



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

MINNA SUKEVA

Rivitaloyhtiön öljylämmitysjärjestelmän korvaaminen maalämmöllä

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN
KOULUTUSOHJELMA
2020

Tekijä Sukeva, Minna	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Syyskuu 2020
	Sivumäärä 33 + 3	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Rivitaloyhtiön öljylämmitysjärjestelmän korvaaminen maalämmöllä		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikka		
Tiivistelmä <p>Suomessa vuosittain käytetystä energiasta suuri osa kuluu asuinrakennusten tilojen ja käyttöveden lämmittämiseen. Lämmityksestä aiheutuu noin 17 % vuosittaisista hiilidioksidipäästöistä. Pyrkiminen hiilineutraaliin yhteiskuntaan edellyttää luopumista fossiilisista polttoaineista ja uusiutuvan energian käytön lisäämistä.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää rivitalon nykyisen öljylämmitysjärjestelmän korvaamista maalämmöllä. Työn toimeksiantajana oli Kiinteistöosakeyhtiö Pomarkun vuokratalot. Toimeksiantaja halusi selvityksen toimenpiteen kannattavuudesta ja takaisinmaksuajasta.</p> <p>Annettujen lähtötietojen perusteella laskettiin rakennuksen energiantarve ja saatujen tulosten perusteella saatiin alustava mitoitus ja kustannusarvio lämpöpumpputoimittajalta. Järjestelmän kannattavuutta tarkasteltiin takaisinmaksuajan menetelmällä. Lisäksi tutkittiin energian hinnanmuutosten vaikutusta takaisinmaksuajaan. Työn lopputuloksena nykyisen järjestelmän korvaamisen todettiin kannattavaksi ja takaisinmaksuajaksi saatiin noin kahdeksan vuotta.</p>		
Asiasanat maalämpö, maalämpöpumppu, takaisinmaksu aika		

Author Sukeva, Minna	Type of Publication Bachelor's thesis	Date September 2020
	Number of pages 33 + 3	Language of publication: Finnish
Title of publication Replacing the row house oil heating system with a ground source heat pump		
Degree program Energy and Environmental Engineering		
Abstract <p>Much of the energy used annually in Finland is spent heating the living quarters and the domestic water of residential buildings. Residential heating accounts for about 17% of total carbon dioxide emissions. Striving for a carbon-neutral society requires abandoning fossil fuels and increasing the use of renewable energy.</p> <p>The aim of this thesis was to examine the replacement of the existing oil heating system of the row house with a ground source heat pump. The thesis was commissioned by the real estate company Pomarkun Vuokratalot. The mandator wanted to know how viable the change would be and what would be the payback period.</p> <p>Based on the output data provided, the energy requirements of the building were calculated and based on the results obtained, a preliminary sizing and cost estimate of the heat pump supplier was obtained. The viability of the scheme was studied using the payback period method. The impact of energy price changes on payback time was also studied. As a result of the work, the replacement of the existing system was found to be viable and a payback period of about eight years was obtained.</p>		
<u>Key words</u> geothermal energy, heat pump, payback period		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	5
2 SUUNNITTELUKOHTTEEN ESITTELY JA LÄHTÖTIEDOT	6
2.1 Yleistä.....	6
2.2 Nykyinen lämmitysjärjestelmä	7
2.3 Öljyn ja veden kulutus.....	8
2.4 Kulutuksen normitus	10
2.5 Lämmitystehontarve.....	13
3 MAALÄMPÖ	15
3.1 Yleistä.....	15
3.2 Kannattavuus	15
3.3 Lämpökerroin.....	16
4 MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄN TOIMINTA JA MITOITUS.....	17
4.1 Lämmönkeruu	17
4.2 Toimintaperiaate	18
4.3 Mitoitus.....	19
4.4 Käyttöveden lämmitys.....	19
4.4.1 Tulistinpiiri.....	19
4.4.2 Vaihtuva lauhdutus.....	20
4.4.3 Käyttövesikierukka.....	21
4.5 Kuntien ja taloyhtiöiden lämpöpumppuhankinnat	22
5 JÄRJESTELMÄN VALINTA JA MITOITUS KOHTEESEEN	24
5.1 Kustannusarvio	24
5.2 NIBE F1345-24 maalämpöpumppu	25
5.3 Energialaskelmat	25
6 MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄN KANNATTAVUUS KOHTEESSA.....	26
6.1 Takaisinmaksuaika	26
6.2 Herkkyystarkastelut.....	28
6.3 Energia-avustukset	30
6.4 Hiilidioksidipäästöt	31
7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	32
LÄHTEET	
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Asuinrakennusten tilojen ja käyttöveden lämmitys kuluttaa Suomessa vuosittain lähes 20 prosenttia kaikesta käytetystä energiasta aiheuttaen noin 7,8 Mt:n hiilidioksidipäästöt. Tämä vastaa noin 17 prosenttia Suomen hiilidioksidipäästöistä. Suomen pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategian tavoitteena on vähentää rakennusten hiilidioksidipäästöjä 90 prosentilla seuraavan 30 vuoden aikana. Päästöjä saadaan vähennettyä parantamalla rakennusten energiatehokkuutta, käyttämällä niiden lämmitykseen uusiutuvaa energiaa sekä luopumalla fossiilisen polttoöljyn käytöstä. (Ilmasto-opas [www-sivut 2020](#).) Kansallisen energia- ja ilmastostrategian tavoitteena on lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä nykyisestä 40 prosentista yli 50 prosenttiin energian loppukulutuksesta vuoteen 2030 mennessä (Työ- ja elinkeinoministeriön [www-sivut 2020](#)).

Pomarkun kunnan Kiinteistö Oy Kiviaitaan tehtiin noin kuusi vuotta sitten lämmitysjärjestelmän muutos öljystä maalämpöön. Vanha öljykattila jäi järjestelmän rinnalle tukemaan riittävän lämmön saannin kaikkein kylmimpinä päivinä. Hyvien kokemusten myötä tämän työn toimeksiantaja halusi selvityksen, olisiko vastaavanlainen muutos järkevä toteuttaa myös toiseen kiinteistösaakeyhtiöön. Tämä työ on rajattu koskemaan vain öljylämmityksen vaihtoa maalämpöön, vaikka kohteeseen voisi ajatella myös pellettilämmitystä tai ilma-vesilämpöpumppua.

2 SUUNNITTELUKOHTTEEN ESITTELY JA LÄHTÖTIEDOT

2.1 Yleistä

Opinnäytetyön kohteena on Kiinteistö Oy Pomarkun vuokratalojen Kettumäen rivitalo osoitteessa Isosuontie 22, Pomarkku (Kuva 1). Kiinteistöosakeyhtiön omistajana on Pomarkun kunta. Rivitaloyhtiö koostuu kahdesta rakennuksesta (Kuva 2), joissa on yhteensä kahdeksan asuntoa. Asunnot ovat saunallisia kaksioita, joista kuusi on kooltaan 47 m^2 ja kaksi 55 m^2 . Huoneistoala on 392 m^2 , kerrosalat 258 m^2 ja 274 m^2 sekä tilavuus yhteensä $1\,600 \text{ m}^3$. Rivitalo on valmistunut 1.3.1991. (Mäenpää sähköpostiviesti 11.6.2020.)



Kuva 1. Kettumäen rivitalo (Google Maps 2020)



Kuva 2. Rakennusten sijoittelu ja tonttirajat (Maanmittauslaitoksen www-sivut 2020)

Tähän opinnäytetyöhön ei saatu tietoa vuosittaisista asukasmääristä, mutta kolmen viimeisen vuoden aikana Kettumäen rivitalo on ollut täynnä lähes koko ajan. Vuosittainen vuokrausaste on ollut noin 95 %. Asunnot ovat pääasiassa yhden henkilön talouksia. Muutamassa asunnossa asuu kaksi henkilöä. (Mäenpää sähköpostiviesti 11.6.2020.)

2.2 Nykyinen lämmitysjärjestelmä

Kohteen lämmitysratkaisuna on tällä hetkellä öljylämmitys ja lämpö siirretään asuntoihin vesikiertoisella patterilämmityksellä. Patterit ovat alkuperäiset. Lämmönjakohuone sijaitsee toisen rakennuksen päädyssä. Öljykattilana on Högfors 18 Nova, jonka teho on 60 kW ja valmistusvuosi 1990. Öljypoltin on Oilonin KP-6 L vuodelta 1989. Lämminvesivaraajana on Parcan 2 300 litrainen säiliö vuodelta 1990. Öljysäiliö on Li-Plastin rivisäiliö 4 x 1 500 litraa. Isännöitsijän mukaan lähtöveden lämpötila on talvisin 40–45 °C ja paluueden lämpötila 10–15 astetta matalampi. (Mäenpää sähköpostiviesti 25.6.2020.) Talon valmistumisajankohta huomioiden pattereiden meno- ja paluueden mitoituslämpötila on todennäköisesti 70/40 °C.

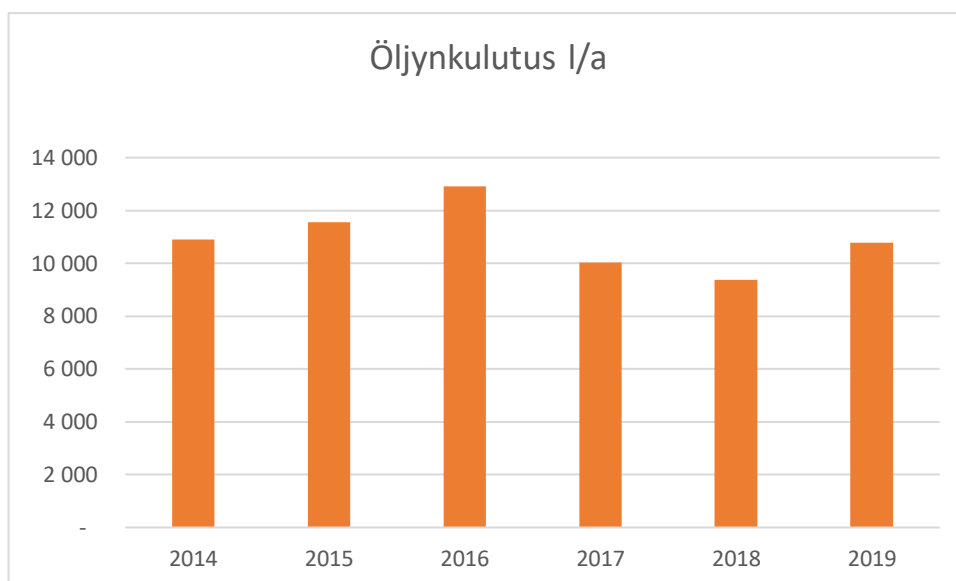
Nykyinen järjestelmä ei ole vaatinut mitään isompia korjauksia, syksyisin on tehty pieniä huoltoja sekä vaihdettu suuttimia ja suodattimia. Vuosittaiset huoltokustannukset ovat noin 100–200 euroa. Verkostoon pitää toisinaan lisätä vettä, varsinkin syksyisin. Syytä ei tiedetä. Vanha varaaja alkaa olemaan käyttöikänsä loppuvaiheessa. (Mäenpää sähköpostiviesti 25.6.2020.)

