni ja sähkön hinnan noustessa takaisinmaksuaika kasvoi. Öljyn hinnan noustessa säästö yhteiskäytön ja öljyn käytön välillä kasvoi, mikä vähensi takaisinmaksuaikaa. Sähkön hinnan noustessa takaisinmaksuaika kasvoi, mutta pysytteli kuitenkin alle kymmenen vuoden. Kummassakin tapauksessa takaisinmaksuaika oli kaikilla

tarkastelluilla hinnoilla huomattavasti alle ilma-vesilämpöpumpun käyttöiän, mistä voidaan päätellä sen asennuttamisen olevan kannattavaa.

Voidaan siis todeta, että ilma-vesilämpöpumpun asennuttaminen olisi kannattavaa kyseisessä omakotitalokiinteistössä. Ilma-vesilämpöpumpulla kiinteistön omistaja saisi huomattavia säästöjä vuotuisiin kustannuksiin sekä pystyisi myös vähentämään öljyn käyttöä huomattavasti. Öljylämmityksen mahdollisuus on kuitenkin hyvä säilyttää talven kylmimpiä aikoja varten, jolloin öljylämmityksellä voidaan tarvittaessa tukea ilma-vesilämpöpumppua.

Lähteet

- Ariterm service OY. 2020. Monienergiakattilat Ariterm 520, asennus- ja käyttöohjeet. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 29.10.2022] Saatavissa PDF-muodossa: <https://ariterm.fi/wp-content/uploads/2020/04/AritermService-520-asennus-ja-kayttoohjeet.pdf>
- Bioenergianeuvoja. 2022a. Energia-arvot ja muuntokertoimet. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 6.12.2022]. Saatavissa: <https://www.bioenergianeuvoja.fi/faktaa/biopolttoaineiden-muuntokertoimia/>
- Bioenergianeuvoja. 2022b. Muuntokertoimet. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 29.10.2022]. Saatavissa: <https://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/polttopuu/puu/>
- Ebnesajjad, Sina. 2021. Concise Handbook of Fluorocarbon Gases – Applications in Refrigeration and other Industries. John Wiley & Sons. ISBN 978-1-119-32297-9. Saatavissa: https://app-knovel-com.ezproxy.cc.lut.fi/web/view/khtml/show.v/rcid:kpCHFGARIG/cid:kt012X13G3/viewerType:khtml/root_slug:concise-handbook-fluorocarbon
- Energiatehokaskoti. 2023. Tutkittua säästöä ilma-vesilämpöpumpulla. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 25.1.2023]. Saatavissa PDF-muodossa: https://www.energiatehokaskoti.fi/files/384/Tutkittua_saastoa_ilma-vesilampopumpulla.pdf
- Helen. 2023. Tee sähkösojimus. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 4.1.2023]. Saatavissa: <https://www.helen.fi/sahko/sahkosopimus>
- Ilmatieteenlaitos. 2022. Havaintojen lataus. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 5.12.2022]. Saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>
- Jäsipi. 2018. 5 vastausta ilma-vesilämpöpumpuista. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 14.11.2022]. Saatavissa: <https://jaspi.fi/2018/02/05/blogi-5-vastausta-ilma-vesilampopumpuista/>
- Kymenlaakson sähkö. 2021. Sähkön verkkopalveluhinnasto. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 4.1.2023]. Saatavissa: <https://www.ksoy.fi/sahkoverkko/verkkopalvelusopimukset/hinnastot-ja-ehdot/sahkon-verkkopalveluhinnasto-1-1-2021/>

Lämpöykkönen. 2022. Ilma-vesilämpöpumppu: 20 usein kysyttyä kysymystä. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 25.1.2023]. Saatavissa: <https://lampoykkonen.fi/artikkelit/ilma-vesi-lampopumppu-usein-kysytyt-kysymykset/>

Motiva. 2023. Hybridi- tai tukilämmityksellä pienempi öljynkulutus ja uusiutuvalla lämmitysöljyllä päästövähennyksiä. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 1.3.2023]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/oljylammittajalle

Motiva. 2021. Ilma-vesilämpöpumppu, IVLP. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 5.11.2022]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu_ivlp

Motiva. 2022a. Ilma-vesilämpöpumppu. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 7.11.2022]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputekno-logiat/ilma-vesilampopumppu

Motiva. 2012. Lämpöä ilmassa. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 5.11.2022]. Saatavissa PDF-muodossa: https://www.motiva.fi/files/7964/Lampoa_ilmassa_Ilmalampopumput.pdf

Motiva. 2018a. Lämpöpumppujen hankintaopas – kunnat ja taloyhtiöt. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 16.11.2022]. s. 6, 9. Saatavissa PDF-muodossa: https://www.motiva.fi/files/14752/Lampopumppujen_hankintaopas_kunnat_ja_taloyhtiot.pdf

Motiva. 2018b. Toimenpiteen taloudellinen kannattavuus Laskentatyökalu – ohje työkalun käyttöön. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 29.1.2023]. Saatavissa PDF-muodossa: https://www.motiva.fi/files/14771/Toimenpiteen_taloudellinen_kannattavuus_laskurin_ohje_2018.pdf

