

**OPINNÄYTETYÖ**

**HEIKKI KAINULAINEN 2014**

**PIRTTIKOSKEN ASUINALUEEN LÄMMI-  
TYKSEN MUUNTAMINEN LÄMPÖPUMPPU-  
LÄMMITYKSELLE**

**RAKENNUSTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA**

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU  
TEKNIikka JA LIIKENNE  
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

# **PIRTTIKOSKEN ASUINALUEEN LÄMMITYKSEN MUUNTAMINEN LÄMPÖPUMPPULÄMMITYKSELLE**

Heikki Kainulainen

2014

Toimeksiantaja Lapin ammattikorkeakoulu.

Ohjaaja Petri Kuisma

Hyväksytty

Työ on Theseus-verkkokirjastossa.

Tekniikka ja liikenne  
Rakennustekniikka

---

<b>Tekijä</b>	Heikki Kainulainen	<b>Vuosi</b>	2014
<b>Toimeksiantaja Työn nimi</b>	Lapin ammattikorkeakoulu Pirttikosken lämmityksen muuntaminen lämpöpump- pulämmitykselle		
<b>Sivu- ja liitemäärä</b>	33 + 2		

---

Opinnäytetyössä selvitetään ja arvioidaan parasta lämpöpumppulämmityksen vaihtoehtoa vanhan kaukolämpöisen pellettilämmityksen tilalle. Kohteena oli Pirttikosken asuntoalueen kolme rivitaloa. Tavoitteena oli suunnitella ja mitoittaa kohteeseen soveltuvat lämpöpumput. Lisäksi piti tarkastaa nykyisen lämmönluovutusjärjestelmän teho.

Lämpöpumppujen mitoittamisessa käytettiin laitevalmistajien ja yritysten yleisiä ohjeita. Lämpöpumput mitoitettiin rivitalojen vuotuisen energiatarpeen mukaan. Opinnäytetyössä tehtiin myös lämmönluovuttajien tehon tarkastus yleisten ohjeiden mukaan, mistä selviää pattereiden vaihtotarve. Lopussa arvioitiin lämpöpumppujärjestelmien hintoja kokonaisuutena pitkällä aikavälillä.

Opinnäytetyö on ajankohtainen, sillä nykyään pyritään energiatehokkuuteen rakennusten lämmityksessä. Lämpöpumppulämmitys on ympäristöystävällinen ja edullinen lämmitysvaihtoehto verrattuna muihin lämmitysmuotoihin. Tämä lisää lämpöpumppulämmityksen suosiota yhä enemmän. Opinnäytetyöstä lukija saa selville olennaisimmat asiat lämpöpumpuista, niiden toimintaperiaatteesta sekä taloudellisuudesta.

Avainsanat

lämpöpumppu, maalämpöpumppu,  
ilma-vesilämpöpumppu

School of Industry and Natural Resources  
Degree Programme in Civil Engineering

---

<b>Author</b>	Heikki Kainulainen	<b>Year</b>	2014
<b>Commissioned by</b>	Lapland University of Applied Sciences		
<b>Subject of thesis</b>	Conversion of Heating to Heating Pump Heating at Pirttikoski		
<b>Number of pages</b>	33 + 2		

---

In this thesis the best heat pump heating solution for the old pellet district heating was found and estimated. The conversion was done in three row houses at Pirttikoski. The aim was to design and to measure the heat pumps that would be suitable. It was also necessary to check the current heat transfer system power.

It was used common general guidance from the device manufactures and companies in the measurement of heat pumps. Heat pumps were measured by the annual energy need. It was also checked the heat transfer system using the general guidance which clarified the changing need of radiators. Finally it was estimated heat pump systems whole prices on the long term view.

The thesis is topical as nowadays heating of buildings is aimed at energy efficiency. Heat pump heating is an environmentally friendly and profitable heating alternative compared to other forms of heating. This increases heat pump heating popularity more and more. In the thesis the reader is provided with essential information about heat pumps and their principle and economy.

**Key words** heat pump, geothermal heat pump,  
air source heat pump

# SISÄLTÖ

KUVIO JA TAULUKKOLUETTELO.....	1
1 JOHDANTO .....	2
2 PIRTTIKOSKEN ASUNTOALUE .....	3
2.1 ASUNTOALUE .....	3
2.2 ASUNTOALUEEN NYKYINEN LÄMMITYS .....	4
2.3 ASUNTOALUEEN LÄMMITYS LÄMPÖPUMPUN AVULLA.....	6
3 LÄMPÖPUMPUT .....	7
3.1 YLEISTÄ LÄMPÖPUMPUISTA.....	7
3.2 KYLMÄAINEET .....	7
3.3 LÄMPÖPUMPUN TOIMINTAPERIAATE.....	9
3.4 ILMA-VESILÄMPÖPUMPPU.....	10
3.5 MAALÄMPÖPUMPPU.....	12
3.6 MAALÄMPÖPUMPUN LÄMMÖNLÄHTEET .....	14
4 ASUNTOJEN LÄMMÖNLUOVUTTAJAT .....	18
4.1 RADIAATTORI LÄMMITYS .....	18
4.2 LÄMMÖNLUOVUTTAJIEN TEHO .....	18
4.3 ASUNNON LÄMPÖHÄVIÖTEHO .....	19
5 LÄMPÖPUMPPUJEN MITOITUS .....	23
5.1 ILMA-VESILÄMPÖPUMPUN MITOITUS .....	23
5.2 MAALÄMPÖPUMPUN MITOITUS.....	23
5.3 LÄMPÖKAIVON MITOITUS.....	24
6 LÄMPÖTALOUDELLINEN TARKASTUS .....	26
6.1 LÄMPÖPUMPPUJEN ALKUINVESTOINNIT.....	26
6.2 VUOTUISET ENERGIAKUSTANNUKSET.....	27
6.3 LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN KOKONAISKUSTANNUKSET .....	27
7 PÄÄTELMÄT .....	29
LÄHTEET.....	31
LIITTEET.....	33

## KUVIO JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Pirttikosken asuntoalue .....	3
Kuvio 2. Pelletti .....	5
Kuvio 3. Pellettijärjestelmän toimintaperiaate .....	6
Kuvio 4. Kylmäaineen R134a kiertoprosessi .....	9
Kuvio 5. Ilma-vesilämpöpumpun toiminta .....	11
Kuvio 6. Lämpöä maasta.....	13
Kuvio 7. Maalämpöjärjestelmän toimintaperiaate .....	14
Kuvio 8. Vaakaputkisto.....	15
Kuvio 9. Lämpökaivo .....	16
Kuvio 10. Keruupiiri vesistöön .....	17
Kuvio 11. Lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannukset. ....	28
Taulukko 1. Pattereiden tyypit ja koot sekä niiden antamat tehot .....	19
Taulukko 2. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet.....	20
Taulukko 3. Asunnon johtumistehontarve.....	21
Taulukko 4. COP vaikutus energia määriin sekä lämpökaivon syvyyteen.....	25

## 1 JOHDANTO

Tässä työssä käsitellään lämpöpumppulämmitysjärjestelmän suunnittelemista ja mitoittamista, kaukolämpöisen pellettilämmitysjärjestelmän tilalle. Työn tarkoituksena on selvittää lämpöpumppulämmitysjärjestelmän soveltuvuutta ja kannattavuutta pellettilämmitysjärjestelmän tilalle. Tarkoituksena on mitoitaa lämpöpumppulämmitysjärjestelmä vuotuisen energiatarpeen mukaan.

Tämän työn kohteena on Pirttikosken asuntoalueen kolme rivitaloa. Rivitalot on rakennettu Pirttikosken voimalaitoksen rakentamisen yhteydessä 50-luvun lopulla. Johtuen talojen 60-luvun lvi-tekniikasta soveltuvimmat lämpöpumppujärjestelmät ovat ilma-vesilämpöpumppu ja maalämpöpumppu. Suurin ero näillä lämpöpumppujärjestelmillä on se, että maalämpöpumpulla pystytään lämmittämään ympäri vuoden, kun taas ilma-vesilämpöpumpulla ei pystytä lämmittämään kovimmilla pakkasilla. Ilma-vesilämpöpumppu tarvitsee siistukijärjestelmän kovimmille pakkasille. Tarkoituksena on tuoda esille lämpöpumppujärjestelmien edut ja haitat.

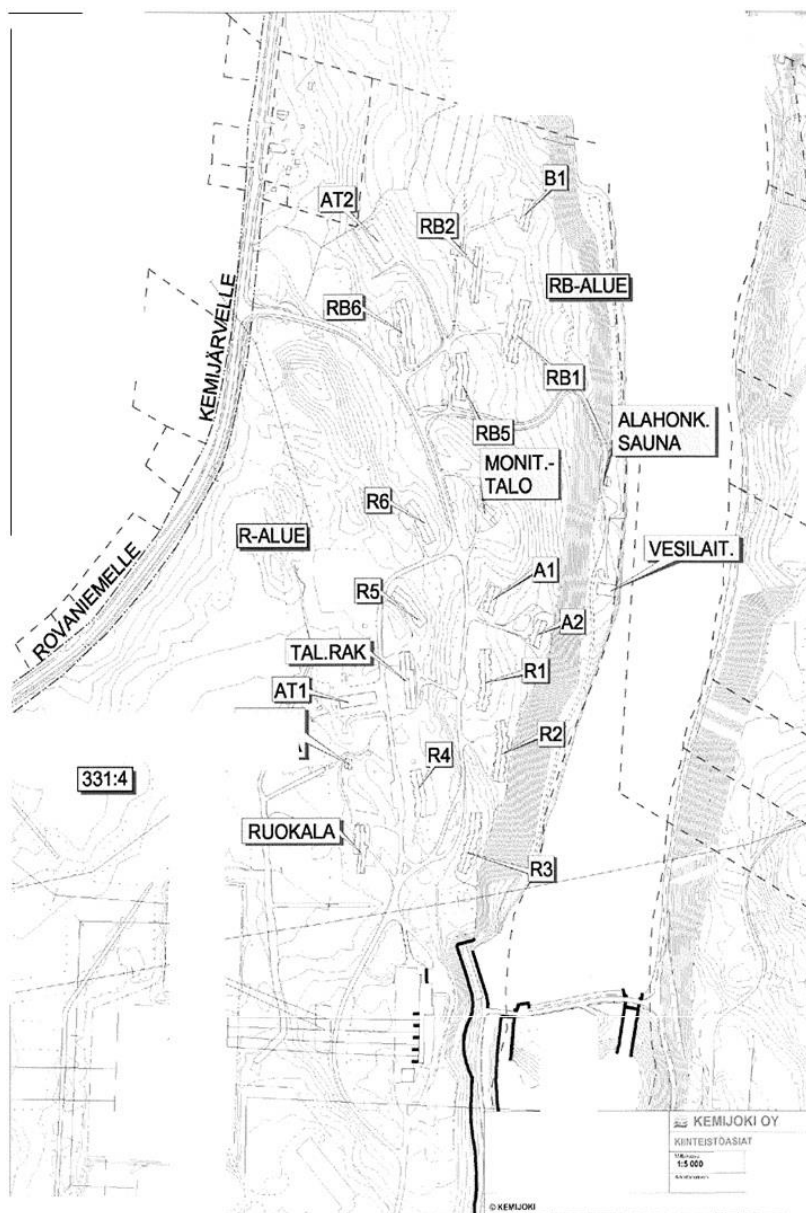
Lopuksi arvioidaan lämmitysjärjestelmien lämpötaloudellisuutta. Maalämpöpumppu vaatii suurimmat alkuiinvestoinnit, kun taas ilma-vesilämpöpumppu vähän pienemmät. Nykyinen pellettilämmityskään ei ole lämmitysjärjestelmänä huonoimmasta päästä. Se on huomattavasti halvempi kuin öljy- tai sähkölämmitys. Tästä johtuen on mielenkiintoista nähdä lämpöpumppujärjestelmien kannattavuus.

## 2 PIRTTIKOSKEN ASUNTOALUE

### 2.1 Asuntoalue

Pirttikosken asuinalue sijaitsee Pirttikosken kylässä, joka sijaitsee Rovaniemen kunnassa lähellä Kemijärven kunnan rajaa. Rovaniemeltä matkaa Pirttikoskelle on noin 70 kilometriä. Pirttikosken asuinalue on pääosin rakennettu Pirttikosken voimalaitoksen yhteydessä vuosina 1956–1959.