Laitteen tekninen käyttöikä on käyttöönoton jälkeinen aika, jolloin laitteen toimivuusvaatimukset täyttyvät. Teknisen käyttöiän kuluttua loppuun on laite tarkoituksenmukaista korvata uudella. Teknisen käyttöiän määrittely perustuu olemassa olevaan kokemukseen sekä tietoihin ja on yleistävä. Keskimääräinen tekninen käyttöikä öljypolttimelle on 15 vuotta ja öljykattilalle 30–40 vuotta. (RT 18-10922, 2, 14.) Lämminvesivaraajan tekninen käyttöikä on noin 15–20 vuotta (Kymenlaakson Sähkö Oy:n www-sivut 2020). Nykyisessä järjestelmässä öljykattila alkaa olemaan käyttöikänsä lopussa ja öljypoltin on ylittänyt teknisen käyttöikänsä jo kaksinkertaisesti, niin kuin melkein varaajakin. Uuden lämmitysjärjestelmän hankinta on jo laitteiden iänkin huomioiden ajankohtaista tulevien lähivuosien aikana.

2.3 Öljyn ja veden kulutus

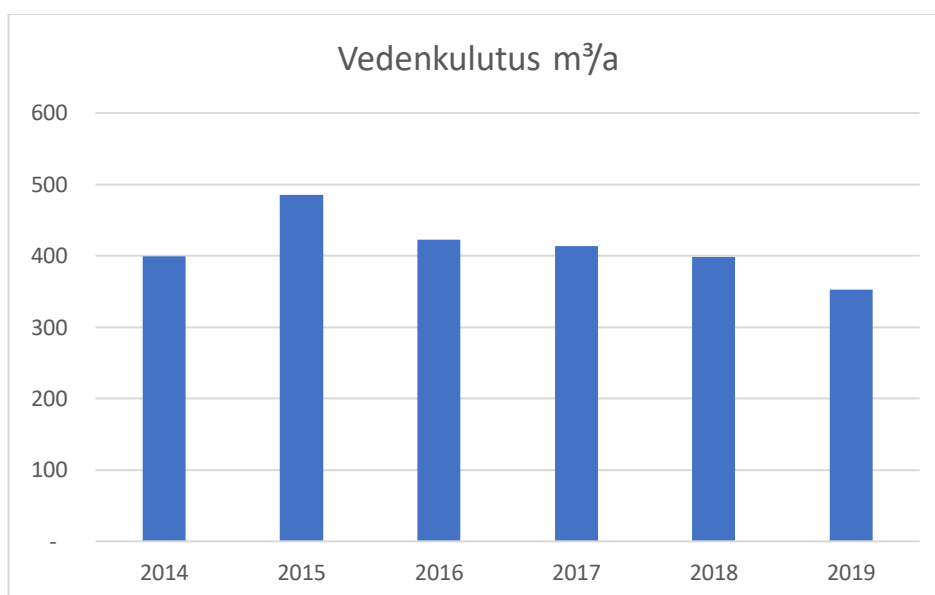
Tässä työssä öljyn ja käyttöveden kulutusta tarkasteltiin kuuden edellisen vuoden ajalta. Kulutustiedot saatiin Kiinteistö Oy Pomarkun vuokratilojen toimintakertomuksista vuosilta 2014–2019.

Kettumäen rivitalon vuosittainen öljynkulutus on vuosina 2014–2019 vaihdellut 9 364–12 922 litran välillä (Kuvio1).



Kuvio 1. Öljynkulutus 2014–2019 (Kiinteistö Oy Pomarkun vuokratalojen toimintakertomukset 2014–2019)

Käyttöveden kulutus on vaihdellut vuosien 2014–2019 aikana välillä 353–485 m³/a (Kuvio 2). Kohteessa ei ole eritelty erikseen kylmän ja lämpimän käyttöveden määrää.



Kuvio 2. Vedenkulutus 2014–2019 (Kiinteistö Oy Pomarkun vuokratalojen toimintakertomukset 2014–2019)

Koska lämpimän käyttöveden määrä ei ole tiedossa, vaan lähtötietona on käyttöveden kokonaiskulutus, voidaan lämpimän käyttöveden osuutena pitää 40 % kokonaiskulutuksesta. Kulutetun öljyn määrä saadaan muutettua lämmitysenergiaksi kertomalla se

kevyen polttoöljyn tehollisella lämpöarvolla, joka on 10,0 kWh/dm³. (Ympäristöministeriön www-sivut 2020.) Taulukossa 1 on laskettuna lämmitysenergian sekä lämpimän käyttöveden vuosikulutukset.

Taulukko 1. Vuosikulutukset

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Öljy l/a	10 913	11 547	12 922	10 017	9 364	10 790
Öljy kWh/a	109 130	115 470	129 220	100 170	93 640	107 900
Käyttövesi m³/a	399	485	423	414	398	353
Lämmin KV m³/a	160	194	169	166	159	141

2.4 Kulutuksen normitus

Lämpötilat eri kuukausina ja vuosina vaihtelevat suuresti. Jotta rakennuksen kulutus-tietoja eri vuosilta tai eri paikoissa sijaitsevien rakennusten keskinäistä energiankulutusta voidaan verrata, on kulutukset normeerattava. Kulutukset normeerataan lämmitystarveluvun (aiemmin astepäiväluku) avulla. Lämmitystarveluvun perusteena on lämmityksen energiankulutuksen verrannollisuus sisä- ja ulkolämpötilan erotukseen. Koska käyttöveden lämmitys ei ole riippuvainen ulkolämpötilasta, sen osuus erotetaan normeerattavasta lämmitysenergian kulutuksesta. (Motivan www-sivut 2020.)

Lämmitystarveluku saadaan, kun lasketaan yhteen kuukauden päivittäisten sisä- ja ulkolämpötilojen erotus. Lämmitystarveluvun yksikkö on °Cvrk. Kuukauden lämmitystarveluku saadaan laskemalla yhteen vuorokautiset lämmitystarveluvut ja vuoden lämmitystarveluku vastaavasti laskemalla yhteen kuukausittaiset lämmitystarveluvut. Laskennassa oletetaan kiinteistöjen lämmityksen alkavan syksyllä, kun keskilämpötila on alle + 12 °C ja loppuvan keväällä keskilämpötilan ylittäessä + 10 °C. Yleisimmin käytetään lämmitystarvelukua S17, jossa oletetaan sisälämpötilan olevan +17 °C. Laskennassa käytetään vertailuarvoa eli normaalivuoden lämmitystarvelukua, joka on vuosien 1981–2010 keskimääräinen lämmitystarveluku. (Ilmatieteen laitoksen www-sivut 2020.)

Lämmitystarveluku lasketaan joka kuukausi 16 vertailupaikkakunnalle. Vertailupaikkakunnat löytyvät Ilmatieteen laitoksen internetsivuilta. Pomarkun vertailupaikkakunta on Tampere. (Ilmatieteen laitoksen www-sivut 2020.)

Saman rakennuksen energiankulutuksen vertailu eri aikoina voidaan laskea kaavoilla 1, 2 ja 3 (Motivan www-sivut 2020).

$$Q_{norm} = \frac{S_{N\ vpkunta}}{S_{totetunut\ vpkunta}} \times Q_{totetunut} + Q_{lämmin\ käyttövesi} \quad (1)$$

Koska normitus koskee vain rakennuksen lämmittämiseen kuluva energiaa, on käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia ensin poistettava rakennuksen kokonaislämmityskulutuksesta eli

$$Q_{totetunut} = Q_{kok} - Q_{lämmin\ käyttövesi} \quad (2)$$

jossa

Q_{norm}	on	rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus
$Q_{totetunut}$	on	rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia
Q_{kok}	on	rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus
$Q_{lämmin\ käyttövesi}$	on	käyttöveden lämmittämisen vaatima energia
$S_{N\ vpkunta}$	on	normaalivuoden tai -kuukauden (1981–2010) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla
$S_{totetunut\ vpkunta}$	on	toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla

Jos lämpimän käyttöveden energiankulutusta Q_{lkv} (kWh/a) ei ole mitattu erikseen, voidaan se laskea kulutetun lämpimän käyttöveden perusteella kaavalla 3.

$$Q_{lkv} = 58 \times V_{lkv} \quad (3)$$

jossa

V_{lkv}	on	kulutettu lämpimän käyttöveden määrä (m^3/a)
58	on	veden lämmittämiseen tarvittava energiamäärä (kWh/m^3)

Käyttöveden lämmittämiseen tarvittu energiamäärä v. 2014 lasketaan kaavalla 3:

$$Q_{lkv} = 58 \text{ kWh/m}^3 \times 160 \text{ m}^3/a = 9\,280 \text{ kWh/a}$$

Rakennuksen tilojen lämmittämiseen kulunut energia lasketaan kaavalla 2. Rakennuksen toteutunut lämmitysenergiankulutus saadaan kertomalla vuotuinen lämmitysenergian määrä öljykattilan hyötysuhteella. 30 vuotta vanhan öljykattilan hyötysuhteen arvioidaan olevan 80 %.

$$Q_{toteutunut} = 109\,130 \text{ kWh/a} * 0,8 - 9\,280 \text{ kWh/a} = 78\,024 \text{ kWh/a}$$

Normitettu lämmitysenergiankulutus lasketaan kaavalla 1. Normaalivuoden lämmitystarveluku vertailukaudella 1981–2010 sekä toteutuneet lämmitystarveluvut vuosilta 2014–2019 saadaan Ilmatieteen laitoksen internetsivulta.

$$Q_{norm} = 4424 / 4046 \times 78\,024 \text{ kWh/a} + 9\,280 \text{ kWh/a} = 94\,593 \text{ kWh/a}$$

Taulukossa 2 on laskettuna Kettumäen rivitalon normitettu lämmitysenergiankulutus vuosilta 2014–2019. Vuotuisista normitetuista kulutuksista on laskettu keskiarvo, joka on 95 638 kWh/a. Lämpimän käyttöveden kiertojohtojen lämpöhäviöitä ei pystytty luotettavasti selvittämään, joten niitä ei ole otettu huomioon missään vaiheessa laskentaa.

