

Aki Kilpijärvi

MAALÄMPÖPUMPPUJEN MITOITUKSIEN VERTAILU

MAALÄMPÖPUMPPUJEN MITOITUKSIEN VERTAILU

Aki Kilpijärvi
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Talotekniikankoulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikankoulutusohjelma

Tekijä(t): Aki Kilpijärvi

Opinnäytetyön nimi: Maalämpöpumppujen mitoituksien vertailu

Työn ohjaaja(t): Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2015 Sivumäärä: 36+4

Työn tarkoituksena oli selvittää mahdollisia eroja maalämpöpumppuvalmistajien porakaivon mitoituksista. Työn aiheeseen kiinnitettiin huomiota, kun asiakkaiden kautta tuli ilmi, että joissakin kohteissa porakaivon syvyys vaihteli eri valmistajien välillä useita kymmeniä metrejä. Työssä selvitettiin myös lämmitysjärjestelmän vaikutus porakaivon syvyyteen sekä porakaivon syvyyden ero Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä.

Työ aloitettiin valitsemalla esimerkkikohteet. Työhön tarvittavat mitoitusohjelmat pyydettiin maalämpöpumppuvalmistajilta. Earth Energy Designer -ohjelma saatiin käyttöön Oulun ammattikorkeakoululta. Lähtöarvot asetettiin mitoitusohjelmissa samoiksi, jotta tuloksia voitiin verrata toisiinsa.

Työssä saatiin selville, että porakaivon syvyydet Etelä-Suomessa olivat lähellä toisiaan, mutta Pohjois-Suomessa oli hyvin suuria eroja. Pisimmän ja lyhimmän kaivon ero kohteessa 5 oli jopa 51 metriä. Erot johtuivat osittain siitä, että mitoitusohjelmat laskivat energiantarpeen hyvin erisuuruisiksi. Myös vuotuisessa keuruupiiriin keskilämpötilassa oli mitoituksien välillä suuriakin eroja.

Lämmitysjärjestelmän vaikutus porakaivon syvyyteen ilmeni työn tuloksissa selvästi. Porakaivon syvyys patterilämmitysjärjestelmissä oli keskimäärin noin 11 metriä lyhempi kuin lattialämmitysjärjestelmissä. Etelä-Suomessa porakaivon syvyys oli keskimäärin noin 34 metriä lyhempi kuin Pohjois-Suomessa.

Työtä tehtäessä todettiin, että aihetta olisi hyvä tutkia myös laajemmin. Tarkempaa vertailua varten pitäisi päästä tutkimaan muun muassa mitä oletuksia mitoitusohjelmat käyttävät.

Asiasanat: maalämpö, porakaivo

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 MAALÄMPÖ	7
2.1 Keruujärjestelmät	7
2.1.1 Lämpökaivo	8
2.1.2 Vaakaputkisto	9
2.1.3 Vesistö	11
2.2 Maalämpöpumppu	12
2.2.1 Toimintaperiaate	12
2.2.2 Mitoitus	13
2.2.3 Pumpputyypit	13
3 MITOITUKSIEN VERTAILU	19
3.1 Mitoituksien lähtötiedot	19
3.2 Mitoitusohjelmat	19
3.2.1 Bosch	20
3.2.2 Gebwell	21
3.2.3 Nibe	21
3.2.4 Thermia	22
3.2.5 Earth Energy Designer (EED)	23
3.3 Mitoitustulokset	24
3.3.1 Kohde 1	24
3.3.2 Kohde 2	25
3.3.3 Kohde 3	26
3.3.4 Kohde 4	26
3.3.5 Kohde 5	27
3.3.6 Kohde 6	28
3.3.7 Kohde 7	28
3.3.8 Kohde 8	29

3.4 Tulosten analysointi	30
3.5 Porakaivon syvyys Etelä- ja Pohjois-Suomessa	32
3.6 Porakaivon syvyys eri lämmitysjärjestelmillä	33
4 YHTEENVETO	34
LÄHTEET	35
LIITTEET	
Liite 1. Bosch Compress 500 LW/M tekniset tiedot	
Liite 2. Gebwell Qi tekniset tiedot	
Liite 3. Nibe F1245 tekniset tiedot	
Liite 4. Thermia Diplomat tekniset tiedot	

1 JOHDANTO

Kodikaslämpö Oy tilasi työn, jossa vertaillaan eri maalämpöpumppuvalmistajien mitoitusohjelmien mitoittamia porakaivojen syvyyksiä. Asiakkaiden kautta tuli ilmi, että joissakin asiakkaiden saamissa maalämpöpumppujärjestelmien tarjouksissa porakaivojen syvyydet vaihtelivat paljon.

Työssä analysoidaan mitoitusohjelmien antamia tuloksia. Mitoitukset tehdään viidellä eri mitoitusohjelmalla kahdeksaan eri kohteeseen. Työssä vertaillaan myös porakaivon syvyyttä lattialämmitysjärjestelmän ja patterilämmitysjärjestelmän välillä sekä Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä.

Tässä opinnäytetyössä tarvittavat mitoitusohjelmat saatiin käyttöön maalämpöpumppuvalmistajilta. Earth Energy Designer -ohjelma saatiin käyttöön Oulun ammattikorkeakoululta.

2 MAALÄMPÖ

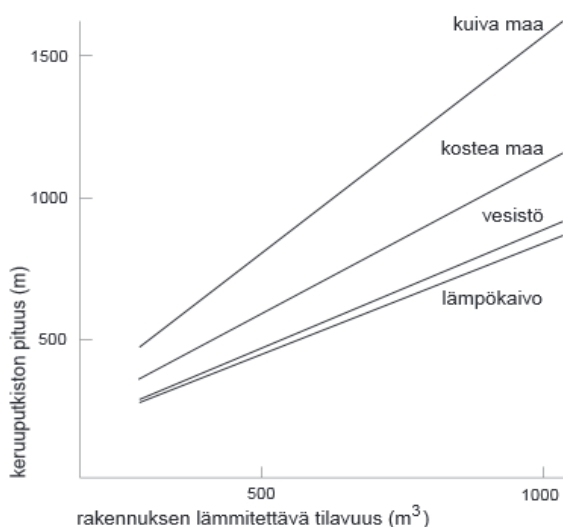
Maalämpö on auringonpaisteen, lämpimän ilman ja sateiden kautta varastoitunutta aurinkoenergiaa. Lämmönlähteenä maalämpö on tasainen ja varma ympäri vuoden. (1, s. 3.)

Yleisimmin maalämpöjärjestelmää käytetään pientaloissa, mutta se soveltuu hyvin myös suurempiin kohteisiin kuten rivi- ja kerrostaloihin sekä liike-, toimisto- ja teollisuusrakennuksiin. Suurissa kohteissa useita lämpöpumppuja kytketään toimimaan rinnakkain tai vuorotellen lämmöntarpeen mukaan. Mitä suurempi rakennus ja energiankulutus ovat, sitä kannattavammaksi maalämpöjärjestelmän investointi tulee. Lämmönkeruujärjestelmän oikeatyypin ja tarkoituksenmukaisen valinnan ja suunnittelun kannalta tontin tai rakennuspaikan maaperäolosuhteet tutkia riittävän tarkasti. (1, s. 3.)

2.1 Keruujärjestelmät

Keruupiiri voidaan asentaa kallioon, maaperään tai vesistöön. Yleisimmin lämmönkeruunesteenä käytetään veden ja etanolin liuosta. Liuoksen jäätymispiste on noin -17 °C . (2, s. 46.)

Keruuputkiston pituus riippuu keruujärjestelmästä ja maaperän laadusta. Ohessa on esimerkki ohjeellisista keruuputkiston pituuksista. (Kuva 1.)



KUVA 1. Esimerkki putkistopituuksista eri lämmönkeruujärjestelmillä (1, s. 4)

2.1.1 Lämpökaivo

Suurin osa maalämpökohteista toteutetaan nykyisin lämpökaivolla. Lämpökaivo on porakaivo, josta lämmönkeruuputkisto siirtää kallioon ja pohjaveteen varastoitunutta lämpöä rakennuksen lämmittämiseen (kuva 2). Suurin osa maalämpökohteista toteutetaan nykyisin lämpökaivolla. Se sopii myös suurempien kiinteistöjen lämmönlähteeksi, jolloin voidaan joutua poraamaan useampia lämpökaivoja. (1, s. 3.)



KUVA 2. Lämpökaivo (3)

Lämpökaivoa ei kannata porata 200:aa metriä syvemmäksi. Kaivon vedellä täytynyt syvyys lasketaan teholliseksi syvyydeksi. Järjestelmissä, joissa tarvitaan useaa lämpökaivoa, lämpökaivot kytketään kytkentäkaivossa rinnakkaisiksi putkisilmukoiksi. Näin saadaan alennettua pumppauskustannuksia. Kaivojen väli pitää olla vähintään 15–20 metriä. (1, s. 3.)

Putkiin pitää kiinnittää paino, joka vetää putket suorana alas. Paino määritetään kaivosyvyyden mukaan. Paino tarvitaan, koska putket ovat hieman vettä keveämpiä. (1, s. 3.)

Lämpökaivon syvyys riippuu tarvittavasta lämmitysenergian määrästä. Lämpökaivon syvyys mitoitetaan vanhoissa rakennuksissa toteutuneen lämmitysenergian kulutuksen mukaan ja uudisrakennuksissa laskennallisen lämmitysenergian kulutuksen mukaan. Alla olevasta taulukosta löytyvät lämpökaivon mitoituksen raja-arvot eri alueille (taulukko 1).(4.)

TAULUKKO 1. Lämpökaivon mitoituksen raja-arvot (5, s. 18)

Lämpökaivo	1 alue	2 alue	3 alue	4 alue
kWh/m	150	140	130	120
W/m	42–43	38–41	34–38	30–35
Liuoksen keskilämpötila, °C	-2,5 ...+1	-2,5...+1	-2,5...+1	-2,5...+1

Lämpökaivon oikea mitoitus on tärkeää, koska alimitoitettun kaivon jäätyminen voi alkaa vasta 5–10 vuoden jälkeen. Reilusti alimitoitettun lämpökaivon jäätyminen voi aiheuttaa kollektorivaurion jo ensimmäisen käyttötalven aikana. (6, s. 6.)

Lämpökaivon jäätymisellä tarkoitetaan lämpökaivossa olevan veden jäätymistä. Jäätymistä alkaa tapahtua paikallisesti siten, että jäätyneiden alueiden väliin jää sulia osuuksia. Sulien vyöhykkeiden paine kasvaa jäätyneen edetessä kummaltakin suunnalta, koska jään ominaistilavuus on noin 10 % veden ominaistilavuutta suurempi. Veden paineen vuoksi, kollektori alkaa painua kasaan, jolloin virtaus heikkenee tai estyy kokonaan. Tässä tilanteessa kollektori joudutaan uusimaan. Vanhan kollektorin ulosveto ei aina onnistu, joten tilalle on porattava uusi lämpökaivo. (6, s. 6.)

