

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma/ Rakennustuotanto

Joonas Ketonen

MAALÄMPÖ LÄMPÖENERGIAN TUOTTAJANA

Opinnäytetyö 2012

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

JOONAS KETONEN

Maalämpö lämpöenergian tuottajana

Opinnäytetyö

46 sivua + 2 liitesivua

Työn ohjaaja

Yliopettaja Tarmo Kontro ja lehtori Juha Karvonen

Toimeksiantaja

Rakennusosakeyhtiö Hartela

Huhtikuu 2012

Avainsanat

maalämpö, energiahinnat, kustannukset, kannattavuus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli käsitellä maalämpöä laajana käsitteenä uusiutuvana energiana sekä antaa suuntaa järjestelmän kustannuksista ja takaisinmaksuajoista. Esimerkkikohteena työssä on suuren hallirakennuksen maalämpöprojekti sekä siinä huomioon otettavat asiat ja ongelmat rakentajan näkökulmasta. Teoriaosuus keskittyy enemmän pientalon maalämpöjärjestelmiin, joissa maalämpö on yleisempi ja nopeasti suositetaan kasvattava lämpöenergiamuoto.

Tavoitteena oli luoda laaja yleiskatsaus maalämmöstä sitä harkitseville rakentajille, kertoa sen hyvät ja huonot puolet sekä perustella kustannusvertailujen avulla miten kyseiseen projektiin tulisi lähteä.

Opinnäytetyön materiaali koostuu Internetistä löytyvistä artikkeleista ja oppaista sekä esimerkkikohteesta saaduista tiedostoista. Suunnittelijoiden kanssa käydyt sähköpostikeskustelut ja työntekijöiden haastattelut ovat myös työn tiedonlähteitä.

Tulokset osoittavat, että energian hintojen noustessa maalämmöstä on tullut todellinen kilpailija lämmitysjärjestelmämarkkinoilla ja se on juuri siksi yleistymässä. Kalliit investointikustannukset kääntyvät pääoman tuotoiksi hyvinkin lyhyillä takaisinmaksuajoilla, ja se tekee maalämmöstä kannattavan hankinnan rakennusten lämmitysmuotona. Lopputyöstä voikin päätellä, että maalämpö on osoittautunut luotettavaksi, varmaksi ja tasaiseksi lämmönlähteeksi ympärivuoden, niin Suomessa kuin maailmalla.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

KETONEN, JOONAS

Bachelor`s Thesis

Supervisor

Commissioned by

April 2012

Keywords

Ground heat as a form of heating

46 pages + 2 pages of appendices

Tarmo Kontro, Principal Lecturer

Juha Karvonen, Senior Lecturer

Rakennusosakeyhtiö Hartela

ground heat, financing, cost-effective, reliability

The purpose of this bachelor`s thesis was to concern generally in a geothermal heating as a renewable energy and show suggestive financings about the system and repayment period. There is also an example of a huge hall warehouse where the ground-source heating is going to work as a heating system. The theory section concentrates on one-family house heating systems and the use of ground-source heating in them.

The aim of this work was to create a wide-ranging general overview for people who are going to build a house with a ground-source heating system. It also introduces the good and the bad sides of it and tries to demonstrate how to get started and what to be warned about when deciding to build a ground-source heating system.

The literature consists of articles and manuals on the Internet and of the files which are collected from e-mails and interviews.

The prices of energy are rising all the time so the results of this thesis show that ground heat has become a real competitor on the heating system market. A favor of it has grown significantly because ground heat energy is free, renewable and heating systems utilizing it use hardly any power. Investment costs are high but the repayment period is not so long. Return of investment is only profitable after a repayment period has ended.

Ground heat is developing all the time so it will be one of the main heating systems in the future. That because it is cost-effective, reliable and provides regular heat (and cooling when necessary) for the building year-round for a long time.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
2	MAALÄMPÖ	7
	2.1. Maalämpö yleisesti	7
	2.2. Maalämpöpumpun toimintaperiaate ja osat	8
	2.3. Lämmönlähteet, lämmönkeruujärjestelmät ja normilämpökaivo	10
	2.4. Lämmönjakotavat	16
	2.5. Käyttövarmuus ja riskit	18
	2.6. Maalämpö Suomessa ja maailmalla	19
3	MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄN MITOITUS	21
	3.1. Lämpökaivon syvyys ja määrä	22
	3.2. Täysteho- ja osatehomittoitus	23
4	KUSTANNUSVERTAILU	23
	4.1. Kannattavuus	23
	4.2. Sähkön hinnan nousu	24
	4.3. Takaisinmaksuajat	25
5	LOGISTIIKKAKESKUS ITELLA PENNALA2	28
	5.1. Hankkeen tiedot, laajuus ja energiankulutukset	28
	5.2. Tutkimuskaivot	31
	5.3. Lämpökaivot kohteessa	34
	5.4. Kustannusvertailu ja takaisinmaksuajat	36
	5.5. Ongelmat	39
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	41
	LÄHTEET	43

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Rakennusosakeyhtiö Hartela Lahdesta. Maalämpöaiheen idea syntyi viime kesän työharjoittelupaikassa. Hallityömaa, jossa työskentelin, sijaitsee Orimattilan Pennalassa. Halliin tulee maalämpö lämmitysmuodoksi. Aihe tuntui heti alussa mielenkiintoiselta, koska en asiasta paljoa aiemmin tiennyt, joten päätin aloittaa tutkinnan. Työskentelin kyseisellä työmaalla työnjohtajana kesän 2011 ajan sekä muita lyhyempiä ajanjaksoja kyseisen vuoden aikana. Täten pystyin hankkimaan tietoa esimerkkikohteesta että aiheesta. Työjaksojen kautta projektin seuraaminen ja tiedon päivittäminen oli helppoa. Alueelle rakennetaan suurta Itellan Logistiikkakeskusta.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia maalämpöä hyvinkin laajalti lämpöenergian tuottajana, ja käydä läpi monipuolisesti siihen liittyviä asiayhteyksiä mitoitukselta aina käyttöhetkeen saakka. Lopputyöstä muodostui eräänlainen kirjallisuustutkimus, vaikka saatavilla olevan aineiston laatu olikin paikoittain keskinkertaista ja itseään toistavaa. Maalämpöä käsittelevää kirjallisuutta on rajallisesti löydettävissä, koska aihetta on tutkittu vähän, joten Internetin sivustot ja sieltä löytyvät teokset olivat pääasiallisia tiedonlähteitäni. Tietoa ja materiaalia löytyi kyllä paljon, mutta suurin osa artikkeleista ja sivustoista käsittelee samoja asioita eri muodossa. Tämä kaikki on seurausta siitä, että maalämpöä ei ole juuri tutkittu.

Aihe rajoittuu lähinnä pientalojen maalämpöjärjestelmän tarkempaan käsittelyyn sekä perusteisiin. Työssä on käsitelty maalämmön kustannuksia myös esimerkkikohteen avulla eli hallirakennusten maalämpöprojektia.

Esimerkkikohteena käytin Itellan logistiikkakeskus työmaata. Tavoitteena oli käydä läpi kohteen maalämpöjärjestelmän rakentuminen suunnittelusta lähtien ja käsitellä samalla rakentajan näkökulmasta siihen liittyviä ongelmia ja niiden ratkaisuja työmaan edetessä. Tiedonlähteinä toimi työmaalla tekemäni haastattelut, sähköpostikeskustelut ja työmaan verkosta löytyvät tiedostot.

2 MAALÄMPÖ

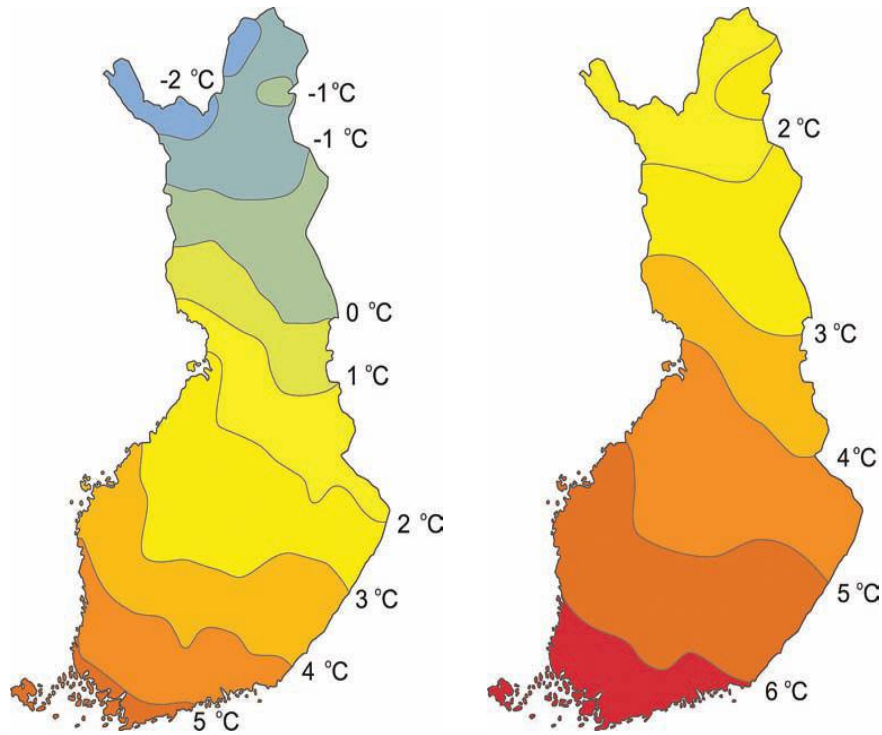
2.1 Maalämpö yleisesti

Maalämmöllä tarkoitetaan aurinkoenergiaa, jota varastoituu auringonpaisteen, lämpimän ilman ja sateiden kautta maa- ja kallioperään sekä vesistöihin. Maalämpö on siis täysin uusiutuva energianlähde. Auringosta saatu lämpöenergia varastoituu pääosin maa- ja kallioperän pintaosiin, mutta syvemmällä kallioperässä lämpöenergia on peräisin radioaktiivisten aineiden hajoamisesta syntyvää geotermistä energiaa. Hyödyntämällä tämän ilmaisen energian, maalämmöllä voi säästää jopa 75 % kodin lämmityskustannuksissa. (3; 4.)

Suomessa vuotuinen keskilämpötilaero maa- ja kallioperän pintaosien sekä ilman välillä on keskimääräisesti noin kaksi astetta. Tämä kuitenkin vaihtelee paikallisesti sekä maantieteellisen sijainnin mukaan. Samalla alueella luonnontilaisessa metsässä ja rakennetulla alueella lämpötila voi vaihdella jopa useita asteita. Vuosittainen ilmalämpötila määrää maanpinnan keskilämpötilan vaihtelut. Suomessa lämpötila vakiintuu kuitenkin noin 14–15 metrin syvyydessä 5–6 asteeseen. Syvemmälle mentäessä kallioperän geotermiset energiat nostattavat lämpötilaa 0,5-1 asteen 100 metriä kohden. Eli 100 metrin syvyydessä kallioperän lämpötila on noin 7-8 °C. (3; 5.)

Kallion rikkonaisuudella, kallioperän koostumuksella ja pohjaveden liikkeillä on suurin merkitys lämmönjohtavuuden vaihteluun eri kivilajeilla. ”Suomen kivilajien keskimääräinen lämmönjohtavuus on Peltoniemen (1996) mukaan 3,24 W/(m*K), ja kivilajien lämmönjohtavuus vaihtelee Suomessa yleisimmin välillä 2–4 W/(m*K)”. (3.)

Suomen pohjoisilla leveysasteilla talviaurinko lämmittää niin vähän että meidän on turvauduttava varastoituneeseen aurinkolämpöön muodossa tai toisessa. On tutkittu että vuotuisen lämmöntarpeemme kattamiseen maalämmöllä riittää 3 %:n osuus auringon maahan varastoituvasta energiasta. Maalämpö onkin osoittautunut kokemusten perusteella luotettavaksi, varmaksi ja tasaiseksi lämmönlähteeksi ympäri vuoden. (1; 2; 3; 4.)



Kuva 1. Ilmalämpötilan vuotuinen keskiarvo vertailukaudelta 1971–2000 (vasemmalla) ja maanpinnan lämpötilan vuotuinen keskiarvo (oikealla) (3.)

2.2 Maalämpöpumpun toimintaperiaate ja osat

Maalämpöjärjestelmän päätehtävänä on tuottaa lämpöenergiaa rakennukseen ja lämmittää sen käyttövesi. Järjestelmä hyödyntää maaperään, kallioon ja vesistöön varastoitunutta energiaa ja hakee sitä edellä mainituista paikoista lämmönkeruuputkistoilla. Maalämpöjärjestelmässä on kolme osa-aluetta: lämmönkeruuputkisto, maalämpöpumppu ja lämmönjakojärjestelmä. (3.)

Lämmönkeruuputkistot keräävät maaperästä, peruskalliosta ja vesistöistä 1–9 asteista vesiliuosta; sen lämpötila vaihtelee porausyvyuden ja keruutavan mukaan. Se on sellaisenaan liian kylmää rakennuksen tai käyttöveden lämmittämiseen. Jotta sitä voitaisiin käyttää lämmityksessä ja lämpimänä käyttövetenä, järjestelmässä on oltava maalämpöpumppu. Maalämpöpumpussa on sähkömoottorikäyttöinen kompressori, jossa on höyrystin ja lauhdutin. Näiden avulla maalämpöpumpun tehtävänä on nostaa lämmönkeruupiiristä tuleva viileä lämpö korkeampaan lämpötilaan, yleensä 30–65-asteiseksi. Tämän jälkeen lämmönjakojärjestelmä voi luovuttaa aikaansaadun lämmön

rakennukseen. Lämmönjakojärjestelmän on oltava vesikiertoinen, soveltuvimpia järjestelmiä ovat vesikiertoiset patterit ja lattialämmitys. (3; 5.)

