



**ILMA-VESILÄMPÖPUMPUN JA
ÖLJYLÄMMITYKSEN
ENERGIATEHOKKUUS- JA
KUSTANNUSANALYYSI
JULKISESSA KIINTEISTÖSSÄ**

Jenniina Lehto

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Talotekniikan koulutus
LVI-talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutus
LVI-talotekniikka

LEHTO, JENNIINA:

Ilma-vesilämpöpumpun ja öljylämmityksen energiatehokkuus- ja kustannusanalyysi julkisessa kiinteistössä

Opinnäytetyö 43 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Huhtikuu 2018

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ilma-vesilämpöpumpun takaisinmaksuaika ja kustannustehokkuus saneerauskohteessa, jossa oli ennestään öljylämmitys. Laskelmat tehtiin Tampereella sijaitsevaan koulurakennukseen, joka on vuodelta 1900.

Uusiutuvien energioiden käyttöä lisätään jatkuvasti ja fossiilisten polttoaineiden käyttö on vähenemässä. Saneerauskohteissa suositetaan hybridijärjestelmiä, joiden avulla pystytään nostamaan lämmitysjärjestelmän kustannustehokkuutta ja hyödyntämään jo olemassa olevaa lämmitysjärjestelmää.

Opinnäytetyön kohteena olleen koulurakennuksen kustannustehokkuus ja takaisinmaksuaika saatiin laskettua edellisten vuosien kulutusten perusteella. Järjestelmän öljyn käyttö väheni 35 % ja takaisinmaksuajaksi saatiin 7,6 vuotta. Herkkyysanalyysissä tarkasteltiin, miten hyötysuhteiden sekä energiahintojen muutokset vaikuttavat takaisinmaksu-aikaan. Tämän opinnäytetyön tuloksena voidaan todeta ilma-vesilämpöpumpun olevan kannattava investointi, sillä se vähentää ostettavan energian määrää ja päivittää lämmitysjärjestelmän nykyaikaan.

Opinnäytetyön ongelmaksi osoittautui lähtötietojen ja seurantajakson rajallisuus, jonka seurauksena lopputuloksen luotettavuutta on vaikea arvioida. Jatkotutkimuksia varten olisi kannattavaa asentaa mittareita, joiden avulla saataisiin tarkemmat kulutustiedot ja hyötysuhteet selville.

Asiasanat: öljylämmitys, lämpöpumppu, hybridilämmitysjärjestelmä, kannattavuus, takaisinmaksuaika

ABSTRACT

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

LEHTO, JENNIINA:

The Energy Efficiency and the Payback Period of an Air-to-Water Heat Pump while Connected to Oil Heating

Bachelor's thesis 43 pages, appendices 2 pages
April 2018

Renewable energy has become more common as a heating source and fossil fuel is gradually excluded. Destination, the purpose of the use, the investment price and the energy price need attention when a renewable energy source is added. An air-to-water heat pump system reduces the amount of delivered energy when it is installed in a renovation target. At the same time, the heating system is modernized to become more environmentally friendly than before.

The purpose of this study was to examine the cost-efficiency, energy savings and the payback period of an air-to-water heat pump. The air-to-water heat pump was installed in summer 2017 to update the old oil heating system into a more modern, hybrid heating system.

The actual energy consumption was compared to the theoretical value and the heating degree-day was compared to the previous years. The previous year's consumption of oil and electricity is comparative to the consumption of the year 2017 by the heating degree-day information. The used energy was converted to a monetary value by the source of energy and it shows how much money is saved in a year. Furthermore, it shows how long the payback time is.

Key words: heat pump, oil heating, renovation, heating source, payback time

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TEORIA	8
2.1	Öljylämmitys	8
2.1.1	Toimintaperiaate	8
2.2	Ilma-vesilämpöpumppu, UVLP	9
2.2.1	Toimintaperiaate	10
2.3	Hybridilämmitys	11
3	ENERGIAN KÄYTTÖ JA ENERGIATEHOKKUUS.....	13
4	INVESTOINTILASKELMAT.....	17
4.1	Nettonykyarvomenetelmä.....	17
4.2	Annuiteettimenetelmä.....	18
4.3	Sisäisen korkokannan menetelmä.....	18
4.4	Pääoman tuottoaste menetelmä.....	19
4.5	Takaisinmaksuajan menetelmä.....	19
4.6	Reaalikorko.....	20
5	LÄHTÖTIEDOT	21
5.1	Kohde.....	21
5.2	Kulutus edellisvuosina.....	21
5.2.1	Öljy.....	21
5.2.2	Sähkö.....	23
5.2.3	Lämmin käyttövesi.....	24
5.3	Lämmitysenergiat hinnat	24
5.4	Vertailu muihin ratkaisuihin	25
5.5	Investoinnin hinta	27
6	TULOKSET	28
6.1	Normitus	28
6.2	Säästöt.....	29
6.2.1	Energia	29
6.2.2	Kustannukset.....	30
6.3	Investoinnin kannattavuus	31
6.3.1	Nettonykyarvo.....	31
6.3.2	Takaisinmaksuaika.....	32
6.4	Herkkyyshanalyysi.....	32
6.4.1	Hyötysuhde	32
6.4.2	Energiat hinnat	34
7	POHDINTA.....	37

LÄHTEET	38
LIITTEET	42
Liite 1. Kytkäkaavio	42
Liite 2. Ilma-vesilämpöpumppu	43

LYHENTEET JA TERMIT

COP	lämpöpumpun tehokkuutta kuvaava lämpökerroin, ilmoittaa lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian määrän suhteessa käytettyyn sähköenergiaan kyseisellä hetkellä (<i>Coefficient of Performance</i>)
E-luku	rakennuksen vuotuinen ostoenergian laskennallinen kulutus lämmitettyä nettoalaa kohden (kWh / m ² vuosi)
Energiamuotokerroin	kulutetun energian ja kulutuksen seurauksien välinen verrannollisuus kerroin, jossa huomioidaan uusiutuvien energioiden käytön edistäminen sekä energian tuotannon tehokkuus
EPBD	rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (<i>Energy Performance of Buildings Directive</i>)
LP	lämpöpumppu
Lämmitystarveluku	rakennuksen lämmitysenergian tarvetta kuvaava luku (°Cvrk)
nZEB	lähes nollaenergia-rakennus (<i>nearly Zero-Energy Buildings</i>)
SCOP	vuotuinen lämpökerroin, ilmoittaa lämpöpumpun tuottaman lämpöenergian määrän suhteessa käytettyyn sähköenergiaan määritellyltä ajalta (<i>Seasonal COP = Seasonal Coefficient of Performance</i>)
SPF	keskimääräinen vuotuinen lämpökerroin, ilmoittaa lämpöenergian määrän suhteessa käytettyyn sähköenergiaan vuoden aikana (<i>Seasonal Performance Factor</i>)
UVLP	ulkoilma-vesilämpöpumppu

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on tutkia Tampereen Sorilan kouluun asennetun ilma-vesilämpöpumpun kustannustehokkuutta ja takaisinmaksuaikaa. Ilma-vesilämpöpumppu lisättiin kesällä 2017 öljylämmityksen rinnalle lisäämään energiatehokkuutta. Öljyn ja sähkön kulutusta ei ollut saatavilla koko lämmityskaudesta, joten työssä käytetään vertailuna edellisvuosien öljyn kulutusta ja se normitetaan tämän vuoden tuloksiin Ilmatieteen laitoksen lämmitystarvelukujen avulla.

Öljylämmityksestä ollaan siirtymässä uusiutuvien energioiden käyttöön niin saneeraus- kuin uudiskohteissakin. Uusiutuvan energialähteen lisäämisessä tulee huomioida kohteen käyttötarkoitus ja sijainti, järjestelmän elinkaari, investointi-, huolto- ja asennuskulut sekä energian hinta ja sen muutokset. Saneerauskohteissa ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä pienentää ostoenergian tarvetta sekä päivittää lämmitysjärjestelmän nykyaikaisemmaksi.

Tämä opinnäytetyö sisältää seitsemän lukua. Luvussa kaksi kerrotaan lämmitystekniikoiden teoria. Luvussa kolme käsitellään energian käyttöä Suomessa, energiatehokkuutta sekä lakeja ja säädöksiä, jotka koskevat energian käyttöä. Luvussa neljä kerrotaan erilaisista investointilaskelma malleista. Luvussa viisi esitellään kohde ja lähtötiedot, joita käytetään luvun kuusi tuloksissa. Näitä lukuja seuraa yhteenveto päätelmineen sekä lähteet ja liitteet.

2 TEORIA

2.1 Öljylämmitys

Suomessa noin viidesosassa rakennuksista käytetään edelleen öljylämmitystä. Kuitenkin uudiskohteissa vain noin 1% rakennetaan pelkän öljylämmityksen varaan, vaikka se sopii niin vesikiertoiseen lattialämmitykseen kuin patterilämmitykseen. (Suomi rakentaa 2013)

Öljylämmitysjärjestelmään kuuluu lämpökattila, öljypoltin ja –säiliö, savuhormi sekä säätölaitteisto. Kattilassa oleva vesi lämmitetään öljypolttimessa palavalla öljyllä ja ohjataan lämmitysverkostoon sekä käyttöveteen. Varaaja on yleensä vain suuremmissa järjestelmissä tai sellaisissa, joissa käytetään myös muuta lämmönlähdettä. Öljyn lämmitys-teho on nopea, jonka vuoksi esimerkiksi pientaloissa varaajaa ei tarvita. (Suomi rakentaa 2013)

Lämmitysverkoston menoveden lämpötila määräytyy ulkolämpötilan sekä säätökäyrän mukaan, mitä kylmempi ulkona on, sitä kuumempaa menovesi on. Menoveden lämpötilaa säädellään säätöventtiilillä siten, että kattilasta tulevaa vettä sekoitetaan verkostosta palaavaan paluuveteen. (Suomi rakentaa 2013)

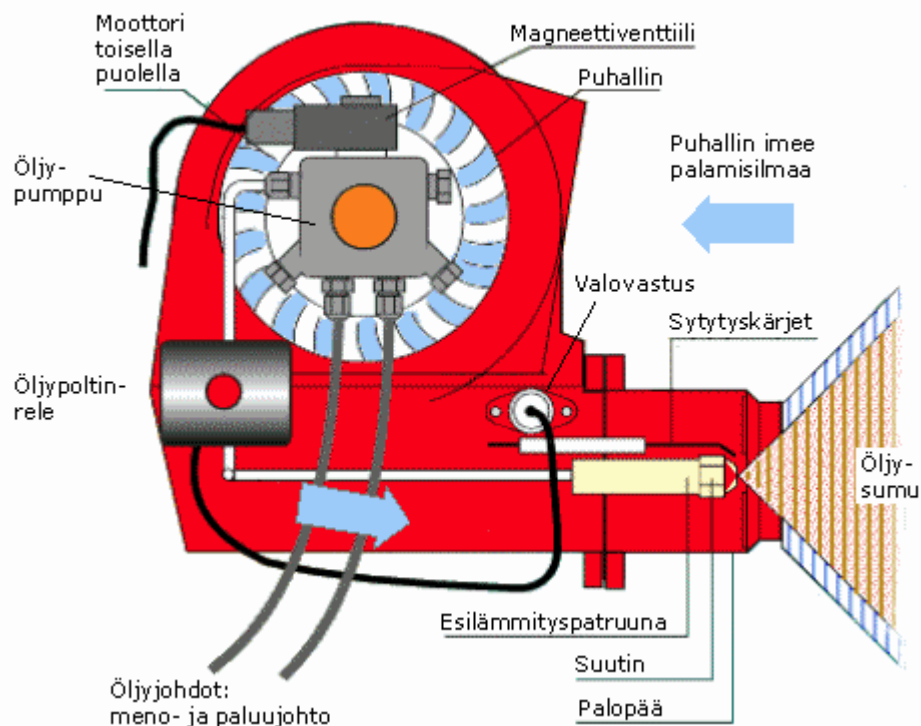
Nykyaikaisella laitteistolla energiatehokkuus on hyvä ja käyttökustannuksiltaan kilpailukykyinen. Lämmön tuottoon saadaan sidottua jopa 95% polttoöljyn sisältämästä energiasta. Hyötysuhde on kehittynyt ja vanhan kattilan uusiminen voi säästää jopa 30% tarvittavan öljyn määrää. (Suomi rakentaa 2013)

2.1.1 Toimintaperiaate

Öljypolttimet voidaan jakaa kevytöljypolttimiin ja raskasöljypolttimiin, portaattomasti säätöviin sekä säätötavan mukaan yksitehopolttimiin ja kaksi- tai kolmitehopolttimiin. Kaksi- ja kolmitehopolttimissa on useampi suutin kuin yksitehopolttimissa.