Jäätyminen tapahtuu lievissä alimitoituksissa hitaasti ja jäätyneet osuudet kasvavat vuosi vuodelta. Liuoslämpötilan laskusta ei voi havaita jäätymistä, koska jään lämmönjohtavuus on kuitenkin jopa kolminkertainen kaivossa olevaan kylmään veteen verrattuna. Jäätyminen ilmenee usein liuoskierron vähittäisenä heikentymisenä, koska kollektoriputket painuvat paikoittain kasaan. (6, s. 6.)

2.1.2 Vaakaputkisto

Vaakaputkistoa voidaan käyttää, jos tontti on riittävän suuri (kuva 3). Tontin kasvillisuudelle ei aiheudu haittaa putkistosta eikä putkisto estä normaalia puutarhan hoitoa. Pihateiden ja kulkureittien alle putkistoa ei kannata asentaa, koska niiden alla putkisto on suojattava roudalta. (1, s. 4; 7, s. 4.)



KUVA 3. Vaakaputkisto (3)

Vaakaputkiston mitoituksessa merkittävintä on maaperän lämmönjohtavuus ja kosteuspitoisuus. Ne kannattaa tutkia jo suunnitteluvaiheessa, koska ne voivat vaihdella suuresti jo pienelläkin alueella. Pinta-alan tarve voi olla huomattavasti suurempi kuivassa maaperässä kuin kosteassa maassa. Maalajeista vain sora-harjut ovat yleensä liian kuivia, joten ne eivät sovellu kovin hyvin maalämpöjärjestelmille. Savipitoinen maalaji joka sisältää paljon vettä soveltuu parhaiten. (Taulukko 2.)(1, s. 4.)

TAULUKKO 2. Maasta vuotuisesti saatavan lämpöenergian ohjeellisia arvoja (1, s. 4)

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

Putkisto kannattaa enemmän ylimitoittaa kuin alimitoittaa, koska alimitoitettu putkijärjestelmä johtaa lämmönlähteen hiipumiseen ja alhaisempaan höyrystyslämpötilaan. Karkeasti voidaan todeta, että lämmitettävää rakennuskuutiota kohti tarvitaan 1–2 putkimetriä. Putkiston vaatima pinta-ala on noin 1,5 m² putkimetriä kohti. Putkisto asennetaan noin 0,7–1,2 metrin syvyyteen ja putkilenkkien väli

on noin 1,2–1,5 m. Kohteen maantieteellinen sijainti vaikuttaa asennussyvyyteen. (1, s. 4.)

Putkena käytetään tavallista muovista vesijohtoputkea PELM NS32, NS40 ja MS50/NP 10. Putket tuodaan lämpöpumpulta noin Ø 100 mm:n suojaputkessa ja 1020 mm:n seinämävahvuisella putkieristeellä eristettynä noin 2 metrin etäisyydelle sokkelin ulkopuolelle. Vesijohtojen, viemärien ja talvella puhtaana pidettävien kulkuväylien kohdalla, putket eristetään paikallisesti routaeristeellä. (1, s. 4.)

Putkien ympärille ja putkikaivannon pohjalle asennetaan 200 mm kivetöntä kaivuumaata. Kaivantoon putken asennussyvyyden puoliväliin olisi myös hyvä laittaa asennuksen yhteydessä keltainen muovinen merkkinauha. (1, s. 4.)

2.1.3 Vesistö

Järvet, lammet ja merenrannat soveltuvat maalämpöpumpun lämmönlähteeksi (kuva 4). Jotta putket voidaan viedä veteen routarajan alapuolelta, rannan läheisyydessä veden syvyys on oltava vähintään 2 metriä. Vesistön syvyyden tulisi olla vähintään kolme metriä, etteivät jäät riko putkia. Jokiin ei yleensä asenneta putkistoa. Hankkeelle on saatava vesialueen omistajan lupa, ennen kuin suunnittelua voidaan aloittaa. (1, s. 4.)



KUVA 4. Vesistöön asennettu putkisto (3)

Putket asennetaan veteen kuten vaakaputkisto, mutta ne ankkuroidaan vesistön pohjaan kiinnittämällä putkien ympärille 6–30 kg:n betonipainoja noin 1–2 metrin välein. Rannalle asetetaan ankkuroinnin kieltävät varoituskyltit ja putkiston

sijainnista piirretään kartta. Vesistöstä vuodessa saatava energia putkimetriä kohden on 10–80 kWh. (1, s. 4.)

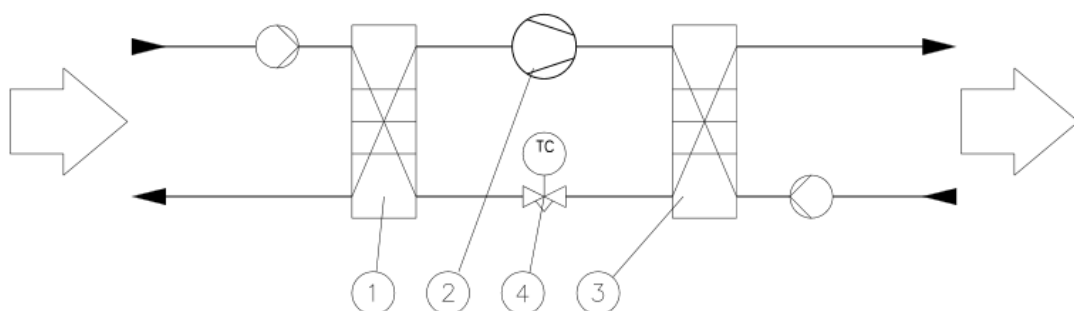
2.2 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpulla lämmönkeruuputkistolla kerätty lämpöenergia siirretään rakennuksen käyttöön sähkön avulla. Maalämpöpumppu muuttaa lämmönkeruuputkistolla saatavan 1–4-asteisen lämmön 30–65-asteiseksi lämmöksi. Sillä lämmitetään lattiaa tai lämmityspattereita ja lämmintä käyttövettä. (8)

2.2.1 Toimintaperiaate

Seuraavassa on kerrottu maalämpöpumpun toimintaperiaate (kuva 5).

1. Lämmönkeruuputkistossa lämmennyt neste kiertää höyrystimen kautta. Höyrystimessä lämpöenergia siirtyy kylmäaineeseen, joka höyrystyy.
2. Kompressori imee kylmäainehöyryn ja puristaa sen korkeampaan paineeseen. Puristuessaan höyry myös lämpenee.
3. Lauhduttimessa lämpöenergia siirtyy kylmäaineesta rakennuksen lämmitysjärjestelmään. Samalla kylmäaine muuttuu nesteeksi. Lämpöenergia hyödynnetään sekä rakennuksen että käyttöveden lämmitykseen.
4. Paisuntaventtiilissä kylmäaineen paine laskee, jolloin myös kylmäaineen lämpötila laskee. Kylmäaine virtaa höyrystimeen ja prosessi jatkuu kohdan 1 mukaisesti. (2, s. 14.)



KUVA 5. Maalämpöpumpun periaatekaavio (9, s. 230)

2.2.2 Mitoitus

Maalämpöjärjestelmä on tärkeä mitoittaa oikein. Maalämpöpumppu voi muuten tuottaa liian suuren osan lisävastuksilla. Ylimitoituskaan ei ole hyvä, koska se maksaa enemmän ja maalämpöpumppu käy vain lyhyitä jaksoja. Tämä taas kuluttaa maalämpöpumppua ja lisää energiankulutusta. Paras hyötysuhde saavutetaan vasta useiden minuuttien jälkeen käynnistyksestä. Oikein mitoitettu maalämpöpumppu kestää jopa kymmeniä vuosia. (10)

Lämmitysjärjestelmää vaihdettaessa maalämpöjärjestelmän mitoitus perustuu toteutuneeseen lämmitysenergian kulutukseen. Maalämpöjärjestelmää mitoitettaessa on tärkeää tarkastella energiankulutusta mahdollisimman pitkältä ajanjaksolta. Näin saadaan selville vuosittaiset erot lämmitysenergian tarpeesta. (10)

Uudisrakennuksen energian kulutus selviää energiatodistuksesta. Siitä selviävät lämmitysenergian tarve ja huipputeho, minkä pohjalta maalämpöjärjestelmä voidaan mitoittaa. (10)

Maalämpöjärjestelmä voidaan mitoittaa joko osatehoiseksi tai täystehoiseksi. Osatehomitoituksessa järjestelmä tuottaa 60–90 % tehosta, jolloin se voi kattaa 90–98 % rakennuksen vuosienergiasta. Kovimpien pakkasien aikaan joudutaan käyttämään lisälämmitystä. Lisälämpö saadaan maalämpöpumpussa olevasta sähkövastuksesta tai mahdollisesta tulisijasta. (2, s. 31.)

Lämpökerroin (COP = Coefficient of Performance) kuvaa maalämpöpumpun tehokkuutta. Luku kertoo, paljonko maalämpöpumppu tuottaa lämpöenergiaa kuluttamansa sähköenergiaan verrattuna. Suomessa lämpökertoimen keskiarvo vuositasolla on kolme. (2, s. 31.)

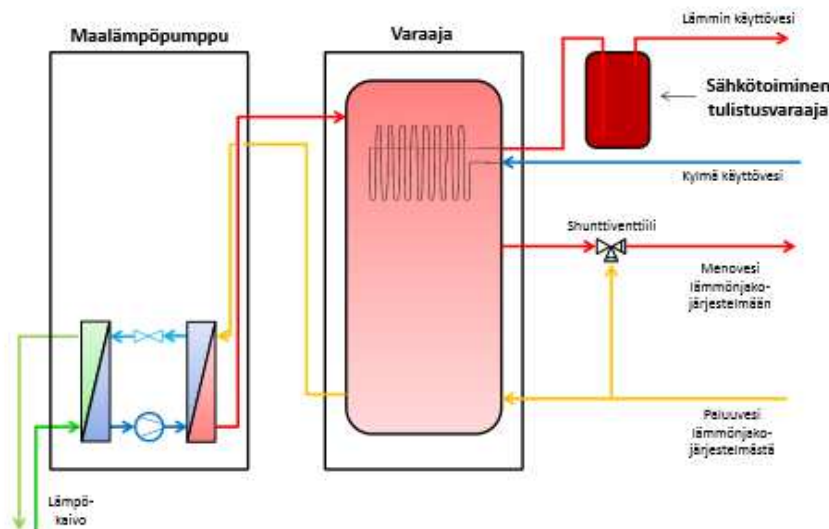
2.2.3 Pumpputyypit

Eri pumpputyypien perustoimintaperiaate on samankaltainen. Suurimmat erot syntyvät pumppujen erilaisesta tavasta ohjata maalämmöllä lämmitettyä vettä tilojen ja käyttövedenlämmittämiseen. Jokaisella pumpputyypillä on omat vah-

vuutensa ja heikkoutensa. Pumpputyypin oikealla ja käyttötarkoitukseen sopivalla valinnalla voi olla iso merkitys sähkönkulutukseen, toimintavarmuuteen ja käyttömukavuuteen. (11, s. 5.)