Asuntoalueella on 13 asuintaloa, kaksi autotalia, monitoimitalo, ruokala, ruokalan sauna, rantsauna, vedenpuhdistuslaitos ja lämpökeskus. Asuinalue on jaettu kahteen osaan R- ja RB-alueeseen. (Kuvio 1.)



Kuvio 1. Pirttikosken asuinalue (Torppa 2002)



Asuintalot ovat paritaloja että rivitaloja, joiden talotekniikka on 1960-luvun mukaista. Ilmanvaihto on painovoimasta, keittiöt on varustettu liesituulettimin. Lämmitysjärjestelmänä toimii vesikiertoinen kaukolämmitys. Lämpö tuotetaan alueen lämpökeskuksessa pelletillä. Lämmönluovuttajana asunnoissa on vesikiertoiset levyradiaattorit.

R-alueella on kuusi rivitaloa, kaksi paritaloa, monitoimitalo, ruokala, ruokalansauna, autotalli sekä lämpökeskus. Rakennukset on rakennettu vuonna 1957. Jokaisessa rivitalossa on kuusi huoneistoa ja niitä on kahden erikokoisia. Rivitalot R1, R2 ja R3 ovat huoneistokooltaan 3h+k (77 m<sup>2</sup>) ja rivitalot R4, R5 ja R6 ovat huoneistokooltaan 2h+k (63 m<sup>2</sup>). Rivitalot R1, R2 ja R3 ovat pohjaratkaisultaan symmetrisiä keskenään. Rivitalot R4, R5 ja R6 ovat myös pohjaratkaisultaan symmetrisiä. Paritalot A1 ja A2, joissa molemmissa on kaksi asuntoa, ovat huoneistokooltaan 4h+k (102,4 m<sup>2</sup>). (Torppa 2002, 3.)

RB-alueella on neljä rivitaloa, yksi paritalo sekä autotalli. Pääosa rakennuksista on rakennettu vuonna 1959, mutta viimeisin rivitalo on rakennettu vasta vuonna 1971. Rivitaloissa RB1, RB5 ja RB6 on kuusi huoneistoa. RB1 on huoneistokooltaan 3h+k (77 m<sup>2</sup>) ja rivitalot RB5 ja RB6 ovat huoneistokooltaan 2h+k (65 m<sup>2</sup>). Rivitalossa RB2 on neljä huoneistoa, huoneistokooltaan 4h+k (87 m<sup>2</sup>). Paritalo B1 on kaksi huoneistoa, huoneistokooltaan 4h+k (102 m<sup>2</sup>). (Torppa 2002, 3.)

## **2.2 Asuntoalueen nykyinen lämmitys**

Kaikki asuntoalueen rakennukset kuuluvat paikalliseen kaukolämpöverkostoon, jonka lämpö tuotetaan asuntoalueen lämpökeskuksessa. Nykyään kaukolämpö tuotetaan pelletillä. Ennen pellettilämmitystä, lämpö tuotettiin aluksi puukattiloissa ja vuonna 1969 puukattilat vaihdettiin öljy- ja sähkökattiloihin. Öljy- ja sähkökattiloitten yhteenlaskettu teho oli 2,75 MW (Torppa 2001, 4). Vuonna 2001 sähköä kului lämmitykseen n.1000 MWh ja raskasta polttoöljyä noin 196 112 litraa (Torppa 2001, 7). Öljykattilat vaihdettiin pellettikattiloihin vuonna 2010. Nykyisestä pelletin kulutuksesta ei ole tietoa.

Pelletti on puusta valmistettua noin 6–8 mm halkaisijaltaan ja noin 10–40 mm pitkä sylinterimäinen kappale. Pelletti on esitelty kuviossa 2. Pelletin valmistuksen käytetään kuoretonta puuta, yleisesti sahateollisuuden purua ja lastu-

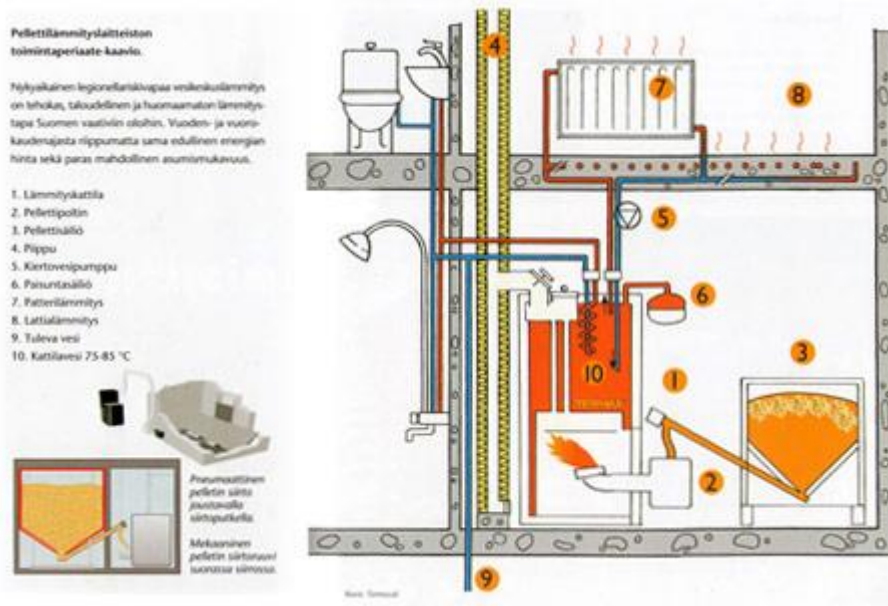
ja. Pelletit tehdään puristimessa. Puristimissa puupuru tai lastut puristetaan kovassa paineessa ja lämpötilassa reikien läpi, josta muodostuu puupellettejä. Paineessa ja lämpötilassa muodostuu puun omien liima-aineiden avulla kestävä puupuriste, pelletti. Pelletin kosteus on noin 10 % ja pelletin lämpöarvo on noin 5 kWh/kg.



Kuvio 2. Pelletti (Imex wood Oy 2013)

Pellettilämmitysjärjestelmään tarvitaan pellettikattila, pellettipoltin, kuljetin sekä pellettisiilo. Pellettilämmitys on kokonaan automatisoitu, lukuun ottamatta pellettisiilon täyttöä sekä pellettikattilan puhdistusta ja tuhkan poistoa. Pellettisiilo voidaan rakentaa maan alle, rakennukseen tai erilliseen rakennukseen. Tärkeintä siilossa on, että se on paloturvallinen ja lisäksi siilo ei saa olla liian kostea.

Siilossa olevat pelletit siirretään kuljettimella pellettikattilan pellettipolttimolle, joka polttaa pelletin kattilassa lämmittäen käyttövettä ja lämmitysvettä. Lämmitysjärjestelmä on täysin automatisoitu, pellettipoltin sammuu ja säätyy sen hetkisen lämmitystarpeen mukaan. Kuviossa 3 on esitetty pellettilämmitysjärjestelmän toimintaperiaate.



Kuvio 3. Pellettijärjestelmän toimintaperiaate (Yläneen bioenergia Oy 2014)

### 2.3 Asuntoalueen lämmitys lämpöpumpun avulla

Lämpöpumppulämmitys täytyy tuottaa kiinteistö kohtaisesti. Lämpöpumppulämmitysjärjestelmä on aluksi suunniteltu asennettavaksi kolmeen R-alueen rivitaloon, jotka ovat R4, R5 ja R6. Lämpöpumppulämmitys on ajateltu toteuttaa maalämpöpumpulla.

Maalämpöpumppu on suunniteltu asennettavaksi rivitalon kellarin vanhaan kylmiöhuoneeseen rakennuksen keskelle. Tämä siksi, koska rakennuksen sähköpääkeskus sijaitsee lähellä kylmiöhuonetta, josta saadaan maalämpöpumpulle tarvittava sähkö. Lisäksi rakennuksen kaukolämpöputkisto ja käyttövesiputki kulkee kellarikerroksen kautta, jotka voidaan kätevästi liittää maalämpöpumppuun. Kaukolämpöputki täytyy erottaa nykyisestä kaukolämpöverkosta ja yhdistää maalämpöpumppuun luoden oman rivitalokeskeisen keskuslämmityksen. Maalämpöpumppu hoitaa rivitalon lämmityksen sekä lämpimän käyttöveden tuoton.

Maalämpöpumppu lämmitysjärjestelmä on täysin automatisoitu, ja onkin asukkaiden kannalta hyvä vaihtoehto sen vähäisen huomiotarpeen myötä. Maalämpöpumppulämmitysjärjestelmä tarvitsee itse maalämpöpumpun, erillisen käyttövesivaraajan näin isossa kiinteistössä, jotta kaikille asukkaille riittää varmasti lämmintä käyttövettä sekä lämmönkeruujärjestelmän, jonka avulla kerätään talteen maahan sitoutunutta energiaa.

### 3 LÄMPÖPUMPUT

#### 3.1 Yleistä lämpöpumpuista

Lämpöpumput toimivat lähes samalla periaatteella kuin jääkaapit, mutta prosessi on toisinpäin. Lämpöpumpuilla pyritään lämmittämään, kun taas jääkaapeilla jäähdyttämään. Tyypillisiä lämpöpumppuja ovat pääasiassa ilmalämpöpumppu, ilma-vesilämpöpumppu, poistoilmalämpöpumppu ja maalämpöpumppu.

Ilmalämpöpumppu ottaa lämpöä ulkoilmasta ja luovuttaa lämmön asunnonhuoneilmaan puhaltamalla. Ilma-vesilämpöpumppu ottaa myös lämmön ulkoilmasta, mutta luovuttaa lämmön asunnon käyttöveteen tai lämmitykseen tai siten molempiin. Poistoilmalämpöpumppu ottaa lämmön talteen rakennuksen poistoilmasta ja lämmittää rakennuksen käyttöveden tai lämmitysveden tai siten molempia. Maalämpöpumppu ottaa lämmön talteen maaperästä ja luovuttaa lämmön rakennuksen käyttövedelle ja lämmitysvedelle.

#### 3.2 Kylmäaineet

Lämpöpumpun lämmönkeruu periaate toteutetaan ns. kylmäaineen avulla. Kylmäaine sitoo itseensä energiaa höyrystyessään, kun taas tiivistyessään se luovuttaa energiaa.

Kylmäaine on yleisesti nesteytetty kaasu, joka toimii väliaineena lämmönsiirtämisessä. Kylmäaineen käyttö perustuu sen tehokkaaseen kykyyn sitoa tai luovuttaa lämpöenergiaa, olomuodon muutoksissa. Kylmäaineen ominaisuudet ja tehokkuus, riippuu lämpötiloista ja paineesta. Kylmäaineita on monen tyyppisiä ja monenlaisia. Osa kylmäaineista ovat palavia, myrkyllisiä tai ympäristölle haitallisia. Ympäristölle haitalliset kylmäaineet voivat aiheuttaa otsonikatoa tai ilmaston lämpenemistä. Kylmäaineet on jaettu koostumukseltaan ja ominaisuukseltaan eri ryhmiin ja luokituksiin, ja muita ominaisuuksia kuvataan erilaisilla tunnuksilla.

Kylmäaineet ovat pääsääntöisesti hiilivetyjä. Kylmäaineet voivat olla puhtaita tai prosessoituja. Puhtaat kylmäaineet esiintyvät luonnossa sellaisenaan ja ne eivät aiheuta otsonikatoa tai ilmastonlämpenemistä. Puhtaita kylmäaineita ovat puhtaat hiilivedyt sekä epäorgaaniset aineet. Prosessoituja kylmäaineita ovat hiilivedyt, joiden vetyatomeja on korvattu halogeenimolekyyleillä. Halo-

geeni molekyylin koostumuksen perusteella voidaan halogeenihiilivedyt jakaa seuraaviin ryhmiin: CFC-, HCFC-, HFC- ja PFC-kylmäaineisiin. (Kianta 2008, 3.)