Taulukko 2. Normitettu lämmitysenergiankulutus

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Q_{kok} kWh/a	109 130	115 470	129 220	100 170	93 640	107 900
V_{lkv} m³/a	160	194	169	166	159	141
Q_{lkv} kWh/a	9 280	11 252	9 802	9 628	9 222	8 178
Q_{toteutunut} kWh/a	78 024	81 124	93 574	70 508	65 690	78 142
S_N vpkunta	4 424	4 424	4 424	4 424	4 424	4 424
S_{toteutunut} vpkunta	4 046	3 619	4 155	4 132	4 116	4 008
Q_{norm} kWh/a	94 593	110 421	109 434	85 119	79 828	94 431
Keskiarvo kWh/a	95 638					

Lämpimän käyttöveden lämmittämiseen menee taloyhtiöissä noin 20 % lämmitysenergian kulutuksesta (Ympäristöhallinnon www-sivut 2020). Taulukosta 2 huomataan, että veden kulutus on melko vähäistä ja kohteen käyttöveden lämmityksen osuus on vain reilu 10 % kokonaislämmitysenergiasta. Tämä selittyy sillä, että asunnoissa asuu pääasiassa vain yksi henkilö, lapsiperheitä niissä ei ole ja osa asunnoista on välillä tyhjillään.

Lämmitystarveluvun suuruus kertoo vuoden lämpötilasta, mitä korkeampi lämmitystarveluku, sitä kylmempi vuosi. Taulukosta 2 nähdään, että vuodet 2016 ja 2017 ovat kylmimmät ja vuosi 2015 lämpimin. Vuoden 2015 normitettu lämmitysenergiankulutus on kuitenkin taulukon suurin, joten vuotuiset ostetut öljymäärät eivät todennäköisesti kohdistu kokonaisuudessaan ostovuoteen, vaan osa käytetään vasta seuraavana vuotena. Tämä aiheuttaa epätarkkuutta laskuihin.

2.5 Lämmitystehontarve

Vanhan asuinrakennuksen lämmityksen huipputehontarve eli mitoitusteho voidaan laskea polttoaineen kulutuksen perusteella kaavalla 4, mikäli rakennuksessa ei ole koineellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa (LVI 10-10549, 2013, 45).

$$\Phi_{mit} = \frac{Q_l}{H} = \frac{Q - Q_{kv}}{\frac{24 \times S}{17^\circ\text{C} - t_u}} = \frac{(Q - Q_{kv}) \times (17^\circ\text{C} - t_u)}{24 \times S} \quad (4)$$

jossa

Φ_{mit}	on	lämmityksen huipputehontarve eli mitoitusteho, kW
H	on	$24 \times S / (17^{\circ}\text{C} - t_u) =$ lämmityshuipun käyttöaika tarkasteluaikana, h
S	on	lämmitystarveluku tarkasteluaikana, °Cd
t_u	on	paikkakunnan mitoitusulkolämpötila, °C
Q	on	energiankulutus tarkasteluaikana, kWh
Q_{kv}	on	käyttöveden lämmittämiseen kulunut lämmitysenergia tarkasteluaikana (kiinteä kulutus), kWh
Q_l	on	$Q - Q_{kv} =$ lämmitykseen kulunut energia tarkasteluaikana, kWh

Vuoden 2014 mitoitusteho on:

$$\Phi_{mit} = 78\,024 \text{ kWh} * (17^{\circ}\text{C} - (-29^{\circ}\text{C})) / (24 \text{ h/d} * 4\,046^{\circ}\text{Cd}) = 37 \text{ kW}$$

Vaikka Pomarkku kuuluu säävyöhykkeeseen I, on mitoitusulkolämpötilana käytetty säävyöhykkeen II arvoa -29°C , koska lämmitystarveluvun vertailupaikkakuntana on Tampere.

Taulukossa 3 on laskettuna erikseen jokaisen vuoden mitoitusteho sekä niiden keskiarvo, joka on 37,3 kW.

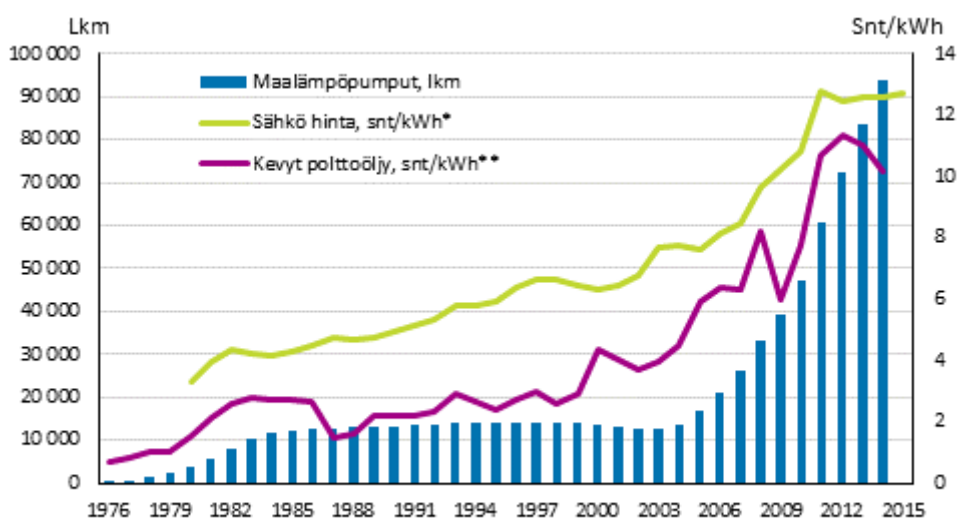
Taulukko 3. Mitoitusteho

Lämmityksen huipputehontarve kW						
2014	2015	2016	2017	2018	2019	KA
37,0	43,0	43,2	32,7	30,6	37,4	37,3

3 MAALÄMPÖ

3.1 Yleistä

Maalämpöpumppu (MLP) hyödyntää auringosta peräisin olevaa lämpöä, joka on varastoituneena maaperään, veteen tai kallioon. Taloja on lämmitetty maalämmöllä 1970-luvulta lähtien ja maalämpöpumppujen suosio on kasvanut sähkön ja öljyn hintojen noustessa. (Motiva 2008, 2.) Kuviossa 3 näkyy maalämpöpumppujen lukumäärän voimakas kasvu hintojen noustessa.



Kuvio 3. Maalämpöpumppujen lukumäärän sekä sähkön ja kevyen polttoöljyn hinnan kehitys 1976–2015. (Tilastokeskuksen www-sivut 2020)

3.2 Kannattavuus

Vaikka maalämmöllä tuotettu lämmitysenergia on melko edullista, on maalämpöjärjestelmän hankintahinta korkea. Jotta takaisinmaksuaika jäisi lyhyeksi, tulisi kokonaisenergiankulutuksen olla vähintään 30 000–35 000 kWh/a, mieluiten yli 40 000 kWh/a. Maalämpöpumppu toimii tehokkaimmin, kun se voidaan liittää vesikiertoiseen lattialämmitykseen tai matalalämpöiseen patteriverkostoon, jonka maksimilämpötila on 50–55 °C. Mikäli lämmönkeruupiiri asennetaan vaakaputkistona, tulisi maan olla

savimaata. Jos lämmönkeruupiirille tehdään porakaivo, tulisi kallion olla korkeintaan noin 10 metrin syvyydellä. (Motivan www-sivut 2020.)

3.3 Lämpökerroin

Lämpökerroin eli COP (Coefficient Of Performance) kuvaa lämpöpumpun toiminnan tehokkuutta. COP-arvo ilmaisee kuinka paljon enemmän pumppu tuottaa lämpöä verrattuna sen itse käyttämään energiamäärään. Mikäli lämpökerroin COP on 3, pumppu luovuttaa rakennukseen kolme kilowattituntia lämpöä, mutta käyttää sen tuottamiseen vain yhden kilowattitunnin sähköenergiaa. Kaksi kilowattituntia lämpöpumpun tuottamasta lämmöstä on siis käytännössä ilmaista uusiutuvaa energiaa. (Perälä & Perälä 2013, 30.)

COP-arvo on kuitenkin teoreettinen ja kertoo vain lämpöpumpun kuluttamasta ja tuottamasta energiasta tietyissä olosuhteissa, joten arvo on käytännössä liian positiivinen. Vuosilämpökerroin SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance) ilmaisee lämpökerroimen arvon koko lämmityskaudelta, eli se on luotettavampi tehokkuutta vertailtaessa. (Perälä & Perälä 2013, 30–32.)

4 MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄN TOIMINTA JA MITOITUS

4.1 Lämmönkeruu

Lämmönkeruuputkistossa kiertää jäätymätön neste, joka lämpenee pari astetta kiertäessään putkiston läpi. Keruupiirin on oltava riittävän suuri, jotta siitä saadaan riittävästi lämpöä. Lämmönkeruupiirin mitoitus vaikuttaa järjestelmän toimintaan saman verran kuin itse lämpöpumppukin. Lämpöpumpputoimittaja osaa laskea tarvittavan laajuuden lämmönkeruupiirille. (Motiva 2008, 4.)

Porakaivo on lämmönlähteenä yleisin, sillä se sopii pienillekin tonteille ja saneerauskohteisiin. Poraaminen on kalliimpaa, jos kallion päällä on paksu maakerros, sillä maahan porattaessa täytyy porausreikään työntää suojaputki pitämään reikä auki sekä estämään pintavesien pääsy pohjaveteen. Porakaivon syvyys on rakennuksen lämmöntarpeesta ja porakaivon vedentuotosta riippuen noin 200–250 metriä. Porakaivoja voidaan tehdä useampikin vähintään 15–20 metrin välein, mikäli yhdestä kaivosta ei saada riittävästi lämpöä. Porakaivon tehoa kuvataan aktiivisella syvyydellä, mikä tarkoittaa kaivon sitä osuutta, joka on koko vuoden veden täyttämänä. Porakaivon lämmönvaihtelu vuoden aikana on vain 2–3 astetta. (Motiva 2008, 4.)