Kattilaveden lämpötila ohjaa öljypolttimen käyntiä kattilatermostaatin avulla. Sähkömoottorin käynnistyessä öljypumppu sekä samalla akselilla oleva ilmapuhallin alkavat

pyöriä. Ilman avulla kattila puhdistuu tulipesän palamattomista kaasuista. Polttimessa sijaitseva pumppu imee öljyä säiliöstä esilämmityspatruunan läpi ja puristaa sen 7-15 bar:n paineella suuttimen ja palopään läpi sumuna tulipesään. Ilman ja öljypisaroiden sekoittuminen tapahtuu palopäässä. Palopään jälkeen öljysumu ja ilma sekoittuvat keskenään ja saavat korkeajännitteisen sähkövirran sytytysmuuntajan kautta. Sytytysmuuntajan korkeajännitteisen sähkövirran avulla sytytyskärkien välille syntyy sähkökipinä, joka sytyttää öljysumun. Valovastus estää palamattoman öljysumun ruiskutuksen kattilaan, sillä jos liekki ei syty, valovastus pysäyttää polttimen (KUVA 1). (Virsunen, Huhtinen, Jalonen, Rauhala ja Virta 1999)



KUVA 1. Öljypolttimen toiminta (Ivip10sag 2018).

2.2 Ilma-vesilämpöpumppu, UVLP

Ilma-vesilämpöpumppu koostuu ulko- ja sisäyksiköstä. Ulkoyksikössä se saa lämmitysenergiansa ulkoilmasta ja siirtää sen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään sisäyksikön avulla. Ulkoyksikköön kuuluu höyrystin sekä kompressori, sisäyksikköön kuuluu varaaja sekä lauhdutin. UVLP:n avulla osa lämmitysenergiasta voidaan hyödyntää myös käyttö-

veden lämmitykseen. UVLP:llä voidaan lämmittää käyttövesi jopa +50 °C, jonka ylimenevä osa lämmitetään kohteessa olevalla toisella lämmitysjärjestelmällä, kuten sähköllä tai öljyllä. (Motiva 2018a)

Ulkoilman lämpötilan laskiessa, UVLP:n hyötysuhde ja saatavan lämmitysenergian määrä laskevat. Tehon määrä laskee jopa 50%, kun vertaillaan ulkoilman lämpötiloja -20 °C ja +7 °C. Lämpötilan laskiessa noin -20 °C, UVLP sammuttaa itse itsensä automaattisesti estäen laitteiston jäätyminen. Jos UVLP on rakennuksen ainut lämmönlähde, voidaan pakkasaikana käyttää sen omia sähkövastuksia lämmitykseen, jolloin lämmitystapa muuttuu sähkölämmitykseksi. (Motiva 2018a)

Ilma-vesilämpöpumpuista suurin osa on tasavirtaohjattuja inverter-malleja, eli laitteen tuottamaa lämmitystehoa pystytään säätämään kompressorin kierroslukuja ohjaamalla. Tasavirtaohjattu UVLP on hyvä ratkaisu saneerauskohteisiin, joissa pääsulakekokoa ei vaihdeta. Tasavirtaohjauksella varustettu UVLP:n kompressorin elinikä sekä hyötysuhde paranevat ja hetkelliset sähkövirran kulutushuiput vähenevät. (Motiva 2018a)

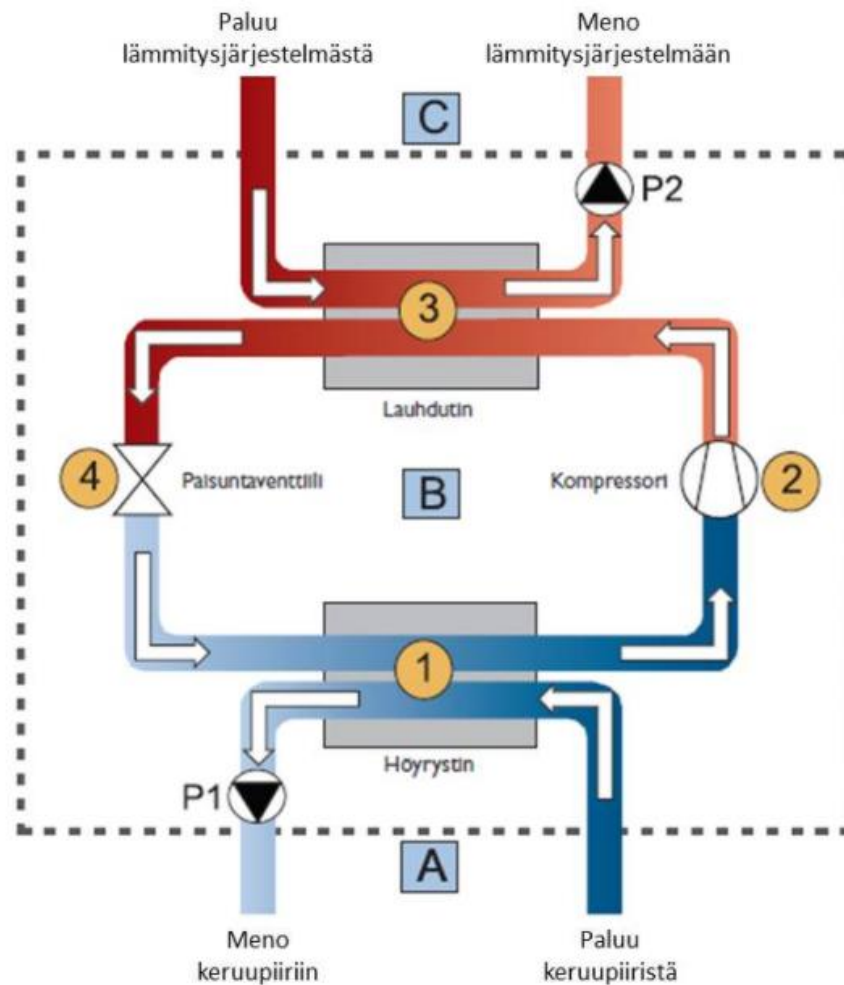
UVLP:n vuotuinen lämpökerroin SPF on noin 2-3. SPF:llä tarkoitetaan kerrointa, kuinka paljon laite tuottaa lämpöenergiaa (kWh) käyttämänsä sähkö kWh:ta kohti vuodessa. Verrattuna suoraan sähkölämmitykseen ilma-vesilämpöpumpulla tarvitaan noin 50% vähemmän ostettavaa sähköä tilojen ja käyttöveden lämmitykseen. (Sulpu 2017)

2.2.1 Toimintaperiaate

Ilmavesilämpöpumpun toimintaperiaate näkyy vaiheittain kuvassa 2. Vaiheet on jaettu neljään osaan.

1. Ilmasta kerätään lämpöä, joka siirretään lämpöpumpun kylmäaineeseen höyrystimen avulla. Höyrystyessään kylmäaineeseen sitoutuu lämpöenergiaa.
2. Höyrystynyttä kylmäainetta puristetaan kompressorin avulla. Kylmäaineen lämpötila ja paine nousevat.
3. Korkeassa paineessa oleva kuuma kylmäaine, noin 100 °C johdetaan lauhduttimeen, jossa tapahtuu lämpöenergian luovutus lämmitysverkostoon.
4. Nestemäinen jäähdytetty kylmäaine kulkee paineenalennusventtiilin läpi, jossa paine laskee ja lämpötila jäähtyy noin -10 °C:seen. (Motiva 2018b)

A-vyöhyke kuvaa ulkona sijaitsevan yksikön toimintaa. B-vyöhyke on teknisessä tilassa ja C-vyöhyke kuvaa rakennukseen lähtevää lämmityspiiriä.



KUVA 2. Lämpöpumpun toimintaperiaate (SYKE – Ympäristöopas).

2.3 Hybridilämmitys

Hybridilämmityksessä käytetään kahta tai useampaa energialähdettä lämmityksen ja lämpimän käyttöveden tuottoon. Järjestelmiä voidaan käyttää yhtäaikaaisesti tai vuorotellen siten, että pyritään ympäristöystävälliseen ja energiatehokkaaseen ratkaisuun, samalla vähentäen lämmityskuluja. Hybridilämmityksen mitoituksessa on tärkeää, että ainakin yksi järjestelmästä kattaa lämmitettävän rakennuksen koko energiatarpeen. (Energiatehokas koti 2017)

Hybridilämmitys tarvitsee lämminvesivaraajan sekä hyvin suunnitellun ja säädetyn automaation. Poikkeuksena ilma-ilmalämpöpumpun, joka luovuttaa lämmön suoraan ilmaan, jolloin lämminvesivaraaja ei ole pakollinen, jos päälämmönlähde on esimerkiksi öljy.

Automaatiolla on suuri merkitys energiatehokkuuteen, sillä oikein säädetty lämmitysjärjestelmä takaa lämpimän veden ja lämmön riittävyyden, tuhlaamatta energiaa.