CFC-kylmäaineet ovat täysin halogenoituja hiilivetyjä. CFC-kylmäaineet sisältävät klooria, fluoria ja hiiltä, ja ovat merkittävän kasvihuonehaitallisuuden sekä otsonikerroshaitallisuuden omaavia kylmäaineita. HCFC-kylmäaineet ovat osittain halogenoituja hiilivetyjä. HCFC-kylmäaineet sisältävät vetyä, klooria, fluoria ja hiiltä. HCFC-kylmäaineilla on pieni otsonihaitallisuus, mutta niillä on suuri kasvihuonehaitallisuus. HFC-kylmäaineet ovat osittain halogenoituja hiilivetyjä. HFC-kylmäaineet sisältävät vetyä, fluoria ja hiiltä. HFC-kylmäaineet ovat otsonihaitattomia, mutta ovat suuren kasvihuonehaitallisuuden omaavia kylmäaineita. PFC-kylmäaineet ovat täysin halogenoituja hiilivetyjä. PFC-kylmäaineet sisältävät vain fluoria ja hiiltä. PFC-kylmäaineet ovat otsonihaitattomia, mutta merkittäviä kasvihuonehaitallisuutta aiheuttavia kylmäaineita. Halogenoitujen hiilivetyjen haitallisuuden vuoksi ilmakehälle, on niiden käyttöä rajoitettu ja kielletty nykyään runsaasti lainsäädännön avulla. (Kianta 2008, 3–4.)

Kylmäaineille annetaan turvaluokituksia. Turvaluokitus kuvaa kylmäaineen myrkyllisyyttä sekä syttymisherkkyyttä. Kylmäaineet jaetaan niiden myrkyllisyyden mukaan kahteen ryhmään: A-ryhmään ja B-ryhmään. A-ryhmään kuuluvat kylmäaineet ovat lievästi tai eivät ole ihmisille haitallisia tai myrkyllisiä. B-ryhmän kylmäaineet ovat ihmisille myrkyllisiä. Kylmäaineiden syttymisherkkyyttä kuvataan numeroin 1,2 ja 3. Ryhmän 1 kylmäaineet eivät muodosta ilman kanssa syttyvää seosta. Ryhmän 2 kylmäaineet muodostavat ilman kanssa syttyvän seoksen, kun kylmäaineen pitoisuus ilmassa on vähintään yli 3,5 tilavuusprosenttia. Ryhmän 3 kylmäaineet muodostavat ilman kanssa syttyvän seoksen, kun kylmäaineen pitoisuus ilmassa on vähemmän kuin 3,5 tilavuusprosenttia. Kylmäaineen turvaluokitus voi olla esimerkiksi B3. Kylmäaine on tässä tapauksessa myrkyllinen ja erittäin paloherkkä. (Kianta 2008, 2.)

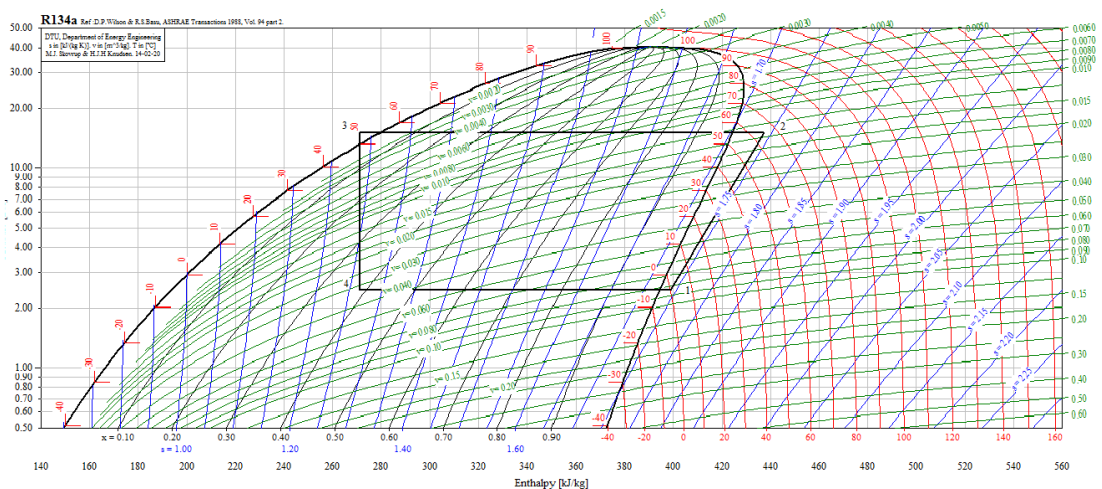
Kylmäaineiden ympäristö vaikutuksia kuvataan seuraavilla tunnusluvuilla: ODP, GWP ja TEWI. ODP-tunnus ilmoittaa kylmäaineen suhteellisen haitallisuuden ilmakehän otsonikerrokselle. GWP-tunnus taas kuvaa kylmäaineen

kasvihuonehaitallisuutta eli kuinka suuri vaikutus sillä voi ilmastonlämpenemiseen. TEWI-luku kuvaa pitkälle ajanjaksolle esim. kylmälaitoksen kasvihuonehaitallisuuden. TEWI-luku ilmoittaa hiilidioksidimäärän kiloina. (Kianta 2008, 1.)

### 3.3 Lämpöpumpun toimintaperiaate

Lämpöpumpussa kylmäaine on nestemäisessä muodossa paisuntaventtiin jälkeen mennessään höyrystimelle. Höyrystimessä kylmäaine on ympäristöään kylmempi, ympäristönä voi olla ilma tai lämmönkeruuneste ja ollessaan kylmempi se sitoo itseensä lämpöenergiaa, jäähdyttäen ympäristöä. Lämmitessään kylmäaine höyrystyy, höyrystymisen jälkeen kylmäaine imetään alipaineella kompressorille. Kompressorin puristaa kylmäaineen korkeapaineseen ja korkeaan lämpötilaan. Paineistettu ja kuumentunut kylmäaine menee lauhduttimelle, jossa se luovuttaa lämpöä tiivistyessään takaisin nesteeksi. Lauhduttimen jälkeen kylmäaine menee paisuntaventtiilille, jossa sen paine ja lämpötila alennetaan. Paisuntaventtiin jälkeen kylmäaine menee kylmäainesäiliöön, jonka jälkeen alkaa uudelleen kylmäaineen kierto.

Lämpöpumpun kiertoa voidaan graafisesti havainnollistaa kiertoaineen eli kylmäaineen log p-h diagrammissa. Diagrammissa nähdään kylmäaineen lämpötilat, entalpia, olomuoto sekä paine. Näiden avulla voidaan laskea lämpöpumpun tehoarvot. Kuviossa 4 on piirretty kylmäaineen R134a kiertoa Coolpack-ohjelman avulla.



Kuvio 4. Kylmäaineen R134a kiertoa

Kiertoprosessi on piirretty numeroin 1–4. Kiertoprosessin lähtöarvoina ovat höyrystymislämpötila  $-5\text{ °C}$ , lauhtumislämpötilana  $55\text{ °C}$ , tulistus  $5\text{ °C}$  ja alijäähdytys  $5\text{ °C}$ . Välillä 1–2 tapahtuu kompressorin puristus, missä kylmäaine muuttuu korkeanpaineeseen ja lämpötilaan. Välillä 2-3 tapahtuu kylmäaineen lauhtuminen lauhduttimessa, jossa se luovuttaa lämpöä alkaen samalla tiivistyä nesteeksi. Välillä 3–4 tapahtuu kylmäaineen paineen ja lämpötilan aleneminen paisuntaventtiilissä ja välillä 4–1 tapahtuu kylmäaineen höyrystyminen, jossa kylmäaine sitoo itseensä lämpöä höyrystimen ympäristöstä.

### **3.4 Ilma-vesilämpöpumppu**

Ilma-vesilämpöpumpulla lämmitetään talon lämmitysvettä ja käyttövettä, toisinkin ilmalämpöpumppu lämmittää vain huoneilmaa. Ilma-vesilämpöpumppu lämmitysjärjestelmä koostuu ulkoyksiköstä, joka kerää ulkoilmasta lämpöä sekä sisäyksiköstä, joka lämmittää käyttövettä ja lämmitysvettä.

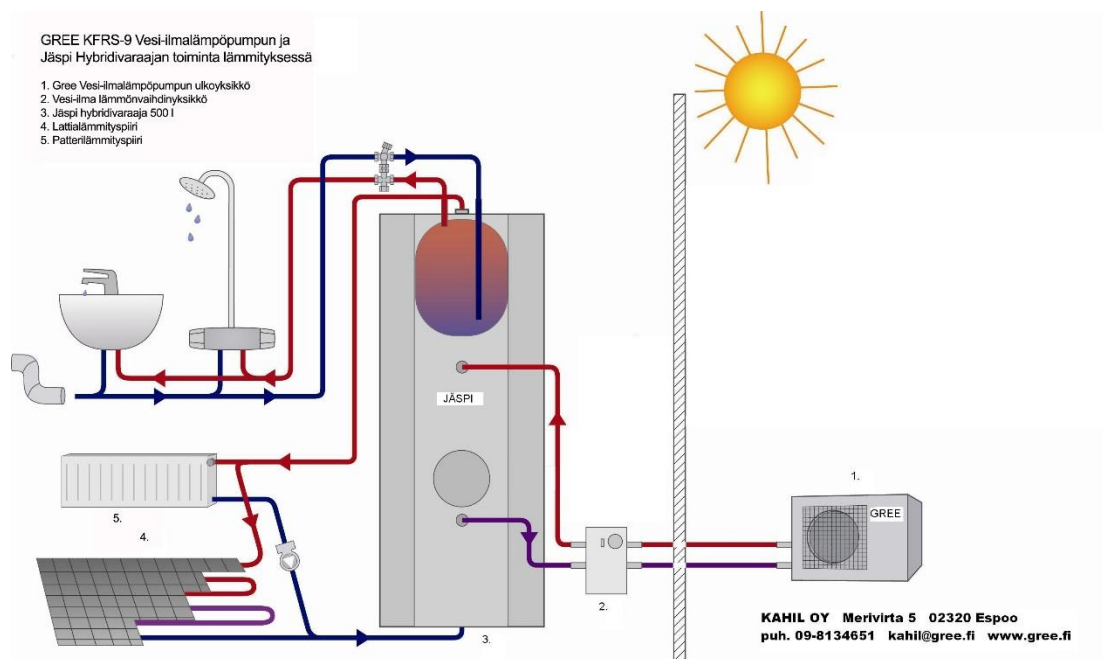
Ilma-vesilämpöpumppu tuottaa lämpöenergiaa ulkoilmasta. Kuten ilmalämpöpumpuillakin, ilma-vesilämpöpumpunkaan ei kykene tuottamaan lämpöä enää alle  $-20\text{ °C}$  pakkasissa. Ilma-vesilämpöpumppu tarvitsee aina kovimmilla pakkasilla varalämmitysjärjestelmän, joka yleensä tuotetaan sähköllä. Ilma-vesilämpöpumppu tuo suurimmat säästöt syksyisin ja keväisin, jolloin ulkoilma on lämpimämpää, kuin  $-20\text{ °C}$ . Ilma-vesilämpöpumpuilla saavutetaan keskimäärin noin 40–60% säästöt verrattuna suoraan sähkölämmitykseen (Motiva lämpöä ilmassa 2012).

Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan lämmittää asunnon lämmitys- ja käyttövesi noin  $50\text{ °C}$  lämpötilaan saakka, ylimenevä lämpötila lämmitetään yleensä sähköllä tai lämmityskattilalla. Ilma-vesilämpöpumppu voidaan asentaa, joko päälämmitysjärjestelmäksi tai tukilämmitysjärjestelmäksi. Siksi ilma-vesilämpöpumppu soveltuu sekä uusiin, että vanhoihin taloihin. Ilma-vesilämpöpumppu on kannattava silloin, kun ei pystytä tekemään maalämpöpumppujärjestelmän vaakakeruuputkistoa tai porakaivoa. Etuina maalämpöpumppulämmitysjärjestelmään ovat pienemmät investointi kustannukset, huonoina puolina ovat isommat käyttökustannukset. (Motiva 2014a.)