Maalämpöpumpun toimintaperiaate on sama kuin esimerkiksi jääkaapilla. Jääkaapissa höyrystin ja kompressori (=lämpöpumppu) tuovat lämmön jääkaapin sisältä ja luovuttavat sen lauhduttimen avulla huonetilaan. Täten jääkaapin sisäpuoli on viileä ja huonetilat lämpenevät hiukan. Maalämpöpumppu hakee vastaavasti lämpöä maaperästä lämmönkeruuputkistoillaan ja luovuttaa tämän lämmön kompressorin ja lauhduttimen kautta veteen. Lämmitetty vesi kiertää tämän jälkeen pattereissa tai lattialämmityksessä ja näin lämpö siirtyy huonetiloihin. (3; 5.)

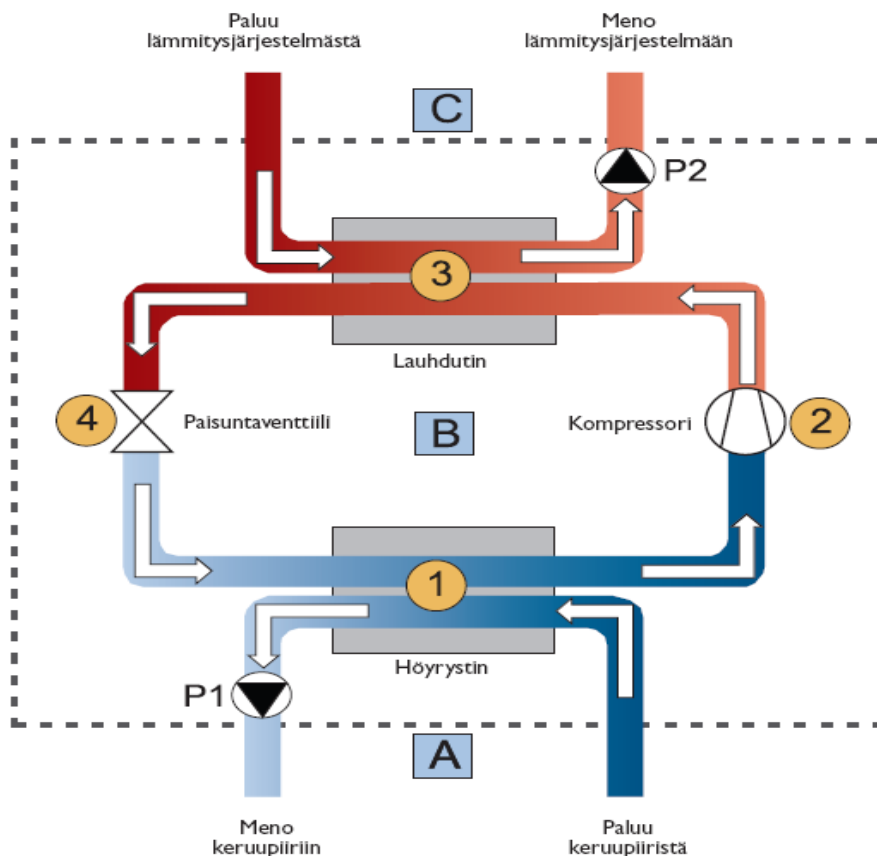
Toimiakseen maalämpöpumppu tarvitsee sähköenergiaa. Lämpöpumpun käyttämä energia on kuitenkin vain noin kolmannes tai neljännes pumpun tuottamasta lämpöenergiasta. Maalämpöpumppu tuottaa kolme tai neljä (hyvissä olosuhteissa jopa viisi) kilowattituntia lämpöenergiaa jokaista ostettua kilowattituntia kohden. Tätä järjestelmää ei turhaan kutsuta energiataloudelliseksi ja ympäristöystävälliseksi lämmitysjärjestelmäksi. (3; 5.)

Maalämpöpumppu koostuu seuraavista osista: höyrystin, sähkömoottorikäyttöinen kompressori, lauhdutin, paisuntaventtiili, lämpimän käyttöveden varaaja sekä kolmitieventtiili. (9.)

Lämpöpumppujärjestelmässä kiertää kaasumainen kylmäaine, joka on jäätymätön, yleensä 25–30 %:n alkoholiliuos. Siinä on kloorittomia HFC- ja HCFC-yhdisteisiä lämmönsiirtonesteitä). Lämmönkeruupiirin tuloputki liittyy höyrystimeen, jossa virtaava lämmönkeruuneste höyrystää lämpöpumpussa kiertävän kylmemmän kylmäaineen keruuputkistosta saadun lämmön avulla. Kompressori puristaa kylmäainehöyryn korkeampaan paineeseen, ja lämpötila kohoaa huomattavasti. Kompressorin puristama kuuma kaasumainen aine siirtyy lämpönä veteen maalämpöpumpun lauhduttimen lävitse. Rakennuksen lämmitysjärjestelmät ja käyttövesi saavat lämpönsä tätä kautta. Otettaessa lämpöä kuumasta kylmäaineesta, lämpöpumpun kylmäaine tiivistyy nesteeksi. Tämä nesteytynyt kylmäaine siirtyy alempaan paineeseen paisuntaventtiilin kautta, jolloin nesteen lämpötilakin laskee

noin -10 asteeseen. Tämän prosessin jälkeen neste lähtee uuteen kiertoon keruuputkistossa sekä sisäisessä kierrossa. (3; 5.)

Lämminvesivaraajan koko vaihtelee rakennustyypeittäin. Perinteinen pientalon varaaja on varastointikokoluokaltaan noin 180 litraa (riippuen lämpimän käyttöveden tarpeesta). Lämpöpumpun ohjausjärjestelmä ohjaa kolmitieventtiiliä, jonka avulla järjestelmä päättää valmistetaanko rakennukseen lämmitysvettä vai lämmintä käyttövettä. (5.)



Kuva 2. Maalämpöpumpun osat ja toimintaperiaate. Katkoviiva rajaa varsinaisen lämpöpumpun. (3.)

2.3 Lämmönlähteet, lämmönkeruujärjestelmät ja normilämpökaivo

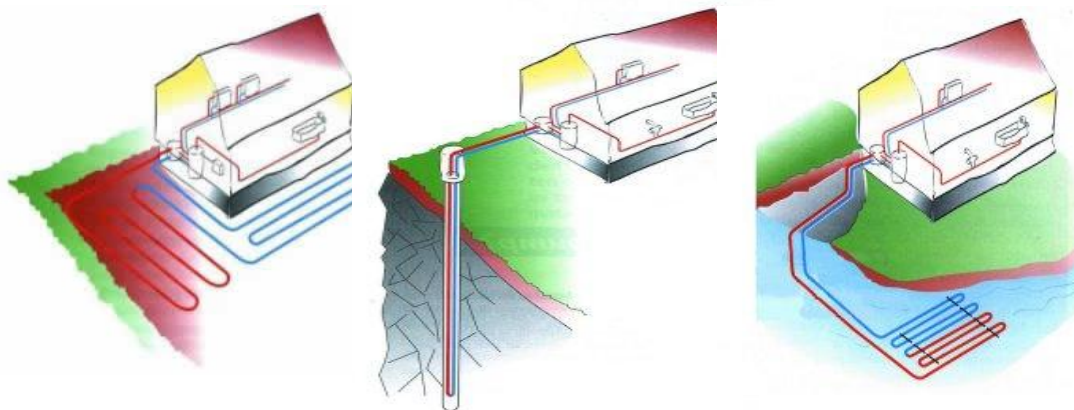
Yleisimmät lämmönlähteet maalämpöjärjestelmän käytössä ovat maaperä, vesistöt ja porakaivot. Maaperään vaakaan asennettava lämmönkeruuputkisto asettaa haasteita suunnittelijoille mitoituksen optimoinnissa. Mitoitussuureet, epävarmuustekijät ja suunnittelukohteiden ainutkertaisuus tekevät tästä lämmönkeruutavasta vaativan. Putkiston kaivussyvyys on noin metrin ($\pm 0,2$ m), ja putkilenkit sijaitsevat toisistaan

noin 1,5 metrin välein (kuitenkin minimissään 1,2 m). Uputussyvyys on hyvin tärkeää, ja siksi onkin huomioitava etelän ja pohjoisen sääolosuhteiden vaikutukset keruujärjestelmää suunniteltaessa. Etelässä putkiston voi asentaa matalammalle kuin pohjoisessa. Putket eristetään ja laitetaan taipuisan salaojaputken sisään ja peitetään noin 20 cm:n paksuisella kivettömällä maalla. Putkiston asennuksessa on huomioitava se että putkisto varmasti päästään ilmaamaan tarvittaessa. (4.)

Porakaivoa lämmönlähteeksi valittaessa vältetään laajoilta kaivutöiltä tontilla. Eduksi voidaan laskea myös porakaivon energiansaanto, joka on noin kaksinkertainen putkimetriä kohti verrattuna maahan kaivettuun keruuputkistoon. Porakaivo on myös pitkäikäisempi, toimintavarmempi, routimaton ja helposti ilmattava järjestelmä. Ainoana miinuksena on porakaivon kalliimpi hinta. Käytännössä reikiä porataan tarvittava määrä noin 10–20 metrin välein ja niistä tehdään rinnakkain kytketty putkisilmukko erillisessä kytkentäkaivossa. Tämän avulla pumppauskustannukset pysyvät kohtuullisina, kun poraussyvyudet eivät kasva liian pitkiksi, esimerkiksi suurissa järjestelmissä. Kaivoon upotettuihin putkiin kiinnitetään laskennallisesti määritetty paino, jonka avulla putket menevät vaivattomammin maan sisään eivätkä pyri pureutumaan seiniin ja nousemaan veden mukana ylös keveytensä vuoksi. Putket liitetään silmukaksi niiden alapäähän liitettävällä messinkisellä U-kappaleella, johon paino kiinnitetään. Putkistojen asennuksessa käytetään 2-, 3- ja 4-putkijärjestelmiä. 2-putkijärjestelmä on edelle mainitun kaltainen, 3-putkijärjestelmässä liuos pumpataan kahta putkea pitkin kaivoon päin ja yhtä putkea pitkin takaisin kaivosta höyrystimelle. 4-putkijärjestelmä muodostuu kahdesta rinnakkain kytketystä putkisilmukasta. Kaikissa tapauksissa putket on eristettävä routarajan alapuolelle ja rakennuksen sisällä porakaivon huoltokaivoon asti. Vain vedellä täyttynyt syvyys lasketaan porakaivon teholliseksi syvyydeksi. (4.)

Hyviksi koettuja vesistön lämmönlähteitä ovat järvet, lammet ja merenrannat. Näiden on oltava kuitenkin vähintään 2 metriä syviä jo heti rannan läheisyydessä, jotta vesistöjen jäätyminen ja jäiden lähtö ei vahingoita tai vie putkistoa mennessään. Tämän estämiseksi putket ankkuroidaan vesistöjen pohjaan 5–10 kg:n betonipainoilla, jotka on kiinnitetty putkien ympärille noin metrin välein. Muilta osin vesistöihin soveltuu sama tekniikka kuin maan alle kaivettavissa maalämpöputkistoissakin. Vesistöistä saadaan tehoa vuodessa noin 70–80 kWh/putkimetri. Putkisto tulee eristää

aina rantavedestä rakennukseen saakka, jotta estetään palaavan liuoksen maahan siirtyvän lämpöhäviö. (4.)



Kuva 3. Lämmönkeruujärjestelmien havainnekuvat vasemmalta lukien: lämmönkeruuputkisto maassa, porakaivo ja lämmönkeruuputkisto vesistössä. (4.)

Normilämpökaivo:

Normilämpökaivon kriteerit:

Maalämmön osuus energialähteenä lisääntyy jatkuvasti. Siksi on erittäin tärkeää, että energia- ja lämpökaivot tehdään ammattitaidolla ja riittävän hyvillä materiaaleilla. Varmistaakseen tämän ovat Suomen Kaivonporausurakoitsijat r.y. Poratekin jäsenet kehittäneet normilämpökaivon, millä tarkoitetaan seuraavaa:

1. Mikä on normilämpökaivo

- Normilämpökaivolla määritetään minimitaso ja -määreet, joilla kaivo tehdään.

2. Normilämpökaivon sijoitus

- Sijoitetaan rakennuksen ulkopuolelle siten, että myöhempi huolto on mahdollinen.

3. Normilämpökaivon mitoitus

- Mitoitusvastuu on yksiselitteisesti lämpöpumpun toimittajalla.

- Mitoituksessa on huomioitava paikalliset olosuhteet; pohjavesiolosuhteet ja maakerrokset.
- Mitoituksessa on huomioitava kokonaissyvyys ja aktiivisyvyys (se osa, jossa kerääjäputket ovat vedessä).
- Aktiivireiän syvyys ylitetään aina vähintään 10 metrillä ja ylipitkä maaosuus huomioidaan aina.

4. Normilämpökaivon halkaisija

- Normilämpökaivo on halkaisijaltaan vähintään 130 mm.

5. Normilämpökaivon suojaputki

- Suojaputkea käytetään estämään maavesien ja irtoaineksen pääsy kaivoon.
- Upotus kiinteään kallioon 1-6 m.

5.1. Muovinen suojaputki

- Muovista suojaputkea käytetään, jos maata on enintään 3 m.
- Seinämävahvuuden on oltava vähintään 6,2 mm, jolloin ulkoisen rasituksen kesto on riittävä.
- Materiaalina on polyeteeni.