Kiinteälauhdutuksen maalämpöpumppu

Kiinteälauhdutteisessa maalämpöpumpussa lämmitetty vesi ohjataan erilliseen varaajaan (kuva 6). Varaajasta lämpöä ohjataan samanaikaisesti käyttöveden ja lämmitykseen. Käyttövesi lämmitetään varaajassa olevan kierukan avulla. Lämmönjakoverkostoon menevä vesi säädetään sopivaksi sekoittamalla shunttiventtiilissä varaajasta tulevaa lämmintävettä ja lämmönjakoverkostosta palaavaa paluuvettä keskenään. (11, s. 5.)



KUVA 6. Kiinteälauhdutteisen maalämpöpumpun periaatekaavio (11, s. 5.)

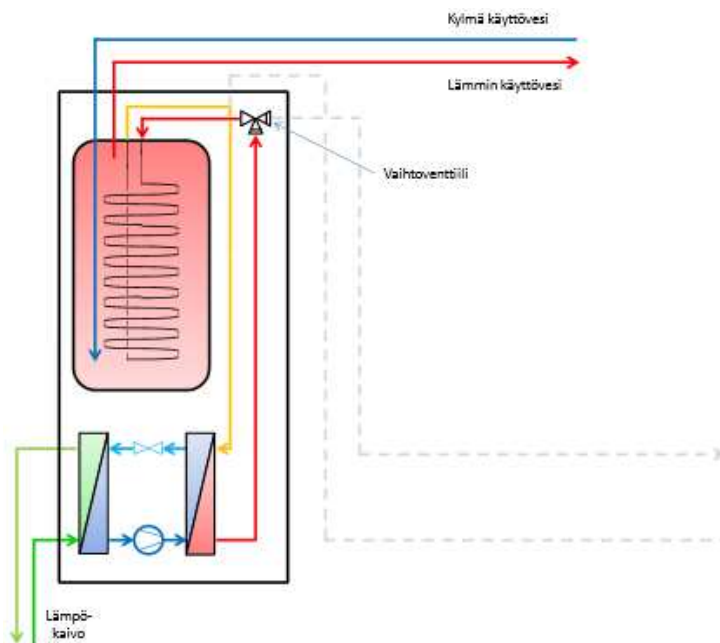
Jotta pumpulle saadaan pitkiä käyntijaksoja, on varaajan oltava riittävän iso. Näin ollen pumpun kompressoria rasittavia käynnistyskierroksia syntyy vähän ja pumppu kestää pitkään. (11, s. 5.)

Yleensä kiinteälauhdutteista pumppua ohjataan käyttöveden lämmityksen mukaan. Varaaja on pidettävä kuumana myös kesällä, jotta saadaan riittävästi käyttövettä. Kuumaa vettä tuottaessaan maalämpöpumput kuluttavat aina

enemmän sähköä tuotettuun energiamäärään nähden. Tämän vuoksi kiinteälauhdutteisessa maalämpöpumpun sähkönkulutus on suurempi kuin muilla pumpputyypeillä. (11, s. 6.)

Vaihtuvanlauhdutuksen maalämpöpumppu

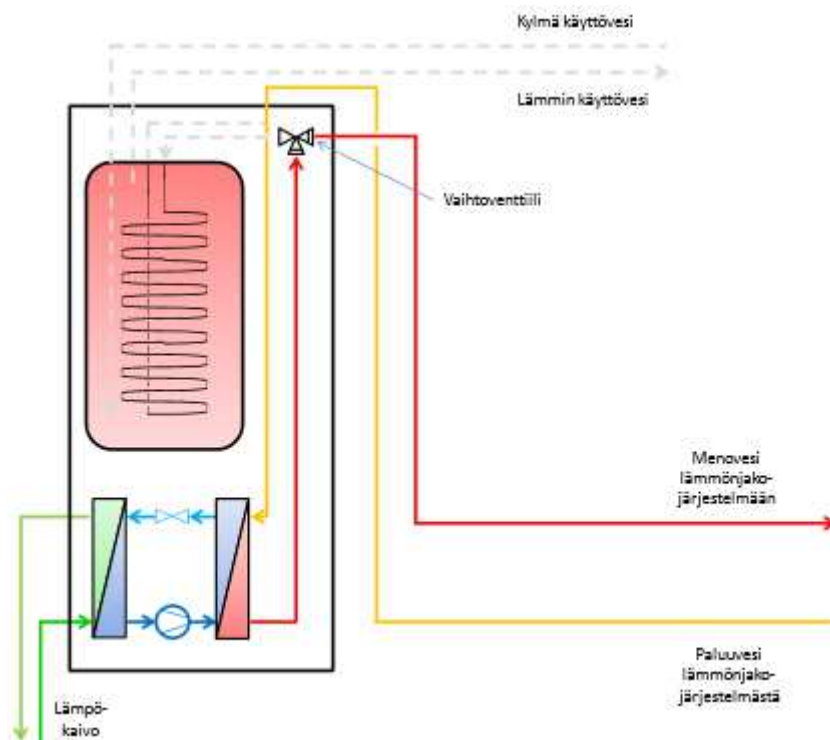
Vaihtuvalauhdutteisessa maalämpöpumpussa lämpöä tuotetaan joko käyttöveteen tai lämmitysverkostoon. Lämmitettäessä käyttövettä koko pumpun teho kohdistetaan hetkellisesti käyttövesivaraajassa olevaan kierukkaan (kuva 7). Kierukassa kulkeva kuuma vesi lämmittää varajassa olevan käyttöveden nopeasti tavoitelämpötilaan. Laitteisto tarvitsee vähemmän tilaa, koska käyttövesivaraajat voivat olla pienempiä. (11, s. 8.)



KUVA 7. Vaihtuvalauhdutteisessa maalämpöpumpussa vaihtuventtiili käyttöveden lämmityksen asennossa (11, s. 8)

Kun käyttövesivaraajan lämpötila saavuttaa tavoitetilansa, pumpun tuottaman lämpimän veden suunta ohjataan vaihtuventtiilin avulla lämmitysverkostoon (kuva 8). Pumppu tuottaa lämmön oikean lämpöisenä suoraan lämpöverkkoon ulkoilmanlämpötilan mukaan. Vaihtuvanlauhdutuksen pumpulla voidaan tuottaa matalalämpöistä vettä pitkiä jaksoja, koska lämmityskaudella kovia pakkasia on

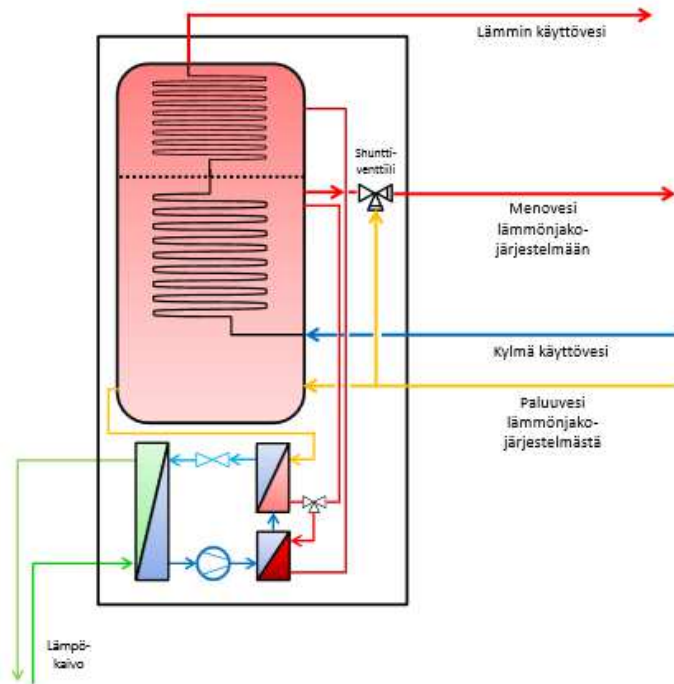
harvoin. Matalalämpöisen veden tuottaminen takaa pumpulle hyvän vuosilämpökertoimen. (11, s. 8.)



KUVA 8. Vaihtuvalauhdutteisen maalämpöpumpun vaihtuventtiili lämmitys asennossa (11, s. 8)

Tulistusmaalämpöpumppu

Lämmön tuottaminen tulistuslämpöpumpulla tapahtuu yhden lämmönvaihtimen sijasta kahdella lämmönvaihtimella (kuva 9). Kompressorin jälkeen sijoitettua lämmönvaihdinta kutsutaan tulistimeksi, ja jälkimmäistä lauhduttimeksi. Tulistimessa kuumasta kylmäainekaasusta siirretään lämpöä lauhduttimessa esilämmitettyyn veteen. Näin saadaan pieniä määriä jopa 70–90-asteista lämpöä käyttöveden lämmittämiseen. Lauhduttimessa loput jäljelle jääneestä lämmöstä siirretään tilojen lämmitykseen. (11, s. 6.)



KUVA 9. Tulistusmaalämpöpumpun periaatekaavio (11, s. 7)

Lämminvesivaraaja on jaettu kahteen osaan. Ylempään osaan ohjataan tulistimesta saatu lämpö ja alaosaan lauhduttimesta saatu lämpö. Varaajassa vesi pääsee liikkumaan osien välillä, mutta reikälevy pitää kuitenkin osien lämpötilat erilaisina. Varaajan alaosassa olevalla kierukalla esilämmitetään käyttövettä. Esilämmitetty vesi johdetaan varaajaan yläosassa olevan kierukan läpi käyttövesiverkostoon. (11, s. 7.)

Käyttöveden tarvittava lämpö saadaan tilojen lämmittämisen sivutuotteena. Matalalämpöistä vettä tuottaessa saadaan samalla käyttövettä pienellä sähkönkulutuksella ja matalalla kompressoripaineella, mikä parantaa lämpökerrointa. Käyttöveden lataus tapahtuu hitaasti ja vaatii pitkiä käyntijaksoja, koska tulistimen teho on vain 15–20 % kompressorin tehosta. (11, s. 7.)

Kierroslukuohjattu maalämpöpumppu

Kierroslukuohjattu maalämpöpumppu on vaihtuvalauhdutteinen maalämpöpumppu, jossa kompressoria ja kiertovesipumppuja ohjataan portaattomasti tarpeen mukaan. Tässä maalämpöpumpussa on hyvä lämpökerroin. Laitteen teho muuttuu sen mukaan, paljonko tehoa kullakin hetkellä tarvitaan. Tavalliseen

vaihtuvalauhdutteiseen maalämpöpumppuun verrattuna sähkön kulutus voi olla jopa lähes 15 % pienempi. (11, s. 10.)