Ilma-vesilämpöpumpussa ulkoyksikkö kerää lämpöä talteen ilmasta. Ulkoyksikkö toimii höyrystimenä, lämpöpumpun toimintaperiaatteen mukaan. Kylmäaine sitoo ulkoyksikössä ilmassa olevaa lämpöenergiaa samalla höyrystyksen, kompressori puristaa kylmäaineen korkeaan paineeseen ja lämpötilaan. Sisäyksikössä lämmennyt ja paineistettu kylmäaine luovuttaa lämmön lauhduttimessa tiivistyessään takaisin nesteeksi, asunnon käyttövedelle ja lämmitysvedelle. Lauhduttimen jälkeen kylmäaine menee paisuntaventtiilille, jossa sen paine ja lämpötila alennetaan, josta se menee taas ulkoyksikön höyrystimelle, josta sen kierto alkaa taas. Kuviossa 5 on esitetty ilma-vesilämpöpumpun toiminta.

Ulkoyksikkö suositellaan asennettavaksi rakennuksen seinälle semmoiseen paikkaan, missä sen melu ei haittaa asukkaita. On myös suotavaa, että ulkoyksikkö on melko avoimessa tilassa, että ilma pääsee kiertämään vapaasti sen läpi ja tärkeää on myös huomioida, että ulkoyksikkö tuottaa päivässä jopa 10 litraa vettä. Talvisin vesi jäätyy maahan, josta voi tulla ongelma jos sitä ei hoideta asian mukaisesti. (Motiva lämpöä ilmassa 2012.)

Sisäyksikkö sijoitetaan, joko teknilliseen tilaan tai kodinhoitohuoneeseen. Tekniseen tilaan sijoittaminen katsotaan suositeltavammaksi, sillä huoltotoimenpiteet on helpompi tehdä. (Motiva lämpöä ilmassa 2012.)



Kuvio 5. Ilma-vesilämpöpumpun toiminta (Kahil Oy 2009)



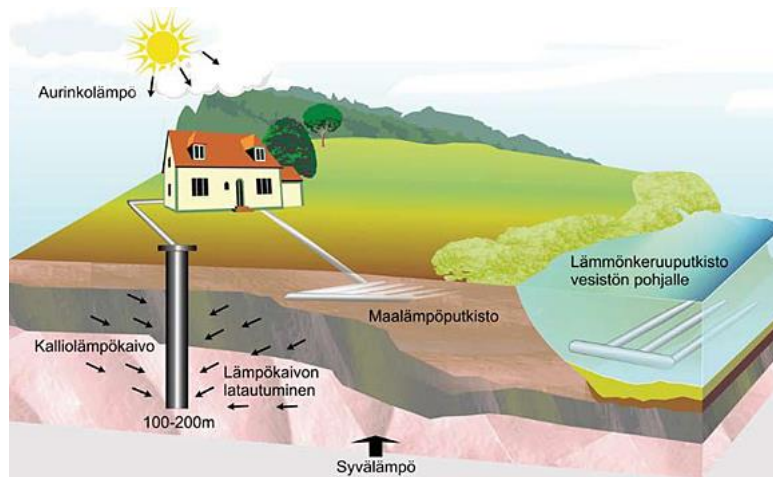
### 3.5 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumppulämmitysjärjestelmällä tuotetaan asunnon lämmitysvesi ja käyttövesi. Maalämpöpumppulämmitysjärjestelmä koostuu itse maalämpöpumpusta, maalämmön keruupiiristä, lämminvesivaraajasta sekä vesikiertoisesta lämmitysjärjestelmästä. Vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä voi olla, joko lattialämmityksenä tai patterilämmityksenä.

Maalämpöpumppulämmitysjärjestelmä on täysin automatisoitu, maalämpöpumppu sääätäkseen ulkolämpötilan mukaan kiinteistön lämmitystä. Tämä tuo asukkaille hyvää asumismukavuutta, maalämpöpumpun vähäisen huomio tarpeen mukaan. Maalämpöpumppu on yhtä huoleton kuin sähkölämmitys, lukuun ottamatta maalämpöpumpun välillä vaatimia huoltoja. Nykyään maalämpöpumppuihin voidaan ohjelmoida erilaisia lämmitysasetuksia, jolla voidaan parantaa lämmitysmukavuutta. Tämmöisiä voivat olla lisäkäyttöveden tarve tai kesällä viilennys ilmastoidussa kiinteistössä.

Maalämpöpumppu valmistaja Nibe, tarjoaa uusiin maalämpöpumppuihin etäseurantajärjestelmää internetin tai puhelimen avulla nimeltään NIBE Uplink™. Sen avulla käyttäjä voi seurata etäältä tai hallita maalämpöpumppu järjestelmän toimintaa ja voi tehdä halutessaan säätöjä järjestelmään. Lisäksi järjestelmä ilmoittaa käyttäjälle sähköpostiin mahdollisista ilmaantuneista vi-oista, jolloin käyttäjä voi tilata mahdollisen korjauksen vian yllättäessä. Lisäksi seurantajärjestelmän avulla voidaan hoitaa lämmitysohjaus tai ohjelma päivitykset maalämpöpumpulle. Tämä järjestelmä mahdollistaa nopeat päivitykset ja seurannat sekä mahdolliset korjaustoimenpiteet. Tämä lisää maalämpöpumpun käyttömukavuutta. (Nibe Oy 2014.)

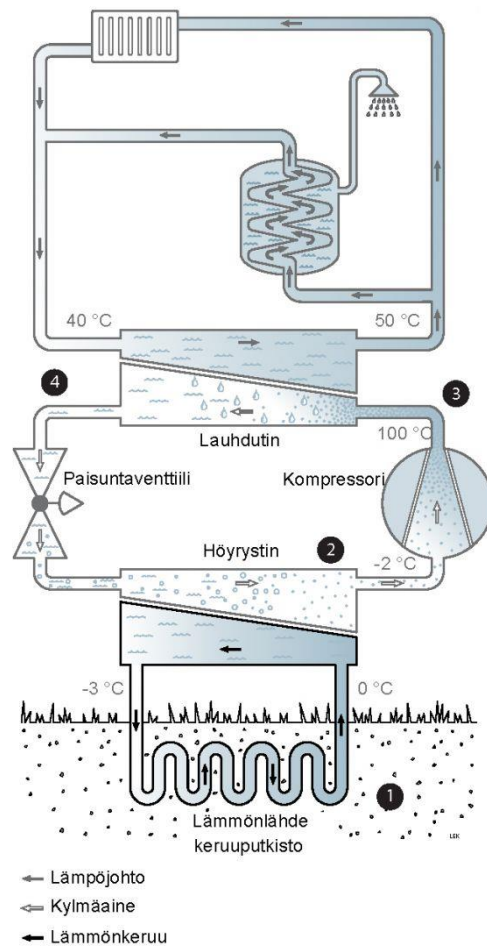
Maalämpöpumppu tuottaa lämpöenergiaa maaperään, kallioperään tai vesistöön sitoutuneesta lämpöenergiasta. Energia on peräisin auringosta ja kallioperän syvimmissä osissa maanytimestä ja lämpimistä pohjavesistä. (Kuvio 6.) Kerätäkseen talteen tätä energiaa, maalämpöpumppu tarvitsee sähköenergiaa toimiakseen. Maalämpöpumpun tuottamasta lämpöenergiasta osa on peräisin sähköstä ja osa on maaperään, kallioon tai vesistöön sitoutuneesta energiasta. (Motiva 2014b.)



Kuvio 6. Lämpöä maasta (GTK 2009)

Maalämpöpumpun lämpökerroin kertoo miten paljon sähköenergiaa menee suhteessa lämpöpumpun tuottamaan kokonaislämpöenergiaan. Lämpökerroin eli COP vaihtelee, mutta on yleisesti 2–4, joissakin lämpöpumpuissa jopa 5. Jos vaikka COP on 4, maalämpöpumpun tuottamasta lämpöenergiasta 1/4 on sähköenergiasta ja 3/4 maaperästä, kalliosta tai vesistöstä sitoutuneesta lämpöenergiasta. Tämä maaperään, kallioon tai vesistöön sitoutunut energia on niin sanottua ilmaista energiaa. COP-arvo on kuitenkin hetkellinen. SPF-arvo ilmoittaa koko vuoden ajan mitattua COP-arvoa (Kuisma 2011).

Maaperään, kallioperään tai vesistöön sitoutunutta energiaa kerätään talteen keruuputkiston avulla. Keruuputkistossa kiertää jäätymätön nesteseos, joka lämpenee muutamia asteita kierron aikana. Keruuputkistossa lämmennyt neste johdetaan maalämpöpumpun höyrystimeen, jossa lämpö johtuu kylmäaineeseen ja samalla kylmäaine höyrystyy. Kylmäaine on ennen höyrystämistä nestemäisessä muodossa. Keruuputkiston neste ja kylmäaine ovat molemmat omissa suljetuissa piireissä. Kylmäaineen on oltava ennen kompressoria täysin kaasua, sillä kompressori ei kestä nestettä. Tämä varmistetaan kylmäaineen tulistamisella. Kuviossa 7 on esitetty maalämpöpumpujärjestelmän toimintaperiaate.



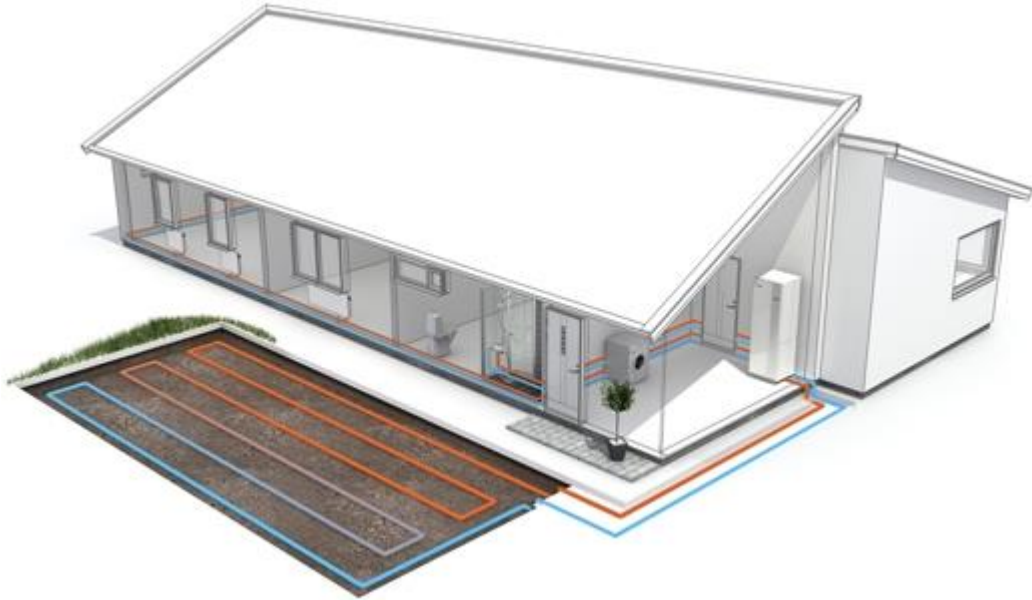
Kuvio 7. Maalämpöjärjestelmän toimintaperiaate (Kaukora Oy 2014)

### 3.6 Maalämpöpumpun lämmönlähteet

Maaperän sitoutunutta auringonenergiaa voidaan kerätä talteen pintamaahan asennetulla vaakakeruuputkistolla. (Kuvio 8.) Vaakakeruuputkisto soveltuu vain isoille tonteille, koska vaakaputkisto tarvitsee noin 1,5 m<sup>2</sup> tonttimaata putkimetriä kohden. (Motiva lämpöä omasta maasta 2012.)

Putkisto asennetaan yleensä 1–1,5 metrin syvyyteen ja putkilenkkiä välinen etäisyys on oltava 1–2 metriä (Motiva lämpöä omasta maasta 2012). Vaakaputkiston yhden keruupiirin maksimipituus on 400 metriä, jos keruuputkistoa on enemmän kuin 400 metriä, on se jaettava useampaan lenkkiin (Nibe Maalämpöpumppu opas 2013, 5). Tämä siksi, että maapiirin pumppauskustannukset nousevat isomman keruupumpun tarpeen myötä, on järkevämpää kytkeä useampi lenkki rinnakkain.

Pintamaasta saatavan lämpöenergian määrä vaihtelee maaperän vetisyyden mukaan. Vaakaputkistolla saatava vuotuinen energia on Pohjois-Suomessa 10–30 kWh/m, Keski-Suomessa 20–40 kWh/m ja Etelä-Suomessa 30–60 kWh/m. (Kuisma 2011.)



