

Juho Puolakka

MAALÄMMÖN TUOTTEISTAMINEN

MAALÄMMÖN TUOTTEISTAMINEN

Juho Puolakka
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Juho Puolakka

Opinnäytetyön nimi: Maalämmön tuotteistaminen

Työn ohjaaja: Veli-Matti Mäkelä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2014 Sivumäärä: 36 + 2 liitettä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä Oulun Energialle maalämmöstä vaihtoehtoinen lämmitystuote kaukolämmön rinnalle sekä hinnoitella se. Laskennan kohteena oli Oulun kaupungin Haukiputaan kaupunginosassa sijaitseva rivitalokohde Kiinteistö Oy Simppulanhaka.

Aluksi perehdyttiin maalämpöön sekä maalämmitysjärjestelmiin ja -laitteistoihin toimialakohtaisen lähdemateriaalin avulla. Teoriaosuus havainnollisti hyvin maalämmityspalvelun tuottamisessa huomioitavia asioita.

Maalämpöpalvelun tuotteistamisessa määriteltiin, mitä vaiheita palvelun tuottaminen sisältää. Vaiheet ovat tarjouksen tekeminen, neuvominen lupien ja avustusten hakemisessa, lämmöntoimitussopimuksen tekeminen, suunnitelman teettäminen ja urakoinnin toteuttaminen ja valvonta sekä käyttöönottoon ja ylläpitoon liittyvät toimenpiteet.

Tärkeänä tuotoksena opinnäytetyössä oli palvelun hinnoittelupohjan tekeminen. Hinnoittelupohja laadittiin Excel-ohjelman avulla. Hinnoittelupohjan avulla pystytään laskemaan, mikä investoinnin netto nykyarvo on tietyn ajanjakson jälkeen tietyllä laskentakorolla. Hinnoittelupohja onnistui hyvin, ja Oulun Energia voi käyttää sitä tarjousten tekemisessä.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että maalämpö sopii hyvin lämmitysmuodoksi rivitalokiinteistöihin ja muihin suurempiin kohteisiin. Tuotekokonaisuus saatiin kuvattua hyvin, ja suunnitelman pohjalta Oulun Energia voi kehittää tuotetta eteenpäin.

Asiasanat: maalämpö, lämpöpumput, tuotteistus, hinnoittelu, kestävä kehitys

ALKULAUSE

Kiitän opinnäytetyön toimeksiantajan Oulun Energian edustajia Risto Haapalais-
ta, Kaj Norrbackaa ja Mikko Rasia avusta ja yhteistyöstä opinnäytetyöprosessin
aikana.

Kiitän myös Oulun ammattikorkeakoulun Energiatekniikan osastonjohtaja Veli-
Matti Mäkelää opinnäytetyön ohjauksesta ja hyvistä neuvoista prosessin aikana.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 GEOENERGIA	8
2.1 Maalämpö	8
2.2 Keruupiiri	10
2.2.1 Vaakakenttä	11
2.2.2 Porakaivo	14
2.3 Maalämpöpumppu	16
2.3.1 Maalämpöpumpun toiminta	16
2.3.2 Lämpökerroin eli COP	17
2.3.3 Pumpun mitoitus	18
3 MAALÄMMÖN TUOTTEISTAMINEN	20
3.1 Tuotteen sisältö	20
3.1.1 Lämmön toimitussopimus	21
3.1.2 Suunnittelu	22
3.1.3 Urakointi	22
3.1.4 Käyttöönotto	23
3.2 Tuotteen hinnoittelu	23
3.2.1 Energiamaksu	23
3.2.2 Liittymismaksu	24
3.2.3 Perusmaksu	24
4 KOHTEEN KUVAUS	25
4.1 Kohde ja vanha järjestelmä	25
4.2 Uusi järjestelmä	28
4.3 Luvat ja avustukset	29
4.3.1 Toimenpidelupa	29
4.3.2 Energia-avustus	30

5 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	34
LIITE 1 HINNOITTELUPOHJA	
LIITE 2 KYTKENTÄKAAVIO	

1 JOHDANTO

Tässä tutkielmassa pyritään tuottamaan maalämmityksestä uusi lämmitysratkaisu Oulun Energian kaukolämmön rinnalle. Kohderyhmänä ovat rivitalokiinteistöt ja niitä suuremmat rakennukset, joihin kaukolämpöä ei kannata toimittaa liian suurten etäisyyksien vuoksi. Pilottikohteena toimii Kiinteistö Oy Simppulahaka, joka sijaitsee Oulun Haukiputaalla. Rakennustoimenpiteenä on muutostyö nykyisestä öljylämmityksestä maalämmitykseen.

Työn päätarkoituksena on tuotteistaa maalämpöpalvelu Oulun Energian käyttöön. Työssä kerrotaan, mitä tuote sisältää ja miten tuotteen kokonaishinta määräytyy sekä millaisesta prosessista on kyse.

Aluksi perehdytään yleisesti maalämpöön ja maalämpölaitteistoon. Seuraavaksi kuvataan tuote ja hinnoitellaan se Excel-sovellusta käyttäen. Lähtökohtana hinnoittelulle on, että asiakas maksaa liittymismaksun, perusmaksun ja energiamaksun.

Seuraavaksi kuvataan rivitalokiinteistön vanha järjestelmä ja siitä aiheutuneet kustannukset. Lopuksi kuvataan maalämpöjärjestelmää ja sen vaatimuksia rivitalokohteessa sekä kerrotaan tarvittavista luvista ja mahdollisesta energiatuksesta.

Työn toimeksiantaja on Oulun Energian kaukolämpö, jonka välittämän kaukolämmön piiriin kuuluu noin 75 % Oulun asukkaista. Oulun Energian tuottamalle kaukolämmölle on myönnetty oikeus käyttää Avainlipputunnusta korkean kotimaisuusasteen merkinä.

2 GEOENERGIA

Geoenergialla tarkoitetaan yleisesti maasta, kallioperästä ja vesistöistä saatavaa lämpö- ja viilennysenergiaa. Tässä luvussa tarkastellaan maalämmitystä yleisesti ja sen hyödyntämismahdollisuuksia. Lisäksi perehdytään seikkoihin, joita on huomioitava laitteistojen mitoituksessa.

2.1 Maalämpö

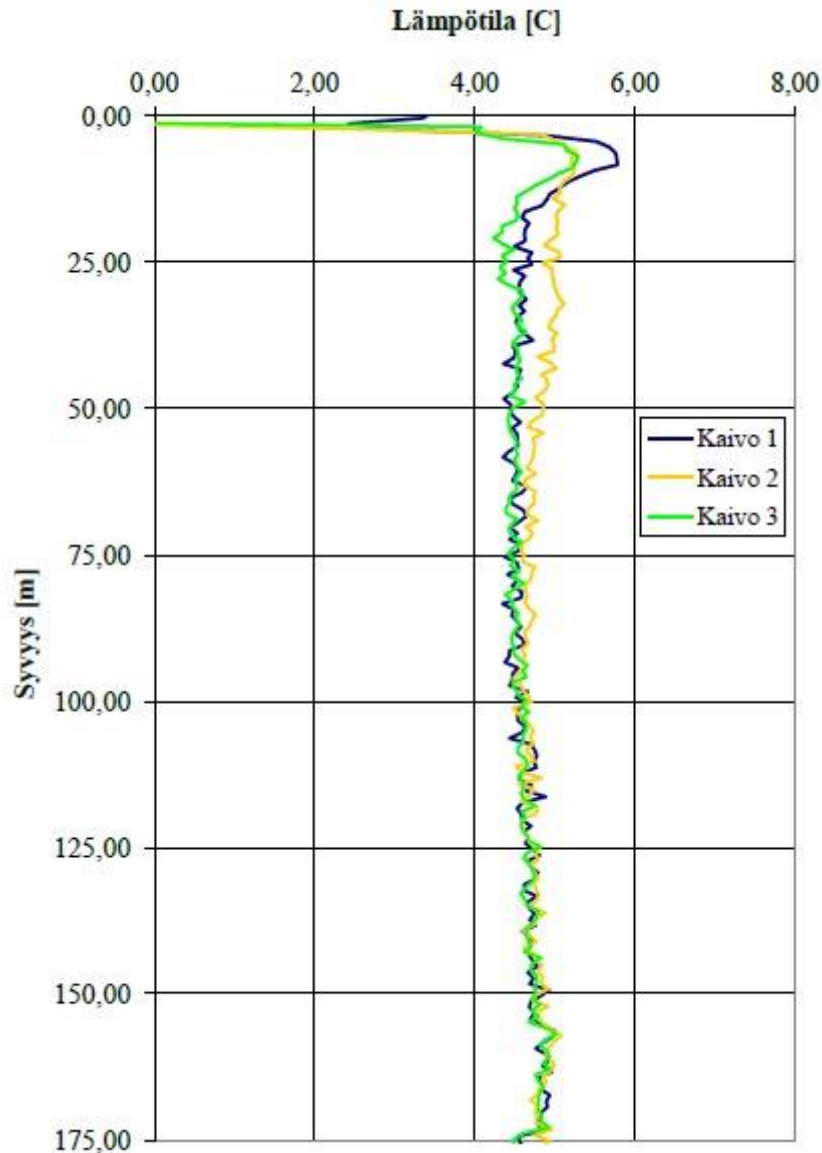
Maalämmityksessä hyödynnettävää lämmitysenergiaa muodostuu kahdella eri tavalla. Näitä ovat maan pintakerroksissa auringosta maahan varastoitunut lämpö ja syvemmälle maahan mentäessä maan keskuksesta kohoava lämpö, joka voi olla geotermistä lämpöä tai radioaktiivisten aineiden hajoamisessa vapautunutta lämpöä. (1.)