Käytännössä kierroslukuohjattu maalämpöpumppu on täystehomitoitettu, koska se ei käytä sähkövastusta kovallakaan pakkasella vaan nostaa maalämpötehoaan. Näin ollen lämpökaivosta pitää löytyä energiaa kattamaan kovimmatkin lämmitystarpeet. (11, s. 10.)

3 MITOITUKSIEN VERTAILU

3.1 Mitoituksien lähtötiedot

Mitoituksia tehtiin kahdeksaan eri pientalokohteeseen. Kohteiden tarkemmat tiedot löytyvät taulukosta 3.

TAULUKKO 3. Lähtötiedot

Nro.	Paikkakunta	Lämmitetty pinta-ala m ²	Talon tyyppi	Huonelämpötila °C	Kokonais-tehontarve kW	Lämmityksen lämpötilat °C
1	Espoo	171	2.krs	21	8,6	38/30
2	Espoo	171	2.krs	21	8,6	55/47
3	Espoo	106	1.krs	21	7	38/30
4	Espoo	106	1.krs	21	7	55/47
5	Oulu	171	2.krs	21	8,6	38/30
6	Oulu	171	2.krs	21	8,6	55/47
7	Oulu	106	1.krs	21	7	38/30
8	Oulu	106	1.krs	21	7	55/47

Kohteet 1 ja 5, 2 ja 6, 3 ja 7 sekä 4 ja 8 ovat samanlaisia, mutta sijaitsevat eri paikkakunnilla. Näin pystytään vertailemaan porakaivon syvyyttä Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen välillä. Vertailua tehtiin myös lattialämmityksen ja patterilämmityksen välillä. Tästä johtuen myös kohteet 1 ja 2, 3 ja 4, 5 ja 6 sekä 7 ja 8, ovat samanlaisia, mutta lämmitysjärjestelmä on vain eri.

3.2 Mitoitusohjelmat

Porakaivot mitoitettiin neljän eri maalämpöpumppuvalmistajien mitoitusohjelmilla sekä energiakentän mitoitukseen tarkoitettulla Earth Energy Designer -ohjelmalla. Mitoitusohjelmien mitoituksissa oli osittain suuriakin eroja.

Porakaivon mitoittamisessa eri ohjelmilla pitää olla hyvin tarkkana, jotta lähtötiedot saadaan samoiksi. Muun muassa huipputehontarpeen asettaminen halutuksi aiheutti hieman hankaluuksia. Joissakin ohjelmissa huipputehoa kysyttiin suoraan, kun taas toisissa huipputeho piti asettaa monen mutkan kautta.

3.2.1 Bosch

Aluksi Boschin mitoitusohjelmaan asetettiin rakennuksen perustiedot kuten sijaintipaikkakunta, rakennusvuosi, lämmitettävä pinta-ala sekä talontyyppi. Ohjelma pyysi myös asuntojen lukumäärää, joka tämän opinnäytetyön kohteissa oli 1. Huonelämpötilan oletuksena ohjelma piti 20 °C, joka muutettiin 21 °C:seen.

Lämpimänkäyttöveden energiankulutuksen laskentaan liittyen, asukkaiden määräksi asetettiin 4, jota käytettiin kaikissa tämän opinnäytetyön kohteissa. Ohjelmassa valittiin myös onko rakennuksessa suihku, amme vai poreamme. Tämän opinnäytetyön mitoituksissa käytettiin suihkua. Edellä mainittujen tietojen perusteella ohjelma laski lämpimänkäyttöveden energiankulutukseksi 4500 kWh.

Seuraavaksi valittiin lämpöpumpun tyyppi. Maalämpöpumpun olisi voinut myös itse valita, mutta tässä työssä ohjelman annettiin mitoittaa sopiva maalämpöpumppu. Maalämpöpumpun tekniset tiedot ovat liitteenä 1.

Maan tyyppiä valittiin normaali kallio, jonka lämmönjohtavuus oli 3 W/mK. Maan tyyppiä olisi voinut valita normaalin kallion lisäksi kalkkikivi/siltti, savimaa, pehmeä kallio tai kova kallio. Kullakin edellä mainitulla maan tyyppillä on luonnollisesti eri lämmönjohtavuus.

Lämmönjakojärjestelmän menoveden lämpötilaksi asetettiin kunkin kohteen menoveden lämpötila. Menoveden lämpötilat löytyvät lähtötietotaulukosta (taulukko 3). Ulkolämpötilaksi asetettiin kohteen sijaintipaikkakunnan mitoitusulkolämpötila. Asumisesta tulevaksi lämmöksi asetettiin 4 °C. Tämä tarkoittaa sitä, että ihmisistä, valaistuksesta ja sähkölaitteista tuleva lämpökuorma kattaa 4 °C huonelämpötilasta. Lämmitysjärjestelmä tuottaa loput 17 °C.

Ohjelmassa voitiin muuttaa laskettua keruunesteen keskilämpötilaa. Tähän kohtaan jätettiin oletusarvo, joka oli 0 °C. Jos arvoa olisi muuttanut, olisi ohjelma mitoittanut syvemmän tai matalamman porakaivon.

Ohjelmaan asetettiin vielä maalämpöpumpun vähimmäistehopeitto. Tämä tarkoittaa sitä, kuinka suuren prosentuaalisen osan rakennuksen huipputehosta

maalämpöpumpun tulee kattaa. Kaikissa tämän opinnäytetyön kohteissa vähimmäistehopeitoksi asetettiin 70%.

3.2.2 Gebwell

Gebwellin mitoitusohjelmaan asetettiin rakennuksen tyyppi, rakennusvuosi sekä alue, jolla rakennus sijaitsee. Ohjelmaan asetettiin myös rakennuksen lämmitettävä pinta-ala ja huonetilojen sisäkorkeus. Tästä ohjelma laskee rakennuksen tilavuuden, jota ohjelma käytti lämmitysenergian tarpeen ja lämmitystehontarpeen laskennassa. Ohjelmassa lämmitystehontarpeen asettaminen tämän opinnäytetyön lähtöarvojen mukaiseksi aiheutti sen, että huonetilan korkeudeksi täytyi asettaa suurempi korkeus kuin todellisuudessa oli.

Mitoitusohjelmassa olisi voinut vielä asettaa mahdollisen kanaalin, puolilämpimäntilan sekä jäähdytyksen tiedot. Tässä opinnäytetyössä näitä tietoja ei tarvittu.

Lämmitysjärjestelmän menoveden lämpötilaksi asetettiin kunkin kohteen menoveden lämpötila. Käyttöveden energiantarpeen laskennassa kiinteistön tyyppiä valittiin asuinrakennus ja henkilömääräksi 4. Lopuksi valittiin haluttu maalämpöpumpun malli, jonka tiedot ovat liitteenä (liite 2).

Ohjelmalla pystyttäisiin tekemään mitoitus myös olemassa oleviin rakennuksiin kulutuslukemien perusteella. Lämmitysenergian ja -tehontarve onnistuu myös syöttää ohjelmaan käsin.

3.2.3 Nibe

Aluksi Niben mitoitusohjelmaan asetettiin rakennuksen sijaintipaikkakunta, paikkakunnan vuoden keskilämpötila ja mitoittava ulkolämpötila. Lämmitettäväksi kohteeksi valittiin uudisrakennus.

Lämmityksen tehontarpeeksi valittiin kunkin kohteen huipputehontarve, josta oli vähennetty käyttöveden tehontarpeen osuus. Lämmityksen tehontarpeesta ohjelma laskee nettoenergian tarpeen. Lämpimänkäyttöveden osuus nettoenergian tarpeesta oli tämän opinnäytetyön kohteissa 4500 kWh.

Sisälämpötilaksi asetettiin 21 °C ja asumisesta tulevaksi lämmöksi asetettiin 4 °C, kuten edellä läpikäytyissä ohjelmissa. Lämpöpumpuksi valittiin vaihtuvauhdutteinen maalämpöpumppu. Lämmitysjärjestelmän meno- ja paluuveden lämpötiloiksi mitoitusulkolämpötilassa asetettiin kunkin kohteen lämmitysjärjestelmän lämpötilat. Lämmönlähteeksi valittiin kallio ja lämpöpumpuksi valittiin Nibe F1245 -sarjan maalämpöpumppu. Maalämpöpumpun tekniset tiedot ovat liitteenä (liite 3). Lisäenergiaksi valittiin sähkö ja lisäenergian hyötysuhde annettiin olla oletusarvona 95 %.

Keruunesteen keskilämpötila annettiin olla aluksi oletuksena. Jos mitoitustuloksissa keruuputkiston ominaisenergian otto ja/tai ominaistehonotto ylittivät raja-arvot, muutettiin keruunesteen keskilämpötilaa. Keruunesteen keskilämpötilaa muutettiin niin useasti, että ominaisenergian otto ja ominaistehon otto olivat sallituissa rajoissa. Raja-arvot löytyvät taulukosta 1.

3.2.4 Thermia

Ensimmäiseksi mitoitusohjelmaan asetettiin rakennuksen sijaintipaikkakunta. Ohjelma valitsee paikkakunnan perusteella vuosikeskilämpötilan ja mitoitusulkolämpötilan. Rakennuksen tyypiksi valitaan kohdetta vastaava vaihtoehto. Ohjelmaan asetettiin lämmitettävä pinta-ala, tehontarve W/m^2 ja valinta tehdäänkö mitoitus energian vai tehon perusteella. Käyttöveden energiankulutukseksi kaikissa kohteissa asetettiin 4500 kWh.

Lämmönlähteeksi valittiin kallio ja kallion lämmönjohtavuudeksi 3 W/mK. Vuotuisesti lämmönkeruunesteen keskilämpötilaksi asetettiin Thermian ohjeiden mukaisesti 0 °C. Lämmönkeruunesteen lämpötilaksi mitoitusulkolämpötilalla asetettiin -3 °C.

Lämmitysjärjestelmän tyypiksi valittiin kohteissa 1,2,5 ja 6 lattialämmitys sekä kohteissa 3,4,7 ja 8 patterilämmitys. Ohjelma valitsee lämmitysjärjestelmän meno- ja paluuveden lämpötilaksi valitun lämmitysjärjestelmän tyypin mukaiset lämpötilat. Lopuksi valittiin maalämpöpumpun malli, jonka tekniset tiedot ovat liitteenä (liite 4).

3.2.5 Earth Energy Designer (EED)

Earth Energy Designer -ohjelma on kehitetty nimenomaan energiakentän mitoitukseen. Ohjelma laskee porakaivon syvyyden huomattavasti tarkemmilla lähtötiedoilla kuin maalämpöpumppuvalmistajien mitoitusohjelmat. Ohjelmalla voidaan myös mallintaa usean porakaivon järjestelmä.