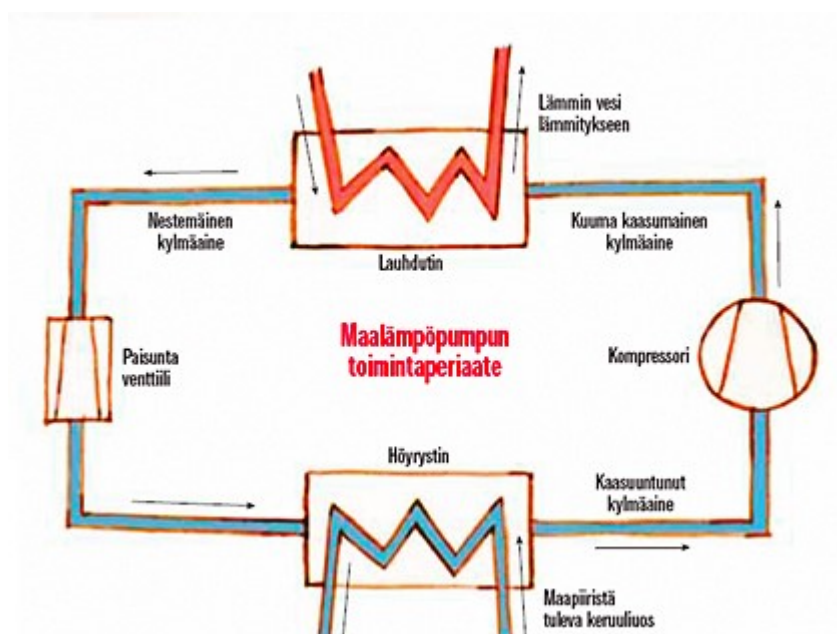
Lämpöä voidaan kerätä myös pintamaasta vaakaputkistolla. Hankintahinta porakaivoon verrattuna on hieman edullisempi, mutta tontin on oltava riittävän suuri. Keruuputkea tarvitaan noin 1–2 metriä rakennuskuutiota kohden ja tonttimaata noin 1,5 neliötä putkimetriä kohden. Vaakaputkisto asennetaan vähintään metrin syvyyteen, noin 1,5 metrin välein. Paras lämmöntuotto on kostealla savimaalla ja huonoin hiekkamaalla. Kivinen maaperä sopii vaakaputkistolle huonosti, sillä putket saattavat vaurioitua roudan liikuttaessa kiviä. (Motiva 2008, 4.)

Lämmönkeruupiiri voidaan asentaa myös vesistöön, jos sellainen on lähellä. Vesi sitoo hyvin lämpöä, joten vesistöistä saadaan saman verran lämpöenergiaa kuin porakaivostakin. Keruuputket upotetaan painojen avulla pohjaan tai pohjamutaan, joten rannan tulisi olla vähintään 2 metriä syvä jo rantaviivan lähellä. Putkien täytyy olla riittävän syvällä, ettei jääpeite vaurioita niitä. (Motiva 2008, 5.) Koska virtaavan veden

lämpötila saattaa laskea alle 0 °C ja se alkaa jäätymään keruuputken ympärille, ei putkien sijoittamista virtaavaan veteen yleensä suositella (Perälä & Perälä 2013, 59).

4.2 Toimintaperiaate

Maalämpöpumppu koostuu kompressorista, paisuntaventtiilistä sekä kahdesta lämmönsiirtimestä: höyrystimestä ja lauhduttimesta. Maalämpöpumpun putkistossa kiertää kylmäaine. Kylmäaineena käytetään enimmäkseen fluorihilivetyjä eli HFC-yhdisteitä, jotka ovat palamattomia ja myrkyttömiä sekä biologisesti hajoavia. (Motiva 2008, 3,14.) Maalämpöpumpun toimintaperiaate ilmenee kuvasta 3.



Kuva 3. Maalämpöpumpun toimintaperiaate (Motiva 2008, 3).

Lämmönkeruuputkistossa lämmennyt keruuliuos kulkee höyrystimeen, missä se höyrystää lämpöpumpussa kiertävän kylmäaineen. Nestemäinen kylmäaine, jonka lämpö ennen höyrystintä on noin -10 °C, muuttuu höyryksi ja samalla siihen sitoutuu lämpöä. Kaasuuntunut kylmäaine kulkee kompressoriin, jossa se puristuu pienempään tilaan paineen noustessa. Paineen nousu kohottaa kylmäaineen lämpötilan noin sataan asteeseen. Kuuma kaasumainen kylmäaine johdetaan lauhduttimeen, jossa se luovuttaa lämpönsä lämmitysverkostoon. Jäähdyntynyt kylmäaine muuttuu takaisin nestemäiseksi.

Nestemäinen kylmäaine johdetaan vielä paisuntaventtiiliin, jossa kylmäaineen paine alenee ja lämpötila laskee takaisin noin $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilaan. (Motiva 2008, 3.)

4.3 Mitoitus

Maalämpöpumppu voidaan mitoittaa joko täys- tai osateholle. Täysteholle mitoitettu lämpöpumppu tuottaa riittävästi lämpöä kovimmillakin pakkasilla. Osateholle mitoitettu laitteisto kattaa vain osan kovimmilla pakkasilla tarvittavasta tehosta ja loput voidaan tuottaa esimerkiksi sähkövastuksilla. Huippupakkasia ei kuitenkaan ole usein ja esimerkiksi 80 prosentin osateholle mitoitettu lämpöpumppu jaksaa tuottaa jopa 98 % tarvittavasta lämmöstä. Osatehoisen laitteiston rakentamiskustannukset ovat edullisemmat sekä pumpun hyötysuhde on parempi, sillä se toimii tehokkaimmalla toiminta-alueellaan suuremman osan ajasta. (Perälä & Perälä 2013, 61–62.)

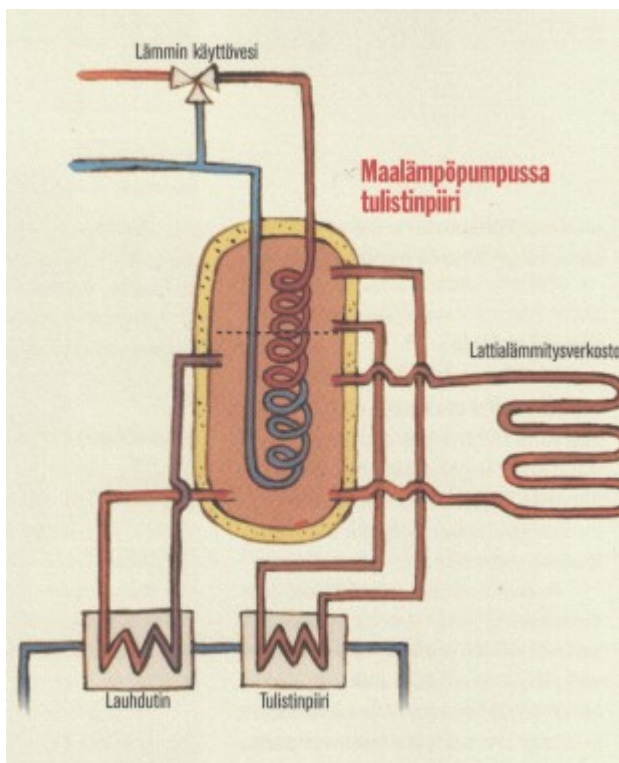
4.4 Käyttöveden lämmitys

Asunnon lämmityksen lisäksi maalämpöpumpulla lämmitetään myös lämmin käyttövesi. Sen lämpötila on ainakin ajoittain nostettava yli 55-asteiseksi, ettei siihen kertyisi haitallisia mikrobeja, kuten muun muassa Legionellabakteeria. Käyttöveden lämmitystavasta syntyvät suurimmat erot eri pumppuvalmistajien välillä. Käytössä on kolme erilaista tapaa: maalämpöpumpussa oleva tulistinpiiri, vaihtuva lauhdutus sekä käyttövesikierukka. (Motiva 2008, 7.) Seuraavaksi kerrotaan menetelmien erot.

4.4.1 Tulistinpiiri

Käyttöveden esilämmitys tapahtuu lämmitysvaraajassa, josta otetaan lämmitykseen menevä vesi. Tämän jälkeen esilämmitetyn käyttöveden lämpötila nostetaan haluttuun arvoonsa erillisessä lämmönsiirtimessä eli tulistinpiirissä. Tulistinpiiri ottaa lämmön heti kompressorin jälkeen, sillä höyrystynyt kylmäaine on siinä lämpimintä. Tulistuslämmönsiirtimen jälkeen hieman jäähtynyt kylmäaine kulkee lauhduttimeen, jossa se nesteeksi muuttuessaan luovuttaa lämpöenergiaa lämmitysvaraajaan (Kuva 4). Tulistinpiirillä varustetun maalämpöpumpun etuna on sen lauhtumislämpötilan pysyminen niin matalana kuin lämmitystarve sallii. Tämä nostaa pumpun lämpökerrointa.

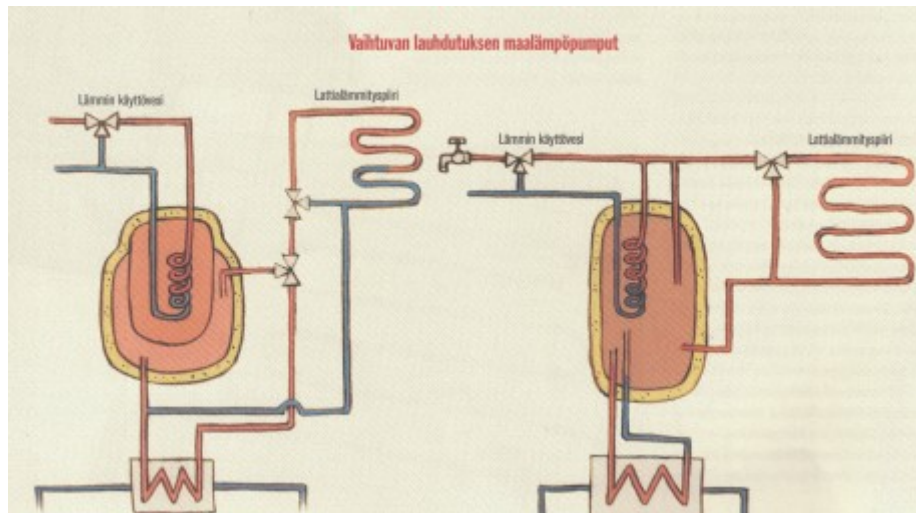
Sähkövastuksia lämpimän käyttöveden lämmitykseen ei välttämättä tarvita. (Motiva 2008, 7.)