Suomessa maalämpöpumppuja on asennettu 1970-luvun puolivälistä lähtien, vaikkakin myynti käytännössä pysähtyi vuosikymmeneksi 1980-luvun puolivälissä. Vuosituhannen vaihteessa myynti lähti suureen kasvuun, joka ilmenee keskimäärin 20–30 %:n vuosittaisena kasvuna. Vuoden 2012 loppuun mennessä maalämpöpumppuja oli asennettu yli 80 000 kappaletta. Kasvua kuvaava käyrästä on esitetty kuvassa 1. (2.)



KUVA 1. Asennettujen maalämpöpumppujen määrän kasvu vuositasolla (2)

Oulun alueella maanpinnan keskimääräinen pintalämpötila on noin 4–4,7 °C. Vuodenaikaisvaihtelut vaikuttavat suuresti maanpintalämpötilaan, mutta noin 15–20 m:n syvyydessä lämpötila vakioituu. Suomessa lämpötilan kasvua tapahtuu keskimäärin 0,8–1,5 °C / 100 m. Mitä syvemmälle kallioporaus viedään, sitä korkeammaksi lämpötila nousee. Lämpötilojen tasaantuminen lämpökaivoissa on esitetty kuvassa 2. (1.)



KUVA 2. Kuvassa on esitetty kolmen eri lämpökaivon lämpötilojen muutokset syvyyden kasvaessa (1).

2.2 Keruupiiri

Keruupiirin mitoituksessa on huomioitava monta eri tekijää. Suurin yksittäinen tekijä on rakennuksen tarvitsema lämpöenergia, johon vaikuttavat rakennuksen eristystaso, mahdolliset lisälämmön lähteet, lämpimän käyttöveden tarve, ilmastointi ja maantieteellinen sijainti. Kallio- ja maaperän koostumus ja rakenne vaikuttavat suuresti maasta saatavaan lämmön määrään. (2.)

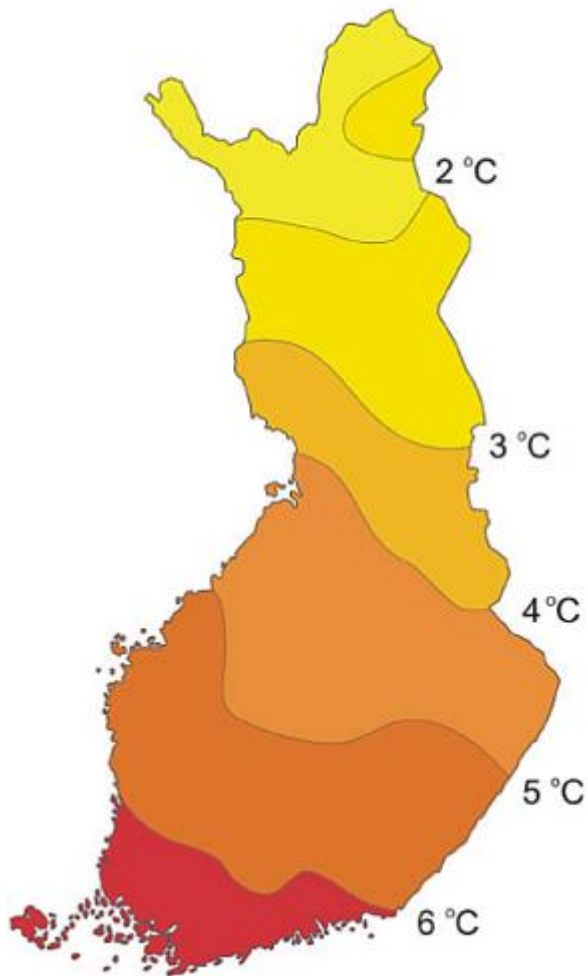
Keruupiiri voidaan asentaa maahan kahdella eri tavalla, joko vaakakenttänä maahan tai poraamalla maahan porakaivo. Keruupiirissä kierrätetään jäätymä- töntä keruuliuosta, joka on yleensä vesi-etanoli- tai vesi-glykoliseos (3). Kierron aikana liuos lämpenee muutaman asteen verran, mikä hyödynnetään pumpun avulla lämmitysenergiaksi (4). Tärkeimpiä lämmönkeruunesteiden ominaisuuksia on lueteltu vuonna 2013 julkaistussa energiakaivo-oppaassa seuraavasti:

- alhainen jäätymispiste
- alhainen viskositeetti
- hyvä lämmönjohtavuus
- korkea ominaislämpökapasiteetti
- ei korrodoiva
- yhteensopivuus useimpien materiaalien kanssa
- kemiallisesti stabiili
- palamaton, myrkytön ja biologisesti hajoava (2).

2.2.1 Vaakakenttä

Vaakakenttä hyödyntää pelkästään auringosta maan pintaosiin siirtynyttä energiaa. Suomessa maanpinnan lämpötila muuttuu vuoden aikana noin 10 °C ja vuotuiset keskilämpötilat pysyttelevät noin 2–6 °C:n tuntumassa. Kuvasta 3 nähdään, miten keskilämpötilat vaihtelevat alueittain. (5; 6.)

Maanpinnan lämpötila



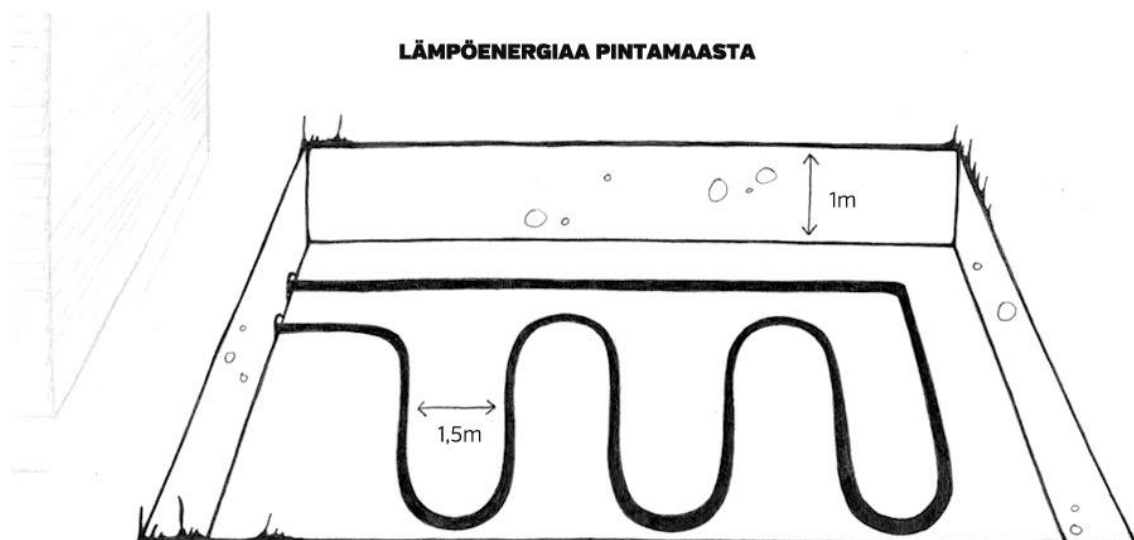
KUVA 3. Suomen maanpinnan vuotuiset keskilämpötilat (1)

Lämmönkeruuseen vaikuttaa myös asennetaanko putkisto kosteaan savimaahan vai hiekkamaahan, joihin ohjeellisina arvoina voidaan käyttää taulukossa 1 esitettyjä lukuja. Kivistä maata ei suositella käytettäväksi routimisen takia, koska se voi johtaa putkien rikkoontumiseen. (5.)