5.2. Muovisen suojaputken tiivistys ja vaihtoehtoiset menetelmät

- Tiivistys tehdään joko betonoimalla, kiristämällä kallioon tai laajenevilla tiivistysaineilla.

5.3. Teräksinen suojaputki

- Käytetään aina, jos maakerros on yli 3m, maakerroksen ja mahdollisesti rikkonaisen pintakallion putkitukseen.
- Teräsputken luokitusvaatimus on vähintään Fe 37, seinämävahvuus vähintään 4,5 mm.

5.4. Teräksisen suojaputken tiivistys / vaihtoehtoiset menetelmät

- Tiivistys tehdään joko betonoimalla, manklaamalla, kiristämällä kallioon tai laajenevilla tiivistysaineilla.

5.5. Lämpökaivon vesieristäminen

- Lämpökaivo vesieristetään vähintään 6 m:iin ja erillisen veloituksen mukaan pidemmällekin, tarpeen vaatiessa.
- Muovisen eristysputken seinämävahvuuden on oltava vähintään 5mm tai paineluokan on oltava 6 bar.

6. Lämmönkeruuputkistot

- Polyeteeniputkea, halkaisija 32 tai 40 mm, luokka vähintään PEM 6,3 kallioperään.
- SFS-standardilla tai vastaavasti tuotettu ja valvottu putki.
- Koeponnistettava 1 h/3 bar nestetäyhteisenä ennen asennusta.

7. Lämmönkeruuliuos

- On noudatettava kuljetus- ja liuosmääräyksiä.
- Liuoksen on siedettävä - 17 astetta jäätymättä.
- Liuoksen tulee olla ympäristöhallinnon vaatimusten mukaista.

8. Liittimet

- Liittiminä käytetään hyväksytyjä muoviliittimiä tai sinkkikadon kestäviä messinkiliittimiä.

9. Veden käyttö

- Normilämpökaivon vettä ei tule käyttää talousvetenä.

10. Useampi kuin yksi reikä

- Jos normilämpökaivossa veden tulo tai ruhje vaikeuttaa porausta, niin suositellaan tehtäväksi kaksi reikää, jotta saavutetaan aktiivireiän kokonaissyvyys.
- Reikien välisen etäisyyden tulee olla vähintään 15 m, jollei kysymyksessä ole vinoreikä.

11. Vinoreikä

- Vinoreikien keskinäinen asteitus on 25–30 astetta silloin, kun poraus aloitetaan samasta paikasta.
- Jos kaivot ovat etäämpänä toisistaan, voi asteitus olla pienempi.

12. Porareiän täyttyminen

- Mikäli lämpökaivo ei täyty vedellä, niin se täytetään.

13. Porauskaluston vaatimukset

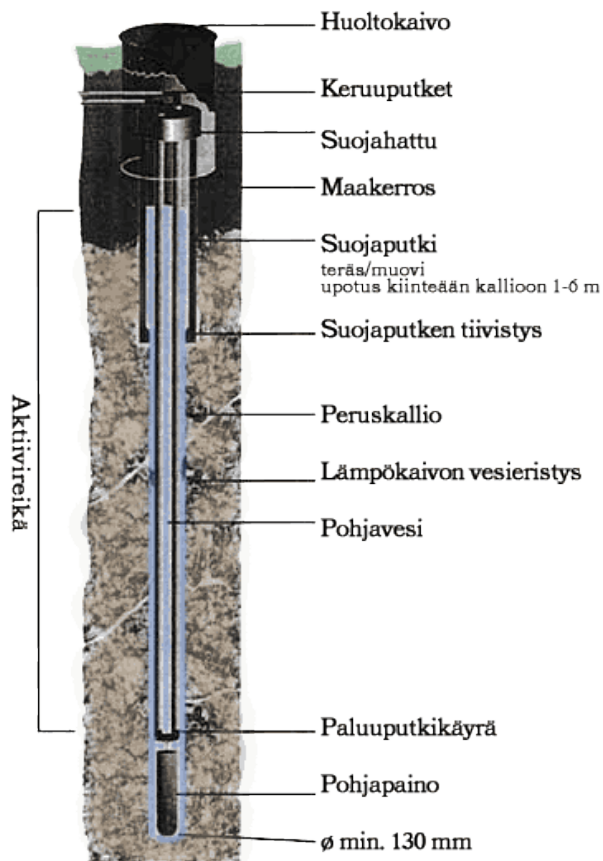
- Porauskaluston on oltava tarkoitukseen soveltuva.
- Kompressorin on oltava tyyppihyväksytty ja painelaitemääräysten mukainen.
- On käytettävä ympäristöystävällisiä ja myrkyttömiä ilmatyökaluöljyjä.
- Porauskaluston ja paineilmaletkujen on kestettävä kompressorin maksimaalinen työpaine.

14. Dokumentointi ja arkistointi

- Lämpökaivon tekijän tulee arkistoida lämpökaivo seuraavin tiedoin:
 - porauspaikan osoite
 - kaivon tai kaivojen syvyys
 - vinoreikä ja sen suuntaus (mikäli porattu vinoon)
 - lämmönkeruuliuksen merkki ja pakkaskesto
 - koeponnistusraportti kuittauksineen
 - valmistumispäivä
 - yrityksen ja kaivontekijän kuittaus
 - jokaiselle normilämpökaivoasiakkaalle lähetetään yhtenäinen raportti, joka myös sisältää em. tiedot
 - normilämpökaivojen kohteiden ja reikien määrä arkistoidaan myös Poratekin toimistoon

15. Takuu

Normilämpökaivoille annetaan 5 vuoden materiaali ja toimintatakuu. Takuu ei koske normilämpökaivon mitoitusta. Edellä mainitut lämpökaivonormit ovat Suomen Kaivonporausurakoitsijat r.y. Poratekin jäsenkokouksessa hyväksytyt ja niitä ryhtyvät kaikki jäsenyritykset noudattamaan siirtymäajan puitteissa. (7.)



Kuva 4. Normilämpökaivo. [7.]

2.4 Lämmönjakotavat

Maalämmön lämmönjakotavoiksi soveltuvat ainoastaan vesikiertoiset lämmönjakojärjestelmät. Näitä ovat niin sanotut matalalämmitysjärjestelmät, kuten vesikiertoinen lattialämmitys, patterit ja puhallinpatterit. Näillä lämmönjakotavoilla

saavutetaan paras lämpökerroin. Antaakseen mahdollisimman hyvän hyötysuhteen eli lämmitysenergian säästön, lämmönjakojärjestelmän lämpötilan on oltava mahdollisimman alhainen. Matalalämmitysjärjestelmällä tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi jo +30 asteinen lämmitysputkistoissa kiertävä neste pystyy tekemään lattialämmityksestä tehokkaan. (13.)

Kun lämmönjakoverkoston lämpöä luovuttava pinta-ala on suuri, myös lämmönjakojärjestelmän vaatima lämpötila on alhaisempi. Tästä syystä lattialämmitys onkin lämmönluovutustavoista optimaalisin. Parasta hyötysuhdetta tavoiteltaessa paras lämmönjakotapa on valettu betonilattia, joka on päällystetty esimerkiksi keraamisella laattalla. Tällä tavoin lämmönjakojärjestelmässä kiertävä vesi voidaan pitää alhaisena ja maalämpöpumpun tuottama lämpö pääsee siirtymään tehokkaasti huoneistoihin. (13.)

Pattereissa pätee sama periaate hyvän hyötysuhteen toteuttamiseksi kuin lattialämmityksessäkin. Pattereiden yhteenlasketun pinta-alan ollessa suuri maalämpöpumppu toimii korkeammalla hyötysuhteella. (13.)

Maalämpöpumppu on sitä tehokkaampi, mitä korkeampi sen lämpökerroin on. Tehokkuutta mitataan saadun lämmitystehon suhteella tarvittavaan sähkötehoon. Lämpökertoimen ollessa 3 saadaan siis jokaista kW:n sähkötehoa kohti 3 kW. Energiämäärinä mitattuna jokaisesta kulutetusta sähköenergian kWh:a kohti saadaan lämpöä 3 kWh. (13.)

Lämpökerrointa selitetään www.dimplex.de/fi sivustolla näin: ”Lämpökerroin tai COP (coefficient of performance) on lämpöpumppujen tehokkuuden mitta. Sitä ei saa kuitenkaan pitää hyötysuhteena, koska teknisesti katsottuna hyötysuhde >1 ei ole mahdollinen. *Lämpökerroin* kertoo lämpöpumpun annetun lämmöntuoton suhteen käytetyn kompressorin sähköiseen käyttötehoon. Esimerkiksi lämpökerroin 4,0 kertoo, että käyttöteho on käytettävissä nelinkertaisena lämmöntuottoon. Toisin kuin vuosittainen suorituskykykerroin, lämpökerroin arvioi ainoastaan lämpöpumppuprosessien laatua. Se mitataan laboratorio-olosuhteissa EN255 / EN14511 -normin mukaisesti. Lämpökertoimet lasketaan valituille pisteille, eli määrätuille lämpölähteen tulolämpötiloille ja käyttöveden virtauslämpötiloille. Ilma-

vesilämpöpumpun tulos A2/W35 tarkoittaa, että lämpöpumpun lämpökerroin on laskettu ulkolämpötilan ollessa 2 °C ja käyttöveden virtauslämpötilan ollessa 35 °C.”.

(10.)

2.5 Käyttövarmuus ja riskit

Maalämpöjärjestelmä on oikein asennettuna ja käytettynä toimiva, varma, tasaisen lämmön antava ja pitkäikäinen hankinta. Sen toimivuudessa voi kuitenkin olla ongelmia niin kuin missä tahansa laitteistossa. Yleisimmin lämpökaivojen toimivuudessa esiin tulleet ongelmat johtuvat suunnitteluvirheistä tai käyttäjän puutteellisesta ammattitaidosta ja kokemuksesta. Mitoituksessa tehdyt virheet voivat laskea lämpökaivon tehoa ja lämpöpumpun hyötysuhdetta. Pahimmassa alimitoitustapauksessa lämmönkeruupiiristö ei välttämättä toimi ollenkaan. Ratkaisuna on kaivon syventäminen, mutta suositeltavampaa on porata toinen lisäkaivo viereen. Minimietäisyydet esitetään taulukossa 1. Liian lähekkäin poratut kaivot saattavat aiheuttaa ongelmia, jos kaivojen yhteisvaikusta ympäröivään kallioperään ei oteta huomioon. Oikein mitoitettu ja suunniteltu maalämpöjärjestelmä ei tarvitse huomattavia yllä- ja kunnossapitotoimenpiteitä. (3.)

Taulukko 1. Lämpökaivon suositeltavat minimietäisyydet eri kohteisiin. Sopivat etäisyydet voivat vaihdella porareian kaltevuuskulmasta, pohjaveden virtausolosuhteista ja maaperästä riippuen.

Kohde	Suosittelu minimietäisyys
Lämpökaivo	20 m*
Porakaivo	40 m
Rengaskaivo	20 m
Rakennus	3 m
Kiinteistön raja	10 m*
Kiinteistökohtainen jätevedenpuhdistamo	Kaikki jätevedet 30 m, Harmaat vedet 20 m [17]
Viemärit ja vesijohdot	5 m

*porareian ollessa pystysuora

Lämpökaivoista saattaa koitua ympäristöriskejä, pääasiallisesti pohjaveteen liittyen. Ongelmana voi olla pohjaveden pilaantuminen suoraan tai välillisesti saastumisen kautta. Janne Juvosen ympäristöoppaan 2009 mukaan näitä riskejä aiheuttavat seuraavat asiat: maanpinnalta tulevien valumavesien pääsy pohjaveteen huonosti

tiivistettyjen kaivonrenkaiden vuoksi, makean ja suolaisen veden sekoittuminen kalliopohjaveden eri kerroksissa ja lämmönsiirtoainevuodot. (3.)

Oulun yliopisto on tehnyt vuonna 1998 tutkimuksen maalämpöpumppujen yksityisiltä käyttäjiltä ja kysellyt heidän kokemuksiaan laitteistosta (SULPU 2009). Tulokset olivat seuraavanlaiset:

- Vuoden 1989 jälkeen asennetuissa (21/39 kpl) vikoja oli ainoastaan kahdessa pumpussa. Molemmissa tapauksissa maaliuospumppu uusittiin.
- Toimintaan tyytyväisiä oli 85 %, melko tyytyväisiä 12 %, loput 3 % tyytymättömiä.
- Helppoon käyttöön tyytyväisiä oli 92 % ja loput 8 % olivat melko tyytyväisiä.
- Kokonaisuuteen tyytyväisiä oli 89 %, melko tyytyväisiä 8 % ja loput 3 % olivat tyytymättömiä.
- Omistajista 36/39 ilmoitti valitsevansa maalämmön jos olisi uudelleen valintatilanteessa. Kaksi oli epävarmaa ja yksi valitsi suoran sähkölämmityksen.
- Haastatelluista 90 % oli tyytyväisiä maalämmitykseen ja tyytymättömiä oli yhteensä 3 %. (13.)