Aluksi mitoitusohjelmassa asetettiin maaperän ominaisuudet. Lämmönjohtavuudeksi asetettiin 3 W/mK, jota myös muut ohjelmat käyttivät. Volumetriseksi lämpökapasiteetiksi asetettiin 2,1 MJ/m³K. Maaperän lämpövuona käytettiin kohteen sijaintipaikkakunnan mukaista arvoa, jonka löytää ohjelmassa olevasta taulukosta. Maanpinnan lämpötilaksi asetettiin kohteen sijaintipaikkakunnan maanpinnan keskilämpötila. (Taulukko 4)

TAULUKKO 4. Maanpinnan lämpötila EED -mitoitusohjelmassa

Paikkakunta	Maanpinnan lämpötila
Jyväskylä	2,6 °C
Helsinki	5,6 °C
Lappeenranta	3,6 °C
Oulu	2 °C
Sodankylä	-1 °C
Turku	4,8 °C

Porakaivon halkaisijaksi asetettiin 114,3 mm. Täytteen lämmönjohtavuutena käytettiin 0,6 W/mK. Lämmönkeruuputkeksi valittiin PE DN40 PN6 -putki. U-kappaleen putkivälinä käytettiin ohjelman oletusarvoa 68 mm. Lämmönsiirtonesteenä käytettiin vesi-etanoliliuosta (25 vol -%), jonka jäätymispiste oli –15 °C. Vuotuseksi peruskuormaksi asetettiin tässä opinnäytetyössä käytettyjen muiden mitoitusohjelmien laskemien kokonaisenergioiden keskiarvo (taulukko 5).

TAULUKKO 5 Energiantarve eri kohteissa

Energiantarve kWh					
Kohde	Bosch	Gebwell	Nibe	Thermia	Keskiarvo/EED
1 ja 2	24600	23079	24727	23788	24048,5
3 ja 4	20630	19378	20731	20018	20189,25
5 ja 6	26030	24378	28410	27521	26584,75
7 ja 8	21770	20613	23687	23021	22272,75

Lämpökertoimeksi asetettiin muiden mitoitusohjelmien laskemien lämpökertoimien keskiarvo (taulukko 6).

TAULUKKO 6 Lämpökerroin eri kohteissa

Lämpökerroin COP					
Kohde	Bosch	Gebwell	Nibe	Thermia	Keskiarvo/EED
1	3,71	4,04	4,15	3,41	3,83
2	3,14	3,47	3,42	2,91	3,24
3	3,55	3,36	3,94	2,97	3,46
4	3,02	2,89	3,35	2,55	2,95
5	3,67	4,05	4,03	3,40	3,79
6	3,07	3,45	3,31	2,84	3,17
7	3,50	3,31	3,90	2,91	3,40
8	2,95	2,87	3,20	2,42	2,86

Huippulämpökuormana käytettiin tämän opinnäytetyön maalämpöpumppujen keskimääräistä lämmitystehoa (taulukko 7). Huippulämpökuorma asetettiin tammi-kuulle ja kestoksi asetettiin 2 tuntia. Simulaatiojaksoksi asetettiin 30 vuotta.

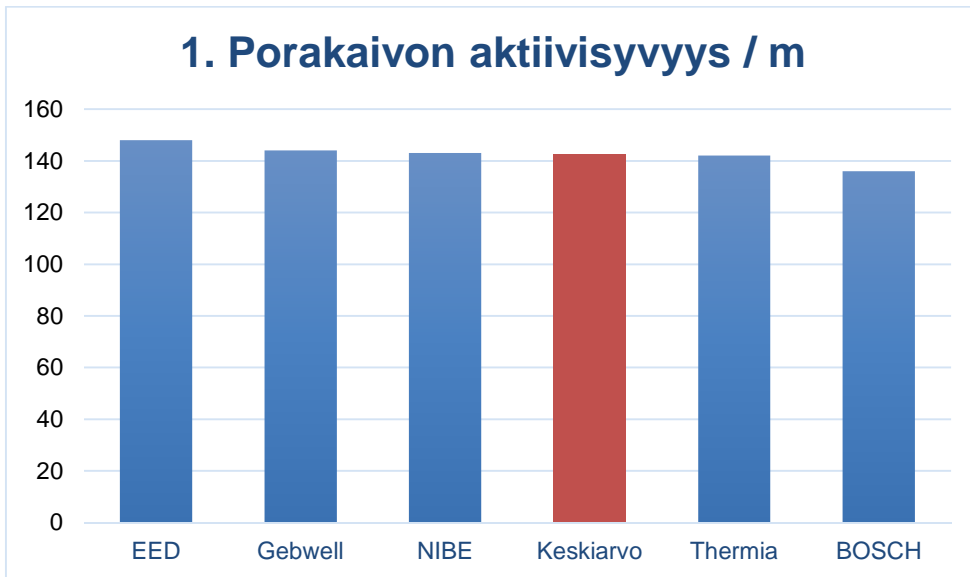
TAULUKKO 7 Lämmitysteho eri kohteissa

Kohteet 1,2,5,6						
EN 14511	Maalämpöpumppu	BOSCH Compress 500 LW/M 7	Gebwell Qi8	Nibe F1245-8	Thermia Diplomat 8	Keskiarvo / EED
	Lämpöteho (BO/W35)	7,2	7,4	8,01	7,51	7,53
Kohteet 3,4,7,8						
EN 14511	Maalämpöpumppu	BOSCH Compress 500 LW/M 6	Gebwell Qi6	Nibe F1245-6	Thermia Diplomat 6	Keskiarvo / EED
	Lämpöteho (BO/W35)	5,5	5,2	6,1	5,33	5,53

3.3 Mitoitustulokset

3.3.1 Kohde 1

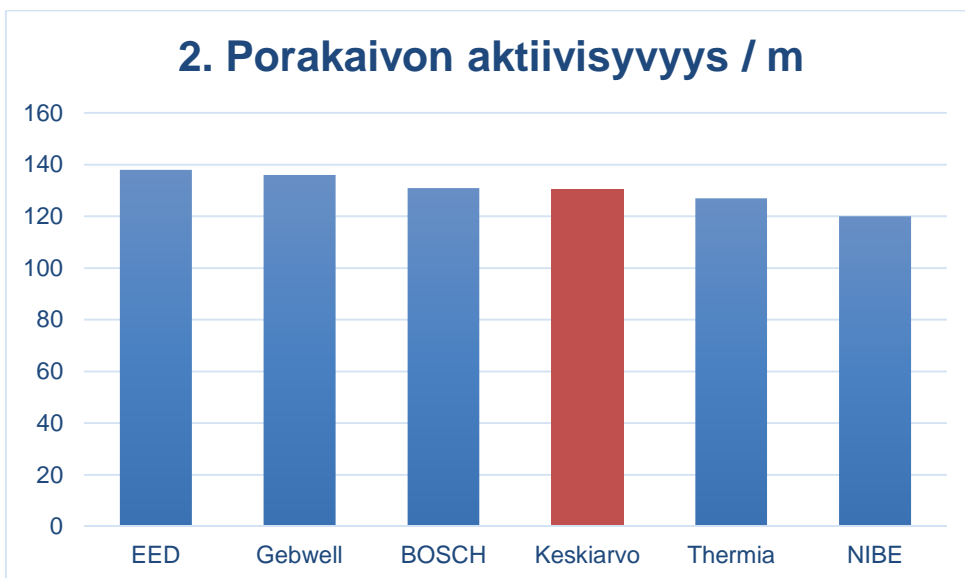
Ensimmäisen kohteen mitoitukset olivat todella tasaiset. Gebwell, Nibe ja Thermia mitoittivat hyvin samansyvyiset kaivot. Kaivon keskiarvosyvyys oli 143 metriä. Syvimmän ja matalimman kaivon ero oli 12 metriä. (Kuva 10.)



KUVA 10. Porakaivon aktiivisyvyys kohteessa 1

3.3.2 Kohde 2

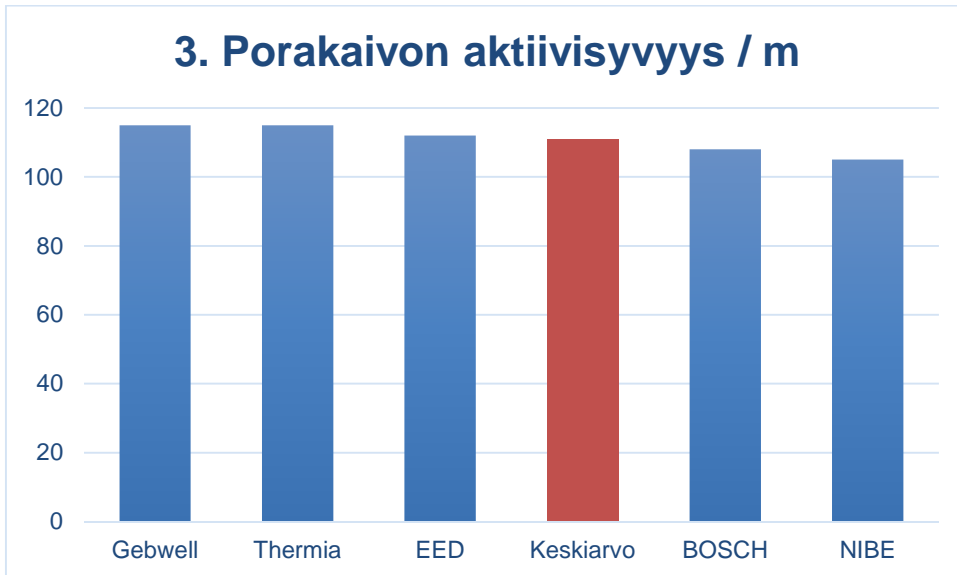
Toisen kohteen porakaivon syvyyksissä oli hieman enemmän eroja. EED mitoitti syvimmän kaivon ja Nibe matalimman. Bosch ja Thermia mitoittivat kaivon hyvin lähelle keskiarvoa. Syvimmän ja matalimman kaivon ero oli 18 metriä ja syvyyden keskiarvo oli 130 metriä. (Kuva 11.)