Kuva 4. Tulistinpiiri (Motiva 2008, 6).

4.4.2 Vaihtuva lauhdutus

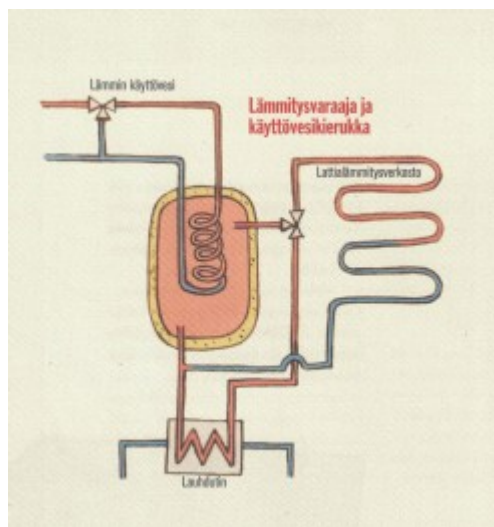
Vaihtuvan lauhdutuksen lämpöpumppu lämmittää vuorotellen joko lämmitysverkostoa tai käyttövettä. Lämpimän käyttöveden saatavuus on tärkeämpää ja se menee huoneiden lämmityksen edelle. Huoneiden lämpötila ei ehdi merkittävästi laskea, vaikka niiden lämmitys on hetken pois päältä. Varaaja on yleensä joko kaksoisvaipallinen tai varustettu lämmityskierukalla, joka lämmittää lämpöpumpun lämmöllä käyttövesivaraajaa. Kuvassa 5 on vasemmalla kaksoisvaippavaraaja ja oikeanpuoleinen on varustettu lämmityskierukalla. Järjestelmä on yleensä mitoitettu osatehoiseksi, mutta voidaan mitoittaa myös täystehoiseksi. Huoneiden lämmityksessä käytetty alempi lauhdutuslämpötila parantaa pumpun lämpökerrointa. (Motiva 2008, 6.)



Kuva 5. Vaihtuvan lauhdutusmaalämpöpumput (Motiva 2008, 6).

4.4.3 Käyttövesikierukka

Kolmantena vaihtoehtona lämpöpumpun sisällä olevassa lämmitysvaraajassa on käyttövesikierukka, jossa käyttövesi lämmitetään (Kuva 6). Sisäänrakennetut sähkövastukset nostavat käyttöveden lämpötilaa tarvittaessa. (Motiva 2008, 6.)



Kuva 6. Käyttövesikierukka (Motiva 2008, 6).

4.5 Kuntien ja taloyhtiöiden lämpöpumppuhankinnat

Motiva on julkaissut vuonna 2018 oppaan ”Lämpöpumppujen hankintaopas -kunnat ja taloyhtiöt”. Opas on tehty avustamaan taloyhtiöiden ja kuntien kiinteistöjen lämpöpumppuhankintojen suunnittelijoita. Tarkoituksena on opastaa hankkimaan oikein valittu lämpöpumppujärjestelmä, joka toimii sekä mahdollisimman hyvin että kustannustehokkaasti. Oppaassa on neuvoja hankesuunnittelusta, tarjouspyynnöistä ja sopimuksista, lämpöpumpun valinnasta erilaisiin kohteisiin sekä tietoa eri lämpöpumpuista. (Motiva 2018, 2–4.)

Lämpöpumpun hyötysuhde eli lämpökerroin on sitä parempi, mitä matalampi on vesikiertoisen patteriverkoston lämpötila. Suuressa osassa rakennuksia patteriverkoston ohjataan liian lämmintä vettä verkoston liian tehottoman toiminnan vuoksi. Toimintaa voidaan tehostaa patteriverkoston perussäädöllä, mikä saattaa toisinaan vaatia myös uudet säätölaitteet. Vanhojen rakennuksien vesipatteriverkot on suunniteltu nykyistä suuremmille lämpötilatasoille ja niiden todellinen lämpötilataso pitäisikin mitata jo lämpöpumppuhankinnan suunnitteluvaiheessa. (Motiva 2018, 9–10.)

Patteriverkoston lämpötila vaikuttaa merkittävästi lämpöpumpun tehokkuuteen. Menoveden lämpötilan tulisi olla korkeintaan 45–50 °C. Mikäli olemassa olevat patterit vaativat korkeamman lämpötilan, kannattaa ne vaihtaa suurempiin. Vaihtoa kannattaa harkita myös, jos vesipatterien ikä on yli 40 vuotta tai ne ovat huonokuntoiset. (Motiva 2018, 10.)

Maalämpöpumpun hankinnassa korostuu huolellinen suunnittelu ja ammattitaitoinen asennus. Mahdollisimman tarkat tiedot rakennuksen vaatimasta lämmitysenergiasta sekä käyttöveden lämmitysenergiasta auttavat mitoittamaan lämpöpumpun tehon sekä lämmönkeruupiirin. Lämmönkeruuputkisto kannattaa mitoittaa minimitarvetta suuremmaksi, sillä niin saadaan nostettua lämmönkeruunesteen lämpötilaa sekä lämpöpumpun lämpökerrointa. Porakaivoa käytettäessä myös riski kaivoveden jäätymisestä vähenee. (Motiva 2018, 23–24.)

Täysteholle mitoitettu lämpöpumppu antaa kaiken tarvittavan energian kovimmillakin pakkasilla, eikä se tarvitse lisävastuksia. Ongelmana on kuitenkin liiallinen

pätkäkäynti, kun ulkolämpötila on -5 – $+5$ °C. Asia voidaan korjata invertteriohjatulla kompressorilla tai käyttämällä useampaa kylmäyksikköä. Osateholle mitoitettu lämpöpumppu antaa yleensä 60–80 % tarvittavasta lämpötehon huipputarpeesta, vuotuisen energiantuoton ollessa 95–99 % tarvittavasta määrästä. Mikäli rakennuksessa on olemassa oleva öljylämmityskattila, kannattaa lämmitysenergian loppuosa tuottaa sillä. (Motiva 2018, 24.)

5 JÄRJESTELMÄN VALINTA JA MITOITUS KOHTEESEEN

Kohteeseen pyydettiin ja saatiin annettujen kulutustietojen pohjalta karkea mitoitus ja hinta-arvio Nibe Energy Systems Oy:ltä. Mitoitus pyydettiin osatehoisena, sillä tarkoitus on, että vanha öljykattila jäisi vielä paikoilleen tuottamaan tarvittavan lisälämmön kovimmilla pakkasilla.

5.1 Kustannusarvio

Saadussa laskelmassa tilojen lämmityksen tarve on laskettu normitetun 96 000 kWh/a mukaan, josta käyttöveden osuus olisi 8 615 kWh/a. Lämmityksen huipputehontarpeeksi on saatu 38,7 kW. Maalämpöpumpuksi valikoitui NIBE 1345-24 kW. Porakaivon aktiivisyvyudeksi laskelma antaa 613 metriä, joten kaivoja tarvitaan 3–4. Aktiivisyvyyden laskenta on suuntaa antava ja se tulee tarkentaa kaivokenttäsuunnittelijan kanssa. Laitteiston hinta on 14 600 (alv 0 %), kaivon poraus maksaa noin 35 €/m (alv 0 %), putket sisään tuotuina sekä asennukset ja muutokset lämmönjakohuoneessa noin 10 000 € (alv 0 %). Taulukosta 4 ilmenee laitteiston osat sekä kokonaiskustannukset. (Jokivuori sähköpostiviesti 24.8.2020.)

Taulukko 4. Maalämpöjärjestelmän osat ja kustannukset

		Hinta (alv 0 %)
Laitteisto	Maalämpöpumppu NIBE F1234-24	14 600 €
	Vaihtventtiili	
	Käyttövesivaraaja 500 l (6 kW varavastuksella)	
	Puskurivaraaja 500 l lämmitykseen	
Porakaivo	613 m, 35 €/m	21 455 €
Asennus ja muutostyöt		10 000 €
Yhteensä		46 055 €

Kokonaisuuden hinnaksi tulisi siis kaikkiaan noin 46 100 € (alv 0 %). Hinnassa ei ole huomioitu kallion päällä olevan maakerroksen paksuutta ja porakaivojen vaatimaa suoja-putkea, jolloin poraamiskustannukset kasvavat.

5.2 NIBE F1345-24 maalämpöpumppu

Maalämpöpumppu on teholtaan 24 kW ja tarkoitettu suurille omakotitaloille ja kiinteistöille. Laitteessa on kaksi kompressoriyksikköä ja niitä voidaan käyttää käyttöveden ja tilojen lämmitykseen sekä yhdessä että erikseen käyttäjän haluamalla tavalla. Esimerkiksi toisen kompressoriyksikön lämmittäessä tiloja voi toinen yksikkö lämmitellä lämminvesijärjestelmää. (Niben [www](http://www.nibe.com)-sivut 2020.)

5.3 Energialaskelmat

Tilojen ja käyttöveden lämmitykseen tarvittava energia on vuodessa 96 000 kWh. Maalämpöpumpun tuottama energia on 92 187 kWh/a, joten lisäenergiaa öljystä pitäisi saada 3 813 kWh/a. Lämpöpumpun vuodessa kuluttama energia on 23 343 kWh, lisäksi sähköä tarvitaan myös lämmityksen kiertovesipumpun toimintaan 1 313 kWh/a. Maalämpöpumpulla pystytään tuottamaan 96 % tarvittavan vuotuisen energian määrästä. Maalämpöpumpun vuosilämpökerroin on 3,9 ja koko järjestelmän 3,4. Maalämpöjärjestelmän vuosittaiset huoltokustannukset ovat noin 50 €. (Jokivuori sähköpostiviesti 24.8.2020.)

Kohteen lämmitystehontarve on laskelmissa 38,7 kW, josta maalämpöpumpun tuottama teho on MUT:ssa (mitoitettava ulkoilman lämpötila) 22,0 kW. Lisätehoa tarvitaan 16,7 kW, mikä aluksi toteutuisi vanhan öljykattilan avulla. Siinä vaiheessa, kun öljykattilan käyttöikä on lopussa, voidaan se korvata vaikka 20 kW:n sähkökattilalla. (Jokivuori sähköpostiviesti 24.8.2020.) Nibe Energy Systems Oy:n energialaskelmat löytyvät liitteestä 1.