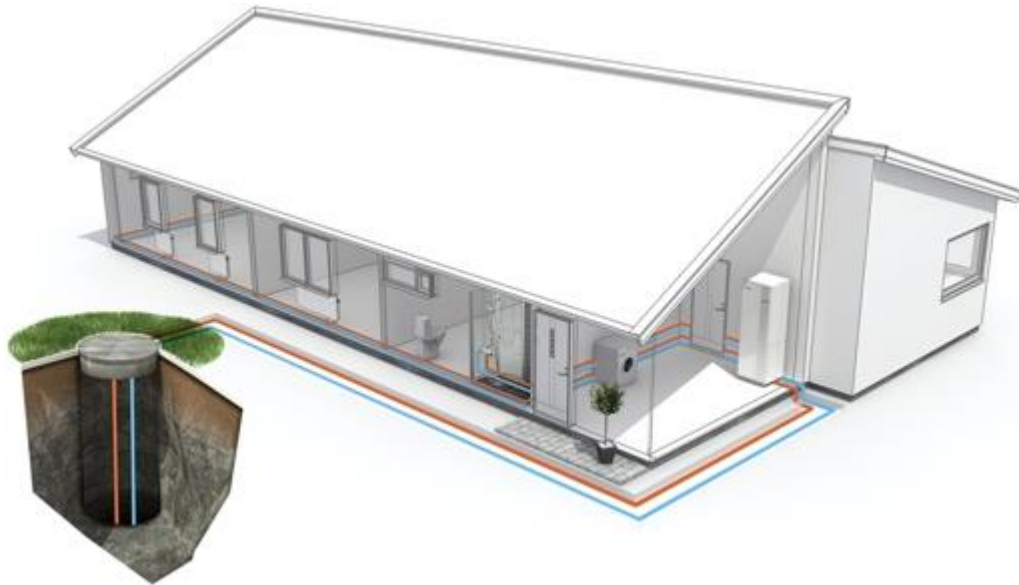
Kuvio 8. Vaakaputkisto (Ekolämpö Oy 2014)

Lämpökaivolla kerätään maanytimeistä kallioon johtuvaa lämpöenergiaa sekä lämpimissä pohjavesivirtauksissa olevaa lämpöenergiaa (Motiva 2013). Lämpökaivossa on upotettu keruuputkilenkki, joka ankkuroidaan lämpökaivon pohjaan pohjapainon avulla. Lämpökaivo vie vähän rakennustilaa, joten se soveltuu hyvin pienille tonteille. Kuviossa 9 on esitelty lämpökaivo.

Lämpökaivon maksimisyvyys on 200 metriä, koska muuten keruuputkiston pumppauskustannukset nousevat isomman keruupumppu tarpeen myötä. Jos yhden porakaivon energiasaanti ei riitä porataan useampi, ja kytketään ne rinnan. Porakaivojen välinen etäisyys on oltava 15–20 metriä (Motiva lämpöä omasta maasta 2012). Tämä siksi, etteivät lämpökaivot varasta toisiltaan lämpöä, mikä aiheuttaa kaivojen kylmenemisen.

Lämpökaivon syvyyteen vaikuttavat rakennuksen lämmöntarve sekä porakaivon vedentuotto. Kuitenkin jos kaivossa ei ole vettä tai veden tuotto ei ole riittävä, voidaan se täyttää vedellä. Porakaivon aktiivisyvyydellä tarkoitetaan kaivon sitä osaa, joka on kokonaan vedenpeitossa. (Motiva lämpöä omasta maasta 2012.)

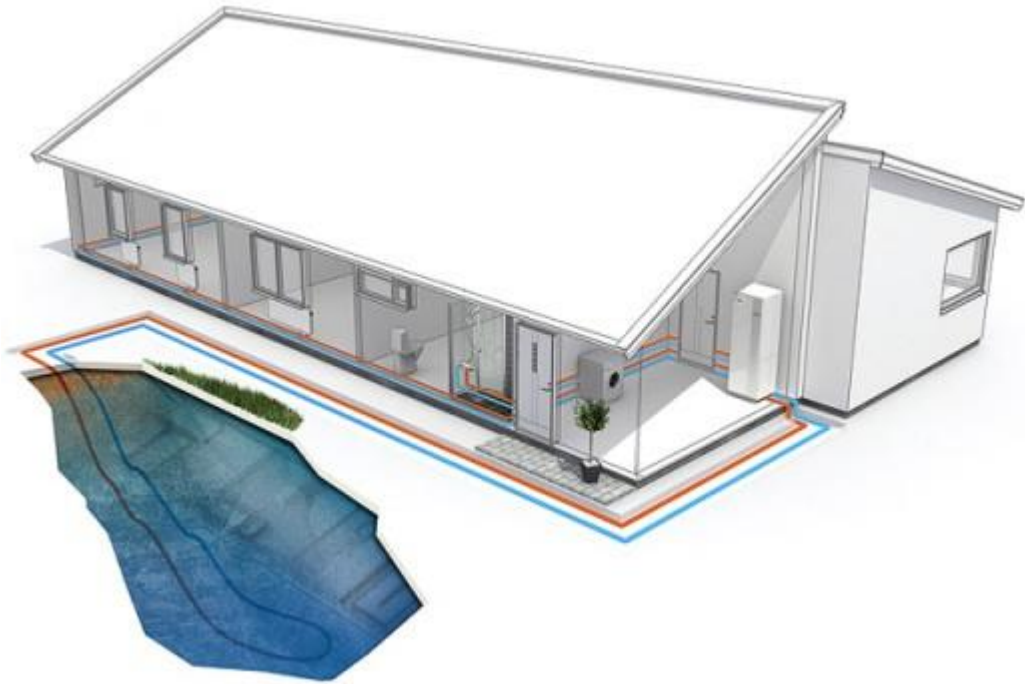
Lämpökaivosta saatava vuotuinen energia on Pohjois-Suomessa 120 kWh/m, Keski-Suomessa 130 kWh/m ja Etelä-Suomessa 140–150 kWh/m (Nibe Maalämpöpumppu opas 2013).



Kuvio 9. Lämpökaivo (Ekolämpö Oy 2014)

Vesi sitoo hyvin lämpöä, jota voidaan kerätä talteen vesistön pohjaan upotetulla keruuputkistolla. (Kuvio 10.) Tähän soveltuu vesistöt, jotka ovat lähellä rakennusta ja vähintään 2 metriä syviä. Tämä syvyys siksi, ettei keruuputkisto pääse jäätymään jääpeitteeseen kiinni, jolloin jääpeite saattaa vahingoittaa putkistoa etenkin keväällä jäätten lähdön aikaan. Keruuputkisto upotetaan pohjaan painojen avulla.

Keruuputkisto tulee eristää rantaviivasta rakennukseen saakka, koska muuten kerätty lämpö menee hukkaan varsinkin, jos meno- ja paluuputket ovat samassa kaivannossa (Motiva lämpöä omasta maasta 2012). Keruuputkistoissa oleva jäätyvätön neste on vettä kevyempää, joten painotuksessa tulee olla tarkkana, ettei keruuputkisto pääse nousemaan pohjasta missään olosuhteissa. Vesistöistä saatava lämpöteho on vuodessa 70–80 kWh/m (Kuisma 2011).



Kuvio 10. Keruupiiri vesistöön (Ekolämpö Oy 2014)

## 4 ASUNTOJEN LÄMMÖNLUOVUTTAJAT

### 4.1 Radiaattori lämmitys

Rivitaloissa on käytössä alkuperäiset vesikiertoiset levyradiaattorit lämmönluovuttajina. Patterit ovat pääasiassa 1 ja 2 levyisiä ja niitä on asuntokohtaisesti 7 kappaletta.

Radiaattorilämmityksessä eli patterilämmityksessä lämmönsiirto perustuu lämmönsäteilyyn. Pattereita on vesikiertoisia sekä suorasähkölämmitteisiä. Suorasähköisessä patterissa on sisällä sähkövastus, joka lämmittää patterin levy pintaa, josta se säteilee ympäristöön, lämmittäen ympäristöä eli tässä tapauksessa huonetta tai asuntoa. Sähköpatterin teho riippuu sähkövastuksen tehosta ja patterin tehoa ohjataan lämpötilatermostaattilla.

Vesikiertoisessa patterijärjestelmässä, pattereiden sisällä kiertää vesi, jota lämmitetään kattilassa tai varaajassa, lämpöpumpulla, sähköllä, öljyllä, puulla, pelletillä tai kaukolämmöllä. Vesi kiertää pattereissa suljetussa putkistossa pattereihin ja takaisin, joko vapaakierrolla tai kiertopumpun avulla. Pattereiden tehoa säädellään lämpötilaan reagoivilla termostaateilla. Vesikiertoisessa patterissa on patteritermostaatti, joka säätää patterille menevää vesivirtausta.

Vesikiertoisten pattereiden teho riippuu lämmönsiirtopinta-alasta sekä vedenlämpötilasta. Eri lämmitysmuodoilla on erilaiset lämmityslämpötilat. Lämpöpumpuilla vesi saadaan lämmitettyä maksimissaan noin 60 °C, kun taas sähköllä, öljyllä, puulla, pelletillä ja kaukolämmöllä on tätä korkeampia lämpötila. Tämän mukaan tapahtuu pattereiden mitoitus oikeanlaisiksi.

### 4.2 Lämmönluovuttajien teho

Vaihtaessa lämpöpumppulämmitykseen tulee tarkastaa, onko lämmönluovuttajien teho riittävä lämpöpumppulämmityksen mitoitusohjelmalla. Tätä varten tulee pattereiden tehot laskea lämpöpumppulämmityksen lämpöohjelmalla. Olen laskenut pattereiden tehot patterivalmistaja Purmon mitoitusohjelmalla (Purmo Oy 2014). Purmon-mitoitusohjelmaan syötetään pattereiden meno- ja tulolämpötilat sekä huoneen mitoituslämpötila. Ohjelma näyttää sen jälkeen pattereiden tehot niiden koon ja tyypin mukaan.

Taulukossa 1 on esitetty pattereiden koot ja tyypit sekä niiden antamat lämmitystehot rivitalon R3 päätyasunnossa. Koska asunnot ovat pohjaratkaisultaan samoja jokaisessa 3 rivitalossa keskenään, tätä tarkastusta voidaan soveltaa kaikkiin. Olen käyttänyt lämpöpumppulämmityksessä mitoitusohjelmaa 55/45. Jossa 55 on pattereihin menevän veden lämpötila celsius asteissa ja 45 on sen paluu lämpötila celsius asteissa. Vastaavasti pelletillä olen käyttänyt mitoitusohjelmaa 75/65.

Taulukko 1. Pattereiden tyypit ja koot sekä niiden antamat tehot

Tila	Tyyppi	Koko (mm*mm)	Nykyinen teho (W)	Teho lämpöpumpulla (W)
Olohuone	4 levyinen	3250x280	4448	2254
Keittiö	2 levyinen	1190x610	1565	776
Kylpyhuone	2 levyinen	700x610	913	453
Tuulikaappi	1 levyinen	1190x610	1189	593
Sisäeteinen	2 levyinen	490x610	652	323
Makuuhuone	2 levyinen	1610x610	2087	1035
Vaatehuone	1 levyinen	490x610	496	247
		<b>YHT</b>	<b>11 350 W</b>	<b>5681 W</b>

Kuten huomataan, ovat pattereiden antamat tehot lähes puolittuneet maalämpöpumpun mitoitusohjelmalla.

### 4.3 Asunnon lämpöhäviöteho

Asunnon lämpöhäviöteho koostuu rakennuksen vaipan läpi johtuvasta lämpötehosta, vuoto ilmavirran tehosta sekä ilmanvaihdon lämpötehohäviöstä. Lämpöhäviötehon suuruuteen vaikuttaa rakennuksen eristystaso, vaipan pinta-alat, vaipan tiiveys sekä ilmanvaihdon määrä.

Johtuminen on asunnon vaipan läpi johtuva lämpöhäviö. Vaipalla tarkoitetaan rakennuksen osia, jotka erottavat rakennuksen lämpöeristetyn tilan ulkoilmasta tai maaperästä. Johtumisen lämpöhäviöön tehoon vaikuttaa rakennuksen eristystaso, rakennuksen vaipan pinta-ala sekä mitoituslämpötilat.