KUVA 11. Porakaivon aktiivisyvyys kohteessa 2

3.3.3 Kohde 3

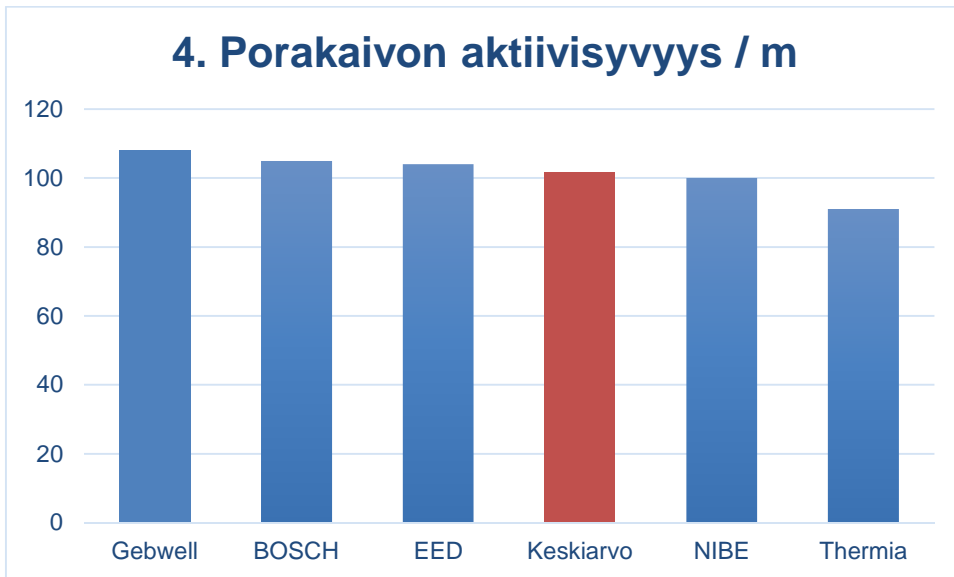
Kolmannen kohteen kaivon syvyydet olivat todella tasaiset. Syvimmän ja matalimman kaivon ero oli vain 10 metriä. Kaivon keskiarvosyvyys oli 111 metriä. (Kuva 12.)



KUVA 12. Porakaivon aktiivisyvyys kohteessa 3

3.3.4 Kohde 4

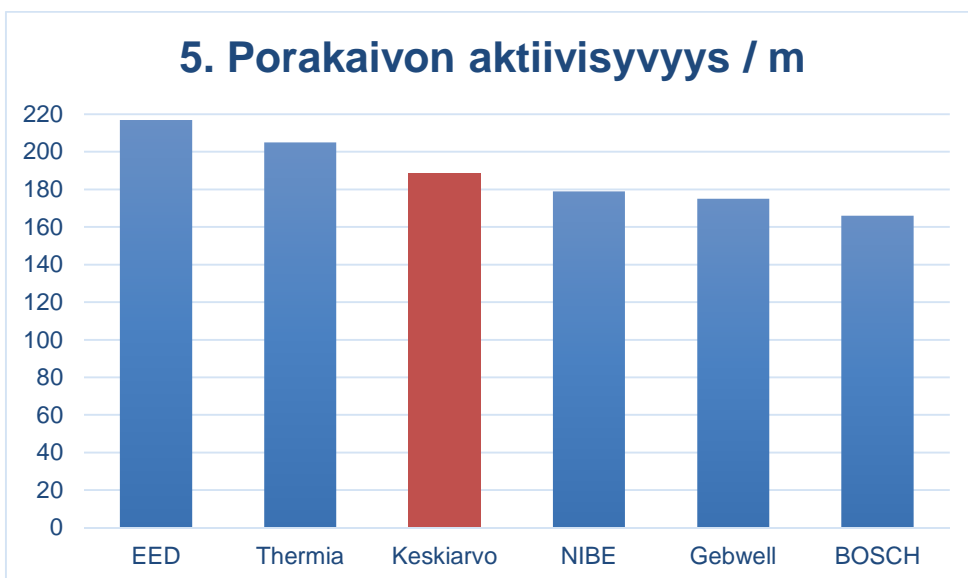
Neljännän kohteen mitoituksissa Gebwell mitoitti syvimmän kaivon ja Thermia matalimman. Muut mitoitukset olivat hyvin lähellä keskiarvoa. Keskiarvo oli 102 metriä. Tässä kohteessa syvimmän ja matalimman kaivon ero oli 17 metriä. (Kuva 13.)



KUVA 13. Porakaivon aktiivisyvyys kohteessa 4

3.3.5 Kohde 5

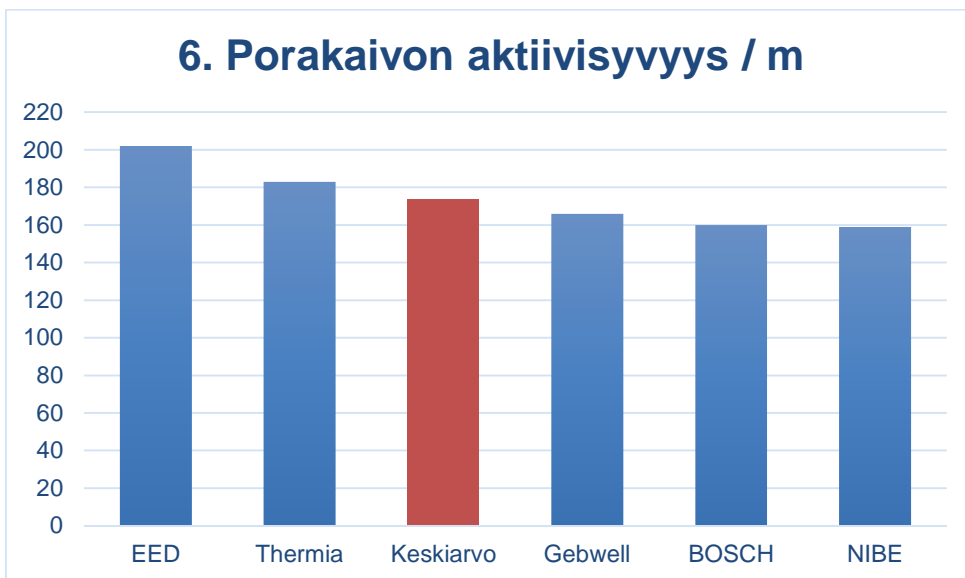
Viidennen kohteen mitoituksissa oli hyvin suuria eroja. Syvimmän ja matalimman kaivon ero oli 51 metriä ja keskiarvo oli 188 metriä. EED-ohjelma mitoitti syvimmän kaivon ja Bosch mitoitti matalimman. Thermia mitoitti 17 metriä keskiarvoa syvemmän kaivon. Nibe ja Gebwell mitoittivat hieman keskiarvoa matalimmat kaivot. (Kuva 14.)



KUVA 14. Porakaivon aktiivisyvyys kohteessa 5

3.3.6 Kohde 6

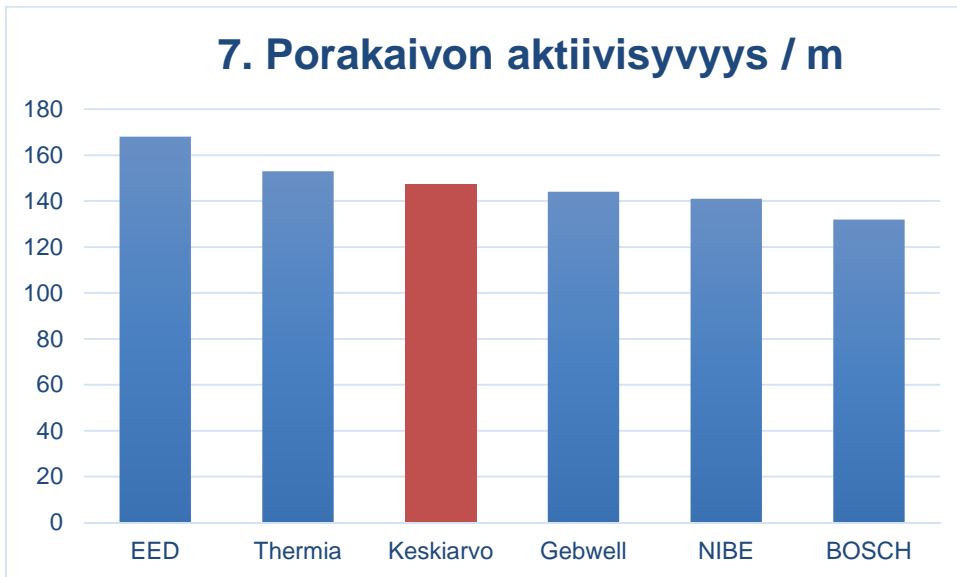
Kuudennen kohteen mitoituksissa havaittiin suuria poikkeamia. Syvimmän ja matalimman kaivon ero oli 43 metriä ja kaivon keskiarvosyvyys 174 metriä. Bosch ja Nibe mitoittivat lähes yhtä syvät kaivot. EED mitoitti syvimmän kaivon. (Kuva 15.)



KUVA 15. Porakaivon aktiivisyvyys kohteessa 6

3.3.7 Kohde 7

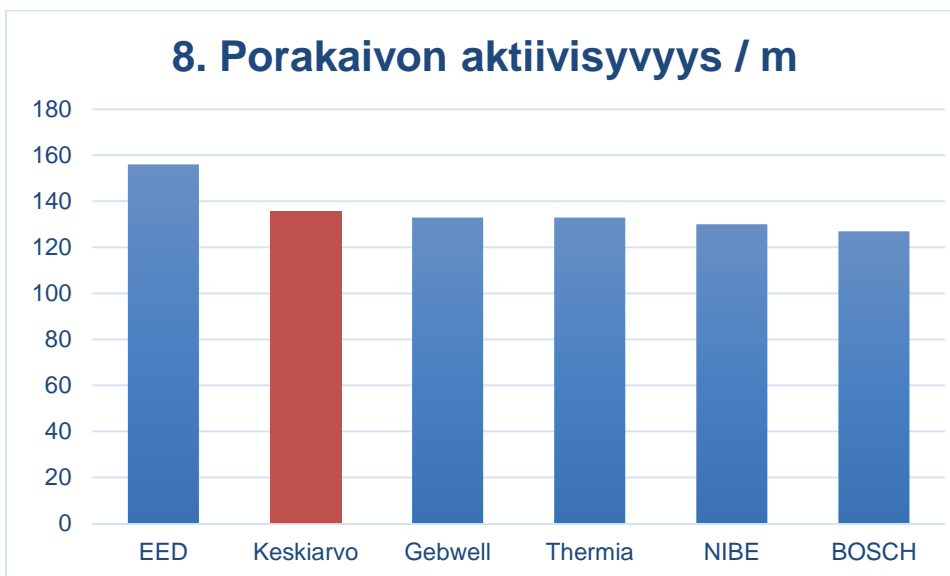
Kohteen 7 mitoituksissa havaittiin myös eroja. EED mitoitti syvimmän ja Bosch matalimman kaivon. Syvimmän ja matalimman kaivon ero oli 36 metriä. Thermia, Gebwell ja Nibe mitoittivat kaivon syvyyden lähelle keskiarvoa. Porakaivon syvyyden keskiarvo oli 148 metriä. (Kuva 16.)