TAULUKKO 1. Ohjeelliset arvot maasta vuotuisesti saatavalle lämpöenergialle (7.)

Sijainti	Savi	Hiekka
Etelä-Suomi	50–60 kWh/m	30–40 kWh/m
Keski-Suomi	40–45 kWh/m	15–20 kWh/m
Pohjois-Suomi	30–35 kWh/m	0–10 kWh/m

Vaakakenttä vaatii tontilta suurta pinta-alaa, mutta on porakaivoa edullisempi ratkaisu. Vaakaputkisto asennetaan noin 1–1,2 metrin syvyyteen ja putkien asennusvälinä käytetään vähintään 1,2 metriä, mutta suositeltu asennusväli on 1,5 metriä. Vaakakentän mitoituksessa voidaan ajatella, että yksi putkimetri tarvitsee 1,5 m² maa-alaa ja yksi lämmitettävä rakennuskuutio tarvitsee 1–2 metriä putkea. (2; 4; 5; 6.) Vaakakentän asennusta hahmottaa kuva 4.

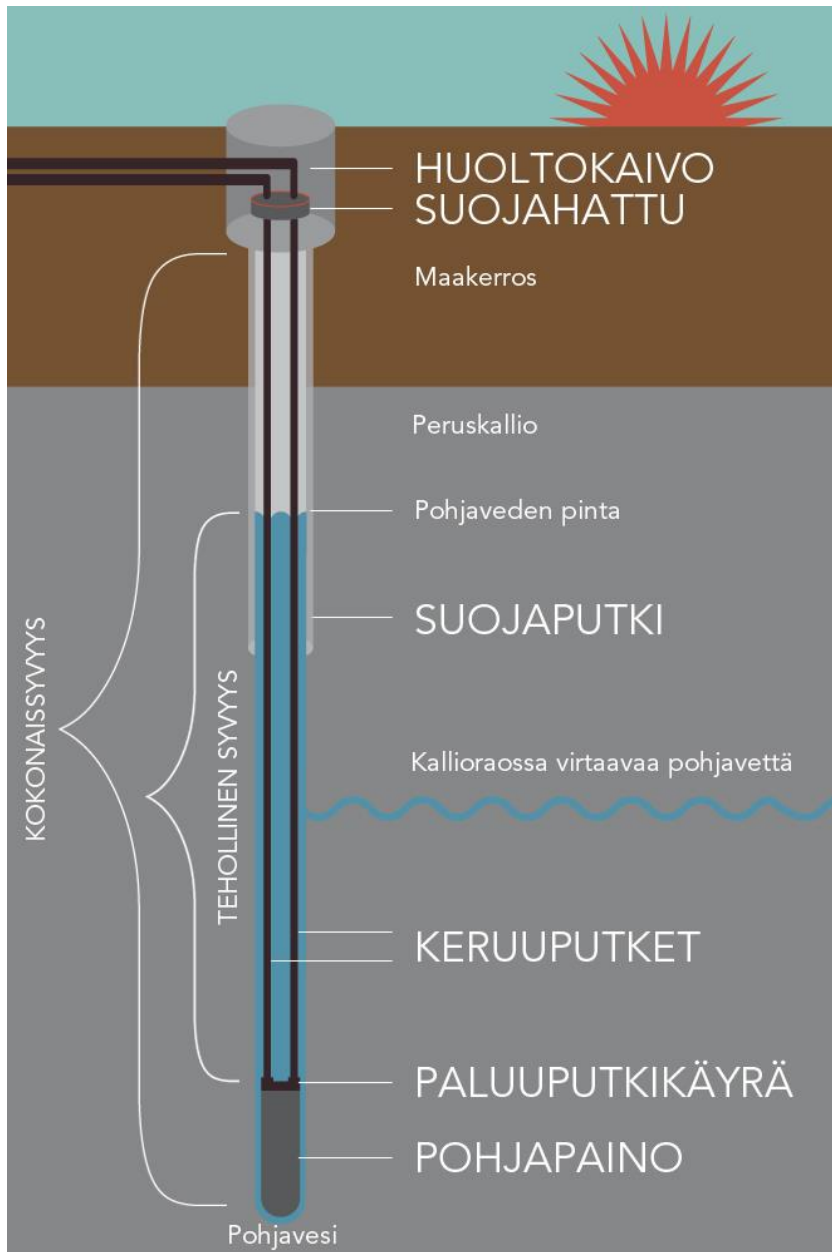


KUVA 4. Maahan asennettu vaakakenttä (5)

2.2.2 Porakaivo

Porakaivo on vaakakenttää suositumpi vaihtoehto, koska suurin osa asennettavista maalämpöjärjestelmistä tehdään saneerauskohteisiin, joissa ei ole suuria neliömääriä maa-alaa käytettävänä vaakakentän asentamiseen.

Porakaivon tai -kaivojen syvyys vanhoihin kohteisiin mitoitetaan pääasiassa entisen järjestelmän energiakulutuksen mukaan ja uudiskohteisiin laskennallisen lämmitysenergian tarpeen mukaan (4; 8). Toinen hyvä laskutapa kaivojen syvyyttä mitoitettaessa on, että 1 kW pumpun tehoa tarvitsee 20 metriä kaivosyvyttä (9). Yleensä kaivot porataan 100–250 m:n syvyyteen (8; 10). Porakaivonrakenne on esitetty kuvassa 5.



KUVA 5. Porakaivon rakenne (13)

Kallioperän kivilaji vaikuttaa myös kaivojen määrään ja syvyyteen, sillä lämmönjohtavuus vaihtelee suuresti kivilajista riippuen. Esimerkiksi graniitin keskimääräinen lämmönjohtavuus on noin $3,4 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$, kun kiilleliuskeella vastaava luku on vain $2 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$. (11; 12)

Kallion lämmönjohtavuus saadaan mitattua TRT-testillä, jota pidetään välttämättömänä mitoitettaessa tarkasti suurempia maalämpöjärjestelmiä. Mittauksessa