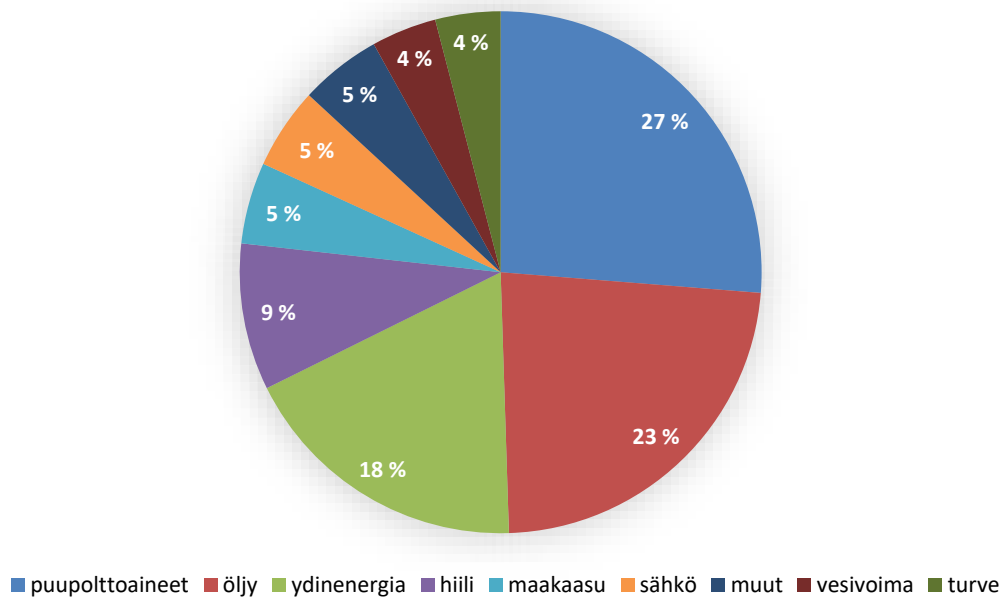
Hybridilämmitystä pystytään hyödyntämään niin uudis- kuin saneerauskohteissa. Usein saneerauskohteissa halutaan saada esimerkiksi öljyn käyttöä pienennettyä sekä tehdä rakennuksesta energiatehokkaampi ja ympäristöystävällisempi kuin ennen saneerausta. Lisälämmönlähteenä voidaan käyttää muun muassa lämpöpumppua, aurinkokeräintä tai tulisijaa. (Suomela 2010)

3 ENERGIAN KÄYTTÖ JA ENERGIATEHOKKUUS

Suomen ilmasto- ja energiastrategian tavoitteisiin kuuluu uusiutuvien energialähteiden lisääminen. Taustalla ovat EU:n ilmasto- ja energiapolitiikan sitoumukset joihin kuuluu kasvihuonepäästöjen vähentäminen 20%:lla, uusiutuvien energianlähteiden käytön lisääminen 20%:lla sekä energiatehokkuuden parantaminen 20%:lla vuoteen 2020 mennessä. Vertailuvuotena käytetään vuotta 1990. (Rantala, RIL 265-2014)

Vuonna 2016 energian loppukäyttö oli 1081 PJ (petajoulea), josta rakennusten lämmitykseen käytettiin 26% (Motiva 2017a, ennakkotieto). Uusiutuvien energioiden käyttö on koko ajan nousussa, mutta esimerkiksi fossiilisia polttoaineita käytetään edelleen myös paljon (KUVA 3).

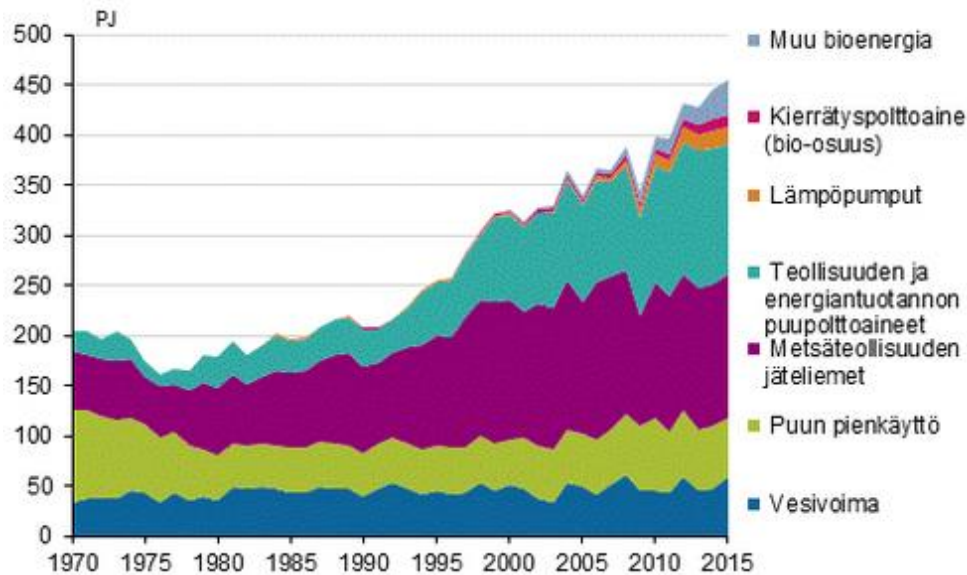
Energialähteiden käyttö 2016



KUVA 3. Energian kokonaiskulutuksen lähteet (Tilastokeskus 2017c, ennakkotieto, muokattu).

Vuonna 2021 tulee voimaan uusi EU-direktiivi, jossa kaikkien uudisrakennusten tulee olla lähes nollaenergiataloja, eli nZEB-taloja. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi EPBD edellytyksenä uusien julkisten rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuk-

sia vuodesta 2019 alkaen. (Rantala, RIL 265-2014) Tämän myötä uusiutuvien energioiden käyttö lisääntyy ja lämpöpumput yleistyvät. Kuvasta 4 näkee, kuinka uusiutuvien energioiden käyttö Suomessa on kasvanut 70-luvulta lähtien.



KUVA 4. Uusiutuvien energioiden käyttö Suomessa vuosina 1970-2015 (Motiva 2018d).

Tällä hetkellä uusien rakennuksien lämmöntuottotapaan koitetaan vaikuttaa energiamuotokertoimen avulla. Energiamuotokerroin on E-luvun laskennan osa, joka on määrätty jokaiselle lämmönlähteelle huomioiden uusiutuvien energioiden käytön edistäminen sekä energian tuotannon tehokkuus. Pienemmällä energiamuotokertoimella saa paremman E-luvun (TAULUKKO 1). E-luvulla kuvataan rakennuksen ostoenergiankulutusta rakennuksen standardikäytöllä ottaen huomioon rakennuksen pinta-ala (kWh / (m² vuosi)). E-luku määrittää rakennuksen energiatodistus luokan A-G, joista A on paras. Energiatodistuksen avulla on mahdollista vertailla rakennuksien energiatehokkuutta rakennuksen ominaisuuksien kautta. Energiatodistus on voimassa 10 vuotta ja se tulee olla jokaisella uudisrakennuksella sekä 1980-vuoden jälkeen valmistuneilla asuinrakennuksilla, joita myydään tai vuokrataan. Energiatodistus on tullut pakolliseksi opetusrakennuksille vuonna 2015. (Finlex 2013)

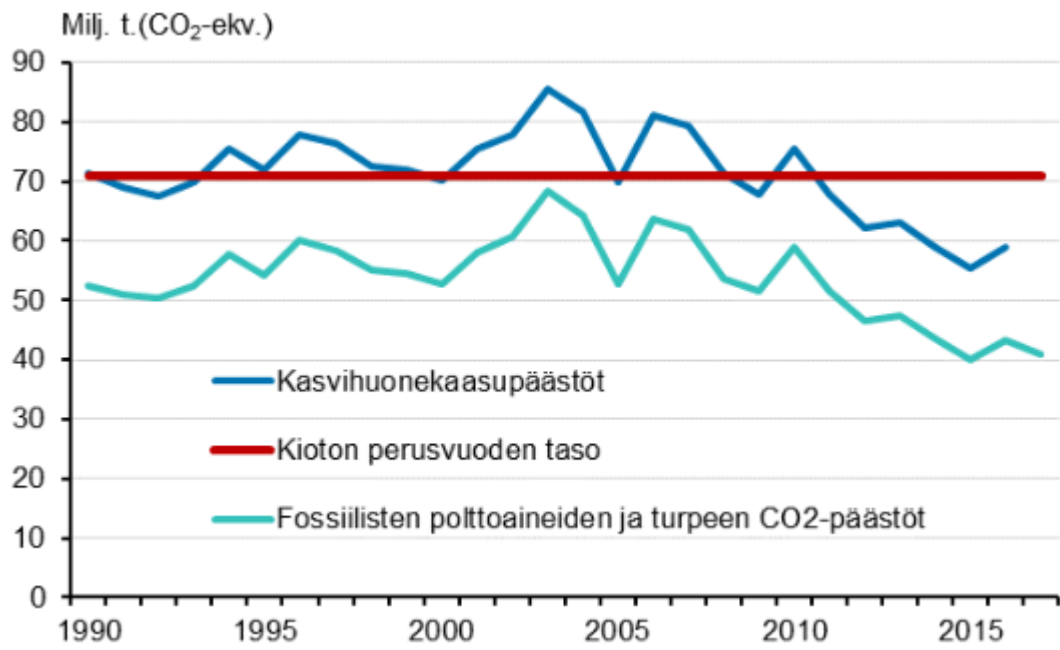
TAULUKKO 1. Energiamuotokertoimet 1.1.2018 alkaen (Finlex 2017).

Sähkö	1,20
Kaukolämpö	0,50
Kaukojäähdytys	0,28
Fossiiliset polttoaineet	1,00
Uusiutuvat polttoaineet	0,50

Rakennus- tai saneeraushankkeeseen lähtiessä on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja toteutetaan energiaa ja luonnonvaroja säästäen. Korjausrakentamisen energiamääräykset tulivat voimaan vuonna 2013. Energiatehokkuuden vähimmäisvaatimustaso on täytettävä ja osoitettava asianmukaisilla laskelmilla. Rakennuksen taloteknisten järjestelmien tulee olla sellaisia, että energiankulutus ja tehontarve jäävät mahdollisimman vähäiseksi, ja että energiankulutusta voidaan seurata. (Ympäristöministeriö 2017)

Ilmakehä lämpenee, kun sinne pääsee kasvihuonekaasuja. Merkittävimpiä päästöjen lähteitä ovat hiilen, öljyn ja maakaasun polttaminen energian tuotantoa varten. Suomen kasvihuonepäästöistä noin 30 prosenttia syntyy rakennusten energian käytöstä. (Rantala, RIL 265-2014)

Energiatuotannon hiilidioksidipäästöt nousivat 6 prosenttia vuodesta 2015 vuoteen 2016. Vuonna 2016 kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt olivat 58,9 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia (t CO₂-ekv.), joka on noin 17 prosenttia vähemmän kuin vuonna 1990 (Tilastokeskus 2017e, ennakkotieto). Kuvasta 5 näkee Suomen kasvihuonepäästöjen kehityksen. Kioton pöytäkirja on YK:n ilmastosopimusta täsmentävä sopimus. Kioton perusvuoden tasolla tarkoitetaan Suomen tavoitteellista päästötasoa, joka on vuoden 1990 päästötaso (Ympäristöministeriö 2013).



KUVA 5. Suomen kasvihuonepäästöt vuosina 1990-2016 (Tilastokeskus 2018).