6 MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄN KANNATTAVUUS KOHTEESSA

6.1 Takaisinmaksuaika

Suora takaisinmaksuaika on yksinkertainen ja hyvä tapa tarkastella investoinnin kannattavuutta. Se ei kuitenkaan huomioi muutoksia esimerkiksi energian hinnoissa tai rahan arvossa. Takaisinmaksuajan laskennassa lasketaan toimenpiteestä aiheutuneet kustannussäästöt tarkasteluhetken hintatason perusteella. Suora takaisinmaksuaika voidaan laskea jakamalla hankintahinta investoinnin nettotuotoilla. Takaisinmaksuajan tulisi olla alempi kuin laitteen käyttöikä. (Motiva 2018, 6.) Maalämpöpumppujärjestelmän tekninen käyttöikä on noin 25–30 vuotta, kompressori voidaan joutua uusimaan 10–15 vuoden kuluttua (RT 18-10922, 15).

Laskennassa käytetyt energian hinnat on laskettu vuoden 2019 hinnoilla, koska koronaviruksen aiheuttaman pandemian vuoksi vuoden 2020 hinnoissa tapahtuneet heilahtelut saattaisivat vääristää tuloksia. Kevyen polttoöljyn hinta on laskettu tilastokeskuksen vuoden 2019 keskimääräisillä hinnoilla, jolloin sen hinta oli 97,3 €/MWh (alv 24 %) (Tilastokeskuksen www-sivut 2020). Arvonlisäveroton hinta on siis 78,5 €/MWh.

Sähkön hinta on myös laskettu tilastokeskuksen vuoden 2019 hinnoilla. Kuluttajatyypiksi valittiin pientalo, jonka pääsulake on 3 x 25 A ja sähkönkäyttö 20 000 kWh/a. Valinta tehtiin vuotuisen sähkönkäytön mukaan. Taulukko antoi jokaisen kuukauden hinnan sisältäen sähköenergian, siirtomaksun ja verot. Hinnoista laskettiin keskiarvo, joka on 0,14 €/kWh. Arvonlisäverottomaksi hinnaksi saatiin 0,11 €/kWh.

Takaisinmaksuajan laskennassa ei ole huomioitu maalämpöpumpun kiertovesipumpun kuluttamaa sähköä (1 313 kWh/a), sillä sen oletetaan olevan samaa luokkaa nykyisen öljypolttimen ja kiertovesipumpun sähkönkulutuksen kanssa. Öljylämmityksen vuosittainen energiankulutus on laskettu kuuden vuoden toteutuneiden kulutuksien keskiarvon mukaan, mikä on 109 255 kWh/a. Maalämpöjärjestelmän rinnalla tarvittava 3 813 kWh/a lisäenergia öljystä saadaan jakamalla määrä kattilan hyötysuhteella

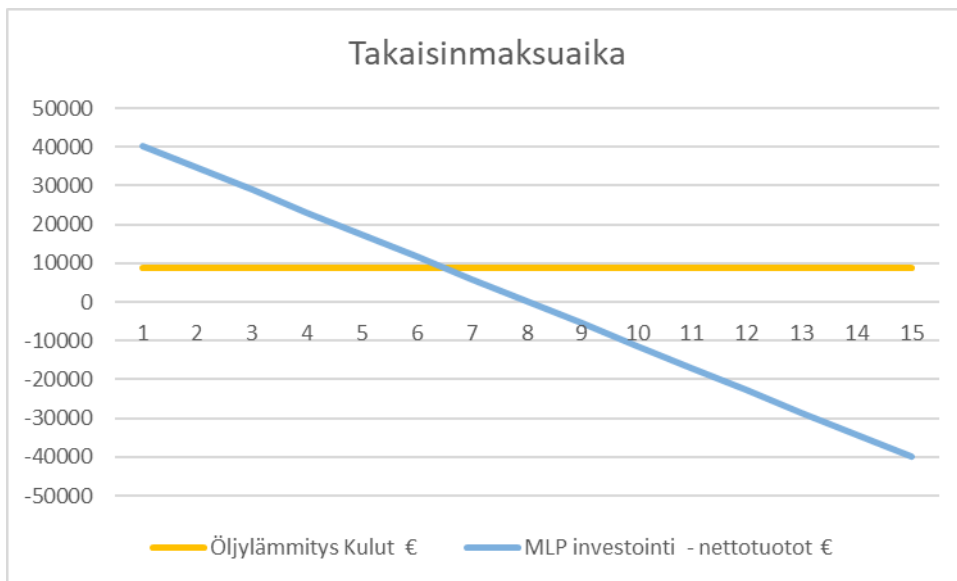
(80 %). Todellinen öljyllä tuotettava energia on siis $3\,813 \text{ kWh/a} / 0,8 = 4\,766 \text{ kWh/a}$, joten vuoden aikana polttoöljyä kuluisi noin 480 litraa.

Taulukossa 5 on laskettuna öljylämmitysjärjestelmän ja maalämmön vuosittaiset kustannukset sekä takaisinmaksuaika. Nykyisen järjestelmän vuosittaiset kustannukset ovat 8 727 € ja maalämmöllä 2 992 €. Maalämpöjärjestelmällä vuosittaiset kustannukset tulisivat 5 735 € halvemmaksi. Näillä hinnoilla takaisinmaksuajaksi saatiin 8 vuotta.

Taulukko 5. Vuosikustannukset ja takaisinmaksuaika

		Öljylämmitys	Maalämpö
Öljy	€/kWh	0,0785	
	Kulutus kWh/a	109 255	4 766
	Hinta €/a	8 577	374
Sähkö	€/kWh	0,11	
	Kulutus kWh/a		23 343
	Hinta €/a		2 568
Huoltokustannukset €/a		150	50
Kulut vuodessa €		8 727	2 992
Investointikulut			
	Laitteisto €		14 600
	Poraus €		21 500
	Asennustyöt €		10 000
	Yhteensä €		46 100
Takaisinmaksuaika a		8,0	

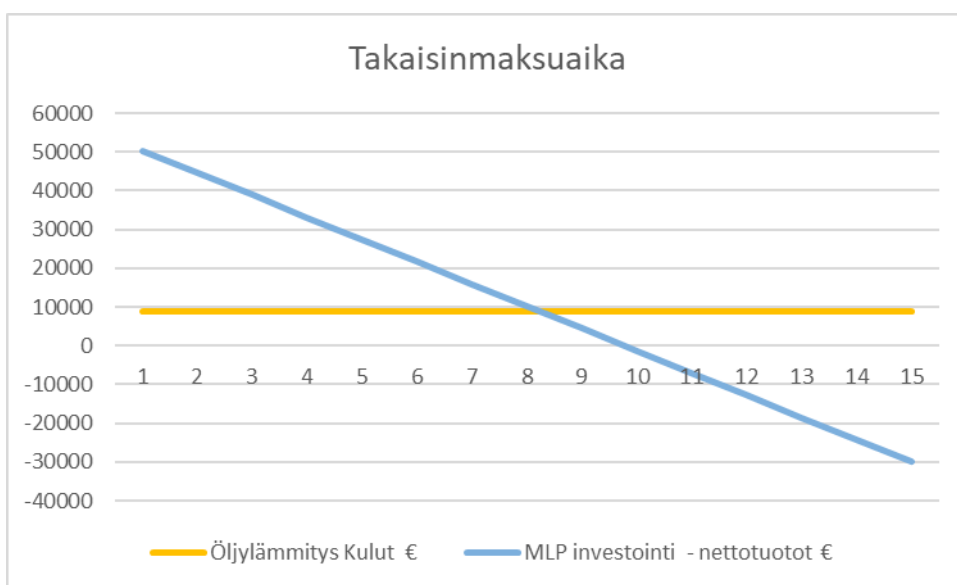
Kuviossa 4 on verrattu maalämpöjärjestelmän investointia ja nettotuottoja öljylämmityksen vuosittaisiin kustannuksiin. Oletuksena on öljyn ja sähkön hintojen pysyminen muuttumattomina. Kun maalämpö alittaa 0-viivan vuoden 8 kohdalla, on se maksanut itsensä takaisin. Laskennan Excel-tilukko on liitteessä 2.



Kuvio 4. Maalämpöjärjestelmän investointi ja vuosittaiset säästöt verrattuna öljylämmityksen vuosittaisiin kustannuksiin öljyn ja sähkön hintojen pysyessä muuttumattomina

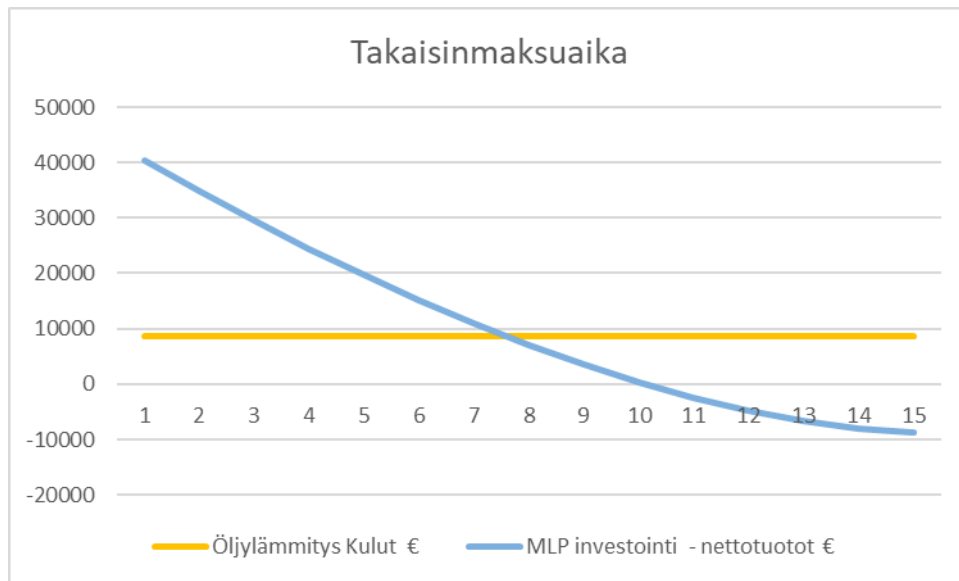
6.2 Herkkyystarkastelut

Herkkyystarkasteluissa tutkittiin kaivojen porauksen sekä sähkön ja kevyen lämmitysöljyn hintojen nousun vaikutusta takaisinmaksuaikaan. Kuviossa 5 porakaivojen hinta nouseekin 10 000 eurolla ja maksaa 31 500 €, tällöin takaisinmaksuaika nousee 9,8 vuoteen, kun öljyn ja sähkön hinta pysyvät samoina.