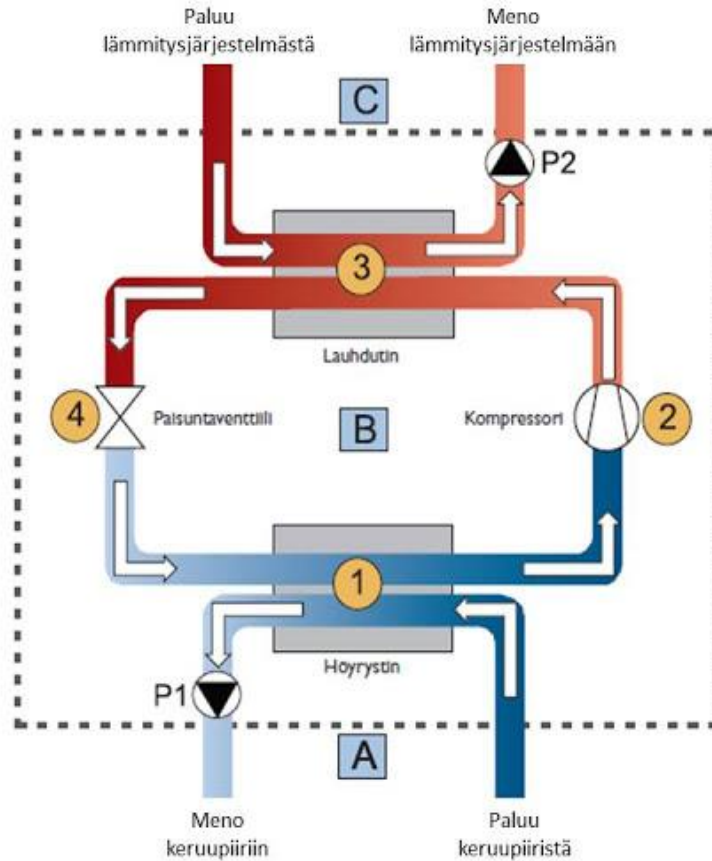
tutkitaan, kuinka paljon kallio vastaanottaa lämpöä, minkä perusteella kalliope-
rän lämmönjohtavuus ja porakaivon lämpövastus saadaan selvitettyä. Testin
jälkeen kaivojen määrä ja syvyys saadaan mitoitettua tarkasti ja vältetään yli- tai
alimitoitus. (11.)

2.3 Maalämpöpumppu

Tässä luvussa kerrotaan, miten lämpöpumppu toimii, miten lämpöpumppu mi-
toitetaan ja miten lämpökerroin eli COP-luku lasketaan ja miten se määritellään.

2.3.1 Maalämpöpumpun toiminta

Maalämpöjärjestelmässä on kolme eri piirikokonaisuutta, jotka ovat keruupiiri A,
kylmäainepiiri B (lämpöpumppu) ja lämmityspiiri C. Keruupiiri on joko maahan
asennettu vaakakenttä tai peruskallioon porattu reikä eli porakaivo. Keruuliuos
sitoo itseensä maassa olevaa lämpöenergiaa ja kuljettaa sen lämpöpumpussa
olevalle höyrystimelle. Kohdassa 1 höyrystimessä lämpö siirtyy lämpöpumpus-
sa kiertävään kylmäainepiiriin. Kylmäaine puristetaan kompressorilla korkeapai-
neiseksi kaasuksi ja kuljetetaan lauhduttimelle kohdassa 2. Lauhdutin luovuttaa
tuotetun lämpöenergian lämmityspiiriin kohdassa 3. Lauhduttimelta palaava
kylmäaine johdetaan paisuntaventtiiliin kohdassa 4, jossa paine alennetaan,
jolloin kylmäaineen lämpötila laskee. Järjestelmän kierto on esitetty kuvassa 6.



KUVA 6. Maalämpöpumpun toimintaperiaate

2.3.2 Lämpökerroin eli COP

Lämpöpumpun avulla maasta saatu lämmitysenergia siirretään lämmityspiiriin sähköä käyttävän kompressorin avulla. Lämpöpumppujen tehokkuutta kuvataan lämpökertoimella eli COP-luvulla, joka on lyhennys sanoista Coefficient Of Performance. Luku lasketaan jakamalla pumpun tuottama lämpöenergia sen kuluttamalla sähköenergialla (kaava 1).

$$COP = \frac{Q_{LP}}{W_{LP}}$$

KAAVA 1

Q_{LP} = Pumpun tuottama lämpöenergia (kWh)

W_{LP} = Pumpun käyttämä sähköenergia (kWh)

Suurin COP-lukuun vaikuttava tekijä on se, kuinka korkealle pumpun on lämmitettävä lämmityspiirissä kiertävän nesteen lämpötilaa. Tämä tarkoittaa käytännössä, että lämmönkeruujärjestelmän ja lämmönjakojärjestelmän välisen lämpötilaeron kasvaessa COP-luku pienenee eli huononee ja lämpötilaeron madaltuessa päinvastoin. (14.)

2.3.3 Pumpun mitoitus

Maalämpöpumput voidaan mitoittaa joko osatehoiseksi tai täysitehoiseksi. Täysitehoinen lämpöpumppu tuottaa laskennallisesti kaiken lämmitysenergian ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen tarvittavan energia määrän ilman erillistä lisälämmityksen lämmönlähdettä. Täysitehoisen pumpun etuna voidaan mainita pienemmän sulakekoon tarve ja se, että se on energiankulutukseltaan taloudellisempi vaihtoehto kuin osatehoinen lämpöpumppu. (15.) Vaarana on, että lämpöpumppu ylimitoitetaan, jolloin laitteiston kustannukset nousevat. Toinen negatiivinen asia ylimitoituksessa on lyhyet käyntiajat, jolloin COP-luku huononee.

Osatehoinen lämpöpumppu mitoitetaan yleensä tuottamaan noin 60–80 % laskennallisesta huipputehontarpeesta, mikä riittää tuottamaan noin 95–99 % rakennuksen tarvitsemasta vuotuisesta kokonaisenergiatarpeesta. Jäljelle jäävä 1–5 % tuotetaan vaihtoehtoisella lisälämmönlähteellä. Osatehoisen lämpöpumpun eduksi voidaan katsoa pienempi investointi, mikä tarkoittaa nopeampaa takaisinmaksuaikaa, ja haittana huipputehontarpeen tuotto lisälämmönlähteellä. Vaarana on alimitoitus, jolloin lisävastukset joutuvat tuottamaan merkittävän osan lämmitysenergiasta, mikä johtaa suurempiin kuluihin. (15.)

Lämpöpumppua mitoitettaessa on tärkeää ottaa huomioon, millainen lämmitysjärjestelmässä kiertävän menoveden lämpötilan tulee olla. Pumpun pitää pystyä tuottamaan hyvällä COP-luvulla tarpeeksi lämmintä vettä. Jos lämmitysmuotona on esimerkiksi patterilämmitys, jonka mitoituslämpötila on 60/40 tai vastaava korkean menoveden lämpötila, vaikuttaa se heti alentavasti COP-lukuun. (14.)

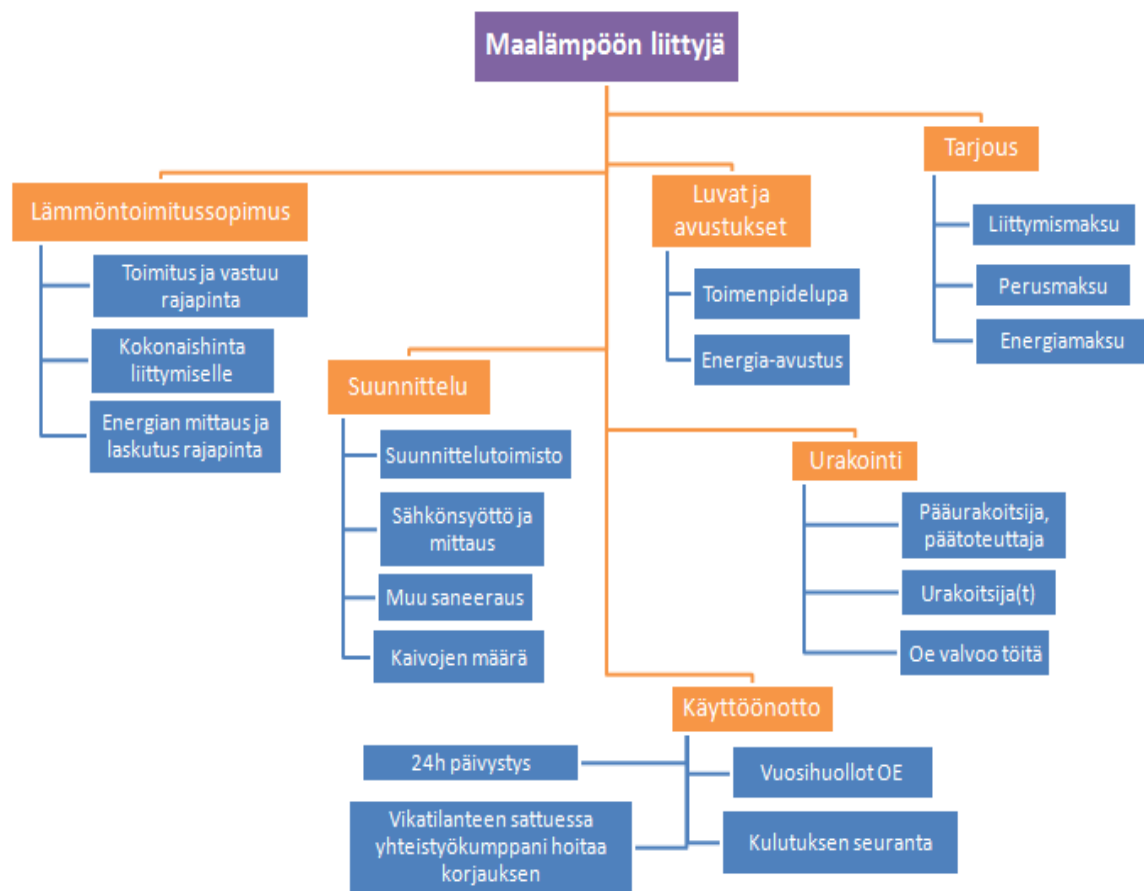
Myös Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D1 on määräyksiä, joita on otettava huomioon lämpöpumppua mitoittaessa. Kohdassa 2.1.1 on sanottu seuraavasti: kiinteistön vesilaitteistosta otettavan veden tulee olla sellaista, että sen käytöstä ei aiheudu terveydellistä tai muuta haittaa tai vaaraa. Kohdassa 2.3.8 on sanottu, että lämminvesilaitteisto on suunniteltava ja asennettava siten, että veden lämpötila siinä on vähintään 55 °C. (16.)