4 INVESTOINTILASKELMAT

Investointi on sellainen sijoitus, jonka tarkoituksena on saada hyötyä ja säästöä. Investoinneilla haetaan pitkän ajanjakson tuottoa sekä merkitystä tulevaisuuden liiketoimintaan. Investoinnista aiheutuu kustannuksia, mutta investoinnista saatava hyöty jakaantuu usein pitkälle aikavälille. (Suomala 2011)

Investoinnin suunnittelu on tärkeässä osassa investoinnin tekoa. Suunnitteluvaiheessa tulee ottaa huomioon investoinnin kustannukset, takaisinmaksuaika, säästöt ja joissain tapauksissa määräykset sekä ympäristövaikutukset. (Yritystulkki)

Investointilaskelma on laskelma, joka ulottuu koko investoinnin pitoajalle. Pitoajaksi voidaan määrittää investoinnin hankkimisesta alkava aika aina siihen asti, että esimerkiksi laitteesta saadaan jäännösarvo ja se hävitetään lopullisesti. Laskelman avulla pyritään selvittämään investoinnin kannattavuus. Investointilaskelma on hyvä tapa selvittää paras vaihtoehto, jos esimerkiksi aikoo investoida uuteen lämmitysjärjestelmään ja on useampi järjestelmä vaihtoehtona. Laskelmien avulla on helpompi päätyä itselle sopivimpaan ratkaisuun, oli se sitten nopea takaisinmaksuaika tai suuret säästöt useamman vuoden takaisinmaksuajalla. (Yritystulkki)

Investointilaskelmat olisi hyvä tehdä useammalla kuin yhdellä menetelmällä, jotta saisi mahdollisimman todennukaisen tuloksen. Investoinnin kannattavuutta voi laskea nykyarvo-, annuiteetti-, sisäisen korkokannan-, pääoman tuottoaste- sekä takaisinmaksuajan menetelmällä. (Yritystulkki)

4.1 Nettonykyarvomenetelmä

Investointilaskutavoista nettonykyarvomenetelmä (*net present value*) on yleiskäyttöisin. Nettonykyarvomenetelmää käyttäessä sallitaan tuottojen ja kustannusten vuosittainen vaihtelu sekä otetaan huomioon korko ja investoinnin pitoaika. Tuotot ja kulut diskontataan nykyhetkeen käyttäen valittua korkokantaa. Diskonttauksella tarkoitetaan tulevaisuudessa tapahtuvan rahan käytön arvon muuttamista nykyarvoon. Nettonykyarvo laskeaan kaavalla (1). Nettonykyarvo on tulevien kassavirtojen nykyarvon ja investoinnin hankintamenon erotus (Yritystulkki).

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+r)^t} + \frac{I_n}{(1+r)^n} - I_0 \quad (1)$$

missä

NPV = nettonykyarvo

NCF = nettokassavirta

I_0 = investoinnin hankintameno eli alkuinvestointi

I_n = investoinnin jäännösarvo

n = investoinnin pitoaika vuosina

t = aika

r = diskonttauskorko. (Jormakka, Koivusalo, Lappalainen ja Niskanen 2015)

4.2 Annuiteettimenetelmä

Annuiteettimenetelmää käyttäessä investointi sekä jokainen vuosimeno ja –tulo jaetaan saman suuruiseksi ottaen huomioon investoinnin pitoaika, laskentakorkokanta sekä jäännösarvo. Nettotuoton ollessa suurempi kuin annuiteetti, investointi on kannattava (Yritystulkki). Annuiteetti eli vuosikustannus lasketaan kaavalla (2).

$$\text{Annuiteettitekijä} = \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \quad (2)$$

missä

r = korkokanta

n = taloudellinen pitoaika. (Jormakka, Koivusalo, Lappalainen ja Niskanen 2015)

4.3 Sisäisen korkokannan menetelmä

Sisäisen korkokannan menetelmässä (*internal rate of return*, IRR) haetaan investoinnin tuottamaa korkokantaa. Sisäinen korkokanta on korkokanta, jolla investoinnin kassavirran nettonykyarvo on nolla. Investointi on kannattava, jos laskelmasta saatu sisäinen korkokanta on suurempi tai yhtä suuri kuin tavoitteeksi määritelty tuotto prosentti (Suomala 2011). Tulos kertoo tuotto prosentin investoinnille ja lasketaan kaavalla (3).

$$\sum_{t=1}^n \frac{NCF}{(1+IRR)^t} + \frac{I_n}{(1+IRR)^n} - I_0 = 0 \quad (3)$$

missä

NCF = nettokassavirta

I_0 = investoinnin hankintameno eli alkuinvestointi

I_n = investoinnin jäännösarvo

n = investoinnin pitoaika vuosina

t = aika

r = diskonttauskorko. (Jormakka, Koivusalo, Lappalainen ja Niskanen 2015)

4.4 Pääoman tuottoaste menetelmä

Pääoman tuottoasteen menetelmässä tavoitteena on laskea pääoman tuottoaste (*return on investment*). Menetelmä ei ota huomioon eri aikoina syntyneitä tuottoja ja menoja, mutta antaa yleensä tuloksen riittävällä tarkkuudella. Pääoman tuottoaste (ROI) lasketaan jakamalla tyypillinen vuositulo investoidulla pääomalla (kaava 4, Jormakka, Koivusalo, Lappalainen ja Niskanen 2015).

$$ROI = \frac{\text{Keskimääräinen nettotulos vuodessa}}{\text{Investoitu pääoma}} \quad (4)$$

4.5 Takaisinmaksuajan menetelmä

Takaisinmaksuajalla (*payback*) tarkoitetaan sitä aikaa, jonka aikana nettotuotoilla saadaan maksettua investointi takaisin. Takaisinmaksuajan menetelmässä ei oteta huomioon rahan arvon vaihtelua vuosien aikana. Menetelmä ei ota kantaa investoinnin kannattavuuteen, vaan ilmaisee takaisinmaksuajan. Takaisinmaksuajan menetelmä katsoo kannattavimmaksi investoinnin, jonka takaisinmaksuaika on kaikista pienin (Suomala 2011). Jormakka, Koivusalo, Lappalainen ja Niskanen (2015) mukaan takaisinmaksuaika lasketaan seuraavasti kaavan (5) mukaan.

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{\text{Alkuinvestointi}}{\text{Vuotuinen nettokassavirta}} \quad (5)$$

Jos takaisinmaksuajassa huomioidaan korko, se lasketaan kaavalla (6). Kaavassa oletetaan investoinnin tuottojen pysyvän vakiona.

$$A = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} * k \quad (6)$$

missä

A = investoinnin hankintameno

i = laskennallinen korkokanta

n = takaisinmaksuaika

k = investoinnin vuotuinen tuotto. (Jormakka, Koivusalo, Lappalainen ja Niskanen 2015)

4.6 Reaalikorko

Reaalikorossa otetaan huomioon inflaatio, eli rahan arvon muuttuminen. Reaalikorko lasketaan kaavalla (7).

$$r = \frac{i-f}{(1+f)} \quad (7)$$

missä

r = reaalikorko

i = nimelliskorko

f = inflaatio. (Jormakka, Koivusalo, Lappalainen ja Niskanen 2015)

5 LÄHTÖTIEDOT

5.1 Kohde

Kohteena on Sorilan koulu Tampereella. Koulurakennus on vuodelta 1900 ja se on peruskorjattu vuonna 2001. Lämmitettäviä kuutioita kiinteistössä on yhteensä 3563. Lämmönjakotapana on ollut vuoteen 2017 asti öljylämmitys, kunnes kesällä 2017 öljyn rinnalle lisättiin ilma-vesilämpöpumppu. Kohteen öljylämmitys on toteutettu kahdella öljylämmityskattilalla, joiden yhteisteho on 310 kW ja öljysäiliön tilavuus on 15 000 litraa. Öljykattilat ovat vuosilta 1982 ja 1999. Asennetun AERMEC NRK 0330 ilma-vesilämpöpumpun teho on 45 kW. Lämmönjako kiinteistössä on toteutettu vesikiertoisilla lämmityspattereilla. Lämmitystarve muodostuu niin rakennusten lämmityksestä kuin käyttöveden lämmityksestä.

Ilma-vesilämpöpumpun asennuksen toimeksiantaja oli Tampereen kaupunki, suunnittelun teki Sweco Talotekniikka Oy ja asennuksen Bravida. Liitteessä 1 on järjestelmän kytkentäkaavio ja liitteessä 2 on ilma-vesilämpöpumppu asennettuna.

Kevyen polttoöljyn energiasisältö on 10,02 kWh / litra (Motiva 2010). Polttimien hyötysuhteet arvioidaan öljykattiloiden asennusvuoden perusteella. Öljykattiloiden hyötysuhteet ovat kehittyneet jopa 10 % vuosikymmenessä, joten kohteen hyötysuhteen voi arvioida olevan noin 75-80 %.

5.2 Kulutus edellisvuosina

5.2.1 Öljy

Edellisvuosien kulutustietoina käytettiin öljysäiliön tankkausmääriä. Tankkauspäivämäärät olivat tiedossa. Taulukoista 2-6 näkee vuosien 2011, 2013 ja 2015-2017 öljyn tankkausmäärät litroina sekä päivämäärät, jolloin öljysäiliö on täytetty.

TAULUKKO 2. Vuoden 2011 öljysäiliön täytöt.

Päivämäärä	Litraa
28.01.2011	9 856
30.03.2011	9 760
12.10.2011	5 853
Yhteensä	25 469

TAULUKKO 3. Vuoden 2013 öljysäiliön täytöt.

Päivämäärä	Litraa
30.01.2013	8 799
14.03.2013	9 931
06.08.2013	9 998
04.12.2013	9 303
Yhteensä	38 031

TAULUKKO 4. Vuoden 2015 öljysäiliön täytöt.

Päivämäärä	Litraa
29.01.2015	10 549
19.03.2015	10 173
30.07.2015	5 810
31.07.2015	6 485
25.11.2015	3 289
Yhteensä	36 306

TAULUKKO 5. Vuoden 2016 öljysäiliön täytöt.

Päivämäärä	Litraa
10.01.2016	9 759
25.02.2016	11 971
16.04.2016	7 185
21.04.2016	4 009
12.10.2016	10 001
19.12.2016	179
19.12.2016	10 782
Yhteensä	53 886

TAULUKKO 6. Vuoden 2017 öljysäiliön täytöt.

Päivämäärä	Litraa
10.01.2017	738
01.03.2017	10 199
02.05.2017	8 140
20.11.2017	10 311
Yhteensä	29 388

5.2.2 Sähkö

Sähkön käytön vertailuarvoina voidaan käyttää vuosien 2016 ja 2017 sähkönkulutusta (TAULUKKO 7). Lisäksi sähkön kulutustiedot olivat saatavilla tammikuulta 2017 ja 2018 (TAULUKKO 8). Tammikuun sähkönkulutuksia pystytään vertailemaan, sillä vuoden 2017 tammikuussa ilma-vesilämpöpumppua ei oltu vielä asennettu. Näiden arvojen perusteella voidaan olettaa, että tammikuun 2018 ylimääräinen sähkönkulutus on mennyt UVLP:n käyttöön.

TAULUKKO 7. Sähkön kulutuksia.

	Sähkö (MWh)
2016	220
2017	240

TAULUKKO 8. Sähkön kulutuksia.