Eristyksen tehokkuus ilmoitetaan U-arvolla, W/m<sup>2</sup>K. U-arvolla tarkoitetaan lämpövirran tiheyttä rakennuksen vaipan läpi. U-arvo kuvaa, miten paljon tehoa tarvitaan pinta-alaa kohti, jotta saavutettaisiin tietty lämpötilaero eristerakenteen yli.



Mitoituslämpötilaan vaikuttaa rakennuksen sijainti Suomessa. Johtumisesta aiheutuva lämpöhäviö koostuu alapohjan, yläpohjan, ulkoseinien, ikkunoiden ja ovien lämpöhäviöistä. Rakennusten eristysvaatimustasot ovat olleet erilaisia eri aikakausilla. Yleisesti eristysvaatimuksia on tiukennettu 1960-luvulta lähtien. Ympäristöministeriön asetuksessa energiatodistuksessa on esitetty eri aikakausien u-arvo vaatimukset. Vaatimukset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet (Ympäristöministeriö 2013)

Rakennusosa	Rakennusluvun vireilletulovuosi								
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-
<b>Lämpimät tilat</b>									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Maanvarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätilainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ovi	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0
Ikkuna	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0
<b>Puolilämpimät tilat</b>									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,60	0,45	0,40	0,38	0,26	0,26
Maanvarainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,36	0,34	0,24	0,24
Ryömintätilainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,30	0,28	0,26	0,26
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Yläpohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Ovi	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,4	1,4
Ikkuna	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	1,8	1,8	1,4	1,4

Johtumisteho voidaan laskea kaavalla 1.

$$\Phi_{\text{joht}} = \sum H_{\text{joht}} * (T_s - T_u) \quad (1)$$

missä

$\Phi_{\text{joht}}$  on johtumislämmitysteho [W]  
 $\sum H_{\text{joht}}$  on rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö [W/K]  
 $T_s$  on sisäilman lämpötila [°C]  
 $T_u$  on ulkoilman lämpötila [°C].

Asunnon johtumisteho on laskettu ja esitetty taulukossa 2. Rakennus on rakennettu 1950-luvun lopussa. Ala- ja yläpohjien sekä ikkunoiden ja ovien u-arvot on laskettu vuoden 1969 vähimmäismääräysten mukaan. Seinän u-arvon on Reino Torppa arvioinut todellisemmaksi Doftech-ohjelman avulla (Torppa 2002).

Taulukko 3. Asunnon johtumistehontarve.

	<b>U-arvo</b>	<b>Pinta-ala</b>	<b>T<sub>s</sub></b>	<b>T<sub>u</sub></b>	<b>Johtuminen</b>
	(W/m <sup>2</sup> °C)	(m <sup>2</sup> )	(°C)	(°C)	(W)
<b>Alapohja</b>	0.47	64	7	21	421.12
<b>Yläpohja</b>	0.47	64	-38	21	1774.72
<b>Seinät</b>	0.357	30	-38	21	631.89
<b>Ovet</b>	2.2	4	-38	21	519.2
<b>Ikkunat</b>	2.8	6	-38	21	991.2
				<b>Yht.</b>	4338.13 W

Vuotoilmalla tarkoitetaan rakennuksen sisään- ja ulosvirtaava ilmavirtaa rakennuksen vaipan läpi epätiiveiden kohtien kautta. Lämpimän ilman virratessa ulos lämpöenergiaa menee hukkaan ulkoilmaan. Vuotoilman lämpötehohäviöön vaikuttaa merkittävästi rakennuksen ilmatiiveys. Mitä ilmatiiviimpi rakennus on, sitä vähemmän vuotoilmanvirran mukana menee lämpöenergiaa hukkaan. Rakennuksen vuotoilmavirta voidaan laskea kaavalla 2.

$$q_v = n_{\text{vuotoilma}} * V / 3600 \quad (2)$$

missä

$q_v$  on vuotoilmavirta [m<sup>3</sup>/s]  
 $n_{\text{vuotoilma}}$  on rakennuksen vuotoilmakerroin [1/h]  
 $V$  on rakennuksen tilavuus [m<sup>3</sup>]  
 3600 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos m<sup>3</sup>/h -> m<sup>3</sup>/s.

Rakennuksen vuoto ilmakertoimena voidaan pitää 0.16 1/h, jos ilmatiiveyttä ei tunneta. Rakennuksen tilavuus on 1706.4 m<sup>3</sup>, jolloin vuotoilmavirraksi saadaan 0.076 m<sup>3</sup>/s.

Rakennuksen vuotoilman aiheuttama lämmitysteho voidaan laskea kaavalla 3.

$$\Phi_{\text{vuotoilma}} = q_v * \rho_i * c_i * (T_s - T_u) \quad (3)$$

missä

$\Phi_{\text{vuotoilma}}$  on vuotoilman lämmitysteho [kW]  
 $q_v$  on vuotoilmavirta [m<sup>3</sup>/s]

$\rho_i$	on ilmentiheys [kg/m <sup>3</sup> ]
$c_i$	on ilman ominaislämpökapasiteetti [kJ/kgK]
$T_s$	on sisäilman lämpötila [°C]
$T_u$	on ulkoilman lämpötila [°C].

$$\Phi_{\text{vuotoilma}} = 0.076 \text{ m}^3/\text{s} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1,0 \text{ kJ/kgK} * (20 - (-38)) = 5.23 \text{ kW}$$

Vuotoilmahäviö on laskettu rivitalolle, neliötä kohden häviöteho on 11 W/m<sup>2</sup>, josta saadaan asunnon (64 m<sup>2</sup>) vuotoilman lämmitystehoksi 704 W.

Asunnossa on painovoimainen ilmanvaihto. Asunnot on varustettu liesituulettimein. Painovoimaisen ilmanvaihdon toiminta perustuu paine-eroihin tai lämpötila eroihin. Käytännössä kovilla pakkasilla, poistoilmaventtiilit on yleensä suljettu, joten sen aiheuttamaan lämpöhäviötä ei ole huomioitu tässä.

Asunnon yhteenlaskettu lämmitystehon tarve koostuu siis johtumisesta ja vuotoilman lämmitystehon tarpeista. Asunnon kokonaislämmitystehon tarve on.

$$4338 \text{ W} + 704 \text{ W} = 5042 \text{ W}$$

Lämmityspattereiden yhteenlaskettu lämmitysteho maalämpöpumpun lämpötilaohjelmalla on 5681 W. Nykyiset patterit siis kattavat asunnon lämmitysteho tarpeen maalämpöpumpun mitoitusohjelmalla.

## 5 LÄMPÖPUMPPUJEN MITOITUS

### 5.1 Ilma-vesilämpöpumpun mitoitus

Ilma-vesilämpöpumppu ei tuota kovimmilla pakkasilla enää lämpöä, siksi se tarvitsee aina tukilämmitysjärjestelmän kovimmille pakkasille. Tämä tuotetaan yleensä sähköllä. Ilma-vesilämpöpumppu antaa noin 50 % vähemmän tehoa 20 °C pakkasessa kuin 7 °C lämmössä, laitteiden tehot yleensä ilmoitetaan tämän lämpötilan mukaan, niin sanottu nimellisteho, standardin EN14511 mukaan. (Motiva 2014.)

Mitoittamisessa tärkeintä on, että ilma-vesilämpöpumpun lämmitystukijärjestelmä kattaa kovimpien pakkasten lämmitystehotarpeen. Itse ilma-vesilämpöpumppu voidaan mitoittaa halutessaan tuottamaan vielä 20 °C pakkasessa koko rakennuksen lämmitystehotarpeen tai sitten vähän lämpimällä kelillä. Motivan mukaan 20 °C pakkasessa ilma-vesilämpöpumpun lämpökerroin on 1-1.8 riippuen asunnon lämmönjakojärjestelmästä (Motiva 2014). Jos asunnossa on vanha patterilämmitys, on ilma-vesilämpöpumpun lämmöntuotto sähkölämmityksen tasolla eli lämpökerroin on tällöin 1 (Motiva 2014).

Rivitalossa ollessa vanhat vesikiertoiset lämmityspatterit ei ole järkevää mitoittaa ilma-vesilämpöpumppua tuottamaan koko rakennuksen lämmitystehotarvetta 20 °C pakkasessa. Yli 20 °C pakkasjaksoja ei kuitenkaan ole kovin montaa vuoden aikana, joten säästöä tulee siitä huolimatta vaikka sähkölämmitystä käytetään enemmän. Ilma-vesilämpöpumppu mitoitetaan tuottaman koko rakennuksen lämmitystehotarpeen 15 °C pakkasessa, koska tällöin lämpökerroin on vielä lähellä kahta.

Rivitalon lämmitystehontarve on noin 40 kW. 15 °C pakkasessa lämmitystehon tarve on noin 24 kW, koska valmistajan ilmoittama teho on noin puolet siitä 20 °C pakkasessa, tarvitaan ilma-vesilämpöpumppu, joka on teholtaan noin 40 kW luokkaa.

### 5.2 Maalämpöpumpun mitoitus

Maalämpöpumppu voidaan mitoittaa joko osa- tai täysteholle. Osatehoisessa maalämpöpumppu tuottaa n. 95 % vuotuisesta lämpöenergiasta ja tämä 5 % huippu tuotetaan talven kylmimpinä aikoina maalämpöpumpussa olevalla

sähkövastuksella. Osatehoinen kattaa noin 70–80 % rakennuksen maksimitehontarpeesta (Nibe Maalämpöpumppu opas 2013). Täysteholle mitoitettu maalämpöpumppu tuottaa koko vuoden lämpöenergian ja kattaa maksimitehontarpeen. Osatehoinen etuna voidaan pitää pienempiä investointi kustannuksia.

Rivitaloihin R4,R5 ja R6 asennetaan maalämpöpumppu. Koska rivitalot ovat pohjaratkaisultaan samanlaisia, voidaan tätä mitoitusta soveltaa jokaiseen niistä. Vuotuinen lämpöenergian tarve on noin 125 080 kWh. Reino Torppa on laskenut arvot WinEtana LT ohjelman avulla, sen aikaisiin asukaslukuihin perustuen (Torppa 2002).

Vuotuinen lämpöenergian tarve on noin 125 080 kWh ja arvioitu huipun käyttö-aika 3200h. Maalämpöpumpun teho voidaan laskea kaavalla 4.

$$\Phi = \frac{Q}{t} \quad (4)$$

missä

$\Phi$	on maalämpöpumpun teho [kW]
$Q$	on vuodessa kulutettu lämpöteho [kWh]
$t$	on huipun käyttöaika [h].

Tästä saadaan maalämpöpumpun tehoksi 39 kW. Valitaan 40 kW maalämpöpumppu. Liitteessä 1 on esitetty laitevalmistajan Nibe Oy:n tekemät tarkemmat laskelmat maalämpöpumpulle.

### 5.3 Lämpökaivon mitoitus

Vuotuinen lämpöenergian tarve on noin 125 080 kWh. Maalämpöpumpun kuluttama sähkö ja maasta otettava lämpöenergiaa riippuu lämpökertoimesta eli COP-luvusta. Oletetaan että COP on 3, jolloin kerättävän energian määrä on noin 83 400 kWh. Koska vesistö ei ole riittävän lähellä rivitaloja, se ei sovellu keruupiiriksi. Maapiirikään ei sovellu, koska tontin pinta-ala ei ole riittävä. Ainoaksi vaihtoehdoksi jää siis lämpökaivo.

Lämpökaivolla saadaan Pohjois-Suomessa lämpöenergiaa 120 kWh/m. Lämpökaivon syvyys voidaan laskea kaavalla 5.

$$\text{Kaivo}_s = \frac{Q_{maa}}{Q_{kaivo}} \quad (5)$$

missä

$Kaivo_s$  on lämpökaivon syvyys [m]  
 $Q_{maa}$  on lämpökaivosta kerättävä energia määrä [kWh]  
 $Q_{kaivo}$  on lämpökaivosta saatava energia [kWh/m].