3 MAALÄMMÖN TUOTTEISTAMINEN

Tässä luvussa kerrotaan, mitä tuotteistaminen tarkoittaa, mitä valmistuva tuote sisältää ja minkälaisilla menetelmillä tuotteen lopullinen hinnoitteluperuste syntyi. Kaikki taloudelliset luvut jäävät tämän raportin ulkopuolelle tai ne muutetaan niiden salassapidettävyyden takia.

3.1 Tuotteen sisältö

Tuotetta määriteltäessä täytyi ajatella, mitä kaikkea asiakkaan palveleminen alusta loppuun sisältäisi. Tuotteen rakenne on esitetty alla näkyvässä kuvassa 7, josta ilmenee työn etenemisjärjestys ylhäältä alaspäin kuvattuna. Haarat on selitetty luvusta 3.1.1 alkaen. Tarjoushaara käsitellään raportin luvussa 3.2 ja luvat ja avustukset luvussa 4.3, joten ne jätetään tässä vaiheessa huomiotta.



KUVA 7. Tuotteen kokonaiskuva (17.)

3.1.1 Lämmötoimitussopimus

Lämmötoimitussopimus tehdään Oulun Energian ja asiakkaan välillä ennen työn aloittamista. Sopimuksessa täytyy ilmetä muun muassa seuraavat asiat:

1. tuotteen kokonaiskustannus
2. laitteiston tekniset vaatimukset
3. toimituksen, huollon ja kunnossapidon vastuurajapinnat
4. sopimuksen kestoaika
5. mahdollinen laitteiston lunastus. (17.)

3.1.2 Suunnittelu

Suunnitelmat teetetään suunnittelutoimistossa, jossa on kokemusta maalämpö-laitteistojen suunnittelusta. Suunnitelmissa tulee ilmetä tarkasti, miten sähkön- ja energianmittaus suoritetaan. Saneerauskohteissa kaikki laitteiston asennuksen vaatimat saneeraustyöt on merkittävä selvästi urakkarajoineen. (17.)

Suunnittelu täytyy suorittaa siten, että kompressorin käyttöikä saadaan maksimoitua (17). Tähän vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa kompressorin käynnistystiheys ja käyntiaika.

Suunnitelmiin tarvittavia lähtötietoja ovat rakennuksen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen tarvittava energiamäärät, joiden avulla suunnittelija pystyy mitoittamaan keruupiirin ja pumpun. Mikäli kyseessä on uudisrakennus, selviää energiankulutus rakennuslupamenettelyn yhteydessä hankittavasta energiatodistuksesta. Saneerauskohteissa energiankulutus selviää joko lasketulla arviolla tai toteutuneella kulutuksella. Piirustuksista suunnittelija tarvitsee asemakaavan ja pohjakuvan, josta lämmönjakohuoneen sijainti selviää. (18.)

3.1.3 Urakointi

Rakennustoimenpide teetetään aliurakoiteina sellaisten yritysten kanssa, joilta löytyy aikaisempaa kokemusta maalämpöjärjestelmien rakentamisesta. Mahdollisuutena on, että porauksen ja laitteiston asennuksen suorittaa sama yritys tai ne teetetään eri yrityksillä. (17.)

Oulun Energia ilmoittaa rakennustöille valvojan, joka varmistaa työn laadun ja työturvallisuuden noudattamisen. Työmaavalvonnassa seurattavia asioita ovat muun muassa liikennemerkkit, työmaaopasteet, työmaan suojaukset, työolosuhteet, suojainten oikeanlainen käyttö, liikenteen aiheuttamat vaaratekijät ja sähkökaapeleiden huomiointi. (17.)

3.1.4 Käyttöönotto

Laitteiston käyttöönottovaiheessa aloitetaan kulutuksen seuranta. Laitteisto täytyy varmistaa toimivaksi, jotta laskutuksen kanssa ei tule ongelmia. Etävalvonnalla täytyy pystyä seuraamaan laitteiston toimintaa, energiantuottoa ja sähkönkulutusta. Vesivaraajassa, käyttövesiverkostossa ja lämmityspiirissä kiertävien vesien lämpötiloja seurataan automatiikan avulla. COP-luvun ja historiatietojen keräys täytyy olla myös mahdollista. (17.)

Oulun Energia pitää ympärivuorokautista päivystystä laitteiden toimivuuden varmistamiseksi. Mahdollisten laitteiston aiheuttamien hälytysten sattuessa valvonnasta ilmoitetaan sovitulle yhteistyökumppanille, jonka edustaja hoitaa tarvittavat korjaustyöt. Tarvittavat laitteistojen vuosihuollot tekee Oulun Energian oma huoltohenkilö, joka on käynyt tarvittavat koulutukset työn tekemiseen. (17.)

3.2 Tuotteen hinnoittelu

Laskentaa aloitettaessa oli tiedossa, että tuotteelle tulee suunnitella energiamaksu, perusmaksu ja liittymismaksu sellaisiksi, että investointi saadaan takaisinmaksuttua halutun ajanjakson jälkeen (17). Kaikki hinnat laskettiin verollisina, mikä onnistui kertomalla tiedossa olleen kustannusarvion kertoimella 1,24, koska nykyinen arvonlisäveroprosentti on 24 %.

Laskenta suoritettiin Excel-ohjelmalla, jonka avulla hintoja pystyttiin muuttamaan halutunlaisiksi. Laskennassa lähdettiin liikkeelle syötetyistä ja hyödyksi saaduista energiamääristä. Lisäksi huomioitiin investoinnin suuruus ja haluttu takaisinmaksuaika. Liitteenä 1 olevassa Excel-taulukossa hinnat ja vuosiluvut ovat muokattuja, koska ne sovittiin jätettäväksi työn ulkopuolelle.

3.2.1 Energiamaksu

Energiamaksu tarkoittaa sitä hintaa, jolla asennettavan laitteiston tuottama lämmitysenergia myydään asiakkaalle. Käytetty energiamäärä mitataan kuukausittain, minkä mukaan laskutus tapahtuu. Yksikkönä on €/ megawattitunti.

Energiamaksulle laskettiin kaksi erillistä hintaa, joista toinen oli ajalle, jolloin takaisinmaksu tapahtuisi, ja toinen takaisinmaksuajan jälkeiselle ajalle. Jälkimmäiselle ajalle maksuun tehtiin alennus, jotta hinnasta tulisi houkutteleva verrattaessa muihin lämmitysvaihtoehtoihin.