2.6 Maalämpö Suomessa ja maailmalla

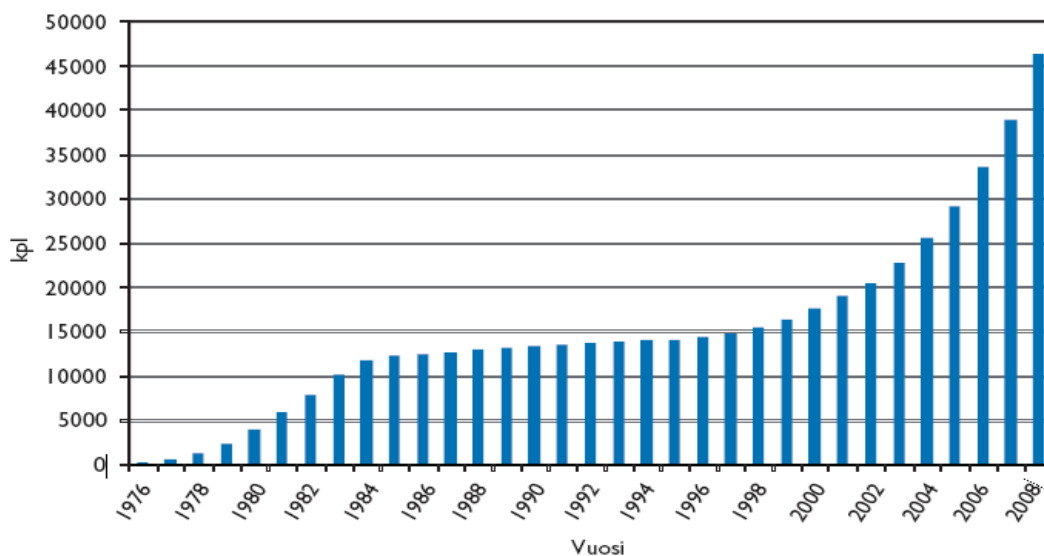
Uusiutuvien energianlähteiden käytön ja niistä saatujen kokemusten lisääntyessä, pystymme hyödyntämään niitä yhä tehokkaammin. Maalämmön suosio kasvaakin maailmanlaajuisesti kaiken aikaa. Suurinta kasvu on kuitenkin Yhdysvalloissa, jossa on myös luonnollisesti suurimmat maalämpöpumppumarkkinat. Euroopan osalta selvästi eniten maalämpöpumppuja on Ruotsissa. Esimerkiksi vuonna 2006 Ruotsiin rakennettiin 40 000 kpl lämpökaivoja. Laskettaessa yhteen maalämpöpumppujen asennuksia noin 30 maassa huomataan, että niiden kasvuvauhti on 10 % vuosittain 1990-luvun lopulta lähtien. (3.)

Suomessa lämpöpumppuja on ollut melko vähän, mutta suosio on ollut viime vuosina kovassa kasvussa. Suomessa niitä on käytetty 1970-luvun puolivälistä lähtien, mutta suosio kasvoi nopeasti 1970-luvun lopun energiakriisin vaikutuksesta. 1980-luvun alussa energian hinta alkoi laskea ja maalämpöpumppujen kysyntä romahti huomattavasti. 2000-luvulla suosio taas lähti kasvuun. Lämpöpumppujen myynnissä tehtiin ennätys vuonna 2008, jolloin niitä meni kaupaksi yli 60 000 kpl eli melkein kolme kertaa enemmän kun esimerkiksi vuonna 2005. Ihmiset ostavat lämpöpumppuja asuinympäristönsä viihtyvyyden parantamisen, talvella säästettävän energian vuoksi ja kesällä siitä saatavan viilennyksen takia. Suurin syy piilee kuitenkin kotitalouksien energiakustannusten kasvussa. [3, 5] Tilastokeskuksen mukaan öljyn keskimääräinen hinnan nousu oli vuosien 2000–2011 noin 12 %, suoran sähkön noin 7 % ja varaavan sähkön noin 8 %.

Taulukko 2. Suomessa vuosina 2005–2008 myytyjen lämpöpumppujen määrä. (13.)

	2005 kpl	2006 kpl	2007 kpl	2008 kpl
Maalämpöpumppuja	3 500	4 500	5 300	7 500
Poistoilmalämpöpumppuja	1 900	2 050	2 500	2 200
Ilmalämpöpumppuja	17 000	30 000	37 000	48 000
Ilma-/vesilämpöpumppuja	7	400	550	2 500
Yhteensä	22 407	36 950	45 350	60 200

Taulukko 3. Suomessa myytyjen maalämpöpumppujen kokonaismäärä vuosina 1976–2008. (3.)



3 MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄN MITOITUS

Oikein suoritettu mitoitus on maalämpöjärjestelmän hankinnan tärkeimpiä kriteerejä. Väärin mitoitettu järjestelmä luo riskin, että maalämpöpumppu tuottaa liikaa lämpöä lisävastuksilla, joka on kallista sähköenergiaa. Ylimitoitettu järjestelmä maksaa enemmän ja johtaa maalämpöpumpun lyhytjaksoiseen käymiseen, joka puolestaan kuluttaa pumppua ja lisää jälleen energiankulutusta. Maalämpöpumppu ei käy heti käynnistymisen jälkeen parhaalla hyötysuhteella, vaan kestää muutamia minutteja kunnes laite toimii parhaalla mahdollisella hyötysuhteella kylmäaineen höyrystymis- ja lauhtumisprosessin vakiinnuttua. (5.)

Mitoittaessa keruuputkistoa lämmitys- ja jäähdytyskäyttöön sopivaksi on huomioitava siihen eniten vaikuttava tekijä eli rakennuksen tilavuus. Myös rakennuksen eristystaso, muut mahdolliset lämmönlähteet ja maantieteellinen sijainti on otettava huomioon. Sijainti luo eroja jäähdytystarpeille eri vuodenaikoina, pohjavesialueille ja maakerroksien paksuuksille. (3; 8.)

Rakennuksen lämmöntarpeen selvittyä, valitaan kohteeseen kooltaan sopiva lämpöpumppu. Tämän jälkeen mitoitetaan maalämpöjärjestelmän komponentit eli keruuputkiston pituus ja määrä sekä lämpökaivon tai kaivojen syvyydet ja määrä. Keruuputkiston pituutta laskiessa on huomioitava kaivon kokonaissyvyys eli tehollinen syvyys (osuus, jossa keruuputket ovat vedessä) sekä putkiston vaakaosuus kaivolta lämpöpumpulle. (3; 8.)

Lämpökaivoa porattaessa reiät jäävät joskus kuiviksi, ja se joudutaan täyttämään vedellä, jotta lämmönkeruuputkistoa ympäröisi vesi porakaivossa. Lämpökaivo saattaa kuitenkin täytyä vedellä jo porauksen aikana. Kumpikin porakaivo toimii lämpökaivona silti yhtä hyvin. Vedenpinnan asettuminen ja sen vaikutus uuteen saavutettuun teholliseen syvyyteen ja lämmönsaantiin on kuitenkin tällöin huomioitava. (3; 8.)

3.1 Lämpökaivojen syvyys ja määrä

Seneca Oy:n mukaan lämpökaivon syvyys riippuu tarvittavan lämmitysenergian määrästä. Vanhoissa rakennuksissa porakaivon syvyys perustuu jonkun toisen lämmitysmuodon toteutuneeseen lämmitysenergian kulutukseen ja uusissa kohteissa laskennallisen lämmitysenergian tarpeeseen. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry:n mukaan lämpökaivojen syvyys voidaan arvioida, kun tiedetään rakennuksen vuosittainen energiantarve ja maalämpöpumpun lämpökerroin. Lämpökaivojen syvyys voidaan laskea kaavojen 1 ja 2 avulla:

1. Lämpökaivosta saatava lämpömäärä $Q(\text{kaivo})$

$Q(\text{kaivo}) = \text{lämmitysenergian tarve vuodessa} * \text{ilmaisenergian osuus}$

Ilmaisenergian osuus on $1 - (1 / \text{lämpöpumpun lämpökerroin})$ (1)

2. Lämpökaivon syvyys $S(\text{kaivo})$

$S(\text{kaivo}) = [Q(\text{kaivo}) / 50] * 0,5$

Syvyuden arvioinnissa kaivo oletetaan nk. kuivakaivoksi (kerroin 0,5) ja sen tehoksi 50 kWh metriä kohden. (2)

Esimerkiksi lämmitysenergian ollessa 4 500 000 kWh vuodessa ja lämpöpumpun lämpökertoimen 3, saamme lämpökaivojen lämpömääräksi:

$Q(\text{kaivo}) = 4\,500\,000 \text{ kWh/a} * 1 - (1/3) = 3\,000\,000 \text{ kWh/a}$

ja lämpökaivon syvyydeksi:

$S(\text{kaivo}) = [3\,000\,000 / 50] * 0,5 = 30\,000 \text{ m}$

Syvyydeksi saatu määrä jakautuu kaivojen määräksi, kun tiedetään yhden kaivon syvyys.

3.2 Täysteho- ja osatehomitoitus

Maalämpöjärjestelmän mitoituksessa on käytössä kaksi tapaa, täysteho- ja osatehomitoitus. Täystehopumppu tuottaa kaiken huoneilman ja käyttöveden lämmitykseen vaadittavan energian kovimmillakin pakkasilla ilman lisävastuksia, osateholla toimiva lämpöpumppu puolestaan noin 60–85 % lämpötehon tarpeesta vastaavassa tilanteessa. Osatehopumppu tarvitsee lisälämmitystä (lisävastuksilla) huippupakkasilla, mutta alueilla jossa pakkasia on harvoin, on osateholla toimiva lämpöpumppu usein edullisempi. Täystehoinen lämpöpumppu tarvitsee suuremman yksikön ja syvemmän porareian, joka luonnollisesti nostaa maalämmön perustuskustannuksia. (8; 11.)

4 KUSTANNUSVERTAILU

4.1 Kannattavuus

Hankkiessa maalämpöjärjestelmää ei kannata säikähtää melko suuria investointikustannuksia, sillä käyttökustannukset ovat edulliset. Periaatteena voidaan pitää sitä, että mitä suurempi talo tai tila ja lämmitysenergiankulutukset ovat, sitä kannattavammaksi maalämpö tulee. Esimerkiksi suuret hallirakenteet ovat hyvinkin kannattavia maalämpökohteita. Pientaloissa maalämpöpumppujärjestelmän asennuksesta yhteiskunnan tuki voi olla tuhansia euroja. Kotitalousvähennystä voi nimittäin saada aina jopa 6 000 euroon saakka. Tämä lyhentää vuosilla takaisinmaksuaikaa, jonka jälkeen investointi alkaa tehdä tuottoa sijoitetulle pääomalle. On myös mahdollista hakea energia-avustusta, jonka suuruus on enintään 20 % hyväksyttävistä kustannuksista. Energia-avustus koskee laite- ja materiaalikustannuksia. (8; 11.)

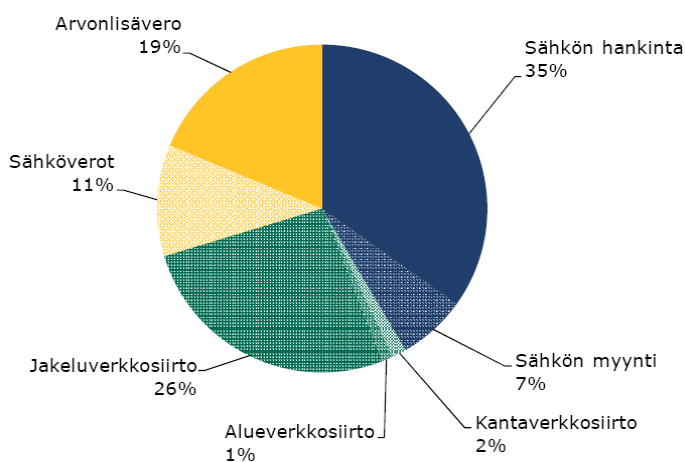
Pelkästään energianhintojen nousun myötä, investointi maalämpöön on tulevaisuudessa pelkästään kannattavaa, oli kohteen energiankulutus miltei mikä tahansa. Maalämpöpumppujen suosio on ollut eniten kasvussa tarjolla olevissa lämmitysjärjestelmissä. Näin ollen hintojen noustessa on suorasähkön, öljyn ja kaukolämmön suosio laskenut. (8; 11.)

Maalämmön energiatehokkuuden takia kasvavat energiakustannukset eivät vaikuta sen ylläpitoon merkittävästi. Maalämpö.fi sivuston mukaan kotitaloussähkön hinnat ovat nousseet vuodessa noin 18 %, kevyen polttoöljyn 33,5 % ja kaukolämmön noin 13 %. (8; 11.)