	Sähkö (MWh)
Tammikuu 2017	23,4
Tammikuu 2018	31,5

5.2.3 Lämmin käyttövesi

Koska lämpimän käyttöveden kulutusta ei ole erikseen mitattu, voidaan käyttää oletusarvoja. Oletusarvona opetusrakennuksille käytetään arvoa $180 \text{ dm}^3 / \text{brm}^2 / \text{vuosi}$. (Motiva 2018c) Lämmitettävän kuutiomäärän ollessa 3563 m^3 , voidaan bruttoalaksi arvioida noin 1188 m^2 . Tällöin lämpimän käyttöveden kulutus on $213840 \text{ dm}^3 / \text{vuosi}$. Kaavalla (8) voidaan laskea lämmitettävän käyttöveden käyttämä energiamäärä (kWh) (Motiva 2017c).

$$Q_{lkv} = 58 * V_{lkv} \quad (8)$$

missä

Q_{lkv} = lämpimän käyttöveden energiankulutus (kWh / vuosi)

58 = veden lämmittämiseen tarvittava energiamäärä vesikuutiota kohden (kWh / m^3)

V_{lkv} = kulutettu lämpimän käyttöveden määrä ($\text{m}^3 / \text{vuosi}$). (Motiva 2017c)

Kaavalla (8) saadaan laskettua teoreettinen lämpimän käyttöveden energiamäärä Sorilan koulussa.

$$Q_{lkv} = 58 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} * 213,84 \text{ m}^3 = 12\,402,72 \frac{\text{kWh}}{\text{vuosi}}$$

5.3 Lämmitysenergiat hinnat

Energiat hinnat muuttuvat vuosittain. Hintaan vaikuttaa saatavuus, tarjonta, kysyntä, vuodenaika ja talouskasvu. Öljyn hintaan vaikuttaa myös huomattavasti sen tärkeys maailman energiataloudessa sekä öljyvarojen jakautuminen epätasaisesti ympäri maailmaa. Tällä hetkellä suurimmat öljyvarat ovat Lähi-Idässä, Keski- ja Etelä-Amerikassa sekä Venäjällä. (Öljy & bio polttoaineala 2018)

Lämmitysenergian hinnat ovat kasvaneet vuodesta 2016 vuoden 2017 loppuun mennessä. Kaikki hinnat sisältävät arvonlisäveron 24% (TAULUKKO 9).

TAULUKKO 9. Energiahinnat 2017 ja niiden muutos (Tilastokeskus 2017b).

Energia	Hinta (€/kWh)	Muutos edellisvuodesta %
Kevyt polttoöljy	0,088	+13,1
Sähkö	0,12	+5,7
Puupelletti	0,057	+1,1
Kaukolämpö	0,078	+1,2

5.4 Vertailu muihin ratkaisuihin

Lämmitystapamuutoksen kannattavuusselvitys on tehty kahdella eri tehoisella ilma-vesilämpöpumpulla sekä kolmella eri tehoisella maalämpöpumpulla. Maalämpöpumpppulaskelemissa on otettu öljykattila huomioon siten, että öljylämmitystä hyödynnetään, kun ulkolämpötila laskee niin alhaiseksi, että maalämpöpumpun tuottama lämpöenergian määrä ei riitä lämmittämään koko rakennusta. Jotta ilma-vesilämpöpumpujärjestelmä toimii optimitasolla, on laskennassa käytetty lämpöpumpun tuottaman lämpimän veden maksimi lämpötilana 45 °C, jolloin öljykattilaa käytetään tästä korkeamman lämpötilan tuottamiseen.

Laskennat on tehnyt Sweco Talotekniikka Oy ja ne ovat vuosien 2011-2013 normitettujen kulutustietojen pohjalta. Verkostojen mitoitus ja lämpötilatasojen on oletettu pysyvän samoina. Rakennuksen arvioitu lämpöenergian kokonaiskulutus laskuissa on 310,5MWh.

TAULUKKO 10. Lämmitysratkaisut ja niiden kustannukset.

Lämmitys- järjestelmä	LP teho (kW)	Lämmityskulut (€/a)		Säästö (€/a)	Laite- investointi (€)
		Ennen	Jälkeen		
Ilma-vesi LP1 + öljy	57	29 243	15 673	13 570	46 000
Ilma-vesi LP2 + öljy	50	29 243	16 291	12 952	43 500
Maalämpö LP1 + öljy	100	29 243	11 313	17 930	135 400
Maalämpö LP2 + öljy	60	29 243	12 038	17 205	93 300
Maalämpö LP3 + öljy	40	29 243	15 803	13 440	72 600

TAULUKKO 11. Lämmitysratkaisut ja niiden energiankulutukset.

Lämmitys- järjestelmä	COP	LP:llä tuotettu läm- mitysenergia (MWh)	Öljyllä tuotettu läm- mitysenergia (MWh)	Uusiutuvan ener- gian osuus (%)
Ilma-vesi LP1 + öljy	2,8	265,3	45,2	85,4
Ilma-vesi LP2 + öljy	2,8	252,0	58,5	81,1
Maalämpö LP1 + öljy	4,2	309,0	1,5	99,5
Maalämpö LP2 + öljy	4,0	280,8	29,7	90,4
Maalämpö LP3 + öljy	3,9	227,8	82,8	73,4

5.5 Investoinnin hinta

Investoinnin suuruuteen vaikuttavat laitehankinnat, asennus ja suunnittelu (TAULUKKO 12). Toimivan lämpöpumppujärjestelmän käyttöönottokustannukset ovat korkeammat kuin tavallisen lämmitysjärjestelmän, sillä säädöt ja laitteiston toiminta tulisi tarkistaa kaikissa olosuhteissa. Investointilaskelman on tehnyt Sweco Talotekniikka Oy.

TAULUKKO 12. Investoinnin hintaerittely.

Laitehankinta	Hinta (€)
Lämpöpumppu	20 500
LP-siirrin	4 500
LKV-siirrin	4 500
Varaaja	2 000
Tarvikkeet	2 500
Asennus	
LV-työt	3 500
Sähkötyöt	2 000
Automaatiotyöt	4 000
Muut	
Suunnittelu	10 000
Yhteensä	53 500

6 TULOKSET

6.1 Normitus

Eri vuosien ja kuukausien energian käyttöä voidaan vertailla, kun lämmitysenergia on normitettu. Normituksessa käytetään vuoden 2016 lämmitystarvelukua verrattuna vuoden 2017 lämmitystarvelukuun. Lämmitystarveluku kuvaa rakennuksen lämmitysenergian tarvetta. Rakennuksen energiankulutusta vertaillaessa eri ajanjaksoina voidaan käyttää kaavaa (9).

$$Q_{norm} = \frac{S_{N\ vpkunta}}{S_{toteutunut\ vpkunta}} * Q_{toteutunut} + Q_{lämmin\ vesi} \quad (9)$$

missä

Q_{norm} = rakennuksen normitettu lämmitysenergian kulutus (kWh)

$Q_{toteutunut}$ = rakennuksen tilojen lämmitykseen kuluva energia vertailu vuotena = Q_{kok} –

$Q_{lämmin\ käyttövesi}$ (kWh)

Q_{kok} = rakennuksen lämmitysenergiankulutus yhteensä (kWh)

$Q_{lämmin\ käyttövesi}$ = lämpimän käyttöveden energiankulutus (kWh)

$S_{N\ vpkunta}$ = toteutunut lämmitystarveluku (°Cvrk)

$S_{toteutunut\ vpkunta}$ = kuukauden tai vuoden toteutunut lämmitystarveluku vertailu vuotena (°Cvrk). (Motiva 2018c)

Öljytankkausten päivämäärät eivät ole joka vuosi samat ja vuosittainen vaihtelu on suurta. Laskuissa on tarkasteltu öljyn ja sähkön käyttöä vuosina 2016 sekä 2017. Vuoden 2016 öljytankkausten viimeinen päivämäärä on 19.12.2016, joten voidaan olettaa, että kaikkea tankkausmäärää ei ole kulutettu vuoden 2016 puolella. Lämmitystarvelukujen ja seuraavan tankkaus päivämäärän perusteella vuoden 2016 öljyn todelliseksi käyttömääräksi voidaan laskea noin 44 868 litraa ja vuonna 2017 se on ollut noin 38 406 litraa.

Vuoden 2016 lämmitystarveluku on Tampereella yhteensä 4155 °Cvrk, kun taas vuonna 2017 se on ollut 4132 °Cvrk (Ilmatieteen laitos). Öljykattilan hyötysuhteena on käytetty 80 %, jolloin öljyn tuottamaksi energiaksi vuodelle 2016 saadaan 366,1 MWh. Näiden arvojen ja kaavan (9) avulla pystytään laskemaan vuoden 2017 teoreettinen öljyn kulutus,

jos UVLP:tä ei olisi lisätty. Laskussa käytetään kaavalla (8) saatua teoreettista lämpimän käyttöveden tarvitsemaa lämpöenergiaa.

$$Q_{norm} = \frac{4 \text{ } 132 \text{ } ^\circ\text{Cvrk}}{4 \text{ } 155 \text{ } ^\circ\text{Cvrk}} * 353,7 \text{ MWh} + 12,4 \text{ MWh} = 364,1 \text{ MWh}$$

Vuoden 2017 todellinen öljyn tuottama energia on 313,4 MWh. Koska laskuissa käytetään molemmille vuosille samaa teoreettista lämpimän käyttöveden käyttämää energian kulutusta, voidaan SCOP:ia laskiessa se vähentää. SCOP:illa tarkoitetaan vuoden keskimääräistä COP arvoa. Laskussa ei oteta huomioon, että UVLP on asennettu kesällä 2017, eikä ole näin ollen ollut käytössä alkuvuodesta.

Sähkön kulutus kasvoi 20 MWh vuonna 2017. Oletetaan, että sähkön käytön nousu on mennyt UVLP:n toimintaan. Normitetun öljyn sekä todellisen öljyn lämpöenergioiden perusteella saadaan laskettua UVLP:n SCOP.

$$SCOP = \frac{351,7 \text{ MWh} - 301,0 \text{ MWh}}{20 \text{ MWh}} = 2,54$$

Normeerattujen tammikuun öljyn käyttöjen perusteella voidaan arvioida, että tammikuussa 2018 öljyä tulisi käyttää noin 4 742 litraa, jos UVLP:tä ei olisi asennettu. Tarvittu energiamäärä on 38,7 MWh. Sähköä UVLP on vienyt tammikuussa 2018 8,1 MWh. Tammikuun COP:ksi on arvioitu 2, jolloin UVLP:n tuottama lämmitysenergia olisi 16,2 MWh. Tämän perusteella öljystä saadun lämmitysenergian määrä olisi 22,5 MWh ja tarvittu öljyn määrä olisi 2 757 litraa.