Tästä saadaan lämpökaivon syvyydeksi noin 700 metriä. Koska lämpökaivon maksimisyvyys on 200 metriä, joudutaan kaivoja poramaan 4, joiden yhteisyvyys on 700 metriä. Liitteessä 1 on esitetty laitevalmistajan Nibe Oy:n tekemät tarkemmat laskelmat lämpökaivolle. Taulukossa 4 on esitetty vielä muilla lämpökertoimella tulevat energia määrät ja lämpökaivojen syvyydet.

Taulukko 4. COP vaikutus energia määriin sekä lämpökaivon syvyyteen.

<b>COP</b>	<b>Lämpöenergia</b>	<b>Sähköenergia</b>	<b>Kerättävä energia</b>	<b>Lämpökaivon energia</b>	<b>Lämpökaivon syvyys</b>
	<b>kWh/a</b>	<b>kWh/a</b>	<b>kWh/a</b>	<b>kWh/ma</b>	<b>m</b>
4	125 080	31 270	93 810	120.00	782
3	125 080	41 693	83 387	120.00	695
2.5	125 080	50 032	75 048	120.00	626

## 6 LÄMPÖTALOUDELLINEN TARKASTUS

### 6.1 Lämpöpumppujen alkuinvestoinnit

Ilma-vesilämpöpumpun alkuinvestoinnit koostuvat kahdesta 20 kW:n ilma-vesilämpöpumpusta, käyttövesi/lämminvesivaraajasta, sähkövastuksista sekä muista pientarvikkeista ja asennustöistä.

Kaksi 20 kW ilmavesilämpöpumppua ovat hinnaltaan noin 16 000 euroa. Lämminvesivaraaja maksaa noin 2000 euroa. Sähkövastukset, pientarvikkeet sekä työt olen arvioinut kustantamaan 3000 euroa. Ilma-vesilämpöpumppulämmitysjärjestelmän alkuinvestoinnit tulisivat siis olemaan seuraavat.

Ilma-vesilämpöpumput	16 000 €
Lämminvesivaraaja	2000 €
Asennustyöt ja muut varusteet	3000 €
Yhteensä	21 000 €

Maalämpöpumpun alkuinvestointi koostuu laite- ja materiaali investoinnista sekä niiden asennukseen sisältyvistä töistä.

Maalämpöpumppujärjestelmän hinnan olen arvioinut olevan seuraavasti yhtä rivitaloa kohden. 40 kW tehoinen maalämpöpumpun hinta on noin 15 000 euroa riippuen laitevalmistajasta.

Lämpökaivon syvyys on noin 700 metriä, kun COP on 3 ja lämpökaivon hinta on noin 25€/m, niin hinnaksi saadaan 17 500 €.

Asennustöihin ja muihin tarvittaviin varusteisiin olen arvioinut menevän noin 15 000 euroa. Muita varusteita ovat tarvittavat putkimateriaalit sekä puskurivaraaja. Alkuinvestoinnit tulisivat siis olemaan seuraavat.

Maalämpöpumppu	15 000 €
Lämpökaivo	17 500 €
Asennustyöt ja muut varusteet	10 000 €
Yhteensä	42 500 €

Mikäli kaikkiin 3 rivitaloon tehtäisiin yhtä aikaa asennukset ja tilaukset, saadaan hintaa varmasti pienemmäksi molemmissa lämpöpumpputalouksissa.

## 6.2 Vuotuiset energiakustannukset

Sähkön hinta on noin 11 snt/kWh, sisältää siirtohinnan ja energiahinnan. Ilma-vesilämpöpumpulla säästetään keskimäärin 40–60% energiaa verrattuna suoraan sähkölämmitykseen. Oletetaan, että säästö on 50 %, kun rivitalo vuotuinen energiankulutus on 125 080 kWh, niin ilmavesilämpöpumppu tarvitsee sähköenergiaa 62 540 kWh. Sähkön hinta on noin 11 snt/kWh, sisältää siirtohinnan ja energiahinnan. Tällöin ilma-vesilämpöpumpun vuotuiset energiakustannukset ovat noin 6900 €.

Kun maalämpöpumpun COP on 3, maalämpöpumppu kuluttaa sähköä noin 41 700 kWh vuodessa. Sähkönhinta on noin 11 snt/kWh, tällöin maalämpöpumpun vuotuiset energiakustannukset ovat noin 4600 €.

Pelletin lämpöarvo on noin 4.7 kWh/kg, jos pellettikattilan hyötysuhde on 85 %, vuotuinen pelletti kulutus on, kun ei huomioida kaukolämmönsiirrossa tapahtuvaa häviötä on noin 31 400 kg. Vapo Oy sivuilla irtopelletin hinta on 188€/tonni. (Vapo Oy 2014). Kun tilaus ja kuljetuskustannuksia sekä asuinalueen kaukolämmön tuottajan käyttövastiketta ei oteta huomioon, pellettilämmityksen vuotuiseksi hinnaksi saadaan noin 6000 €. Tähän ei sisälly alueenlämpökeskuksen lämmityksentuottamisesta tulevaa vastiketta. Juhani Latvan haastattelussa vuoden 2013 lämpövastikkeen tilipäätös oli noin 9300 euroa (Latva 2014).

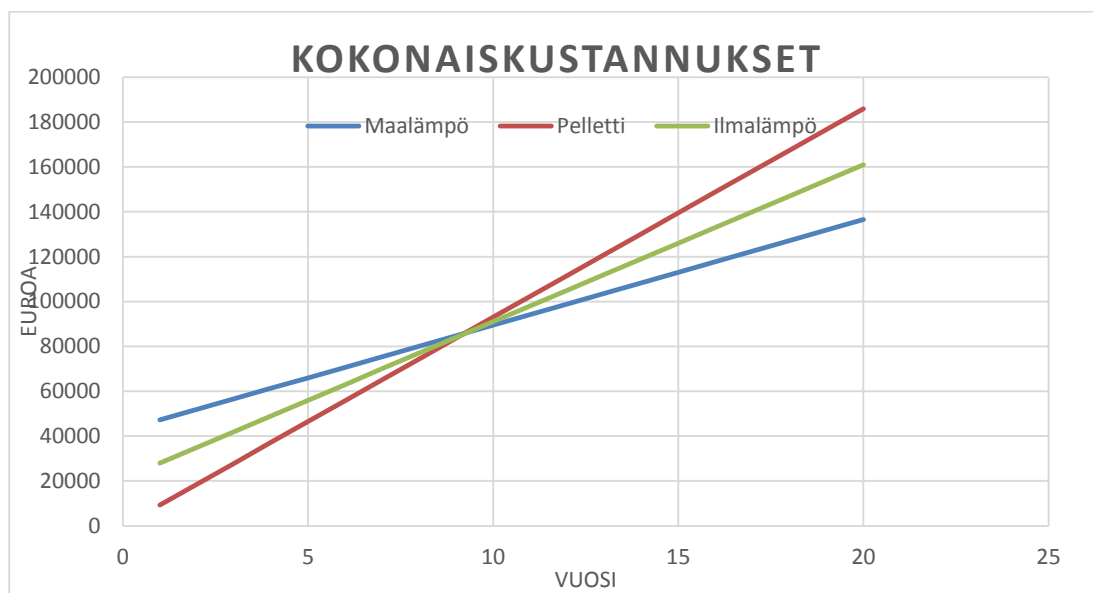
## 6.3 Lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannukset

Lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannukset koostuvat vuotuisista energiakustannuksista, vuosihuolloista sekä alkuinvestoinneista. Kokonaiskustannuksilla voidaan arvioida ja verrata keskenään lämmitysjärjestelmiä pitämällä ajanjaksolla. Tästä selviää mm. lämpöpumppujen alkuinvestointien takaisinmaksuajat sekä kannattavin lämmitysjärjestelmä.

Vuotuiset kustannukset koostuvat energiakustannuksista ja huoltokustannuksista. Ilma-vesilämpöpumpun vuosihuoltokustannusten on arvioitu olevan



noin 100 euron luokkaa, jolloin vuotuiset kustannukset ovat yhteensä 7000 €. Myös maalämpöpumpun vuosihuoltokustannusten on arvioitu olevan 100 euron luokkaa, tällöin vuotuiset kokonaiskustannukset ovat yhteensä 4700 €. Pellettijärjestelmän vuotuiset kokonaiskustannukset ovat 9300 €. Kuviossa 12, on esitetty kaaviossa lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannukset 20 vuoden tarkastelujaksolla. Viivojen leikkauspisteistä nähdään lämpöpumppujärjestelmien takaisinmaksuajat.



Kuvio 11. Lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannukset. Sisältävät investoinnit ja vuotuiset energia kustannukset.

Maalämpöpumppulämmitys maksaa itsensä takaisin noin 9,2 vuodessa verrattuna pellettilämmitykseen. Ilma-vesilämpöpumppulämmitys maksaa itsensä takaisin noin 9 vuodessa verrattuna pellettilämmitykseen. 20 vuoden kokonaiskustannuksista voidaan nähdä kokonaissästö.

Kuten voidaan nähdä, maalämpöpumppulämmitysjärjestelmä on kokonaiskustannuksiltaan halvin ja pellettilämmitysjärjestelmä kallein. Ilma-vesilämpöpumppulämmitysjärjestelmä on näiden väliltä. Kokonaiskustannukset 20 vuoden päästä nykyisillä energiahinnoilla ovat pelletillä 186 000 €, ilma-vesilämpöpumpulla 161 000 € ja maalämpöpumpulla 136 500 €. Todellisuudessa kokonaiskustannukset voivat olla täysin erilaiset 20 vuoden päästä, koska ei osata varmuudella sanoa miten energiahinnat tulevat tulevaisuudessa kehittymään.

## 7 PÄÄTELMÄT

Tavoitteena tässä työssä oli mitoittaa ja arvioida paras lämpöpumppulämmitysjärjestelmä kaukolämpöisen pellettijärjestelmän tilalle. Lisäksi selvitettiin kohteitten lämmönluovuttajien teho ja arvioitiin tarvitaanko lämmönluovuttajia vaihtaa. Kohteena oli Pirttikosken asuntoalueen kolme rivitaloa. Rivitalot ovat pohjaratkaisultaan samanlaiset, jolloin lämpöpumppujärjestelmät oli helppo mitoittaa, kun ei tarvinnut erikseen mitoittaa jokaiselle vaan yhtä mitoitusta pystyi soveltamaan kaikkiin.

Sama asia koski myös asuntojen lämmönluovuttajien mitoitusta. Lämmönluovuttajien tehon mitoitus riitti yhdelle rivitalon asunnolle, ja tätä voitiin soveltaa muihin asuntoihin. Purmon patterimitoitushjelmalla saatiin, asunnon nykyisten pattereiden lämmönluovutustehoksi maalämpöpumpun lämpötilaohjelmalla noin 5700 W. Asunnon lämpöhäviöteho oli vastaavasti noin 5100 W, näin ollen pattereiden vaihdolle ei ollut tarvetta, koska lämmönluovutusteho on riittävä. Kuitenkin huomioitava seikka on, että pattereiden ollessa alkuperäiset, alkaa niiden käyttöikä olleen huipussaan. Tästä syystä, olisi kuitenkin suotavaa vaihtaa patterit lähivuosina uusiin. Lisäksi vaihtaessa lämpöpumppulämmitykseen, pattereiden vesivirtaukset ja lämpötilat ovat erilaiset, jolloin pattereiden termostaateille pitää tehdä säätöjä.

Molempien lämpöpumppujen tehoiksi saatiin 40 kW. On kuitenkin huomioitava, että ilma-vesilämpöpumppu ja maalämpöpumppu mitoitetaan erilailla. Tämä johtuu siitä, että ilma-vesilämpöpumppu ei toimi kylmimmillä pakkasilla ja sen nimellisteho ilmoitetaan standardin EN14511 mukaan. Nimellisteho ilmoittaa ilma-vesilämpöpumpun tehon +7 °C asteessa ja kun pakkasta on noin 20 °C, on ilma-vesilämpöpumpun teho enää puolet nimellistehosta. Lisäksi ilma-vesilämpöpumppu vaatii kovimmille pakkasille varalämmitysjärjestelmän eli tässä tapauksessa sähkölämmityksen. Maalämpöpumpulla pystytään kattamaan koko lämmitys myös kovimmillakin pakkasilla. Maalämpöpumpun teho laskettiin vuotuisen energiatarpeen mukaan.