KUVA 16. Porakaivon aktiivisyvyys kohteessa 7

3.3.8 Kohde 8

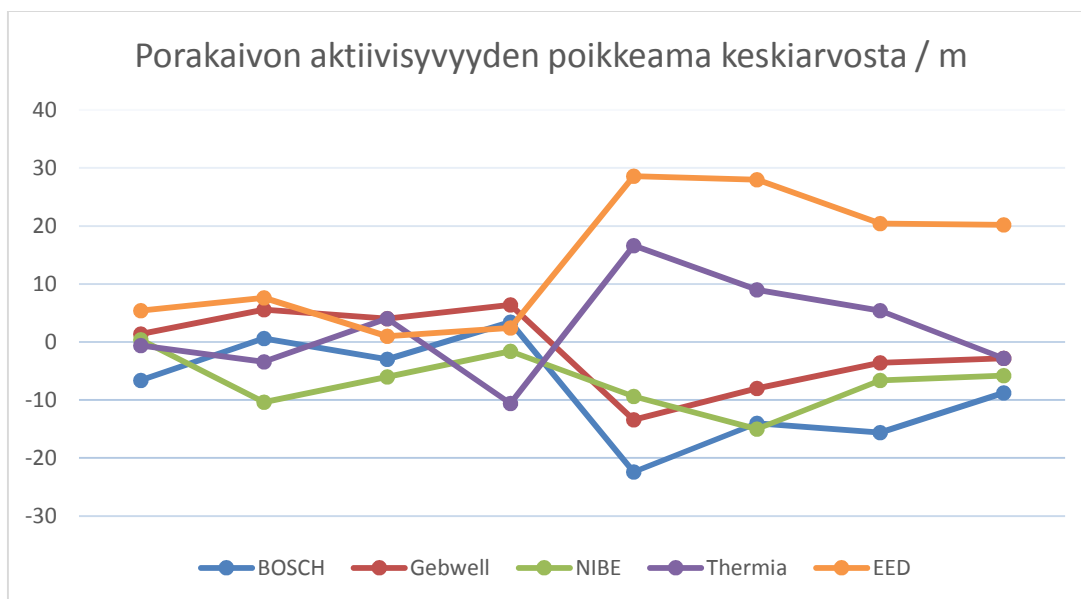
Kahdeksannen kohteen mitoituksissa oli jonkin verran eroja. Syvimmän ja matalimman kaivon ero oli 29 metriä. EED mitoitti syvimmän ja Bosch matalimman kaivon. Gebwell ja Thermia mitoittivat kaivon syvyyden hyvin lähelle keskiarvoa. Kaivon keskiarvosyvyys oli 140 metriä. (Kuva 17.)



KUVA 17. Porakaivon aktiivisyvyys kohteessa 8

3.4 Tulosten analysointi

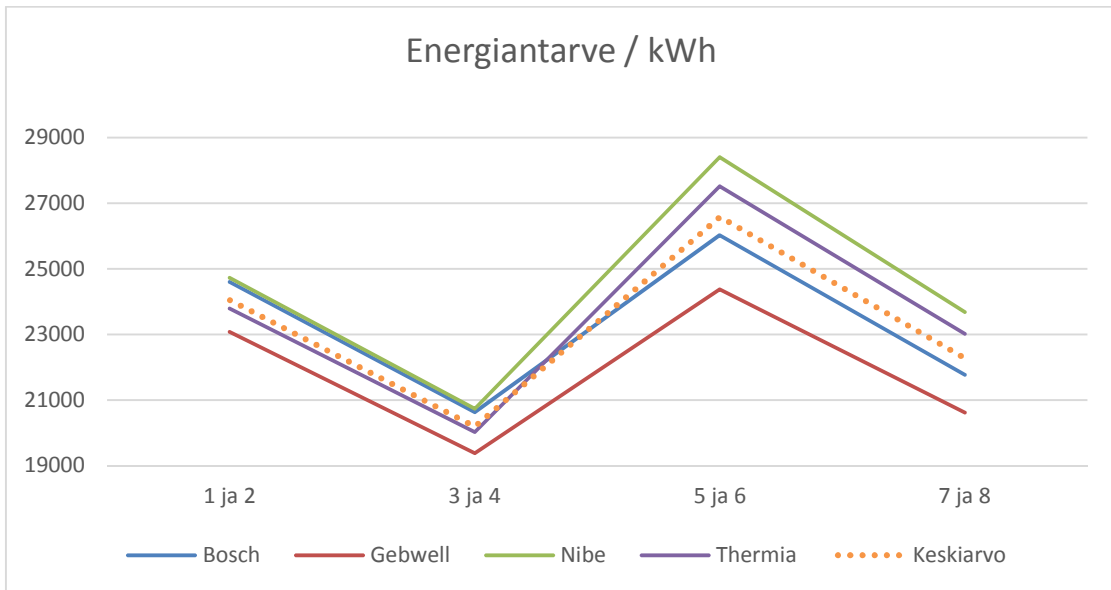
Useissa kohteissa mitoitusohjelmat mitoittivat porakaivon syvyyden hyvin lähelle toisiaan. Yksittäisten mitoistusten osalta löytyi kuitenkin hyvin suuria poikkeuksia. Syvimmän ja lyhimmän kaivon ero kohteissa 5 – 8 oli hyvin suuri. Seuraavasta kuvasta nähdään kuinka paljon eri mitoitusohjelmien mitoittamat porakaivojen syvyydet poikkeavat keskiarvo syvyydestä. (Kuva 18)



KUVA 18. Porakaivon aktiivisyvyyden poikkeama keskiarvosta

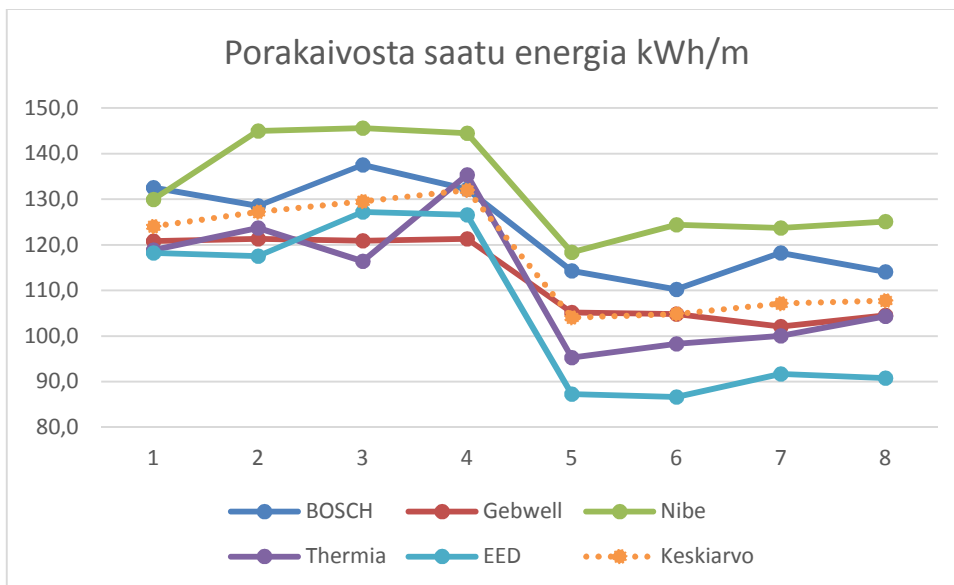
Bosch mitoittaa kohteissa 5, 6 ja 7 selvästi keskiarvoa matalamman kaivon. Gebwell mitoittaa kohteessa 4 huomattavasti keskiarvoa matalamman kaivon, mutta muuten Gebwell mitoittaa lähelle keskiarvoa. Nibe mitoittaa useissa kohteissa hieman keskiarvoa matalammat kaivot. Thermia mitoittaa kohteessa 4 hieman keskiarvoa matalamman kaivon ja kohteessa 5 selvästi keskiarvoa syvemmän kaivon. EED mitoittaa kohteissa 5–8 huomattavasti keskiarvoa syvemmän kaivon.

Sytä näihin poikkeavuuksiin on monia. Yksi suuri vaikuttava tekijä on mitoitusohjelmien energiantarpeen laskennassa havaitut erot. Kohteissa 5 ja 6 suurimman ja pienimmän energiantarpeen ero oli jopa 4032 kWh. (Kuva 19.)



KUVA 19. Energiantarpeet eri mitoitusohjelmissa

Porakaivosta saatu energia metriä kohden vaihteli hyvin suuresti eri valmistajien välillä. Suurimmillaan ero oli kohteessa 5, jossa suurimman ja pienimmän arvon ero oli jopa 37,8 kWh/m. Porakaivosta saadun energian keskiarvo koko Suomessa oli noin 117 kWh/m. Etelä-Suomen kohteiden keskiarvo oli noin 128 kWh/m ja Pohjois-Suomen kohteiden keskiarvo oli noin 106 kWh/m. (Kuva 20)



KUVA 20 . Porakaivosta saatu energia eri kohteissa

Myös mitoitusohjelmien antamissa lämmönkeruunesteen keskilämpötiloissa havaittiin eroavaisuuksia (taulukko 8).

TAULUKKO 8. Vuotuiset keruupiirin keskilämpötilat eri kohteissa

Vuotuinen keruupiirin keskilämpötila °C					
Kohde	BOSCH	GEBWELL	NIBE	THERMIA	EED
1	-1	2,4	-1,4	0	0,6
2	-1	2,4	-1,8	0	0,7
3	-1	2,4	-1,9	0	0,2
4	-1	2,4	-1,4	0	0,3
5	-1,6	0,1	-2,5	0	-0,7
6	-1,6	0,1	-2,5	0	-0,7
7	-1,6	0,1	-2,5	0	-1,1
8	-1,6	0,1	-2,3	0	-1

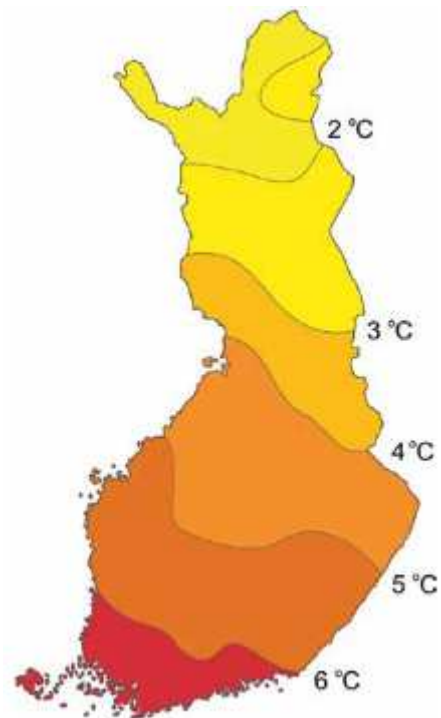
3.5 Porakaivon syvyys Etelä- ja Pohjois-Suomessa

Työssä vertailtiin myös porakaivon syvyyttä Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä. Keskimäärin porakaivon syvyys oli Pohjois-Suomessa noin 40 metriä syvempi kuin Etelä-Suomessa. (Taulukko 9.)