6.2 Säästöt

6.2.1 Energia

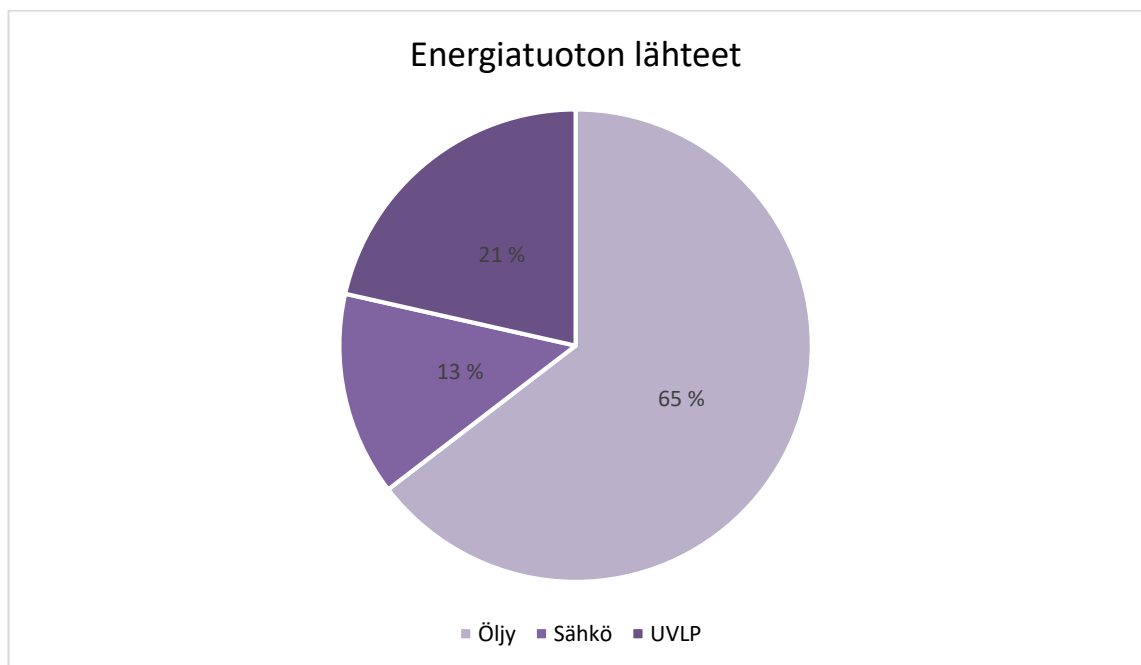
Vuoden 2017 astepäivälukujen avulla pystytään laskemaan, että sähkön kulutuksen nousu 20 MWh koskee 39,4 % osuutta lämmitettävästä ajasta. Tämän avulla pystytään laskemaan koko vuotena kuluneen sähkön osuus. Taulukossa 13 on laskettu, kuinka paljon lämmitysenergiasta tulee sähköstä, UVLP:stä sekä öljystä. SCOP:ina on käytetty aiemmin saatua arvoa ja lämmitysenergian määränä on käytetty normittamalla saatua vuoden

2017 teoreettista arvoa, jossa otetaan huomioon lämpimän käyttöveden lämmitykseen kuuluva energia.

TAULUKKO 13. UVLP:n asennuksen jälkeinen energiatuoton jakautuminen.

Öljy	235,17 MWh
Sähkö	50,76 MWh
UVLP:lla saatu ilmaisenergia	78,17 MWh
Yhteensä	364,1 MWh

Kuvasta 6 näkee, kuinka suuri osa energiasta tuotetaan öljyllä, sähköllä ja UVLP:llä. Laskelmien perusteella suurin energianlähde on edelleen öljy.



KUVA 6. Prosenttimäärät energiantuoton lähteistä.

6.2.2 Kustannukset

Taulukossa 9 on kerrottu energiahinnat, joiden avulla voidaan laskea energiaan käytetty euro määrä. Taulukossa 14 on öljyn hinta, kun UVLP:tä ei oltu vielä asennettu ja taulukossa 15 on eriteltyä energiaan kuluvat hinnat asennuksen jälkeen. Molemmissa taulukoissa on käytetty energiankulutus arvona vuoden 2017 normitettua arvoa 364,1 MWh ja öljykattilan hyötysuhdetta 80 %.

TAULUKKO 14. Energian käytön hinta, öljylämmitys.

Öljy	40 051 €
------	----------

TAULUKKO 15. Energian käytön hinta, UVLP: lisäyksen jälkeen.

Öljy	25 869 €
Sähkö	6 091 €
Yhteensä	31 960 €

Näistä saadaan laskettua, että vuosittainen säästö on 8 091 €. UVLP:n lisäyksen johdosta voidaan arvioida, että huoltokustannukset nousevat noin 120 € vuodessa. Tästä saadaan laskettua vuosittaiseksi säästökseksi 7 971 €.

6.3 Investoinnin kannattavuus

Investoinnin kannattavuutta tarkasteltiin nettonykyarvon menetelmällä sekä takaisinmaksuajan menetelmällä.

6.3.1 Nettonykyarvo

Laskuissa otetaan huomioon inflaation vaikutus, joten laskuissa käytetään reaalikorkoa. Reaalikorko on laskettu kaavalla (7), jossa nimelliskorkona on käytetty arvoa 5 % ja inflaationa arvoa 2 %. Tästä saadaan reaalikoroksi arvo 2,94 %.

Alkuinvestointina voidaan pitää Sweco Talotekniikka Oy:n laskemaa arvoa 53 500 € (TAULUKKO 12). Laskenta-aikana on käytetty 25 vuotta. Nettokassavirran suuruus on vuosittainen säästö 7 971 €. Laskennassa oletetaan, että jäännösarvoa ei ole. Nettonykyarvo saadaan laskettua kaavalla (1).

$$NPV = \sum_{t=1}^{25} \frac{7\,971 \text{ €}}{(1 + 0,1754)^t} - 53\,500 \text{ €} = 86\,311 \text{ €}$$

Tulokseksi saadaan, että 25 vuoden pitoaikana tehty säästö on yhteensä 86 311 €.

6.3.2 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaikaa laskiessa käytetään kaavaa (6). Laskennallisena korkokantana käytetään aikaisemmin laskettua reaalikorkoa 2,94 %.

$$n = \frac{\ln\left(\frac{-7\,971 \text{ €}}{53\,500 \text{ €} * 0,0294 - 7\,971 \text{ €}}\right)}{\ln(0,0294 + 1)} = 7,59 \text{ a}$$

Takaisinmaksuajaksi tulee noin 7,6 vuotta

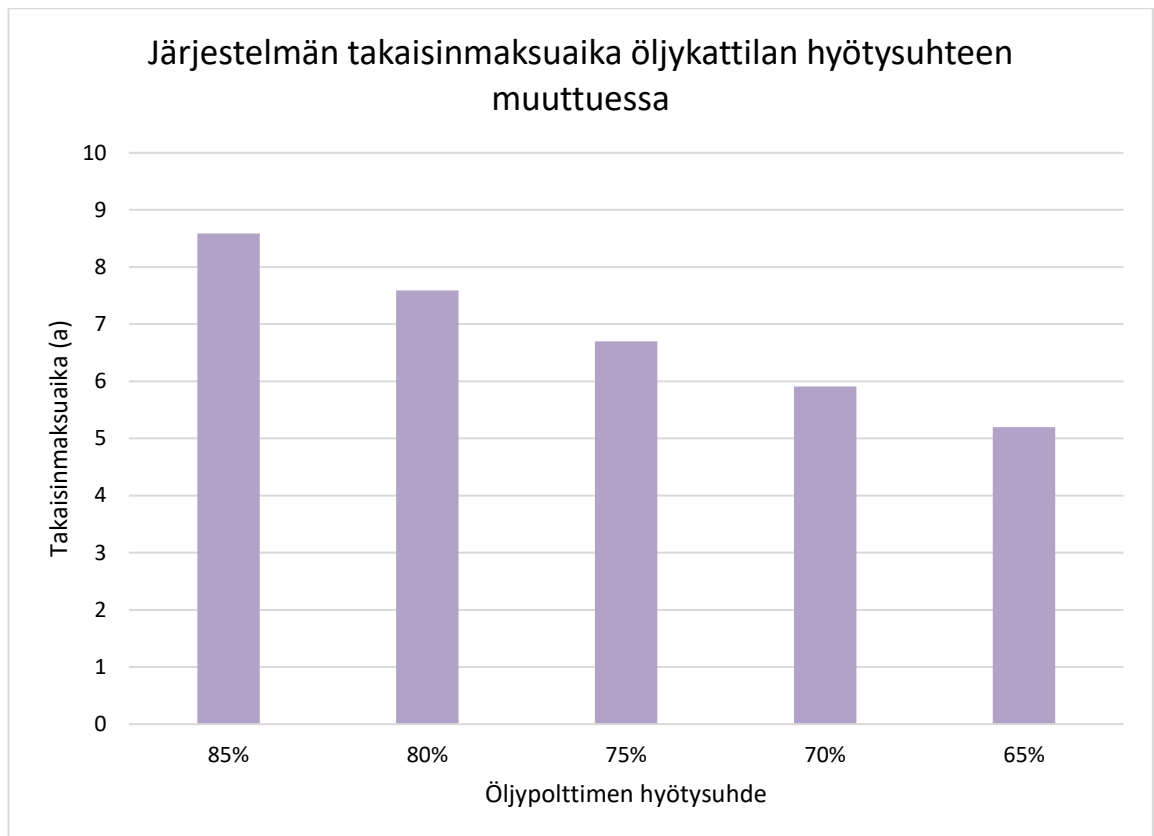
6.4 Herkkyysanalyysi

Herkkyysanalyysillä tarkoitetaan tuloksen epävarmuuden arvioimista. Laskelmissa on monta tekijää, jotka vaikuttavat tuloksiin. Herkkyysanalyysissä tarkastellaan muuttujien vaikutusta lopputulokseen. Lopputuloksen kannalta keskeisiä muuttujia ovat energian hinnat, hyötysuhteet, järjestelmän käyttöikä sekä inflaatio.

6.4.1 Hyötysuhde

Herkkyysanalyysissä tarkastellaan takaisinmaksuaikaa ja muuttujiksi valittiin öljykattilan ja UVLP:n hyötysuhteet. Öljykattilan hyötysuhde on aikaisemmissa laskuissa arvioitu, joten herkkyysanalyysin avulla voidaan nähdä, onko sillä suurta merkitystä lopputuloksen kannalta. UVLP:n hyötysuhde otettiin tarkasteluun, koska vuosittainen säävaihtelu vaikuttaa SCOP:iin. Tämän avulla voidaan tarkastella UVLP:n lisäyksen takaisinmaksuaikaa, vaikka ulkolämpötila muuttuisi.