Laskelma tehtiin myös kokonaisenergiahinnalle, jossa otettiin huomioon pumppun tarvitseman sähkön kulutuksesta aiheutunut kustannus. Sähkön yksikköhinnana käytettiin 120 €/MWh (17).

3.2.2 Liittymismaksu

Liittymismaksu on hinta, jonka asiakas maksaa ennen työn aloitusta. Se on suurin yksittäinen maksu investoinnista. Hinnalla katetaan osa vanhan järjestelmän purkutöiden ja uuden järjestelmän rakennustöiden aiheuttamista kustannuksista.

Liittymismaksulla on suuri merkitys energiamaksun suuruuteen. Energiamaksu haluttiin pitää mahdollisimman matalana, sillä maalämpöä mainostetaan ns. ”ilmaisena energiana”.

Liitteenä 1 olevasta Excel-taulukosta nähdään suurin yksittäiseltä vuodelta tuleva rahavirta, joka johtuu ensimmäisen vuoden liittymismaksusta. Laskelmassa on otettu huomioon myös vuoden aikana maksetut energiamaksut sekä yksi erä perusmaksua.

3.2.3 Perusmaksu

Perusmaksu on vuosittain maksettava kiinteä hinta, jolla pyritään kattamaan laitteiston vaatimat vuosihuollot ja mahdolliset kunnossapitotyöt. Perusmaksulla on pieni merkitys investoinnin takaisinmaksussa, sillä suurimmat rahavirrat tulevat liittymis- ja energiamaksuista.

4 KOHTEEN KUVAUS

Tässä luvussa kerrotaan kohteessa olevasta vanhasta järjestelmästä, uudesta asennettavasta maalämpölaitteistosta, tarvittavien lupien saamisesta työn tekemiseen ja mahdollisesta energia-avustuksesta.

4.1 Kohde ja vanha järjestelmä

Opinnäytetyön kohteena toimii Oulun Haukiputaalla sijaitseva Kiinteistö Oy Simppulanhaan omistuksessa olevat rivitalokiinteistöt. Rakennustoimenpiteenä on lämmönjakolaitteiston muutostyö vanhasta öljylämmityksestä maalämmitykseen. Työ sisältää maalämpölaitteiston asennuksen ja porakaivojen porauksen.

Kyseessä oleva alue kuuluu geoenergiapotentiaalisesti tarkasteltuna luokkaan kohtalainen, mikä ilmenee GTK:n tekemästä Oulun alueen geoenergiapotentiaalimitoituksesta. Tutkimuksessa tarkasteltiin kallioperän eri kivilajien lämpöominaisuuksia ja maapeitteen paksuustietoja. Asteikkona on hyvä, kohtalainen, tyydyttävä ja heikko. Kuvassa 8 on esitetty Oulun alueen kartoituksen tulos. (1.)



KUVA 8. Oulun geoenergiakartasto (1)

Lämmitysenergian kulutus oli selvitettävä sekä laskentaa varten että uutta järjestelmää mitoitettaessa. Öljyn kulutus vanhalla järjestelmällä oli tiedossa, mikä on ollut noin 60 000 litraa/vuosi, josta saadaan laskemalla rakennusten lämpö-

energian kulutus kaavalla 2. Laskelmissa kevyen polttoöljyn lämpöarvona on käytetty 10 kWh/l.

$$W = V \cdot Q_{net}$$

KAAVA 2

W = Syötetyn energian määrä (kWh)

V = Öljyn tilavuus (l)

Q_{net} = Öljyn lämpöarvo (kWh/l)

$$W = V \cdot Q_{net} = 62500 \text{ l} \cdot 10 \frac{\text{kWh}}{\text{l}} = 625000 \text{ kWh} = 625 \text{ MWh}$$

Öljykattilan hyötysuhteena on käytetty 80 % tarkemman tiedon puuttuessa. Hyötysuhde on todennäköisesti arvioitu liian suureksi, koska kyseessä on vanha kattila. Korkealla hyötysuhteella saadaan kuitenkin varmuutta mitoituseseen, ettei lämpöpumpusta tule alimitoitettua. Yli 30 vuotta vanhan öljykattilan hyötysuhteena voidaan yleensä pitää 75 %. (18.) Hyödyksi saatu lämmitysenergia saadaan laskettua kaavalla 3.

$$Q = W \cdot \eta$$

KAAVA 3

Q = Hyödyksi saatava lämmitysenergia (MWh)

W = Syöttö energianmäärä (MWh)

η = Öljykattilan kokonaishyötysuhde (%)

$$Q = W \cdot \eta = 625 \text{ MWh} \cdot 0,8 = 500 \text{ MWh}$$

Öljyn litrahinnan avulla voidaan laskea havainnollinen kustannus vuotuisesta öljyn kulutuksesta. Laskelmaan tarvittava kevyen polttoöljyn hinta saadaan laskemalla keskiarvo kuvassa 9 esitetyillä vuoden 2013 verollisilla arvoilla.

$$\frac{\sum \frac{snt}{l}}{12} = \frac{snt}{l,ka}$$

KAAVA 4

snt/l, ka = Kevyen polttoöljyn hinnan keskiarvo vuonna 2013

$$\frac{108,3+107,6+109,9+113,6+111+111,9+107,4+108,1+108,7+112,7+114,4+112}{12} = 110,47 \text{ snt/l}$$

Hinnat : Kuluttajahintaseuranta

(A) = hinta veroineen, (B) = veroien osuus hinnasta, (C) = kyseinen hinta ilman veroja

	Kevyt polttoöljy (rikitön)		
	(A)	(B)	(C)
	snt/l	snt/l	snt/l
2014			
15.1.	105,2	36,7	68,5
2013			
15.12.	108,3	37,3	71,0
15.11.	107,6	37,2	70,4
15.10.	109,9	37,6	72,3
15.9.	113,6	38,3	75,3
15.8.	111,0	37,8	73,2
15.7.	111,9	38,0	73,9
15.6.	107,4	37,1	70,3
15.5.	108,1	37,3	70,8
15.4.	108,7	37,4	71,3
15.3.	112,7	38,2	74,6
15.2.	114,1	38,4	75,9
15.1.	112,0	38,0	74,3

KUVA 9. Kevyen polttoöljyn hinnan muutokset vuodesta 2013 lähtien (19)

Kaavalla 4 lasketulla keskiarvolla ja öljykattilasta aiheutuneella öljyn kulutuksella saadaan laskettua vuosikustannusarvio, kun öljyä kului vuosittain noin 62 500 litraa.

$$\frac{\text{€}}{\text{l}} * \text{l} = \text{€}$$

KAAVA 5

$$\text{Vuosikustannus, öljy} = 1,1047 \text{ €/l} * 62\,500 \text{ l} = 69043,75 \text{ €}$$

Kaavalla 5 laskettua arvoa voidaan pitää ylärajana, joka tulee alittaa uuden maalämpöjärjestelmän vuosittaisella sähkönostohinnalla.

4.2 Uusi järjestelmä

Uutta järjestelmää valittaessa oli huomioitava kohteessa oleva vanha patterijärjestelmä, jonka korkeat mitoitustilat vaikuttavat laskevasti uuden maalämpöpumpun COP-lukuun. Tavoite COP-luvuksi asetettiin 3 eli 1 kW ostettua säh-

köä tuottaisi 3 kW lämmitysenergiaa. Tämä tarkoittaa sitä, että maalämmöllä tuotetun energian hinta on kolmasosan verrattuna sähkölämmitteiseen rakennukseen.

Toinen päätettävä asia oli, mitoitetaanko lämpöpumput täysi- vai osatehoisiksi. Tiedossa oli vanhasta öljykattilasta hyödyksi saatu lämpöenergian määrä, joka saatiin kaavalla 3. Tarvittava energiamäärä on 500 MWh, joka uudessa lämmitysjärjestelmässä tuotetaan sarjaan kytketyillä osatehoisilla maalämpöpumpuilla ja vesivaraajissa olevilla sähkövastuksilla. Laittevalintoja ei ole vielä tehty, joten tarkempia tietoja lämpöpumppujen ja sähkövastuksien tuottamasta energiamäärästä ei ole tiedossa. Valinta monen pumpun sarjakytkenästä tapahtui pääasiassa mahdollisten huoltotoimenpiteiden vuoksi. Yhden pumpun ollessa huollossa muut pumput pystyvät tuottamaan energiaa eikä lämpökatkoa synny.