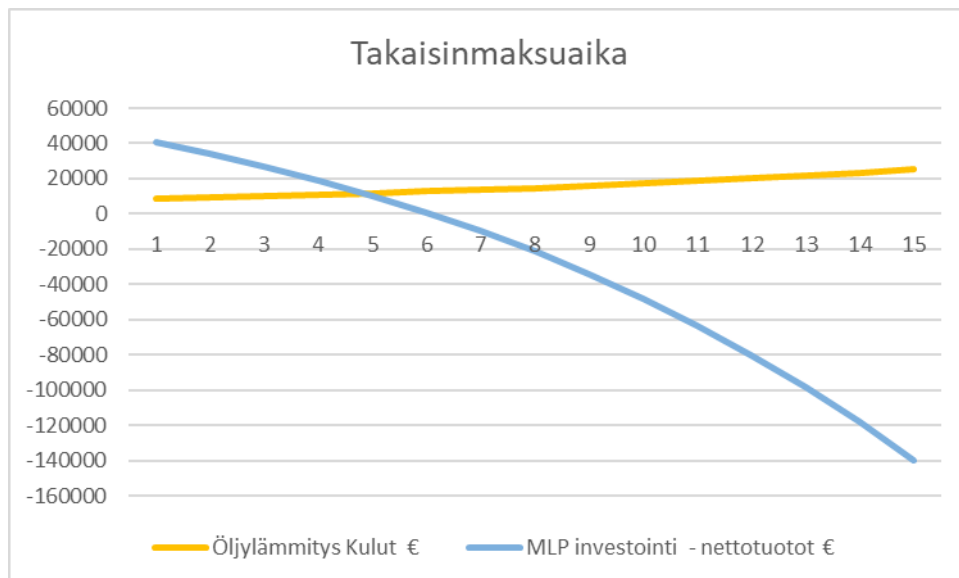
Kuvio5. Investointikulut 56 100 €, takaisinmaksuaika nousee 1,8 vuotta

Kuviossa 6 sähkön hinta nousee vuosittain 8 % edellisen vuoden tasosta öljyn hinnan pysyessä muuttumattomana, takaisinmaksuaika on noin 10,5 vuotta.



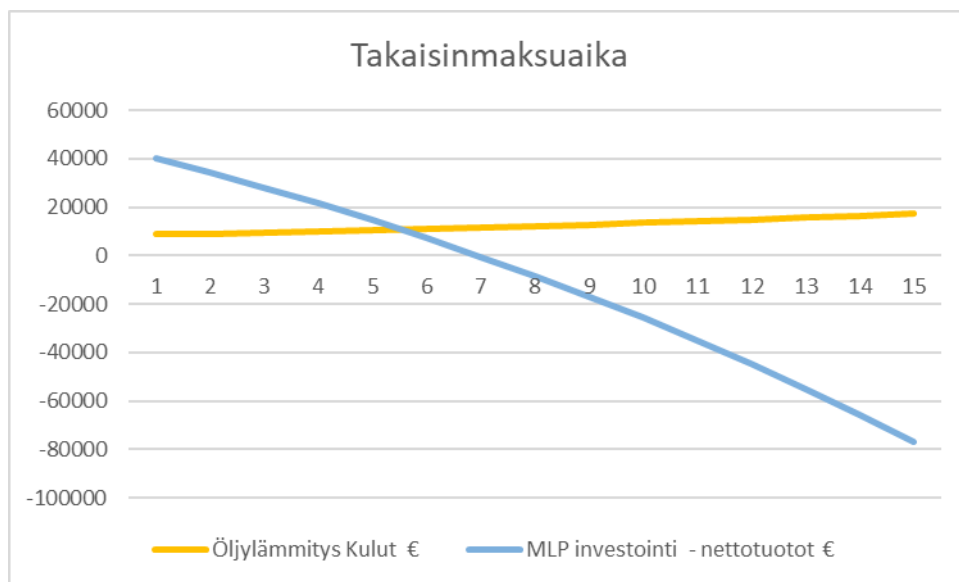
Kuvio 6. Sähkön vuosittainen hinnannousu 8 %

Kuviossa 7 öljyn hinta nousee vuosittain 8 % edellisen vuoden tasosta sähkön hinnan pysyessä samana, takaisinmaksuaika putoaa alle 6,5 vuoden.



Kuvio 7. Öljyn vuosittainen hinnannousu 8 %

Kuviossa 8 sekä öljyn että sähkön hinta nousevat vuosittain 5 % edellisen vuoden tasosta, takaisinmaksuaika jää alle seitsemän vuoden. Laskennan Excel-taulukko on esitetty liitteessä 3.



Kuvio 8. Öljyn ja sähkön vuosittaiset hinnannousut 5 %

Kuvioista huomataan, että suuri takaisinmaksuaikaa pidentävä tekijä on investointikulujen kasvaminen. Laitteiden hinta on tiedossa, mutta porakaivojen todellinen määrä ja syvyys sekä kallion yläpuolisen putkitettavan maaperän paksuus on syytä selvittää, jotta saadaan selville porauksen todelliset kustannukset. Sähkön suurehko vuosittainen hinnannousukaan ei pidennä takaisinmaksuaikaa merkittävästi, kun taas polttoöljyn pienempikin hinnankorotus laskee takaisinmaksuaikaa. Mikäli polttoöljyn ja sähkön hintojen vuosittaiset prosentuaaliset korotukset ovat samansuuruiset, takaisinmaksuaika lyhenee.

6.3 Energia-avustukset

Esimerkiksi asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA myöntää asuinrakennusten omistajille, taloyhtiöille ja ARA-yhteisöille energia-avustuksia korjaushankkeisiin, joilla parannetaan asuinrakennusten energiatehokkuutta. Avustettavia korjauksia ovat mm. öljylämmityksestä luopuminen tai lämpöpumppujärjestelmien laitteistot, mikäli korjauksilla saavutetaan riittävä parannus energiatehokkuuteen. (ARA:n www-sivut 2020.) Lämmitysjärjestelmän mahdollisen vaihdon yhteydessä kannattaa selvittää

mahdollisuus eri tahojen myöntämille energia-avustuksille, jolloin investointikustannuksien pienentyessä takaisinmaksuaika lyhenee.

6.4 Hiilidioksidipäästöt

Nykyistä öljylämmitystä ja mahdollista maalämpöjärjestelmää tarkasteltiin myös hiilidioksidipäästöjen osalta. Sähkön päästökerroin kolmen vuoden keskiarvona on 141 kg CO₂/MWh (Motivan www-sivut 2020). Kevyen polttoöljyn päästökerroin on 261 kg CO₂/MWh (Motiva 2012, 6).

Taulukossa 5 on laskettu molempien lämmitysjärjestelmien hiilidioksidipäästöt. Maalämmön osalta laskennalliset päästöt ovat vain 16 % öljylämmityksen päästöistä.

Taulukko 5. Hiilidioksidipäästöt kg/a

	Öljylämmitys	Maalämpö
Öljy		
Kulutus MWh/a	109,255	4,766
Kerroin kg/MWh	261	261
Sähkö		
Kulutus MWh/a		23,343
Kerroin kg/MWh		141
CO₂-päästöt kg/a	28 516	4 535

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tarkoituksena oli selvittää kannattaako rivitaloyhtiön alkuperäinen 30 vuotta vanha öljylämmitysjärjestelmä vaihtaa maalämpöön. Työtä varten saatiin taloyhtiön veden ja lämmitysöljyn kulutustiedot kuuden edellisen vuoden ajalta, lisäksi isännöitsijä antoi muita tarvittavia tietoja. Näiden tietojen ja laskujen perusteella pyydettiin ja saatiin karkea mitoitus- ja kustannusarvio Nibe Energy Systems Oy:ltä. Maalämpöjärjestelmä mitoitettiin osatehoiseksi, jolloin vanha öljykattila jäisi rinnalle turvaamaan riittävän lämmön kylmimpinä aikoina.

Maalämpöjärjestelmän takaisinmaksuajaksi saatiin noin kahdeksan vuotta, mikä on huomattavasti alempi kuin järjestelmän oletettu tekninen käyttöikä. Myöskään sähkön suurehkot vuosittaiset hinnankorotukset eivät nosta takaisinmaksuaikaa merkittävästi. Hiilidioksidipäästöt alenisivat reilusti öljylämmitykseen verrattuna.

Työssä tehtyyn laskentaan sisältyy jonkin verran epätarkkuuksia. Vuotuiset ostetut polttoöljyn määrät eivät todennäköisesti kohdistu kokonaan ostovuoteen. Toisaalta laskuissa käytetty kuuden vuoden keskiarvo tasoittanee asiaa. Myöskään vuotuisista asukasmääristä ei ole todellista tietoa, mikä vaikuttaa lämpimän käyttöveden tarpeen laskemiseen. Öljykattilan hyötysuhde on arvio eikä perustu mitattuun tietoon. Arvio on yritetty pitää paremminkin optimistisena, ettei se pudottaisi rakennuksen vuotuista lämmitystehontarvetta. Patterien mitoitustehosta ei ole tarkkaa tietoa. Taloyhtiössä kannattaisikin selvittää menoveden todellinen lämpötila talvella kovimpien pakkasten aikana.

Sähkön ja polttoöljyn hintojen kehitystä tulevaisuudessa on vaikea ennustaa, mutta pyrkimys hiilineutraaliin yhteiskuntaan todennäköisesti nostaa öljyn hintaa ja siihen kohdistuvia veroja enemmän kuin sähkön hintaa. Polttoöljyn hinnan nouseminen laskee maalämpöjärjestelmän takaisinmaksuaikaa.

Nykyisen öljylämmitysjärjestelmän korvaaminen maalämmöllä osoittautui kannattavaksi. Mikäli kiinteistöosakeyhtiössä päädytään vaihtamaan öljylämmitys maalämpöön, tulisi suunnittelijalle antaa mahdollisimman tarkat tiedot sekä rakennuksen

vaatimasta lämmitysenergiasta että käyttöveden lämmitysenergiasta, jotta varmistetaan järjestelmälle riittävä teho ja keruupiiri. Myös energiatuen saaminen kannattaa selvittää. Mikäli investointikustannuksia halutaan pienemmäksi, kannattaa järjestelmän suunnittelijalta pyytää laskelmat myös ilma-vesilämpöpumpun osalta.