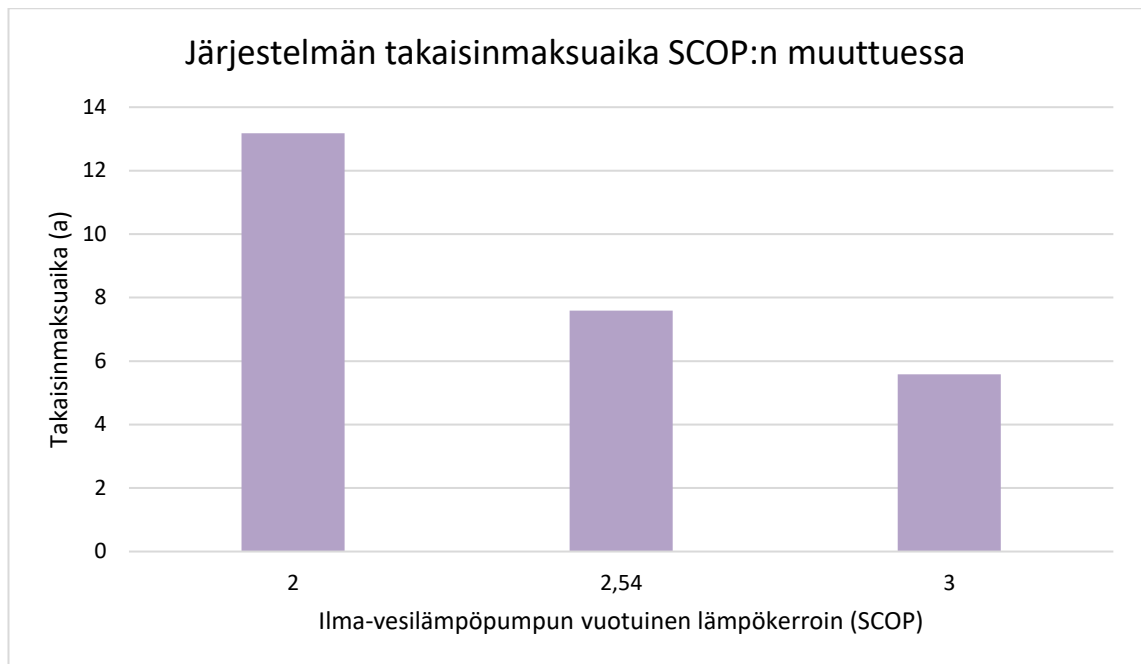
Öljykattilan hyötysuhde on aikaisemmissa laskuissa arvioitu olevan 80 %. Herkkyysanalyysissä lasketaan takaisinmaksuaika, jos öljykattilan hyötysuhde olisi 85 %, 75 %, 70 % ja 65 %. Kuvassa 7 on esitetty takaisinmaksuaika hyötysuhteen muuttuessa.



KUVA 7. Takaisinmaksuaika öljykattilan hyötysuhteen muuttuessa.

Kuvasta nähdään, että takaisinmaksuaika muuttuu pienemmäksi, kun öljykattilan hyötysuhde pienenee. Pisimmillään takaisinmaksuaika on hyötysuhteen ollessa 85 % ja tällöin takaisinmaksuaika on 8,6 vuotta. Lyhin takaisinmaksuaika on hyötysuhteen ollessa 65 %, jolloin takaisinmaksuaika on 5,2 vuotta. Tämän herkkyysanalyysin perusteella voidaan todeta, että hyötysuhde vaikuttaa takaisinmaksuaikaan, mutta hyötysuhteen ollessa korkeakin, järjestelmä maksaa itsensä takaisin silti kohtuullisessa ajassa.

UVLP:n SCOP:ina käytettiin laskuissa arvoa 2,54. Herkkyysanalyysissä lasketaan järjestelmän takaisinmaksuaikaa, kun SCOP on 2 ja 3 (KUVA 8). Öljykattilan hyötysuhteena on käytetty 80 %.



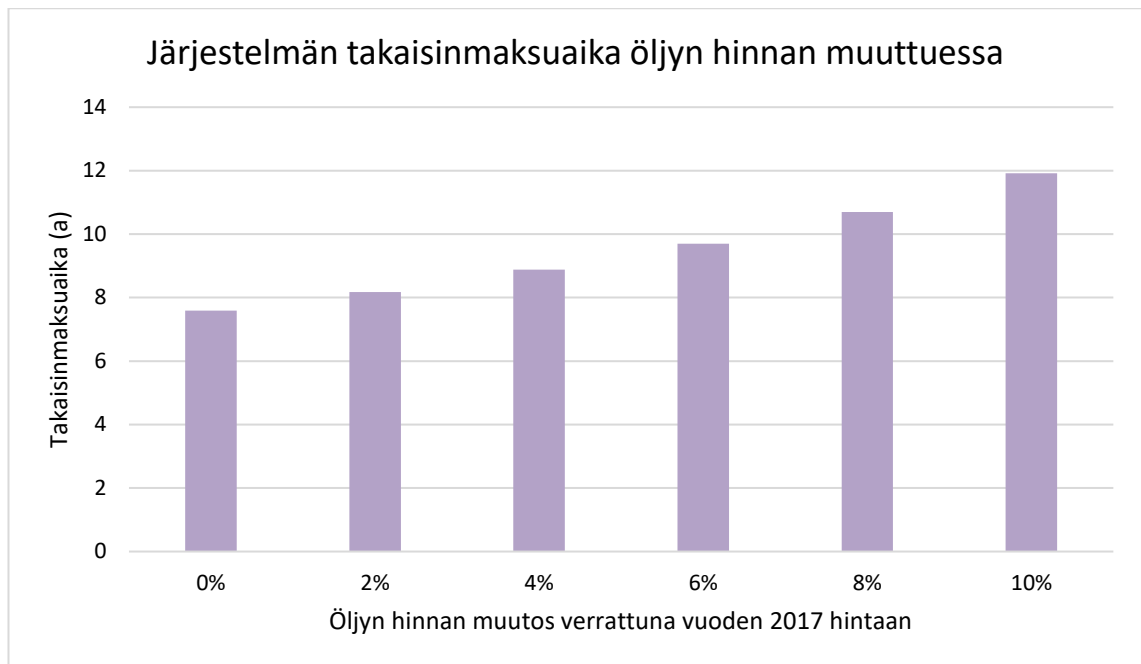
KUVA 8. Takaisinmaksuaika ilma-vesilämpöpumpun SCOP:n muuttuessa.

SCOP:n ollessa 2, takaisinmaksuajaksi saadaan 13,2 vuotta. SCOP:n noustessa kolmeen, takaisinmaksuaika on 5,6 vuotta. Herkkyysanalyysin perusteella voi todeta, että ilma-vesilämpöpumpun takaisinmaksuaikaan liittyy olennaisesti ulkolämpötila, mikä vaikuttaa hyötysuhteeseen.

Hyötysuhteilla on suuri vaikutus takaisinmaksuaikaan. Tuloksena herkkyysanalyysissä voidaan pitää ilma-vesilämpöpumpun lisäämistä kannattavana.

6.4.2 Energiahinnat

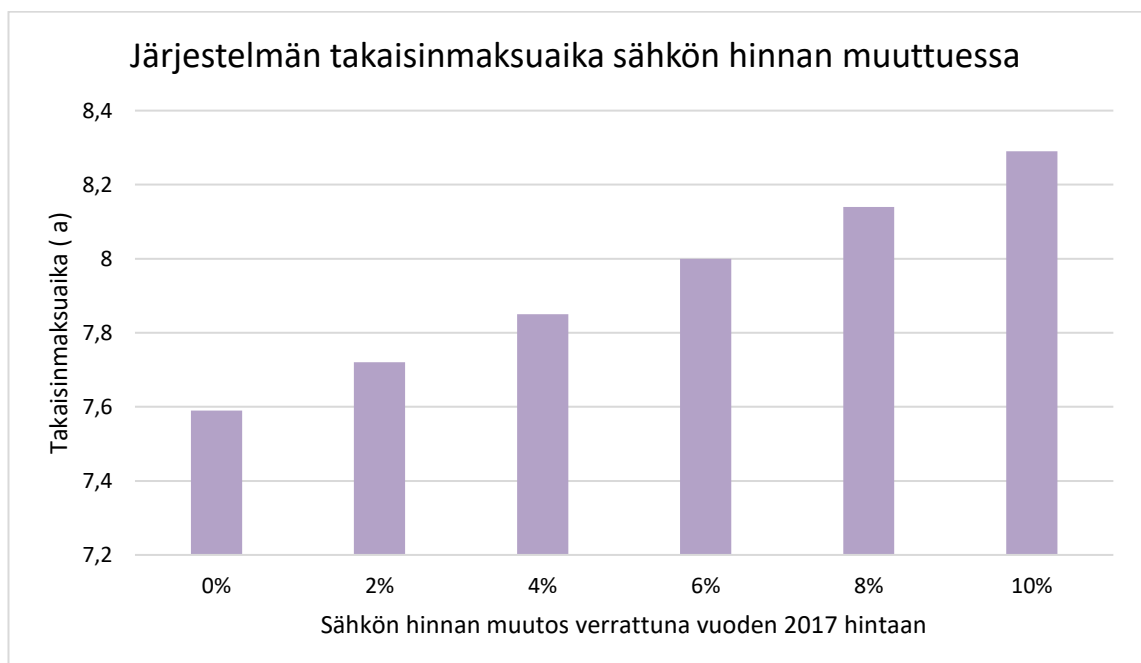
Koska energiahintojen kehitystä tulevaisuudessa on mahdoton ennustaa, herkkyysanalyysi tehtiin myös hintamuutoksilla. Herkkyysanalyysissä tarkastellaan takaisinmaksuaikaa, kun öljyn tai sähkön hinta nousee 2 %, 4 %, 6 %, 8 % ja 10 %. Kuvasta 9 näkee takaisinmaksuajan, kun öljyn hinta muuttuu.



KUVA 9. Takaisinmaksuaika öljyn hinnan noustessa.

Öljyn hinnan noustessa, takaisinmaksuaika tulee pidemmäksi. Kymmenen prosentin hinnan nousulla takaisinmaksuaika on 11,9 vuotta. Takaisinmaksuaika nousisi 4,3 vuotta verrattuna siihen, että öljyn hinta pysyisi nykyisellään.

Kuvasta 10 nähdään takaisinmaksuaika, kun sähkön hinta nousee.



KUVA 10. Takaisinmaksuaika sähkön hinnan noustessa.

Sähkön hinnan noustessa 10 % takaisinmaksuaika on 8,3 vuotta. Sähkön hinnan nousu ei vaikuta takaisinmaksu-aikaan niin suuresti, kuin öljyn hinnan muutos, sillä sähkön käyttö on suhteessa öljyn käyttöön paljon vähäisempää.

7 POHDINTA

Hybridilämmitys ilma-vesilämpöpumpulla tuottaa elinkaarensa aikana merkittäviä säästöjä, jos vertailukohtena on pelkkä öljylämmitys. Tulosten perusteella lämmöntarpeen ollessa suuri, ilma-vesilämpöpumpun takaisinmaksuaika on kohtuullinen, vaikka investointi olisi huomattava.

Työn luotettavuutta heikentää seurantajakson lyhyys sekä rajalliset kulutustiedot, jonka vuoksi osassa laskuista jouduttiin käyttämään vakioita sekä arvioita. Jotta työn lopputuloksesta olisi tullut luotettavampi ja totuudenmukaisempi, olisi kulutustiedot, investoinnin hinta sekä hyötysuhteet pitänyt olla tarkemmin tiedossa tai niitä olisi pitänyt mitata. Lopputulokseen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa öljyn kulutustietojen tulkinta. Vuoden 2017 lämmitysenergian käyttöä vertailtiin vain vuoden 2016 dataan, sillä tankkauspäivämäärien perusteella voi huomata, että öljyn käyttö on ollut vuosittain nousussa. Koska lämmitystarve ei kuitenkaan ole lisääntynyt, voidaan kyseenalaistaa öljyn laatu, öljyvuodon mahdollisuus tai öljypolttimen rikkoutuminen, jolloin hyötysuhde laskisi huomattavasti.