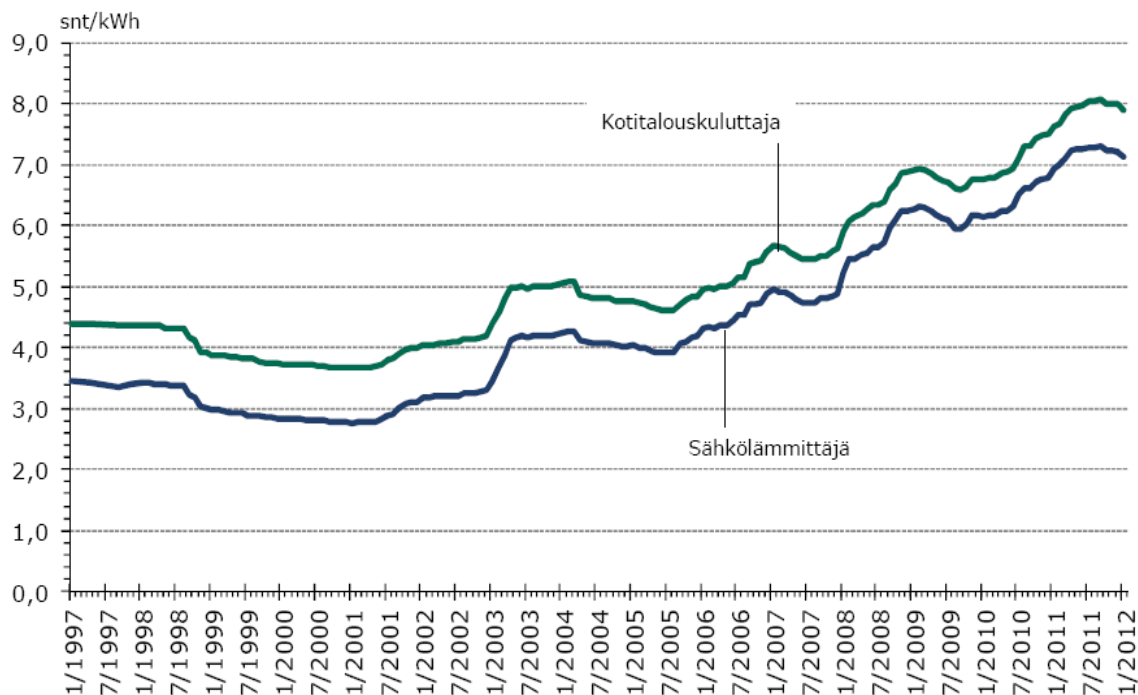
4.2 Sähkön hinnan nousu

Seuraavassa on esimerkkejä sähkön hinnan noususta erilaisissa kohteissa vuosina 1992–2012 Suomessa:

- Pientalo, osittain varaava sähkölämmitys, sähkön käyttö 20 000 kWh/a
 - vuonna 1992 = n. 4,50 snt/kWh
 - vuonna 2012 = n. 12 snt/kWh
 - hinnan nousu n. 13,5 %/ vuosi
- Kerrostalohuoneisto, sähkön käyttö 2000 kWh/a
 - vuonna 1992 = n. 8,20 snt/kWh
 - vuonna 2012 = n. 17,80 snt/kWh
 - hinnan nousu n. 10,9 %/ vuosi
- Keski-suuri teollisuus, sähkön käyttö 10 000 000 kWh/a, tehontarve 2500 kW
 - vuonna 1992 = n. 5 snt/kWh
 - vuonna 2012 = n. 8-10 snt/kWh
 - hinnan nousu n. 10 %/ vuosi [16.]



Kuva 5. Kotitalouskuluttajan sähkön hinnan muodostuminen Energiamarkkinaviraston mukaan. (16.)



Kuva 6. Kotitalouskuluttajan ja sähkölämmittäjän sähköenergian verollisen keskihinnan kehitys Energiamarkkinaviraston mukaan. (16.)

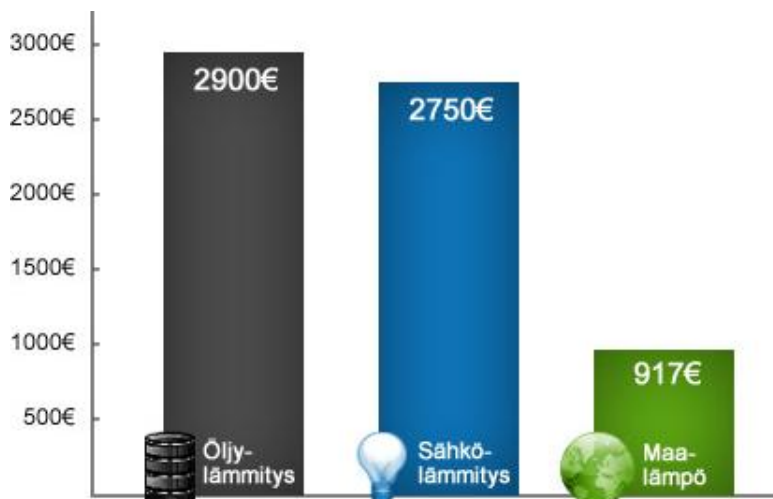
4.3 Takaisinmaksuajat

Maalämmön takaisinmaksuajat vaihtelevat lämmönkeruujärjestelmän, lämmönjakotavan, lämpöpumpun valinnan, sähkön hinnan ja vuotuisen energiankulutuksen mukaan. Sähkön tuleva hinnan nousu lyhentää takaisinmaksuaikoja, isoissa kohteissa jopa useilla vuosilla. (8.)

Maalämpöjärjestelmään investointi on alkuun melko hintavan kuuloista. Järjestelmän saa omakotitaloon täyden palvelun pakettina useimmilta palveluntarjoajilta hintaan 14 000 € - 30 000 €. Vaihdettaessa lämmitysjärjestelmä vanhasta muodosta sähköstä tai öljystä uuteen maalämpöön, vaihtelee hankintahinta vanhan lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen ja hyötysuhteen mukaan. Öljylämmitteisen talon takaisinmaksuajat ovat perinteisesti 4 - 6 vuotta ja sähkölämmitteisen talon pisimmilläänkin vain 10 vuotta, useimmiten kuitenkin vuosia sen alle. (8.)

Ennen maalämmön valintaa kannattaa kuitenkin ottaa ajoissa yhteys ammattilaisiin ja pyytää selvitys taloon sopivasta lämpöpumpusta ja lämmönkeruutavasta. Aina maalämpökään ei ole välttämättä parhain ja edullisin ratkaisu hyvistä puolistaan huolimatta. (8.)

Esimerkkilaskelma takaisinmaksuajasta:

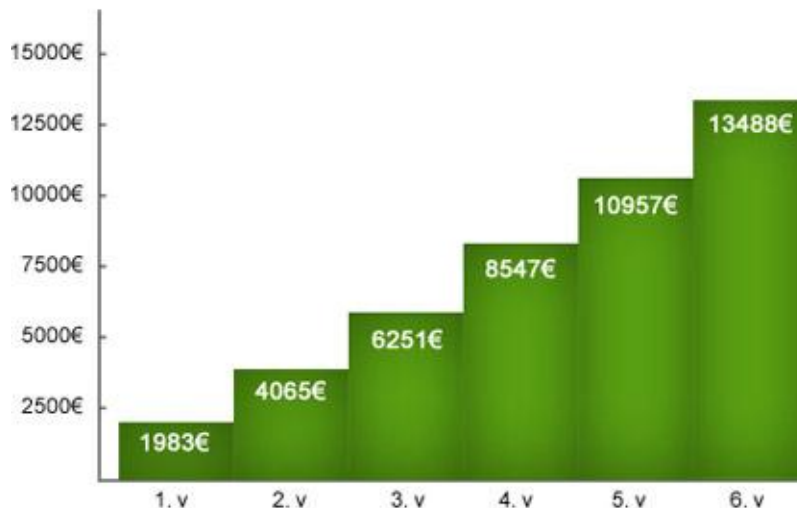


Kuva 7. 180 m² omakotitalon lämmityskustannukset vuodessa.

Lämmitysenergian tarve 25 000 kWh, öljynkulutus 2900 litraa, öljyn hinta 1 €/l ja öljykattilan hyötysuhde n. 85 %. Sähkön hinta 0,11 €/kWh. Maalämmön lämpökerroin 3. Hinnat veroineen ja kuluineen tammikuussa 2011. (8.)

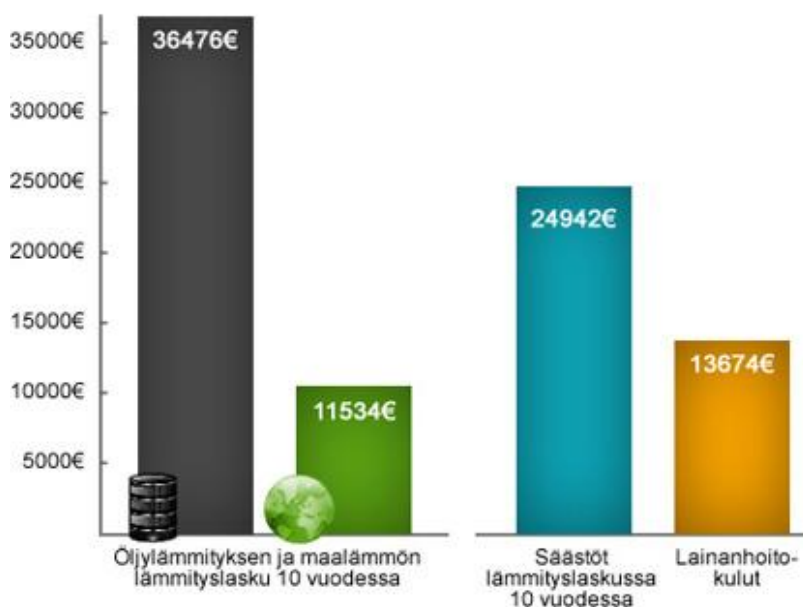


Kuva 8. Lämmityskustannukset vuodessa. Öljyn kulutus 2 900 l/v, sähkön kulutus 25 000 kWh/v. (8.)



Kuva 9. Esimerkkilaskelma kertyvistä säästöistä, jotka saavutetaan kun öljylämmitys vaihdetaan maalämpöön. Laskelmassa on arvioitu sähkön ja öljyn vuosittaiseksi hinnan nousuksi 5 %. Esimerkkihankinta Vaillant – maalämpöjärjestelmä asennuksineen noin 10 500 €. Arvioidusta hinnasta on tehty mahdollinen kotitalousvähennys vuoden 2011 mukaan. (8.)

Kuvasta 9 voimme lukea, että maalämpö voi maksaa itsensä takaisin jo alle viidessä vuodessa. Kuvassa 10 tarkastellaan maalämpöön sijoitetun pääoman tuottoa vuosittain:



Kuva 10. Esimerkkilaskelma säästöistä (180 m² omakotitalo), kun maalämpö hankitaan lainarahalla. Lainasumma 10 500 €, korko 5,5 %, laina-aika 10 vuotta. Sähkön ja öljynhinnan nousuksi on arvioitu 5 % vuosittain. Säästöä kertyy lainahoitokulujenkin jälkeen 11 268 €. Pääoman tuotto tässä esimerkissä keskimäärin 16 % vuosittain. (8.)

5 LOGISTIIKKAKESKUS ITELLA PENNALA2

5.1 Hankkeen tiedot, laajuus ja energiankulutukset

- Kohde: Itella, Pennalan logistiikkakeskus
- Säävyöhyke: II
- Rakennustyyppi: Halli/ Varasto
- Rakennusosat: A, B, C, D -osat ("4 hallia peräkkäin")
- Pinta-ala: 72 480 m²
- Tontin pinta-ala: yli 140 000 m²
- Lämmitysenergian tuotto: Maalämpö n.80%, loput kaasukattilalaitoksella
- Lämmönjakotapa: kattosäteilylämmitys, valaistus
- Viilennys: lämpöpumpuilla, vapaaviilennys
- Energiankulutus: **4 607 777 kWh/v**
 - josta tilojen lämmitys: 4 551 504 kWh/v
 - ja lämmin käyttövesi: 56 273 kWh/v
- Tilojen lämmityksen nettoenergian tarve, kun valaistuksen teho huomioitu: 2 445 042 kWh/v
- Sähkö (valaistus, IV-yms. koneet): 4 423 970 kWh/v
- Vesi: 1200 m³
 - josta lämmintä vettä: 482 m³

Rakennuksen tilojen lämpöenergiantarve:

- Vuotoilma: 1 777 454 kWh/v
- Johtuminen: 2 031 722 kWh/v
- Ilmanvaihto: 742 327 kWh/v
- Yhteensä: **4 551 504 kWh/v**

Taulukot 4–6 ovat LVI-insinööritoimisto Vahvacon Oy:n tekemiä laskelmia hallirakennuksen eri osien lämpöenergioista ja niiden energiankulutustarpeista. Lukemat eivät ole täysin tarkkoja arvoja.