Liitteenä 2 oleva kytkentäkaavio havainnollistaa uuden järjestelmän kytkentää. Sarjaan kytketyt neljä maalämpöpumppua siirtävät porakaivoista hyödyksi saadun energian varaajiin, joista lämpö siirtyy lämmitys- ja käyttövesiputkistoihin.

4.3 Luvat ja avustukset

4.3.1 Toimenpidelupa

Toimenpidelupa tarvitaan rakennuksen teknisen järjestelmän vaihtamiseen, jos kyseisellä toimenpiteellä voidaan merkittävästi vaikuttaa rakennuksen energiatehokkuuteen (20).

Oulussa toimenpideluvan myöntää Oulun rakennusvalvonta. Lupa on voimassa 3 vuotta sen myöntämisen jälkeen, ja siitä peritään maksu, joka muodostuu perusmaksusta, laajuussidonnaisesta maksusta ja rakennuspaikan merkitsemismaksusta. Lupaa varten tarvittavia asiakirjoja ovat toimenpidelupahakemus, piirustukset, rakennuspaikan omistus- tai hallintaoikeustodistukset, naapurille tiedottaminen eli naapurilomake, tilastolomakkeet ja töistä vastaavan johtajan hyväksyttäminen. (21.)

Luvan saamiseen vaikuttavia tekijöitä ovat mahdolliset maanalaiset rakenteet, pohjavesialueet ja suojaetäisyydet rakennuksiin, tontinrajaan tai toisiin kaivoihin. Mikäli keruupiiriä tai porakaivoja jouduttaisiin asentamaan tontin ulkopuolelle, tarvittaisiin myös maa-/vesialueen omistajan kirjallinen hyväksyntä. (15.) Pohjavesialueelle suunniteltu lämpökaivo tarvitsee myös sijoitusluvan Ely-keskukselta (2).

4.3.2 Energia-avustus

Oulun korjausavustusneuvojan kanssa käydyn puhelinkeskustelun mukaan vuonna 2014 avustusta ei myönnetä lainkaan taloyhtiöille. Mikäli laitteisto tulisi asuntokohtaiseksi, käsiteltäisiin avustuksen saaminen laissa 16.2.2006/128 olevien pykälien mukaan. (22.)

5 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tuottaa maalämmityksestä uusi vaihtoehtoinen lämmitysjärjestelmäpalvelu Oulun Energian kaukolämmön yksikköön. Vaihtoehtoista lämmitysjärjestelmää tarvitaan sellaisissa tilanteissa, joissa kaukolämpöliittyminen on poissuljettu vaihtoehto liian korkeiden kustannusten vuoksi. Esimerkkinä kohteena laskennassa oli Oulun Haukiputaalla sijaitseva rivitalokiinteistö, joka käsittää viisi asuintaloa.

Aluksi perehdyttiin maalämpöön ja maalämpölaitteistoihin toimialakohtaisten tietolähteiden avulla. Maalämmityksessä hyödynnettävää lämmitysenergiaa muodostuu kahdella eri tavalla. Näitä ovat maan pintakerroksissa auringosta maahan varastoitunut lämpö ja syvemmälle maahan mentäessä maan keskuksesta kohoava lämpö, joka voi olla geotermistä lämpöä tai radioaktiivisten aineiden hajoamisessa vapautunutta lämpöä.

Oulun alueen geoenergiakartasta ilmenee, mitkä alueet sopivat geoenergiapotentiaalinsa puolesta maalämmityskäyttöön. Kohteena ollut haukiputaalainen rivitalokiinteistö sijoittuu kartalla kohtalaisen geoenergiapotentiaalialueelle. Näin ollen se sopii hyvin maalämmöllä lämmitettäväksi kohteeksi.

Maalämpöjärjestelmässä on kolme eri piirikokonaisuutta, jotka ovat keruupiiri, kylmäainepiiri (lämpöpumppu) ja lämmityspiiri. Keruupiiri voidaan asentaa maahan kahdella eri tavalla, joko vaakakenttänä maahan tai poraamalla maahan porakaivo. Kohteessa keruupiiri toteutetaan porakaivoilla, koska kallioperä on siihen sopiva, eikä tontilla ole riittävästi tilaa vaakaputkiston asentamista varten.

Lämpöpumpulla keruupiiristä saatu lämmitysenergia siirretään lämmityspiiriin käyttöön sähköä käyttävän kompressorin avulla. Lämpöpumppujen tehokkuutta kuvataan lämpökertoimella eli COP-luvulla. Toimeksiantajan tavoitearvo COP-luvulle on 3.

Maalämpöpumput voidaan mitoittaa joko osatehoiseksi tai täysitehoiseksi. Täysitehoinen lämpöpumppu tuottaa laskennallisesti kaiken lämmitys- ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen tarvittavan energian määrän ilman erillistä lisälämmityksen lämmönlähdettä. Osatehoinen lämpöpumppu mitoitetaan yleensä tuotamaan noin 60–80 % laskennallisesta huipputehontarpeesta, mikä riittää tuotamaan noin 95–99 % rakennuksen tarvitsemasta vuotuisesta kokonaisenergiatarpeesta. Jäljelle jäävä 1–5 % tuotetaan vaihtoehtoisella lisälämmönlähteellä.

Maalämpöpalvelun tuotteistamisessa määriteltiin, mitä vaiheita palvelun tuottaminen sisältää. Vaiheet ovat tarjouksen tekeminen, neuvominen lupien ja avustusten hakemisessa, lämmöntoimitussopimuksen tekeminen, suunnitelman teettäminen ja urakoinnin toteuttaminen ja valvonta sekä käyttöönottoon ja ylläpitoon liittyvät toimenpiteet. Palvelun eri vaiheet toteutetaan maalämmitykseen perehtyneiden yhteistyökumppaneiden kanssa.

Tärkeänä tuotoksena opinnäytetyössä oli hinnoittelupohjan tekeminen. Lasketta aloitettaessa oli tiedossa, että tuotteen energiamaksu, perusmaksu ja liittymismaksu tulee suunnitella sellaisiksi, että investoinnin takaisinmaksuaika saadaan halutun pituiseksi. Hinnoittelupohja laadittiin Excel-ohjelman avulla. Hinnoittelupohjan avulla pystytään laskemaan, mikä investoinnin nettonykyarvo on tietyn ajanjakson jälkeen tietyllä laskentakorolla. Laskennassa lähdettiin liikkeelle syötetyistä ja hyödyksi saaduista energiamääristä. Lisäksi huomioitiin investoinnin suuruus ja haluttu takaisinmaksuaika. Oulun Energia voi käyttää pohjaa tarjousten tekemisessä.

Esimerkkikohteena olevasta rivitalokiinteistöstä laskettiin aluksi vanhaan öljylämmitysjärjestelmään syötetyn energian määrä, joka perustui toteutuneeseen öljynkulutukseen ja öljyn lämpöarvoon. Syötetyn energian määrä kerrottiin keskimääräisellä vanhojen öljykattiloiden hyötysuhteella, jolloin saatiin kattilan tuottama energiamäärä. Tarvittava energiamäärä on 500 MWh, joka uudessa lämmitysjärjestelmässä tuotetaan sarjaan kytketyillä osatehoisilla maalämpöpumpuilla ja vesivaraajissa olevilla sähkövastuksilla. Valinta monen lämpöpumpun

sarjakytkennästä tapahtui pääasiassa mahdollisten huoltotoimenpiteiden vuoksi. Yhden pumpun ollessa huollossa muut pumput pystyvät tuottamaan energiaa eikä lämpökatkoja synny. Lopullisia laitevalintoja ei ole vielä tehty, joten tarkempia tietoja lämpöpumppujen ja sähkövastuksien tuottamasta energiamäärästä ei ole tiedossa.

Tästä palvelusta Oulun Energian on mahdollista saada uusi tuote palveluvalikoimaansa. Palvelun kohderyhmäksi on valittu rivitalokiinteistöt ja muut suuremmat kohteet, sillä pientaloissa maalämpöpumppujen asentaminen on erittäin kilpailtua.