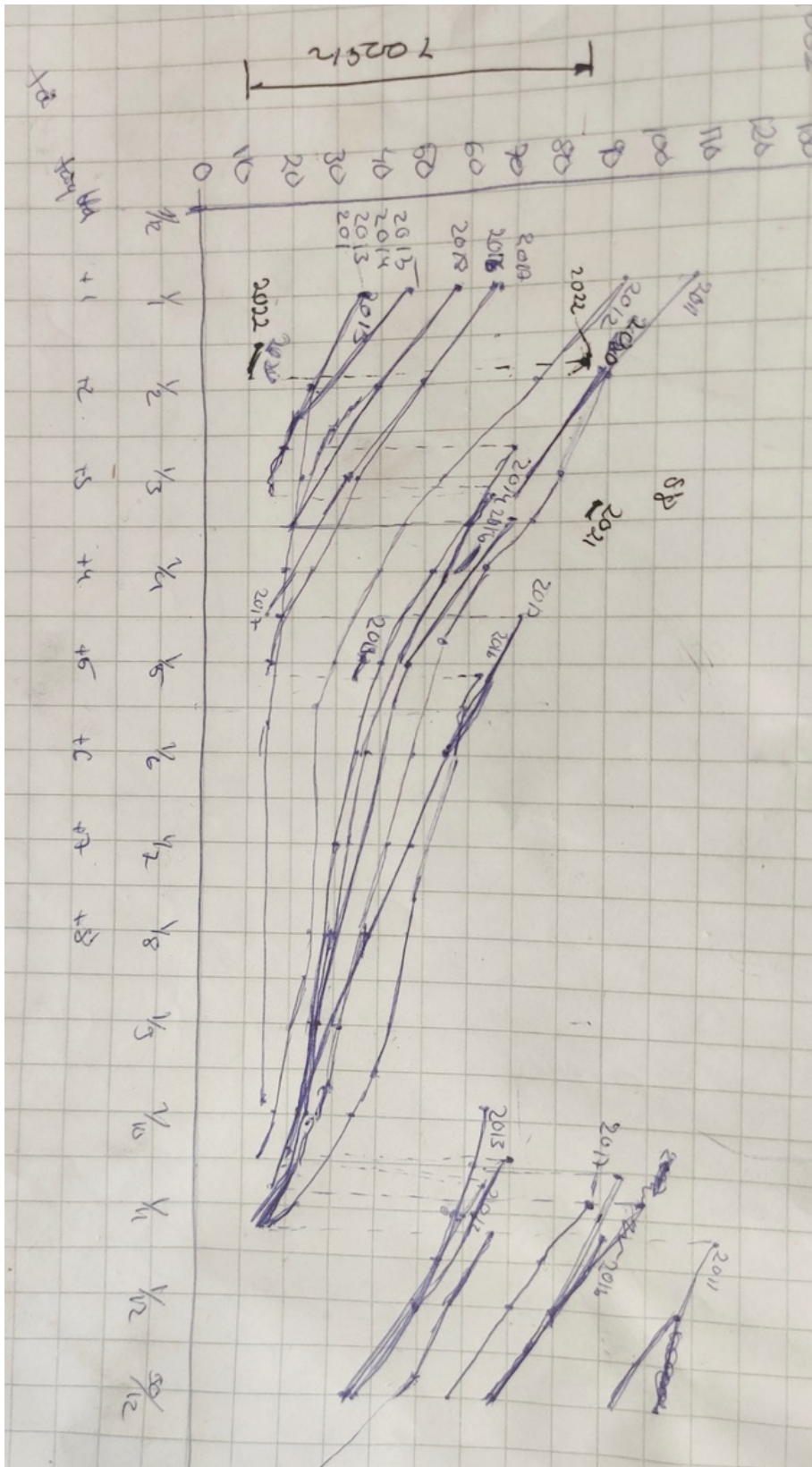
Motiva. 2022b. Öljylämmitys. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 2.2.2023]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/oljylammitys

Neste. 2023a. Laske lämmitysöljyn hinta ja tilaa lämpöä kotiin. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 2.1.2023]. Saatavissa: <https://www.neste.fi/lammitysoljytilaus>

Neste. 2023b. Öljylämmitys – parhaat vinkit. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 11.1.2023]. Saatavissa: <https://www.neste.fi/oljylammitys-pientaloasumiseen>

- NIBE. 2018. Asentajan käsikirja, Ilma/vesilämpöpumppu NIBE AMS 10_{6, 8, 12, 16}. [Viitattu 8.12.2022]. Saatavissa PDF-muodossa: <https://assetstore.nibe.se/hcms/v2.3/entity/document/26328/storage/MDI2MzI4LzAvbWFzZdGVy>
- NIBE. 2022. Lämpöpumppu nykyisen lämmitysjärjestelmän rinnalle. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 14.11.2022]. Saatavissa: <https://www.nibe.eu/fi/fi/tietopankki/lampopumppumuun-jarjestelman-rinnalle>
- NIBE. 2023. NIBE split plus. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 12.1.2023]. Saatavissa: <https://www.nibe.eu/fi/fi/tuotteet/lampopumput/ilma-vesilampopumput/split-plus>
- Ouman Finland OY. 2022. Ouman EH-80. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 30.10.2022]. Saatavissa PDF-muodossa: https://www.rakentaja.fi/pdf/kauppa/3741_ouman_saatolaite_varuste_ouman_kompensointi_yks_tmpr/2_4360502esiteFin.pdf
- Tiileri. 2022. Takkaleivinuunit, Tyyne. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 30.10.2022]. Saatavissa: <https://tiileri.fi/tuote/tyyne/>
- Tilastokeskus. 2022. Energian hinnat. [Verkkoaineisto]. [Päivitetty 8.12.2022]. [Viitattu 26.1.2023]. Saatavissa: https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ehi/statfin_ehi_pxt_13rb.px/table/tableViewLayout1/
- Vallox. 2008. Vallox Digit Se, käyttö- ja huolto-ohje. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 2.11.2022]. Saatavissa PDF-muodossa: https://www.vallox.com/files/159/KAHUdigit-sed_F_140808.pdf

Liite 1. Öljysäiliön pinnan korkeudet



Liite 2. NIBE Split-plus AMS 10-8 ilma-vesilämpöpumpun tehokerroin kuvaaja

COP AMS 10-8