Taulukko 4. Lämmityksen tehontarpeet rakennusosittain

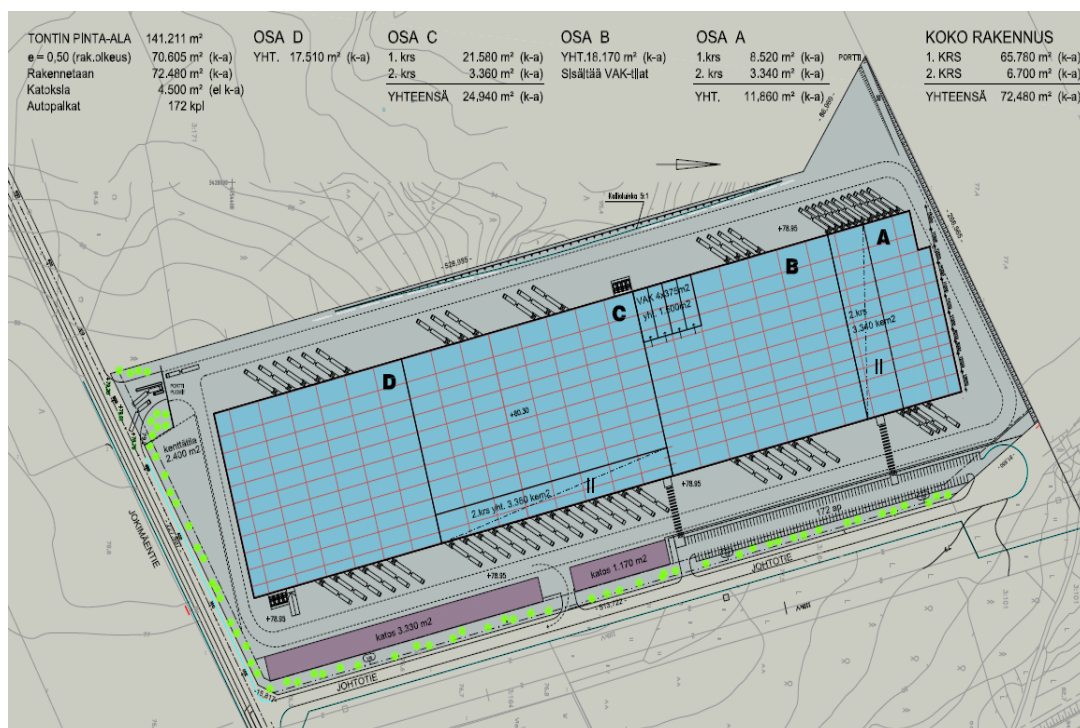
	Vuotoilma kW	Johtuminen kW	Ilmanvaihto kW	Yhteensä kW
OSA A 11 860 m ²	94	153	200	447
OSA B 18 170 m ²	227	209	228	664
OSA C 24 940 m ²	229	258	115	602
OSA D 17 510 m ²	184	219	101	504
Koko 72 480 m ² rakennus	734	829	644	2217

Taulukko 5. Rakennuksen tilojen lämpöenergiatarve

Koko rakennus 72 480 m²	RAKENNUKSEN TILOJEN LÄMPÖENERGIATARVE			
	Vuotoilma kWh/kk	Johtuminen kWh/kk	Ilmanvaihto* kWh/kk	Summa kWh/kk
Tammikuu	310108	354470	129512	794091
Helmikuu	293483	335467	122569	751519
Maaliskuu	222452	254274	92904	569630
Huhtikuu	175150	200206	73149	448505
Toukokuu	76305	87221	31868	195394
Kesäkuu	0	0	0	0
Heinäkuu	0	0	0	0
Elokuu	0	0	0	0
Syyskuu	90169	103068	37658	230894
Lokakuu	161124	184173	67291	412588
Marraskuu	185220	211716	77354	474290
Joulukuu	263442	301128	110023	674593
YHT kWh/v	1777454	2031722	742327	4551504

Taulukko 6. Lämpöenergiatarpeet yhteensä. * Rakennuksen valaistuksen ja ilmanvaihdon käyttöaika 16 h/arkivuorokausi; valaistusteho 12 W/m²

Koko rakennus	RAKENNUKSEN TILOJEN LÄMPÖENERGIATARVE	VALAISTUKSESTA TULEVA LÄMPÖENERGIA *	NETTO LÄMPÖENERGIATARVE
72 480 m ²	kWh/kk	kWh/kk	kWh/kk
Tammikuu	794091	308020	486070
Helmikuu	751519	278212	473307
Maaliskuu	569630	308020	261609
Huhtikuu	448505	298084	150421
Toukokuu	195394	—	—
Kesäkuu	0	—	—
Heinäkuu	0	—	—
Elokuu	0	—	—
Syyskuu	230894	—	—
Lokakuu	412588	308020	104568
Marraskuu	474290	298084	176206
Joulukuu	674593	308020	366573
YHT kWh/v	4551504	2106461	2445042



Kuva 11. Logistiikkakeskuksen asemakaava rakennusosineen (20.)

5.2 Tutkimuskaivot

Geologian tutkimuskeskus GTK suoritti keväällä 2011 Itellan Pennalan logistiikkakeskuksen tontilla geologisia ja geofysikaalisia tutkimuksia. GTK hyödynsi tutkimuksissa omia olemassa olevia geologisia aineistoja, mutta niiden lisäksi tekivät myös tarkentavan geologisen kartoituksen tutkimusalueen soveltuvuudesta geoenergian hyödyntämiseen energiakaivoista. (17.)

Tutkimustyön ajaksi oli tutkittavan alueen oltava tasaista ja kantavaa, jotta GTK:n työntekijät pääsivät ajamaan TRT-tutkimusvaunun tasaiseen asentoon 1–2 metrin päähän kaivoista. Vaunu painaa 1 000 kg. Mittauksissa tarvittiin myös 32 A:n voimavirtaa tai aggregaattia, jolla jännitteen tuli pysyä tasaisena koko mittauksen ajan eli 3 vuorokauden ajan. Alueelle hankittiin polttoaineella toimiva tarpeeksi suuri aggregaatti. Jännitteen tasaisuus ja tulokset olivat hyviä. (17.)



Kuva 12. Terminen vastetesti TRT-vaunulla (17.)

Tutkimuskaivoja porattiin koko tontille yhteensä 5 kappaletta, joiden poraussoijasta otettiin näytteet mineralogista mikroskooppianalyysia varten. GTK teki jokaiseen tutkimuskaivoon lämpötilamittauksen ja termisen vastetestin eli TRT-mittauksen. Tulosten avulla pystyttiin selvittämään kallioperän ja energiakaivojen lämmönsiirtoominaisuuksia tulevan rakennuksen tontilla ja niitä hyödynnettiin myös

logistiikkakeskuksen geoenergiajärjestelmän suunnittelussa. GTK:n tekemien mittauksen perusteella rakennuksen alue soveltuu hyvin geoenergian hyödyntämiseen energiakaivoista. Suurin osa rakennuksen tarvitsemasta vuosittaisesta lämmitysenergiasta ja viilennysenergiasta voidaan tuottaa energiakaivokentällä ja lämpöpumpuilla. Kaasukattilalaitoksella tuotetaan loput tarvittavasta lämpöenergiasta. (17.)

Viidestä kaivosta 4 on porattu suunniteltuun 300 metrin syvyyteen, mutta yhden kaivon poraus jouduttiin lopettamaan 230 metrin syvyyteen ruhjeen takia. Kaivo sortui pohjalle eikä pysynyt auki, ja veden tuotto oli erittäin runsasta. Lämmönsiirtonesteenä käytettiin Altian Naturet –merkkistä etanoli-vesiliuosta, jonka vahvuus on 28 paino-%. Lämmönkeruuputkina oli 40x2,4 mm:n PE-putkea. Putkissa käytettiin erilaisia asennustapoja tutkimuksen monipuolisuuden vuoksi. Yksinkertaisia U-putkia tuli kolmeen kaivoon ja tupla-U putkia loppuihin kahteen. Kolmessa putkessa käytettiin myös erottimia, jotka pitävät U-putkien haarat erillään 75 mm:n etäisyydellä toisistaan. Kaikki tutkimuskaivot jäävät osaksi lopullista energiakaivokenttää. (17; 18.)

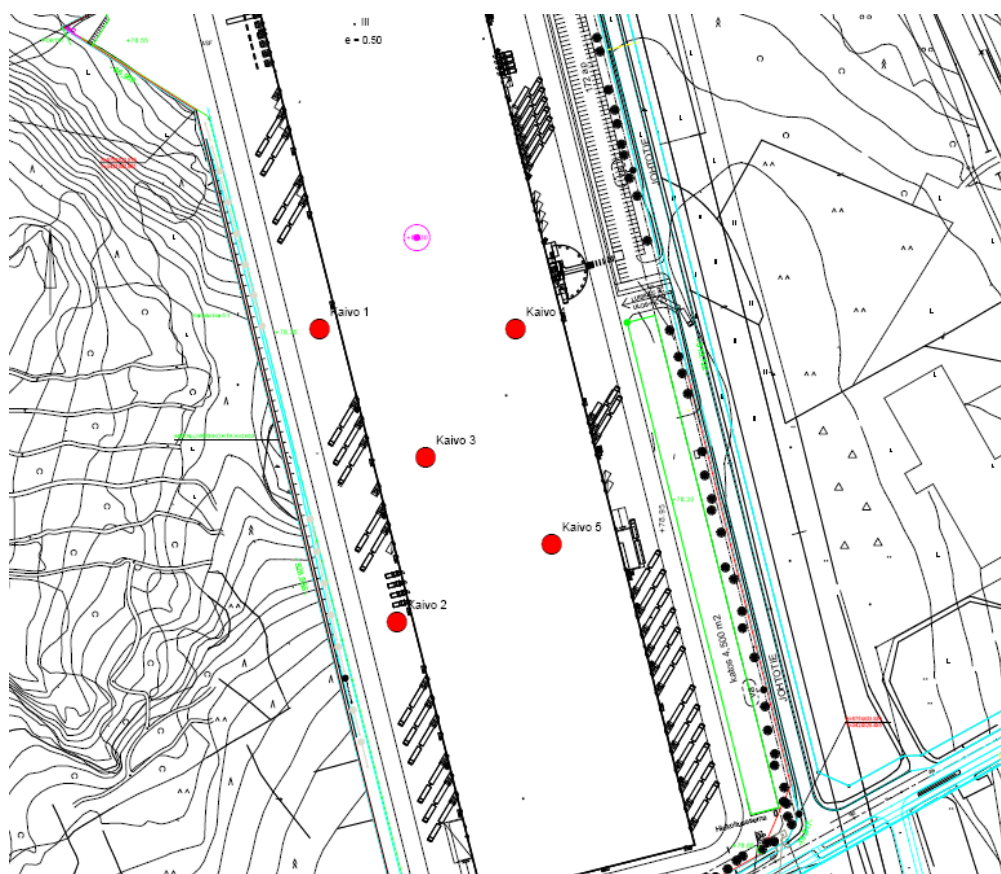
Kaikissa viidessä kaivossa oli lämpötila ennen mittauksia keskimäärin noin 7,5 astetta. Lämpötila nousi pinnalta pohjalle mentäessä noin 1,5 astetta / 100 m, niin että 300 metrissä lämpötila oli vajaa 10 astetta.



Kuva 13 ja kuva 14. Porauskalustoa (vas.) ja tutkimuskaivo, takana poraussoijaa ja taustalla TRT-vaunu (oik.) (20.)



Kuva15. Porauskalustoa (20.)



Kuva 16. Tutkimuskaivojen sijainnit rakennuksen asemakaavassa (20.)

5.3 Lämpökaivot kohteessa

Logistiikkakeskuksen tontille porattiin yhteensä 73 lämpökaivoa. Lämpökaivot muodostavat yhdessä energiakaivokentän. Energiakaivokentän mallinnuksella varmistetaan, että kaivot tuottavat tarvittavan määrän energiaa vuosien ja vuosikymmenien ajan mahdollisimman tasapainoisesti ja kestävästi välttämällä kallioperän liiallista jäähtymistä. Tällä tavalla lämpöpumpun lämpökerroin pysyy korkeana. (17; 18.)

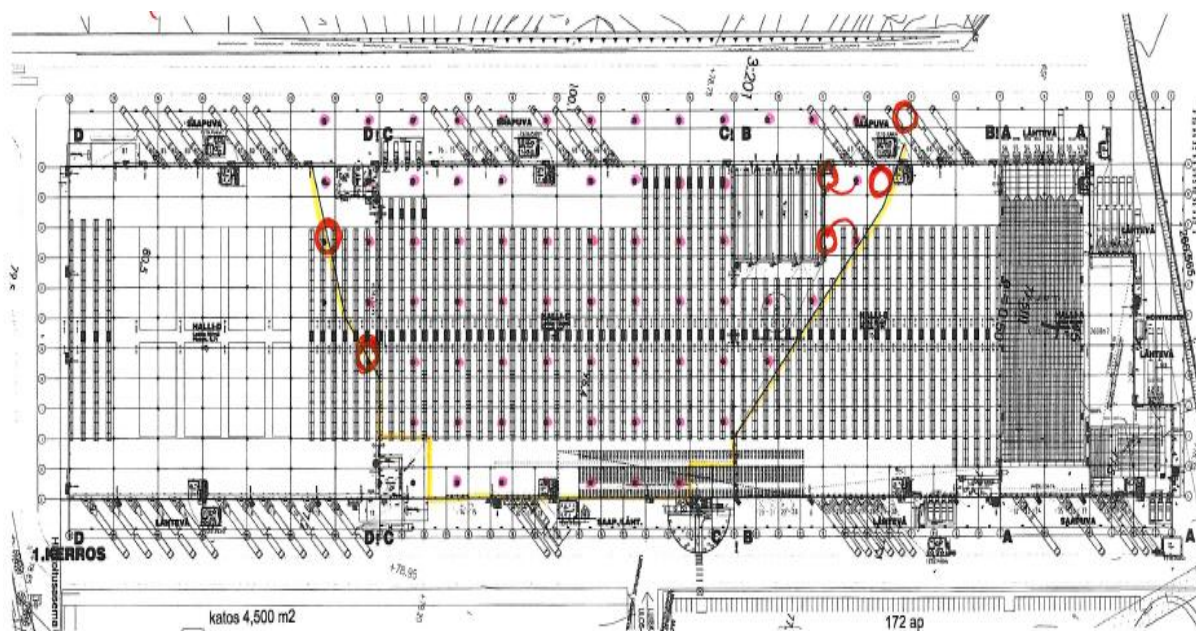
Kaivojen sijoitus on suunniteltu niin, että ne jäävät kansineen tulevan hallin hyllykköjen alle. Näin ollen ne eivät ole alttiita rikkoutumaan käytön aikana ja kaivoille olisi tarvittaessa helpompaa päästä huoltotilanteissa. Kaivojen aktiivisyvyys on 295 metriä ja niiden lopullinen sijoitus poikkeaa hieman verrattuna suunnitelmiin. Kompromisseja tehtiin, jotta kentän lämpötila mahdollistaisi tehokkaan ja kestävä geenergian tuoton. Tutkimuskaivot (5 kpl) ovat tuotantokäytössä osana 73 kaivon kenttää. Mallinnetun ja toteutuneen energiakaivokentän poikkeamat johtavat siihen, että todellisen kentän toiminta on hieman erilainen, kuin mallinnus antaa olettaa. Logistiikkakeskuksen kenttää voidaan mahdollisesti ladata jatkossa aurinkoenergialla, joka tehostaisi kentän toimintaa. Kallioperään tuotetaan siis lämpöä viilennyksen aikana yhtä paljon, kuin sieltä otetaan lämmityksen aikana. On huomioitava, että kentästä otettavaa lämmitysenergian määrää ei kuitenkaan ylitettäisi, koska se voisi vaarantaa koko kentän toiminnan. (17; 18.)