LÄHTEET

1. Breilin, Olli - Huusko, Asmo - Martinkauppi, Annu - Putkinen, Niko - Wik, Henrik 2013. Oulun geoenergiapotentialin kartoitus. Kokkola: Geologian tutkimuskeskus, Länsi-Suomen yksikkö.
2. Juvonen, Janne – Lapinlampi, Toivo 2013. Energiakaivo – Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/YO_2013_Energiakaivo\(24946\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/YO_2013_Energiakaivo(24946)). Hakupäivä 30.1.2014.
3. Lämmön keruutapoja. Geoenergia. Saatavissa: http://www.geoenergia.fi/lammon_keruutapoja_fi.html. Hakupäivä 18.1.2014.
4. Lämpöä omasta maasta. 2012. Motiva. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf. Hakupäivä 30.1.2014.
5. Lämpöenergiaa pintamaasta. Nordic Ekolämpö. Saatavissa: <http://www.nordicekolampo.fi/maalampoinfo>. Hakupäivä 22.2.2014.
6. Maaperä lämmön lähteenä. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. Saatavissa: <http://www.sulpu.fi/maapera-lammon-lahteena>. Hakupäivä 23.2.2014.
7. Energiatietoa. Saimaa Gardens Services. Saatavissa: <http://www.saimaagardens.one1.fi/index.php?mid=71>. Hakupäivä 23.2.2014.
8. Lämpökaivo, porakaivo. Senera. Saatavissa: http://www.senera.fi/Maalampo/Lampokaivo_porakaivo/. Hakupäivä 2.2.2014.
9. Maalämpö ja maalämpökaivot. Suomen porakaivo. Saatavissa: <http://www.suomenporakaivo.fi/maalampokaivot/>. Hakupäivä 9.2.2014.

10. Maalämpökaivo on tasainen energialähde. Gebwell. Saatavissa: <http://www.gebwell.fi/fi/tuotteet/kaivonporaus/l%C3%A4mp%C3%B6kaivo/>. Hakupäivä 9.2.2014.
11. Terminen vastetesti eli TRT-mittaus. 2014. Geologian tutkimuskeskus. Saatavissa: <http://www.gtk.fi/system/print.html?from=/tutkimus/tutkimusohjelmat/energia/trtmittaus.html>. Hakupäivä 21.2.2014.
12. Lämpökaivo. Pistoke. Saatavissa: <http://www.pistoke.fi/tietopankki/tietoa-ratkaisuista/lampokaivo>. Hakupäivä 22.2.2014.
13. Lämpökaivo. Geodrill. Saatavissa: <http://www.geodrill.fi/maalampo/lampokaivo/>. Hakupäivä 9.2.2014.
14. Maalämpöpumppu. Senera. Saatavissa: <http://www.senera.fi/Maalampo/Maalampopumppu/>. Hakupäivä 30.1.2014.
15. Maalämpöpumppu. 2013. Motiva. Saatavissa: http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu. Hakupäivä 26.1.2014.
16. D1 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf. Hakupäivä 30.1.2014.
17. Haapalainen, Risto – Norrbacka, Kaj – Rasi, Mikko 2014. Oulun Energia. Keskustelut 2014
18. Maalämpö. Senera. Saatavissa: <http://www.senera.fi/Maalampo/>. Hakupäivä 13.2.2014.

19. Öljytuotteiden kuluttajahintaseuranta. 2014. Öljyalan keskusliitto. Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/tilastot-1-hinnat-ja-verot/11-oljytuotteiden-kuluttajahintaseuranta>. Hakupäivä 13.2.2014.
20. 5.2.1999/132. 1999. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#P126>. Hakupäivä 13.1.2014.
21. Toimenpidelupa. Oulun kaupunki. Saatavissa: <http://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/toimenpidelupa>. Hakupäivä 17.2.2014.
22. Ukkola, Hannu 2014. Oulun korjausavustusneuvoja, Oulun kaupunki. Puhe-
linkeskustelu 13.3.2014.



Vanha järjestelmä

Öljyn kulutus	62500	l		Muutettava solu
Lämpöarvo	10	kWh/l		
Syötetty energia	625	MWh		
Saatu energia $\eta=$	0,8	500	MWh	

Uusi järjestelmä

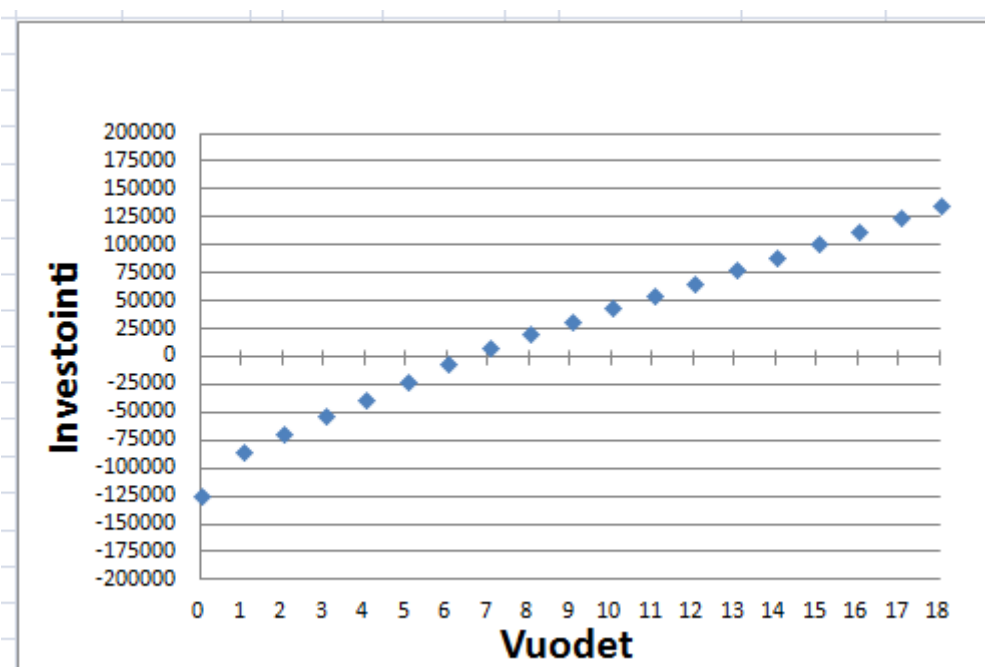
Maalämmöllä tuotetaan %	85	425,0	MWh	COP
Sähkön osuus maalämpöpumpusta		141,7	MWh	3
Sähköllä tuotetaan %	15	75	MWh	
Kokonaissähkönkulutus		216,7	MWh	
Sähkön hinta		120	€/MWh	
Sähkön kustannukset		26000	€	

Vuodet A-B

	Alv. 0%	Alv.24%	
Investointi	-100000	-124000	€
Liittymismaksu	20000	24800	€
Perusmaksu	2000	2480	€
Energiamaksu	25	31,00	€/MWh
Kokonais energiahinta		83,31	€/MWh

Vuodet Ä-Ö

	Alv.24%		
Investointi	1500	€	
Perusmaksu	2480	€	
Energiamaksu	24,80	€/MWh	Prosenttuaalinen ale
Kokonais energiahinta	78,04	€/MWh	20 %



		NPV laskenta				
Vuosi	investointi	Vuosi	Rahavirta			
0	-124000	0	-124000	Takaisinmaksu	X	Vuotta
1	-83545	1	40455	Laskentakorko	7	%
2	-67890	2	15655	IRR	12,093 %	
3	-52235	3	15655	NPV (18) a	37 342,96 €	
4	-36580	4	15655			
5	-20925	5	15655			
6	-5270	6	15655			
7	10385	7	15655			
8	21905,0	8	11520			
9	33425,0	9	11520			
10	44945,0	10	11520			
11	56465,0	11	11520			
12	67985,0	12	11520			
13	79505,0	13	11520			
14	91025,0	14	11520			
15	102545,0	15	11520			
16	114065,0	16	11520			
17	125585,0	17	11520			
18	137105,0	18	11520			