LÄHTEET

ARA:n www-sivut. Viitattu 31.8.2020. https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat_ja_avustukset/Energiaavustus

Google Maps. 2020. Viitattu 28.8.2020. <https://www.google.fi/maps>

Ilmasto-opas www-sivut. 2020. Viitattu 12.8.2020. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ajankoh-taista/uutinen/-/artikkeli/8b337830-6fd8-4eb8-9524-68ae209693eb/korjausrakenta-misen-strategian-tavoitteena-vahentaa-rakennuskannan-paastoja-90-prosenttia-2050-mennessa.html>

Ilmatieteen laitoksen www-sivut. 2020. Viitattu 7.7.2020. <https://www.ilmatieteen-laitos.fi/lammitystarveluvut>

Jokivuori, J. Opinnäytetyön mitoitus. Vastaanottaja: Sukeva, M. Lähetetty 24.8.2020 klo 10.07. Viitattu 28.8.2020.

Kiinteistö Oy Pomarkun vuokratalojen toimintakertomukset 2014–2019.

Kymenlaakson Sähkö Oy:n www-sivut. 2020. Viitattu 27.8.2020. <https://energia.ksoy.fi/milloin-lamminvesivaraaja-pitaa-vaihtaa-uuteen/>

LVI 10-10549. Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. K1/ 2013. Helsinki: Rakennustieto.

Maanmittauslaitoksen www-sivut. 2020. Viitattu 28.8.2020. <https://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/karttapaikka>

Motiva. 2012. Yksittäisen kohteen CO₂ -päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO₂ -päästökertoimet. Viitattu 31.8.2020. https://www.motiva.fi/files/16064/CO2-laskentaohje_-_Yksittainen_kohde.pdf

Motiva. 2018. Lämpöpumppujen hankintaopas -kunnat ja taloyhtiöt. Viitattu 28.7.2020. https://www.motiva.fi/files/14752/Lampopumppujen_hankintaopas_kunnat_ja_taloyhtiot.pdf

Motiva. 2018. Toimenpiteen taloudellinen kannattavuus Laskentatyökalu – ohje työkalun käyttöön. Viitattu 29.8.2020. https://www.motiva.fi/files/14771/Toimenpiteen_taloudellinen_kannattavuus_laskurin_ohje_2018.pdf

Motiva; Suomen lämpöpumppuyhdistys Sulpu: Lämpöä omasta maasta. 2008. Helsinki: Motiva.

Motivan www-sivut. 2020. Viitattu 21.7.2020. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiatehokas_sahkolammitys/lampopumpun_hankinta/maalampopumppu

Motivan www-sivut. 2020. Viitattu 31.8.2020. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet

Motivan www-sivut. 2020. Viitattu 7.7.2020. https://www.motiva.fi/julkinen_sek-tori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus

Mäenpää, H. Opinnäytetyön tietoja. Vastaanottaja: Sukeva, M. Lähetetty 11.6.2020 klo 15.41. Viitattu 6.7.2020.

Mäenpää, H. Opinnäytetyön tietoja. Vastaanottaja: Sukeva, M. Lähetetty 25.6.2020 klo 15.01. Viitattu 6.7.2020.

Niben www-sivut. 2020. Viitattu 28.8.2020. https://www.nibe.eu/fi/fi/tuotteet/kiin-teistolampopumput/NIBE-F1345-_32

Perälä, R & Perälä, O. 2013. Lämpöpumput: suomalainen käsikirja aikamme lämmit-sjärjestelmästä. 3. uud. p. Helsinki: Alfamer/Karisto Oy.

RT 18-10922. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. 2008. Helsinki: Rakennustieto.

Tilastokeskuksen www-sivut. 2020. viitattu 21.7.2020.
https://www.stat.fi/til/ras/2016/09/ras_2016_09_2016-11-25_kat_001_fi.html

Tilastokeskuksen www-sivut. 2020. Viitattu 28.8.2020.
http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehi/stat-fin_ehi_pxt_003_fi.px/

Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut. 2020. Viitattu 12.8.2020. <https://tem.fi/uu-siutuva-energia>

Ympäristöhallinnon www-sivut. 2020. Viitattu 27.8.2020. <https://www.ympa-risto.fi/fi-fi/rakentaminen/korjaustieto/taloyhtiot/energiatehokkuus/energiankulu-tus/kulutusjakauma>

Ympäristöministeriön www-sivut. 2020. Viitattu 7.7.2020. https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaaraysko-koelma/Energiatehokkuus

ENERGIALASKELMA

KOHTEEN TIEDOT

Tilojen lämmityksen tarve	96000 kWh/vuosi
- josta käyttöveden osuus	8615 kWh/vuosi
Lämmitystehontarve	38,7 kW

ENNEN LÄMPÖPUMPUN ASENNUSTA

Ostoenergia -Öljy (80%)	120000 kWh/vuosi
-------------------------	------------------

LÄMPÖPUMPUN ASENNUKSEN JÄLKEEN

Ostoenergia -Sähkö	24655 kWh/vuosi
-Sähkö Lisälämpö	3813 kWh/vuosi

SÄÄSTÖT

Energiansäästö	67531 kWh/vuosi
Reduced energy to purchase	91531 kWh/vuosi
CO2 säästöt	30089 kg/vuosi

SÄÄTIEDOT

Vuoden keskilämpötila	5,3 °C
Mitoitettava ulkolämpötila, MUT	-29,0 °C

RAKENNUKSEN OLOSUHTEET

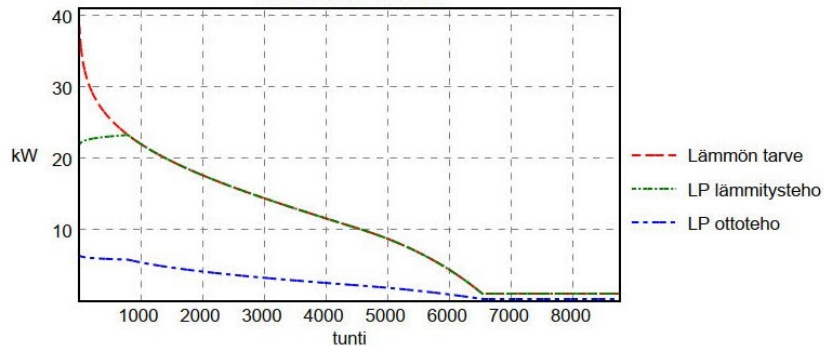
Sisälämpötila	21,0 °C
Tilojen lämmitys pysähtyy	17,0 °C
Lämmitys meno MUT:ssa	70 °C
Lämmitys paluu MUT:ssa	40 °C

ENERGIALASKENNAN TULOKSET

-Lämpöpumppu NIBE F1345-24

LP:n tuottama energia	92187 kWh/vuosi
LP:n kuluttama energia	23343 kWh/vuosi
Lisäenergia, hyötysuhdekorjattu	3813 kWh/vuosi
Lämmityksen kiertopumppu	1313 kWh/vuosi
Energianpeitto	96 %
Vuosilämpökerroin, LP	3,9
Vuosilämpökerroin, järjestelmä	3,4
Kiinteä tai vaihteleva lauhdutus	Vaihteleva
Lämpöpumpun teho MUT:ssa	22,0 kW
Ottoteho MUT:SSA	6,4 kW
Laskennallinen lisäteho	16,7 kW
Tehopeitto	57 %

ENERGIAKUVAAJA



ENERGIKAIVO

Aktiivinen poraussyvyys	613 m
Energian otto	115 kWh/m
Tehon otto	30 W/m
Lambda kallio	3,0 W/mK
Tulevan keruuliuksen keskilämpötila	1,5 °C

LIITE 2

Öljylämmitys- ja maalämpöjärjestelmän vuosittaiset kustannukset öljyn ja sähkön hintojen pysyessä muuttumattomina.

Vuosi	Öljylämmitys			Maalämpö			MLP investointi - nettotuotot €	
	Huolto/€	Ö-kulutus/€	Kulut €	Huolto/€	Ö-kulutus/€	S-kulutus/€		Kulut €
1	150	8577	8727	50	374	2568	2992	40365
2	150	8577	8727	50	374	2568	2992	34631
3	150	8577	8727	50	374	2568	2992	28896
4	150	8577	8727	50	374	2568	2992	23161
5	150	8577	8727	50	374	2568	2992	17427
6	150	8577	8727	50	374	2568	2992	11692
7	150	8577	8727	50	374	2568	2992	5958
8	150	8577	8727	50	374	2568	2992	223
9	150	8577	8727	50	374	2568	2992	-5512
10	150	8577	8727	50	374	2568	2992	-11246
11	150	8577	8727	50	374	2568	2992	-16981
12	150	8577	8727	50	374	2568	2992	-22716
13	150	8577	8727	50	374	2568	2992	-28450
14	150	8577	8727	50	374	2568	2992	-34185
15	150	8577	8727	50	374	2568	2992	-39920
16	150	8577	8727	50	374	2568	2992	-45654
17	150	8577	8727	50	374	2568	2992	-51389
18	150	8577	8727	50	374	2568	2992	-57123
19	150	8577	8727	50	374	2568	2992	-62858
20	150	8577	8727	50	374	2568	2992	-68593

LIITE 3

Öljylämmitys- ja maalämpöjärjestelmän vuosittaiset kustannukset, kun sekä öljyn että sähkön hinta nousevat vuosittain 5 % edellisen vuoden tasosta.

Vuosi	Öljylämmitys			Maalämpö				MLP investointi - nettotuotot €
	Huolto/€	Ö-kulutus/€	Kulut €	Huolto/€	Ö-kulutus/€	S-kulutus/€	Kulut €	
1	150	8577	8727	50	374	2568	2992	40365
2	150	9005	9155	50	393	2696	3139	34349
3	150	9456	9606	50	413	2831	3293	28037
4	150	9928	10078	50	433	2972	3456	21414
5	150	10425	10575	50	455	3121	3626	14465
6	150	10946	11096	50	478	3277	3805	7174
7	150	11493	11643	50	501	3441	3992	-477
8	150	12068	12218	50	526	3613	4190	-8506
9	150	12671	12821	50	553	3794	4396	-16931
10	150	13305	13455	50	580	3983	4614	-25772
11	150	13970	14120	50	609	4183	4842	-35050
12	150	14669	14819	50	640	4392	5082	-44787
13	150	15402	15552	50	672	4611	5333	-55006
14	150	16172	16322	50	706	4842	5597	-65731
15	150	16981	17131	50	741	5084	5875	-76987
16	150	17830	17980	50	778	5338	6166	-88801
17	150	18721	18871	50	817	5605	6472	-101201
18	150	19658	19808	50	858	5885	6793	-114216
19	150	20640	20790	50	900	6180	7130	-127876
20	150	21672	21822	50	945	6489	7484	-142215