GTK:n mukaan käytettävissä olevan alueen koko vaikuttaa aina energiakaivokentän kokoon. Logistiikkakeskuksen tapauksessa, joka on hyvin lämmityspainotteinen, kannattaa kaivot sijoittaa mahdollisimman kauas toisistaan. Liian lähekkäin olevat kaivot nimittäin heikentävät toistensa tehokkuutta. Kuten kuvasta 15 näkyy, on pääosa kaivoista sijoitettu rakennuksen C-osalle, koska sillä kohdalla kallion pinta on louhinnan jäljiltä maanpinnassa. Pohjatutkimuksissa havaittiin kallion nopea painuminen paksun savikerroksen alle C-osan ulkopuolella ja tästä syystä suurin osa kaivosta onkin sijoitettu C-osalle. (17; 18.)

Energiakaivokenttää mallinnettaessa tutkittiin lämpötilan kehittymistä 25 vuoden käyttövuoden ajalta. Tällaisella aikavälillä kentän lämpötila kyllä laskee vuosittain, mutta niin vähän että lämpöpumpun lämpökerroin pysyy edelleen hyvänä vuosikymmenien käytönkin jälkeen. (17; 18.)

Taulukko 7. Mallinnuksessa käytetyt lämpökaivon parametrit (17.)

Energiakaivon halkaisija	164 mm
Lämmönkeruuputkiston tyyppi	Polyeteeniputki, ulkohalkaisija 40 mm, seinämän paksuus 2,4 mm
Lämmönkeruuneste	25-prosenttinen vesi-etanoliseos (Vastaa riittäväällä tarkkuudella Altian 28-prosenttista Naturet-maalämpöliuosta)
Lämmönkeruunesteen virtausnopeus	Yksinkertaisessa U-putkessa 0,6 l/s, tupla-U-putkessa yhteensä 1,2 l/s



Kuva 17. Energiakaivokenttä logistiikkakeskuksessa (20.)

Taulukko 8. Logistiikkakeskuksen lämmitys- ja viilennysenergian tarve lämpöpumpulta (Lähde:LVI- Vahvacon Oy). Lämmitysenergiasta 1/3 tuotetaan sähköön avulla lämpöpumpun kompressorilla ja 2/3 saadaan ilmaisenergiana kallioperästä.

	Lämpöenergiatarve lämpöpumpulta [kWh]	Viilennysenergiatarve lämpöpumpulta [kWh]
Tammi	452667	
Helmi	441486	
Maalis	253870	
Huhti	153307	
Touko	0	
Kesä	0	101780
Heinä	0	120510
Elo	0	106840
Syys	0	
Loka	115346	
Marras	173304	
Joulu	348829	
YHT	1938809	329130

5.4 Kustannusvertailu ja takaisinmaksuajat

Taulukko 19 käsittelee Itellan Logistiikkakeskuksen talousvertailulaskelmaa eritellen ja vertaillen neljää eri vaihtoehtoa laskentavaiheessa. Laskennassa käytettiin peruslaskentatapausta nykyhinnoin (alv. 0 %) ja kolmea eritehoista lämpöpumppua verrattiin maakaasuun. Laskelmat eivät ole täysin tarkkoja vaan suuntaa antavia. Osassa detaljeja on päivittämisen tarvetta, mutta niiden vaikutukset tuloksiin eivät ole suuria. Päivittämiseen pitäisi pyytää maakaasun toimittajalta uudet kaasun hinnat, koska ne eivät yleensä ole julkisia. Viime kesän hinnoilla saa kuitenkin kuvan siitä, millaisia tuloksia nämä vaihtoehdot tuottavat.

Energian hintojen nousulla sen sijaan on käytännönkin merkitystä tuloksille. Maakaasun hinta on nimittäin noussut viime kesästä ja vastaavasti sähköön markkinahinta laskenut. Nämä asiat lyhentävät takaisinmaksuaikaa. Laskennassa käytetyt lämpökertoimet ovat laskennallisia tavoitearvoja ja täten edellyttävät lämmitysverkoston, lämmönkeräysjärjestelmän ja lämpöpumppulaitoksen toimivan optimaalisella tavalla. Tällaiseen tilanteeseen päästään kuitenkin vain harvoin, ja tässä

Itellan Logistiikkakeskuksen kohteessa on lisäksi erityisriskinä lämmitysverkoston lämpötilataso. Se saattaa toteutua selvästi oletettua korkeampana ja alentaa lämpökerrointa. Toinen riski on kohteen verkoston korkea lämpötilatasovaatimus, joka saattaa rajoittaa lämpöpumpun kuormitettavuutta. Kumpikaan näistä tapauksista ei siis ole toivottava parhaan toimivuuden kannalta.

Yksinkertainen takaisinmaksutarkastelu on melko helppo tehdä ja ymmärtää tällaisissa tapauksissa, mutta antaa melko rajoittuneen kuvan investoinnin todellisista vaikutuksista. Parempi tapa tarkastella kyseisiä asioita olisi elinkaarilaskenta, jossa investoinnin vaikutuksia lasketaan koko elinkaaren ajan (yleensä 25 vuotta ja jopa 50 vuotta). Tällaisessa tarkastelussa näkisi kuinka pienetkin energioiden hintojen muutokset vaikuttavat elinkaarikustannuksiin. Pienikin hintojen nousu vaikuttaa aina pelkästään maalämmön hyväksi, koska nousu ei vaikuta ilmaisenergiaosuuteen. Tämän kohteen elinkaaritarkastelu on kuitenkin jäänyt tekemättä työmaan aikataulun tiukkuuden vuoksi.

Tarkastellessamme Logistiikkakeskuksen kustannusvertailutaulu taulukkoa käyvät ilmi jo aiemmin työssä esiin tulleet seikat. Maalämpö on selvästi kalliimpi vaihtoehto investointikustannuksiltaan. Maakaasujärjestelmän saadessa kustannusarvioksi noin 380 000 €, joutuu vaihtoehtoisin maalämpöjärjestelmästä maksamaan noin 900 000–1 600 000 €. Perustamiskustannukset ovat siis eroiltaan huomattavan suuret. Kun taas verrataan vuosittaisia lämmityskustannuksia, ymmärretään miksi maalämpö on kannattava. Maalämmön vuosittaiset lämmityskustannukset ovat nimittäin noin 35 000 – 60 000 € vähemmän kuin maakaasulla. Tämäkin hintaero vain kasvaa maakaasun markkinahinnan noustessa ja maalämmöstä tulee jälleen parempi investointi tilaajalleen.

Pelkän lämmityksen takaisinmaksuajaksi on laskettu näillä arvoilla noin 15–23 vuotta. Jäähdytyksen ottaminen samasta järjestelmästä on kuitenkin suositeltavaa ja mahdollista. Järjestelmä, jossa on jäähdytys sekä lämmitys, on toki kalliimpi, mutta takaisinmaksuajakin lyhenee 3–5 vuotta. Lisäinvestointi siis kannattaa takaisinmaksuajan lyhentämiseksi ja viilennyksen hyödyn saamiseksi.

Taulukko 9. Talusvertailulaskelma (19.)

Kohde:	Itellan logistiikkakeskus, Pennala		Kaikki hinnat alv 0			
Pvm:	1.7.2011					
Laskentatapaus:	Peruslaskentatapaus nykyhinnoin		Annuiteetti			
			6 %			
			20			
			0,087			
Lämmitysenergian kokonaistarve	2500 MWh/v					
Jäähdytysenergian kokonaistarve	330 GWh					
			VE 0	VE 1	VE 2	VE 3
			Maakaasu + erillinen jäähdytyskone	LP250	LP500 optimi	LP750
Energiahinnat						
Lämpöpumpussähkön hinta	alv 0	€/MWh		86,5	86,5	86,5
Kaukolämmön tai polttoaineen hinta	alv 0	€/MWh	50,5	45,0	45,0	45,0
Muun sähkön hinta	alv 0	€/MWh	86,5	86,5	86,5	86,5
Energiatase						
Kaukolämpöteho tai kattilalaitoksen teho		kW	2000	2000	2000	2000
Lämpöpumppulaitoksen teho				250	500	750
Laskennallinen energiaosuus		MWh		40 %	70 %	85 %
Lämpöpumppulämmön määrä		MWh		1000	1750	2125
Kattila- tai kaukolämmön määrä		MWh	2500	1500	750	375
Lämmityksen polttoainetase						
Lämpöpumpun hyötysuhde				328 %	348 %	338 %
Lisälämmön tuotannon hyötysuhde			90 %	90 %	90 %	90 %
Lämpöpumpussähkö		MWh/v		305	503	629
Maakaasu		MWh/v	2778	1667	833	417
Sähkökattilan sähkö		MWh/v				
Ilmaisenergia		MWh/v		695	1247	1496
Apusähkön määrä		MWh/v	0,4 %	4,0 %	4,0 %	4,0 %
Apusähkön määrä		MWh/v	10	12	20	25
Lämmityskustannukset						
Sähkön ja lämmön perusmaksut		€/v	61092	61092	61092	64692
Lämpöpumpussähkön hankinta		€/v	0	26397	43537	54432
Polttoaineen tai kaukolämmön hankinta		€/v	140389	75000	37500	18750
Apusähkö		€/v	865	1056	1741	2177
Lämmityksen huoltokustannukset		€/v	1000	3000	4000	5000
Lämmityskustannukset yhteensä		€/v	203346	166545	147871	145052
Ero perusvaihtoehtoon nähden		€/v	0	-36801	-55475	-58294
Lämmitysenergian keskihinta		€/MWh	81,34	66,62	59,15	58,02
Jäähdytyksen muuttuvat						
Jäähdytys­sähkö määrä		MWh/v	133	82	41	41
Jäähdytys­sähkön keskihinta			86,5	86,5	86,5	86,5
Jäähdytyksen huoltokustannukset			2000	1500	0	0
Jäähdytyksen muuttuvat yhteensä			13519	8596	3548	3548
Ero perusvaihtoehtoon nähden		€/v	0	-4923	-9971	0
Lämmitys ja jäähdytys yhteensä			216865	175141	151419	148600
Ero perusvaihtoehtoon nähden		€/v	0	-41724	-65446	-68265
Investointikustannukset						
Liittymät	€		50000	50000	50000	60000
Lämpöpumppulaitos	€		0	200000	330000	470000
Lämpökaivojärjestelmä	€		0	300000	530000	750000
Rakennustekniset työt	€		0	40000	60000	100000
Kattilalaitos	€		200000	200000	200000	200000
Erilliset jäähdytyskoneet	€		130000	80000	0	0
Investoinnit yhteensä			380000	870000	1170000	1580000
Takaisinmaksulaskelma						
			VE 0	VE 1	VE 2	VE 3
1. Pelkkä lämmitys						
Kokonaisinvestointikustannukset	€		250000	790000	1170000	1580000
Investointiero	€			540000	920000	1330000
Säästö perusvaihtoehtoon nähden	€/v			36801	55475	58294
Investoinnin takaisinmaksuaika	v			14,7	16,6	22,8
2. Lämmitys ja jäähdytys						
Kokonaisinvestointikustannukset			380000	870000	1170000	1580000
Investointiero			0	490000	790000	1200000
Säästö perusvaihtoehtoon nähden			0	41724	65446	68265
Lisäinvestoinnin takaisinmaksuaika	v			11,7	12,1	17,6
Kokonaisvuosikustannukset						
			VE 0	VE 1	VE 2	VE 3
Lämmityksen muuttuvat vuosikustannukset	€/v		203346	166545	147871	145052
Jäähdytyksen muuttuvat vuosikustannukset	€/v		13519	8596	3548	3548
Pääomakustannukset	€/v		33130	75851	102006	137752
Kokonaiskustannukset yhteensä	€/v		249995	250992	253425	286351
Ero perusvaihtoehtoon nähden	€/v		0	997	3430	36356

5.5 Ongelmat

Maalämmön suosio on alkanut kasvaa suuremman kokoluokan hankkeissa vasta viime vuosina. Periaatteena on ollut se, että mitä suurempi lämmityspinta-ala ja korkeammat lämpöenergian vuosittaiset tarpeet ovat, sitä kannattavampi maalämpö olisi. Näin ei kuitenkaan aina ole. Isoihin kohteisiin vaaditaan suuri määrä lämpökaivoja, ja tällaisten järjestelmien suunnitteluresurssit sekä hyvä tuntemus ovat vähissä. Tiedon puutetta on paljon, sillä lämpöpumppusovellusten tuntemus on heikkoa, Suomessa on tarjonnan puutetta eikä kokonaistoimittajakaan ole liiaksi. Alan resurssit ovat siis vielä yleisesti ottaen pienet. Tarvetta olisi useammille päteville suunnittelijoille, urakoitsijoille ja toimittajille. Maalämpöjärjestelmän rakentaminen ei siis ole aina yksinkertaista ja helppoa. Haastatellessani kohteen pääurakoitsijoita kävi ilmi, että he olisivat valinneet lämmitysjärjestelmäksi jonkin muun kuin maalämmön, koska moni muu vaihtoehto olisi helpompi toteuttaa. Tilaajan kannalta maalämpö on tietysti paras vaihtoehto tähän Logistiikkakeskuksen kohteeseen, eikä muilla mielipiteillä täten ole väliä.