Tätä opinnäytetyötä voidaan hyödyntää myös muiden vastaavien kohteiden kustannustehokkuuden arvioinnissa. Jatkotutkimuksia varten olisi kannattavaa asentaa erilaisia mittareita, joiden avulla saataisiin tarkempaa dataa.

LÄHTEET

Airio, J. 2016. Hybridilämmitysjärjestelmien vertailu pientaloon. Opinnäytetyö 12/2016.

Energiatehokas koti. Hybridilämmitys. Luettu 27.1.2018.

http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/hybridilammitys

Findikaattori. Energian kulutus. Luettu 18.2.2018.

<http://findikaattori.fi/fi/25>

Finlex 2013. 176/2013. Energiatodistuksen kokonaisenergiankulutuksen (E-luvun) määrittäminen. Luettu 3.3.2018.

<http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6186.pdf>

Finlex 2017. 788/2017. Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista. Luettu 3.3.2018.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170788>

Haavisto, J. 2015. Investoinnin kannattavuus. Opinnäytetyö 2/2015.

Ilmatieteen laitos. Lämmitystarveluku eli astepäiväluku. Luettu 12.4.2018.

<http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>

Jormakka, R., Koivusalo, K., Lappalainen, J., Niskanen, M. 2015. Laskentatoimi. Edita. 264 s.

Knupper, S. Puttonen, V. 2004. Moderni rahoitus. WSOY. 244 s.

Lvip10sag. Öljypoltin. Luettu 27.1.2018.

<https://lvip10sag.wikispaces.com/%C3%96ljypoltin>

Moss, J. 2006. Energy Management in Buildings. Taylor & Francis. 225 p.

Motiva 2010. Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökerroimet sekä energian hinnat. Luettu 12.4.2018

https://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf

Motiva 2017a. Energian loppukäyttö. Luettu 18.2.2018.

https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/energian_loppukaytto

Motiva 2017b. Energian kokonaiskulutus. Luettu 19.2.2018

https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/energian_kokonaiskulutus

Motiva 2017c. Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. Luettu 12.4.2018.

https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energiankaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi

Motiva 2018a. Ilma-vesilämpöpumppu, UVLP. Luettu 27.1.2018.

https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu_uvlp

Motiva 2018b. Lämpöä ilmassa. Luettu 27.2.2018.

<https://www.motiva.fi/files/175/Ilmalampopumput.pdf>

Motiva 2018c. Rakennusten lämmitysenergiankulutuksen normitus. Luettu 12.4.2018.

https://www.motiva.fi/files/2840/Rakennusten_lammitysenergiankulutuksen_normitus.pdf

Motiva 2018d. Uusiutuva energia Suomessa. Luettu 1.3.2018.

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa

Rakennusmaailma. Rakennusten energiamuotokertoimet uudistettu. Luettu 3.3.2018.

<https://rakennusmaailma.fi/rakennusten-energiamuotokertoimet-uudistettu/>

Rakennusteollisuus. Lähes nollaenergiarakennus. Luettu 17.2.2018.

<https://www.rakennusteollisuus.fi/Rakennusteollisuus-RT/Rakentamisen-kehittaminen/Tutkimushankkeita-rakentamisen-energiatehokkuudesta/Lahes-nollaenergiatalonZEB/>

Rakennusteollisuus. Olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuus avainasemassa. Luettu 6.2.2018.

<https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Ilmasto-ja-energiapolitiikka/Uudisrakentamisen-energiatehokkuus/>

Rantala, E. 2014. RIL 265-2014 Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 189 s.

Suomala, P. 2011. Laskentatoimi johtamisen tukena. Edita. 336 s.

Suomela. Sopsisiko hybridilämmitys sinun taloosi. Luettu 18.2.2018.

<https://www.suomela.fi/lammitys-lvis/Kaukolampo/Sopsisiko-hybridilammitys-sinun-taloosi--51172>

Suomen Lämpöpumppuyhdistys SULPU. Ulkoilma-vesilämpöpumppu (UVLP). Luettu 27.1.2018.

<https://www.sulpu.fi/ilma-vesilampopumput>

Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet. 2012.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D5. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Määräykset ja ohjeet. 2012.

Suomi rakentaa. 2013. Öljylämmitys on tehokas. Luettu 23.1.2018.

<https://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/laemmitys/oeljylaemmitys>

Tilastokeskus 2017a. Energian hankinta ja kulutus. Luettu 21.2.2018.

https://www.stat.fi/til/ehk/2016/04/ehk_2016_04_2017-03-23_fi.pdf

Tilastokeskus 2017b. Energian hinnat. Luettu 21.2.2018.

https://www.stat.fi/til/ehi/2017/03/ehi_2017_03_2017-12-07_fi.pdf

Tilastokeskus 2017c. Energian kokonaiskulutus 2016. Luettu 13.2.2018.

http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2016/ehk_2016_2017-12-08_kuv_001_fi.html

Tilastokeskus 2017d. Energian kokonaiskulutus nousi prosentin tammi-syyskuussa. Luettu 19.2.2018.

https://www.stat.fi/til/ehk/2017/03/ehk_2017_03_2017-12-20_tie_001_fi.html

Tilastokeskus 2017e. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2016. Luettu 7.2.2018.

http://tilastokeskus.fi/til/khki/2016/khki_2016_2017-12-08_kat_001_fi.html

Tilastokeskus 2018. Suomen kasvihuonepäästöt 1990-2017. Luettu 10.4.2018.

http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2017/04/ehk_2017_04_2018-03-28_kuv_023_fi.html

Virsunen, A. Huhtinen, M. Jalonen, O. Rauhala, H. Virta, K. 1999. Öljylämmitystekniikka. Suomen Lämmitystieto Oy. 448 s.

Virta, J. 2017. Poistoilmalämpöpumppu puolilämpimässä pysäköintilaitoksessa. Opin-
näytetyö 4/2017.

Ympäristöministeriö 2017. Energiatehokkuus. Luettu 7.2.2018

http://www.ymparisto.fi/FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus

Ympäristöministeriö 2013. Kioton pöytäkirja. Luettu 6.2.2018

http://www.ymparisto.fi/FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilmasto/Ilmastomuutoksen_hillitsemisen/Kansainvaliset_ilmastoneuvottelut/Kioton_poytakirja

Yritystulkki. Investoinnin kannattavuus. Luettu 24.3.2018.

<http://www.yritystulkki.fi/fi/alue/hankasalmi/toimiva-yrittaja/investoinnin-laskenta/>

Ölly & bio polttoaineala. Kansainväliset öljymarkkinat ja hintatekijät. Luettu 27.1.2018.

<http://www.oil.fi/fi/oljy/kansainvaliset-oljymarkkinat-ja-hintatekijat>

Ölly & bio polttoaineala. Uusi öljykattila parantaa energiaterokkuutta selvästi. Luettu 3.2.2018.

<http://www.oil.fi/fi/ajankohtaista/tiedotteet/uusi-oljykattila-parantaa-energiaterokkuutta-selvasti>

Ölly & bio polttoaineala. Öljyn tuotanto. Luettu 23.1.2018.

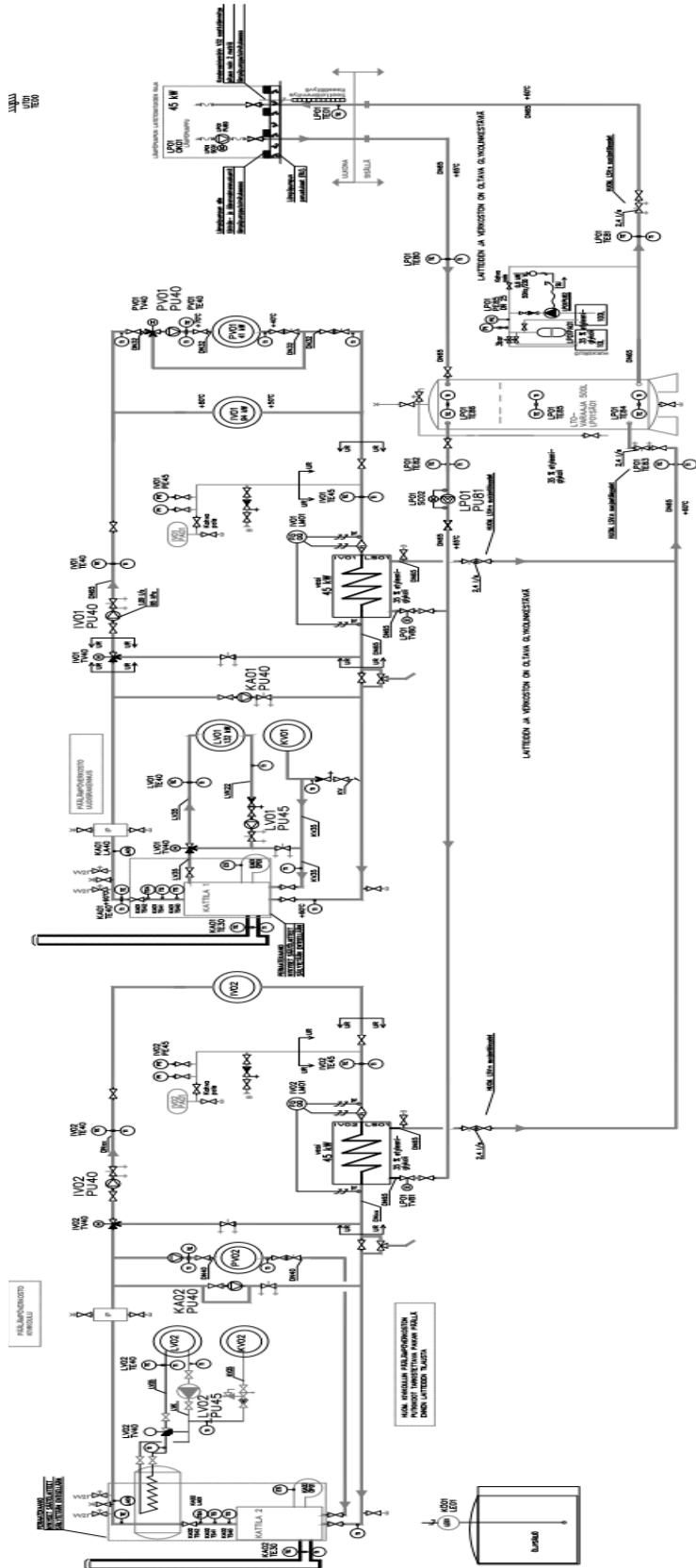
<http://www.oil.fi/fi/oljyvarat/oljyn-tuotanto>

Öljyalan Palvelukeskus. Öljylämmittäjän tietopankki. Luettu 23.1.2018.

<http://www.oljylammitys.fi/>

LIITTEET

Liite 1. Kytkentäkaavio



Liite 2. Ilma-vesilämpöpumppu