Edullisin ja paras ratkaisu oli maalämpöpumppujärjestelmä. Järjestelmän huonona puolena voidaan pitää isoja alkuinvestointeja noin 42 500 €, mutta parhaimpana puolena vuotuisia kustannus säästöjä verrattuna nykyiseen pellettilämmitysjärjestelmään. Säästöä kertyy vuodessa noin 4600 €. Ilma-

vesilämpöpumppujärjestelmän etuina voitiin piittää yli puolet pienempiä alkuiinvestointeja verrattuna maalämpöpumppujärjestelmään, mutta huonoina puolina pienempiä vuotuisia kustannus säästöjä verrattuna maalämpöpumppujärjestelmään. Säästöä vuodessa kertyy noin 2300 € verrattuna pellettijärjestelmään. Molempien järjestelmien vuotuiset säästöt olivat alkuiinvestoinneista noin kymmenesosa, jolloin arvelinkin takaisinmaksuaikojen olevan lähes samat. Tässä tapauksessa kun takaisinmaksuajat ovat lähes samat, on maalämpöpumppujärjestelmä kaikista kannattavin ratkaisu. 20 vuoden tarkasteluajalla kokonaiskustannuksiltaan maalämpöpumppujärjestelmä oli edullisin. Säästö tältä ajalta verrattuna pellettilämmitykseen oli 49 500 €.

Täytyy kuitenkin huomioida, että energiahinnat eivät pysy samoina nyt, kuin tulevaisuudessa, joten laskelmat ovat suunta antavia. Kuitenkin, kun ei varmuudella tiedetä miten energiahinnat kehittyvät, katsoin paremmaksi tarkastella lämmitysjärjestelmien kannattavuutta nykyisillä energiahinnoilla.

## LÄHTEET

- Geologian tutkimuskeskus 2009. Lämpöä maasta. Osoitteessa <http://www.geofoorumi.fi/retkella/lampoamaasta.html>. 10.1.2014.
- Imex wood Oy 2014. Pelletti. Osoitteessa <http://www.imexwood.fi/pelletti/puupelletti.php> 25.1.2014.
- Kahil Oy 2009. Vesi-ilmalämpöpumpun toimintaperiaate. Osoitteessa <http://www.gree.fi/index.php?page=1006&lang=1#laitteisto>. 10.2.2014.
- Kaukora Oy 2014. Maalämpöpumput. Osoitteessa <http://www.kaukora.fi/lampopumppulammitys/maalampopumput> 10.1.2014.
- Kianta, J. 2008. Kylmäaine tilanne 2008. Suomen kylmäliikkeiden liiton julkaisuja. Osoitteessa <http://www.skll.fi/yhdistys/www/att.php?type=2&id=37>. 1.2.2014.
- Kuisma, P. 2011. Lämpöpumput ja kylmätekniiikan luento. Rovaniemen ammattikorkeakoulussa Rovaniemellä.
- Latva, J. 2014. Haastattelu asuinalueen asukkaan kanssa. 28.1.2014.
- Motiva Oy 2014a. Ilma-vesilämpöpumppu. Osoitteessa [http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/eri\\_lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu). 10.1.2014.
- 2014b. Maalämpöpumppu. Osoitteessa [http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/eri\\_lammitysmuodot/maalampopumppu](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu). 10.1.2014.
- Motiva Oy 2012a. Lämpöä ilmassa. Motivan julkaisuja. Osoitteessa [http://www.motiva.fi/files/7964/Lampoa\\_ilmassa\\_Ilmalampopumput.pdf](http://www.motiva.fi/files/7964/Lampoa_ilmassa_Ilmalampopumput.pdf). 5.2.2014.
- 2012b. Lämpöä omasta maasta. Motivan julkaisuja. Osoitteessa [http://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa\\_omasta\\_maasta\\_Maalampopumput.pdf](http://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf). 10.1.2014.
- Nibe Oy 2013. Maalämpöpumppu opas. Niben oppaat. Osoitteessa <http://www.nibe.fi/upload/haato/Ohjeet/NIBE%20MLP%20OPAS%201335-6.pdf> 10.1.2014.
- Nibe Oy 2014. Nibe Uplink™. Osoitteessa <http://www.nibe.fi/fi/Uplink1/>. 5.2.2014.

- Purmo Oy 2014. Teholaskentaohjelma Purmo Compact & Ventil Compact. Osoitteessa  
<http://www.purmo.com/fi/ladattavat-tiedostot/teholaskentaohjelmat.htm> 18.1.2014.
- Suomen ekolämpö Oy 2014. Keruupiiri. Osoitteessa  
<http://www.ekolampo.fi/tuotteetjapalvelut/keruupiiri>. 11.1.2014.
- Torppa, R. 2002. Pirttikosken asuntoalueen lämmityksen tulevaisuus. Opinäytetyö. Rovaniemen ammattikorkeakoulu, Tekniikka ja liikenne.
- Vapo Oy 2014. Pelletin tilaus. Osoitteessa  
<http://www.vapo.fi/pelletit/pelletin-tilaus>. 28.1.2014.
- Yläneen bioenergia Oy 2014. Pellettilämmitys. Osoitteessa  
<http://www.ylaneenbioenergia.fi/pellettilammitys/>. 10.1.2014.
- Ympäristöministeriö 2013. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Osoitteessa  
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B27BAFE2B-E645-4464-AFB8-CBFB162B5ADC%7D/31591>. 20.1.2014.
- Ympäristöministeriö 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 – Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Osoitteessa  
<http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf>. 19.1.2014.

**LIITTEET**

Energialaskelma Nibe Oy

Liite 1

Kytkenäkaavio Nibe Oy

Liite 2



## ENERGIALASKELMA

31.1.2014

NIBE VPDIM 2.7

## YLEISTIEDOT

Myyjä/Asentaja	Kohde/Asiakas
NIBE Energy Systems Oy	Pirttikosken asuinalue
PL 257	Alustava laskelma
01510 VANTAA	
092748970	

## TUOTE

Lämpöpumput:	NIBE F1345-40	Lämmönlähde	Kallio
--------------	---------------	-------------	--------

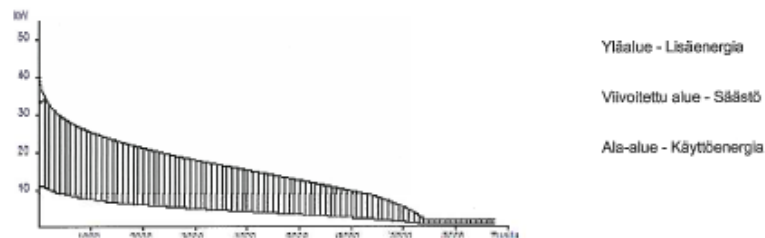
## TIEDOT JÄRJESTelmäSTÄ

Kaukolämpö100utus	125080 kWh/vuosi	Tehontarve	40,9 kW
		Vuoden keskilämpötila	-0,4 °C
		Mitoitettava ulkolämpötila MUT	-38 °C
Nettoenergiantarve (ei sis. taloussähkö)	125 080 kWh/vuosi	Sisälämpötila	21 °C
Lämpimän veden tarve (sis. edelliseen)	15 000 kWh/vuosi	Auringonsäätely, ihmisten lämpö yms. kattavat	17 °C
		Menolämpötila MUTssa	55 °C
Lämmityksen apulaitteet (esim. kiertopumput)	631 kWh/vuosi	Paluuilämpötila MUTssa	45 °C

## ENERGIANKULUTUS NIBE-LÄMPÖPUMPULLA

Lämpöpumpun tuottama energia	124 594 kWh/vuosi	Lisäteho, netto	7,7 kW
Lämpöpumpun käyttämä energia	37 230 kWh/vuosi	LP ottoteho MUT ssa	11,3 kW
Lisäenergia, netto	466 kWh/vuosi	Energianpeltoaste	100 %
Lisäenergia, brutto Sähkö, 95 %	491 kWh/vuosi	Tehonpeltoaste	81 %
Lämmityksen apulaitteet (esim. kiertopumppu)	822 kWh/vuosi	Lämpökerroin (SPF), vain LP	3,35
		Lämpökerroin, Yht.	3,25
Energiankulutus, sähkö brutto	38542 kWh/vuosi	Lauhdutus	Vaihteleva
Säästö lämpöpumpulla	87 193 kWh/vuos.	Ämminvesi lämpöpumpusta	100 %

## ENERGIKAARVIO



## Litântäperiaate

F1345 liitettyä lämpöpöön, läivävarusteisiin ja lämmiivestivaraajaan (vaihteleva lauhdutuz)

### Käyttökohheet

Käyttökohheet, jissa on valikointien lämmiivestivaraajina.

### Vaihtoehot

#### Lämpöpöppu

Koko RW

1 kpl (laulu)  2 kpl (0-10)  3 kpl (0-10)  4 kpl (0-10)

Käytetyn lämmiivestivaraajan

1 kpl  VA  VFB

2 kpl  VA  VFB

3 kpl  VA  VFB

4 kpl  VA  VFB

5 kpl  VA  VFB

6 kpl  VA  VFB

7 kpl  VA  VFB

8 kpl  VA  VFB

9 kpl  VA  VFB

10 kpl  VA  VFB

11 kpl  VA  VFB

12 kpl  VA  VFB

13 kpl  VA  VFB

14 kpl  VA  VFB

15 kpl  VA  VFB

16 kpl  VA  VFB

17 kpl  VA  VFB

18 kpl  VA  VFB

19 kpl  VA  VFB

20 kpl  VA  VFB

21 kpl  VA  VFB

22 kpl  VA  VFB

23 kpl  VA  VFB

24 kpl  VA  VFB

25 kpl  VA  VFB

26 kpl  VA  VFB

27 kpl  VA  VFB

28 kpl  VA  VFB

29 kpl  VA  VFB

30 kpl  VA  VFB

31 kpl  VA  VFB

32 kpl  VA  VFB

33 kpl  VA  VFB

34 kpl  VA  VFB

35 kpl  VA  VFB

36 kpl  VA  VFB

37 kpl  VA  VFB

38 kpl  VA  VFB

39 kpl  VA  VFB

40 kpl  VA  VFB

41 kpl  VA  VFB

42 kpl  VA  VFB

43 kpl  VA  VFB

44 kpl  VA  VFB

45 kpl  VA  VFB

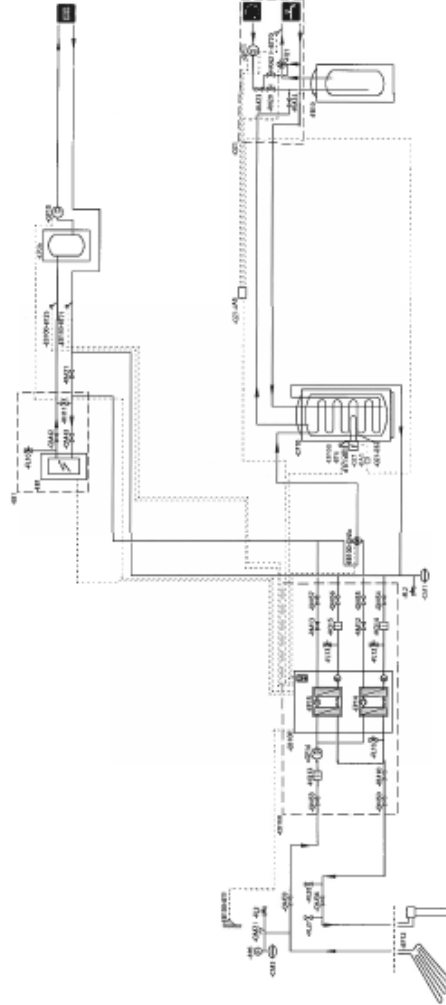
46 kpl  VA  VFB

47 kpl  VA  VFB

48 kpl  VA  VFB

49 kpl  VA  VFB

50 kpl  VA  VFB



HUOMI! Tämä on periaatekaavio. Toiminnan laatu on suuren mittaisissa ohjelmistojen standardin mukainen. Laitteita on kopioitu asennuksen laatuun. Merkitään standardien (IEC 61346 ja IEC 61346-2) mukaan.

QMW II 1305-2  
M1252  
SWU 1 (7)

NIBE AB - Energy Systems Box 14, SE-285 21 Mörbygard Puh. +46433 - 73 000 Faksi +46433 - 73 198 www.nibe.eu