Maalämpöalan resurssien puutteen vuoksi on lähdettävä ajoissa liikkeelle, mikäli aikoo ottaa kyseisen lämmitysjärjestelmän käyttöön rakennukseen. Hidas liikkeellelähtö on huomioitava aikataulussa ja varauduttava, että kaikki ei heti alusta alkaen mene suunnitelmien mukaan. Pelkästään toimittajien niukkuus ja muut suunnitelmalliset asiat eivät kuitenkaan ole ainoa ongelma ja hidastava tekijä. Poratessamme maan sisään ja mennessämme pohjavesialueen läpi, siihen on haettava lupia alueen lupaviranomaisilta. Yleensä lupa-asioissa saa tehdä selvityksiä toisensa perään eikä mikään välttämättä tapahdu hetkessä. Myös alueen lähiympäristö saattaa vastustaa hanketta valituksin mm. ympäristöriskien ja meluhaittojen vuoksi, mikä hidastaa jälleen projektin etenemistä.

Pohjavesialueet ja niihin liittyvät riskit on huomioitava tarkoin ennen poraustöiden aloittamista. Riskit liittyvät yleensä pohjaveden pilaantumiseen välillisesti maaperän saastumisen kautta tai suoraan porauksen yhteydessä. Pintavesien valuminen pohjaveteen ja kalliopohjaveden kerrosten sekoittuminen aiheuttavat riskejä. Poraustyöt voivat pahimmillaan vaikuttaa pohjaveden virtausolosuhteisiin luomalla

niille uusia virtausreittejä. Tämän seurauksena saatavan pohjaveden määrä saattaa muuttua sekä lähikaivot voivat kuivua. Tämä on kuitenkin melko harvinaista. Suurin ja ehkäpä todennäköisin riski pohjavesille on suolaisen ja makean sekä hyvä- ja huonolaatuisen pohjaveden sekoittuminen keskenään. (3.)

Poraustöiden alkaessa on muistettava, että ne kestävät usein jopa useita kuukausia isommissa kohteissa. Poraukset saattavat tapahtua laajalla alueella ja porarit siirtyvät päivittäin alueelta toiselle vieden tilaa muulta rakentamiselta. Kun reiät ovat maassa eli energiakenttä valmis ja putkia aletaan kaivaa reikien välille, syntyy alueelle melkoisen rikkonainen ja koneille vaikeakulkuinen sokkelo. Tämän vuoksi samanaikaisten töiden suunnittelu ja järjestäminen vaatii pohdintaa, muuten kaikki hidastukset näkyvät suoraan aikataulussa ja budjetissa. Tietysti tahdistavat työt tehdään ensin, mutta niin etteivät ne liikaa estä muita samaan aikaan alkavia tehtäviä. Rakentaminen on monimutkaista.



Kuva 16. Maalämpöputkien avoimet kaivannot kaivojen välillä (20.)

Valmiita kaivoja on vaikea huomata maassa, joten niiden merkitseminen on tärkeää. Yksi rikkoutunut kaivo voi maksaa jopa 10 000 – 15 000 €. Korjaus on siis kallista ja hidasta. Myös muut rakennustyön aikaiset yllätykset on huomioitava aikataulua laatiessa, koska yllätyksiä tulee aina. Porareikien käytännön sijoittelu voi muuttua kesken rakentamisen, reikien määrät voivat kasvaa, sortuneiden reikien uudelleen poraus ja sijoitus vievät aikaa ja moni muu tekijä näiden lisäksi saattaa pahimmillaan luoda hyvinkin ikäviä seurauksia projektille.

Rakentamiseen liittyy ongelmia aina maankaivusta vesikattoon, eikä maalämpö tee poikkeusta tähän. Ongelmien ennakointi, ehkäisy, niiden ratkaiseminen ja niistä oppiminen helpottavat kaikkea tätä, mutta ei siltikään tee rakentamisesta koskaan ongelmatonta.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Maalämmön kannattavuus paranee jatkuvan energian hintojen nousun myötä, sillä lämpöpumpuista saatavaan ilmaisenergian osuuteen eivät hinnan nousut vaikuta. Maalämmön kysyntä onkin kovassa kasvussa ja nämä järjestelmät yleistyvät Suomessa vuosi vuodelta. Niin sanottua ilmaisenergiaa päästään hyödyntämään heti kalliiden investointikustannusten ja takaisinmaksuaikojen jälkeen. Takaisinmaksuajat vaihtelevat tapauskohtaisesti, ja joskus ne voivat laskelmien mukaan olla niin pitkiä (esim. pientaloissa yli 10 vuotta, halleissa yli 20 vuotta), että kohteeseen on viisaampaa valita jokin toinen lämmitysjärjestelmä. Maalämpö ei siis ole aina välttämättä paras ratkaisu kalliista energianhinnoista huolimatta.

Maalämpöjärjestelmässä on kuitenkin myös paljon hyvää. Maalämpöä voisi luonnehtia käyttäjälleen lähes riskittömäksi ja varmaksi ratkaisuksi. Se on luotettava, uusiutuva sekä tasainen lämmönlähde ympäri vuoden. Parhaimmillaan se on edullista lämpöä, ja siitä saa samalla lähes ilmaista jäähdytystä niin halutessaan. Lämmitysjärjestelmänä se on siis taloudellinen ja kuormittaa vähiten ympäristöä.

Suomessa maalämpömarkkinat ovat vielä rajalliset ja resurssit valitettavan pienet. Aihe täällä lisää tutkimista, tietoa ja kehittelyä, jotta maalämpöä voitaisiin käyttää mahdollisimman tehokkaasti, monipuolisesti ja oikein tulevaisuudessa. Suomi onkin teollisuusmaiden häntäpäässä lämpöpumppujen hyödyntämisessä. Laajamittaista osaamista ja kulttuuria ei ole vielä päässyt tänne syntymään. Suomessa onkin tämän takia lähes koko potentiaali käyttämättä.

Isompaan projektiin tai pientaloonkin maalämpöä valittaessa, on selvitettävä hyvissä ajoin sen kannattavuus ja toteutettavuus. Jos alkutekijöissä hätäilee tai esimerkiksi järjestelmä tulee mitoitetuksi väärin, voi se olla hyödytön ja hyvinkin kallis investointi. Aina kannattaa siis kääntyä heti ammattilaisten puoleen ja sitä kautta lähteä selvittämään mahdollisuuksia omaan kohteeseen.

Maalämpöön kannattaa panostaa ja sitä tutkia. Sen ekologisuuden avulla saamme lisää elinaikaa maapallollemme. Uusiutuvana energianlähteenä maalämmöllä lämmittäminen ei ole riippuvainen monista muista energioista, koska se tarvitsee vain hieman sähköä toimiakseen. Muiden energiamuotojen kallistuessa ja jäädessä vähemmälle maalämpö kiilaa suosituksi tulevaisuuden lämmönlähteeksi. Maalämpö onkin tätä päivää ja tulevaisuutta!

LÄHTEET

1. RT-kortisto: RT 50-10755, Maalämmitys, 2001
2. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia
[viitattu: 19.12.2011].
3. Ympäristöopas 2009, Lämpökaivo, Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa, Janne Juvonen.
4. Saatavissa: http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=114 [viitattu: 12.12.2011].
5. Saatavissa: <http://www.senera.fi/Maalampo> [viitattu: 1.2.2012].
6. Saatavissa: <http://berganskiinteistot.files.wordpress.com/2010/05/bergans-geoenergia-19-3-10.pdf> [viitattu: 20.12.2011].
7. Saatavissa: <http://www.poratek.fi/fi/porakaivot/normiporakaivon+kriteerit/>
[viitattu: 19.11.2011].
8. Saatavissa: <http://www.maalampo.fi/> [viitattu: 12.11.2011].
9. Opas maalämmöstä, Motiva. Lämpöä omasta maasta, 2010
10. Saatavissa: <http://www.dimplex.de/fi/ammattilaisille/tekniikan-selitykset/laempoepumput/laempoepumppusanasto/kaesitteiden-maeerittely/1.html>
[viitattu: 19.1.2012].
11. Saatavissa: <http://www.ara.fi/default.asp?node=1263&lan=#a0> [viitattu: 9.1.2012].

12. Saatavissa: http://www.stat.fi/artikkelit/2007/art_2007-04-18_004.html [viitattu: 3.2.2012].
13. Saatavissa:
http://www.sulpu.fi/images/stories/pdf/files/yleista_lampopumpuista.pdf [viitattu: 14.10.2011].
14. Saatavissa: <http://tilastokeskus.fi> [viitattu: 22.12.2011].
15. Saatavissa: <http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Kehitys1201.pdf> [viitattu: 15.1.2012].
16. Saatavissa:
<http://www.energiamarkkinavirasto.fi/data.asp?articleid=2806&pgid=67> [viitattu: 15.1.2012].
17. Itella Pennalan geoenergiatutkimukset ja energiakaivokenttän mallinnus, Leppäharju, Martinkauppi ja Kallio (Geologian tutkimuskeskus, GTK), 2011
18. Maalämpökeskustelut sähköpostissa, tammikuu-maaliskuu 2012
19. Taloustarkastelu/Kustannusevertailu taulukko, Enersys Oy.
20. Omat valokuvat ja tulosteet työmaalta.

LIITTEET

LIITE 1 Porausraporttiesimerkki tutkimuskaivoista (kaivot 1 ja 2)

PORAUSRAPORTTI

Hella logistiikkakeskus, Pennala, koekaivot
 Porausliike: Pirkanmaan Porakaivo Oy
 Tilaaja: Rakennusosakeyhtiö Hartela Oy

Viitteellinen sijaintikuva kaivoista ohessa.

KAIVO 1

Porauspäivä	5.4.2011
Porari	Vesa Purakasmäki
Kokonaissyvyys	230 m
Teräsputken määrä ø 193.7x4.5	12 m
Kaivon tuotto porauksen jälkeen	6000 l/h
Mankeoitu	2 kertaa

Havainnot kallioperästä:

valkoisen harmaa	17-78	m
punertava kallio	78-96	m
ruskea kallio, ensimmäinen vesihalkeama, kaivon tuotto n. 100 l/h	110	m
ruskea kallio, toinen vesihalkeama, kaivon tuotto n. 2000 l/h	145	m
harmaa	170	m
ruhje/onkalo, sortuu, kaivo ei pysy auki	230-234	m

Keruuputkitus:

putkituspäivämäärä	4.5.2011
Putkimateriaali	PE40x2,4
Putkistotyyppi	U
Lämmönsiirtoneste	Naturet vesi-etanoli 28 p-%
Eroittimet, tiheys 5 m,	ei erottimia

KAIVO 2

Porauspäivä	5.4.2011
Porari	Risto Peltonen
Kokonaissyvyys	300 m
Teräsputken määrä ø 193.7x4.5	12 m
Kaivon tuotto porauksen jälkeen	1700 l/h
Mankeoitu	2 kertaa

Havainnot kallioperästä:

punertava	12-25	m
harmaa	25-70	m
punertava	70-90	m
vaihteleva väri	140-300	m
ensimmäinen niukka vesihalkeama	140	m
vesihalkeama, tuotto n. 1500 l/h	290	m

Keruuputkitus:

putkituspäivämäärä	4.5.2011
Putkimateriaali	PE40x2,4
Putkistotyyppi	U
Lämmönsiirtoneste	Naturet vesi-etanoli 28 p-%
Eroittimien asennustiheys	5 m

LIITE 2 Keskeisiä asioita maalämpöjärjestelmän urakkaneuvotteluja varten

KESKEISIÄ ASIOITA MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄN URAKKANEUVOTTELUJA VARTEN

Tarjouspyynnön mukaisuus

- Tarjouspyynnön mukaisuuden toteaminen
 - Toimituslaajuus
 - Toimitusrajat
 - Suoritusarvot (ks. Oma kohta)
- Rakenneteknisten vaatimusten täyttyminen
- Toimitusaika
- Takuu, takuuhuollot
- Puutteiden läpikäynti ja täydennyspyynnöt

Toimitusrajojen tarkempi läpikäynti

- Putkipuolen rajapinnat (lämpö, käyttövesi, jäähdytys, liuospiiri)
- Sähköpuolen rajapinnat
- Automaatio
 - Toiminta, käyttöliittymä, rajapinnat, tiedonsiirtoprotokolla
 - Hälytykset ja hälytysten siirto

Lämpöpumppulaitoksen suoritusarvot

- Olosuhteet, joissa suoritusarvot määritelty (lämmitys ja jäähdytystilanne erikseen)
 - Kylmäaine
 - Taajuus, jolla suoritusarvot määritelty (esim. 50 Hz)
 - Käytetty maaliuos
 - Liuoslämpötilat
 - Liuosvirtaus
 - Lämpökuorman lämpötilat
 - Lämpökuorman virtaus
 - Jäähdytyskuorman lämpötilat ja virtaus (jos vaadittu)

Suoritusarvot

- Lämmitysteho
- Vastaava lämpökerroin (pelkkä kompressori/koko laitos?)
- Jäähdytysteho (mikäli vaadittu)
- Vastaava kylmäkerroin
- Lämpöpumpun korkein tuottolämpötila ja vastaava liuoslämpötila

Suoritusarvojen mittaaminen, mitataanko, miten

Muita asioita

- Lämpöpumppujen tehon säätötapa ja säätöportaiden lukumäärä
- Lämpöpumppujen käynnistys (taajuusmuuttajat, pehmo jne)
- Tarvittavat lämpömäärälaskurit
- Koekäyttö, koekäyttöpöytäkirjat
- Käyttöönotto kohteessa (kuuluu yl. Toimitukseen)
- Vaadittavat huolto- ja käyttöohjeet