TAULUKKO 9. Porakaivon syvyyden keskiarvot eri paikkakunnilla

	Paikka-kunta	Kohteet 1 ja 5	Kohteet 2 ja 6	Kohteet 3 ja 7	Kohteet 4 ja 8	Keskiarvo
Porakaivon syvyys keskiarvo	Espoo	188,4 m	174,0 m	147,6 m	135,8 m	161,5 m
Porakaivon syvyys keskiarvo	Oulu	142,6 m	130,4 m	111,0 m	101,6 m	121,4 m
Erotus		45,8 m	43,6 m	36,6 m	34,2 m	40,1 m

Porakaivon syvyyden erot Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä johtuvat siitä että, mitoitusulkolämpötila on matalampi Pohjois-Suomessa kuin Etelä-Suomessa, minkä vuoksi myös energiantarve on suurempi Pohjois-Suomessa. Myös maanpinnanlämpötila vaikuttaa porakaivon syvyyteen. Pohjois-Suomessa maanpinnan lämpötila on matalampi kuin Etelä-Suomessa (kuva 20).



KUVA 20. Maanpinnan lämpötilan vuotuinen keskiarvo (2, s. 7)

3.6 Porakaivon syvyys eri lämmitysjärjestelmillä

Vertailua tehtiin myös lattialämmitysjärjestelmän ja patterilämmitysjärjestelmän vaikutuksesta porakaivon syvyyteen. Porakaivon syvyys patterilämmitysjärjestelmissä oli keskimäärin noin 12 metriä vähemmän kuin lattialämmitysjärjestelmissä. Ero johtuu siitä, että lattialämmitysjärjestelmän menovedenlämpötila on matalampi kuin patterilämmitysjärjestelmässä, mikä parantaa maalämpöpumpun lämpökerrointa. Tämä taas tarkoittaa sitä, että lattialämmityksessä maalämpöpumppu ottaa porakaivosta enemmän energiaa, minkä vuoksi porakaivon täytyy olla syvempi. (Taulukko 10.)

TAULUKKO 10. Porakaivon syvyyden keskiarvot eri lämmitysjärjestelmissä

Lämmitystapa	Lämmityksen lämpötilat	Kohteet 1 ja 2	Kohteet 3 ja 4	Kohteet 5 ja 6	Kohteet 7 ja 8	Keskiarvo
Lattialämmitys	38 °C / 30 °C	142,6 m	111,0 m	188,4 m	147,6 m	147,4 m
Patterilämmitys	50 °C/ 47 °C	130,4 m	101,6 m	174,0 m	135,8 m	135,5 m
Erotus		12,2 m	9,4 m	14,4 m	11,8 m	12,0 m

4 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli vertailla eri maalämpöpumppuvalmistajien porakaivon mitoituksia. Työssä vertailtiin myös porakaivon syvyyttä Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen välillä sekä lattialämmityksen ja patterilämmityksen vaikutusta porakaivon syvyyteen.

Työn tavoitteena oli saada selville mahdollisia eroja maalämpöpumppuvalmistajien mitoitusohjelmien mitoittamista porakaivon syvyyksistä. Tavoitteena oli myös selvittää lämmitysjärjestelmän vaikutus porakaivon syvyyteen sekä porakaivon syvyyksien ero Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen välillä.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että Etelä-Suomen kohteissa lähes kaikki porakaivojen mitoitukset olivat yhtä syviä. Syvimmän ja matalimman porakaivon ero Etelä-Suomessa oli keskimäärin noin 14 metriä. Pohjois-Suomessa erot olivat huomattavasti suurempia. Syvimmän ja matalimman porakaivon ero Pohjois-Suomessa oli keskimäärin noin 40 metriä. Syitä eroihin ovat muun muassa mitoitusohjelmien energiantarpeen laskennassa havaitut erot sekä myös vuotuisen keruunesteen keskilämpötilan erot.

Porakaivon syvyys lattialämmitysjärjestelmissä oli keskimäärin noin 12 metriä enemmän kuin patterilämmitysjärjestelmissä. Etelä-Suomessa porakaivon syvyys oli keskimäärin noin 40 metriä vähemmän kuin Pohjois-Suomessa.

Asiakkaat pyytävät usein tarjouksen usealta lämmitysjärjestelmien toimittajalta. Isojen erojen vuoksi asiakkaiden luottamus maalämpöön voi horjua. Tämän vuoksi tämän opinnäytetyön aihetta olisi hyvä tutkia tarkemmin. Tarkempi vertailu vaatisi tiedon muun muassa mitoitusohjelmien käyttämistä oletusarvoista.

LÄHTEET

1. LVI 11-10332 2002, Lämpöpumput, LVI-ohjekortisto. Rakennustieto Oy.
Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/bin/get/id/5guoZSL5w%3A%2447%24L10332%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24down-load%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-LVI8484/L10332.pdf>
(vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 3.4.2015
2. Juvonen Janne – Lapinlampi Toivo 2013, Energiakaivo Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4. Hakupäivä 24.2.2015.
3. Neljä eri lämmönlähdettä. Thermia Oy. Saatavissa: <http://www.thermia.fi/lampopumppu/Nelja-eri-lammonlahdetta.asp>. Hakupäivä 24.2.2015.
4. Lämpökaivo, porakaivo -> 1. Porakaivon syvyyden määrittäminen. Senera Oy. Saatavissa: http://www.senera.fi/Maalampo/Lampokaivo__porakaivo/#1. Hakupäivä 24.2.2015.
5. Maalämpöpumppuopas. Nibe. Saatavissa: http://www.nibe.fi/Documents/haato_fi/NIBE%20MLP%20JA%20VPDIM%20OPAS%201137-1.PDF. Hakupäivä 24.2.2015.
6. Kauppila, Kari 2015. Energiakenttien mitoitus ja elinkaari. Kylmätekniiikan koulutuspäivä julkaisu 1/2015.
7. Lämpöä omasta maasta. Motiva Oy. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf. Hakupäivä 24.2.2015.
8. Maalämpöpumppu -> 1. Maalämpöpumppu: Toimintaperiaate. Senera Oy. Saatavissa: <http://www.senera.fi/Maalampo/Maalampopumppu/#1>. Hakupäivä 24.2.2015.

9. Hakala, Pertti – Kaappola, Esko 2013. Kylmälaitoksen suunnittelu. Tampere: Opetushallitus.
10. Lehtinen Jari. Maalämpöpumpun ja maalämmön valinta. Lämpövinkki Oy. Saatavissa: [http://www.lampovinkki.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/ladattavatoppaatjatyokalut/Maalämpöpumpun ja maalämmön valinta pika-opas.pdf](http://www.lampovinkki.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/ladattavatoppaatjatyokalut/Maalämpöpumpun_ja_maalämmön_valinta_pika-opas.pdf). Hakupäivä 24.2.2015.
11. Maalämpöpumppu -> 8. Maalämpöjärjestelmän mitoitus. Senera Oy. Saatavissa: <http://www.senera.fi/Maalampo#8>. Hakupäivä 24.2.2015.

Malli		Compr. LW & LW/M 6	Compr. LW & LW/M 7	Compr. LW & LW/M 9	Compr. LW & LW/M 11	Compr. LW 14	Compr. LW 17
Käyttöneste/vesi							
Lämpöteho (B0/W35) ¹⁾	kW	5,5	7,2	8,8	10,3	14,8	16,4
Lämpöteho (B0/W45) ¹⁾	kW	5,1	6,6	8,2	9,9	14,1	15,5
Nimellisteho (B0/W35) ¹⁾	kW	1,4	1,8	2,1	2,4	3,5	4,1
Nimellisteho (B0/W45) ¹⁾	kW	1,6	2,0	2,6	2,9	4,3	5,0
Keruupiiri							
Nimellisvirtaus	l/s	0,30	0,38	0,46	0,57	0,78	0,90
Maksimipaine	bar	4	4	4	4	4	4
Käyttölämpötila	°C	-5 - +20	-5 - +20	-5 - +20	-5 - +20	-5 - +20	-5 - +20
Liitäntä (Cu)	mm	28	28	28	28	35	35
Kompressorit							
Tyyppi		Mitsubishi Scroll	Mitsubishi Scroll	Mitsubishi Scroll	Mitsubishi Scroll	Mitsubishi Scroll	Mitsubishi Scroll
Paino, kylmäaine R407c	kg	1,6	1,6	1,8	2,4	2,3	2,3
Lämmitysjärjestelmä							
Nimellisvirtaus	l/s	0,18	0,23	0,29	0,34	0,47	0,54
Maksimi menolämpötila	°C	65	65	65	65	65	65
Suurin sallittu käyttöpaine	bar	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Liitäntä (Cu)	mm	22	22	22	22	28	28
Lämmin käyttövesi							
Lämminvesivaraajan tilavuus LW/M-malli	l	185/40	185/40	185/40	185/40	-	-
Käyttöveden kapas. 40 °C LW/M-malli, 12 l/min	l	250	250	250	250	-	-
Materiaali, lämminvesivar. LW/M-malli		RST	RST	RST	RST	-	-
Liitäntä (Cu / RST)	mm	22	22	22	22	28	28
Sähköliitännöiden arvot							
Sähköliitäntä		400V 3N-50Hz	400V 3N-50Hz	400V 3N-50Hz	400V 3N-50Hz	400V 3N-50Hz	400V 3N-50Hz
Varoke 3/6 kW		16/16 A	16/16 A	16/20 A	16/20 A	-	-
4,5/9,0 kW		-	-	-	-	20/25 A	25/32 A
Sähkövastus	kW	6	6	6	6	9	9
Kotelointiluokka	X1	X1	X1	X1	X1	X1	X1
Yleistä							
Äänitaso ²⁾	dB(A)	LW/M: 44 LW: 47	LW/M: 47 LW: 50	LW/M: 49 LW: 57	LW/M: 48 LW: 48	LW:57	LW: 47
Automaatiikka		Rego 1000	Rego 1000	Rego 1000	Rego 1000	Rego 1000	Rego 1000
Mitat (L x S x K) LW/M-malli	mm	600x645x1800	600x645x1800	600x645x1800	600x645x1800		
Paino (ilman pakkausta) LW/M-malli	kg	230/200	231/201	240/210	218 (Rf)		
Mitat (L x S x K) LW-malli	mm	600x645x1520	600x645x1520	600x645x1520	600x645x1520	600x645x1520	600x645x1520
Paino (ilman pakkausta) LW-malli	kg	146	152	155	170	190	195
LVI-numero LW		5360901	5360903	5360905	5360907	5360908	5360909
LVI-numero LW/M		5360900	5360902	5360904	5360906		

¹⁾ Standardin EN 14511 mukaisesti

²⁾ Standardin EN ISO 11203 mukaisesti

Gebwell Qi maalämpöpumppu

– kustannustehokkuutta omakotitaloille

Uuden sukupolven lämpöpumppu, joka on suunniteltu lämmittämään talosi ja käyttövesi edullisesti ja energiatehokkaasti.

Energiatehokkuus varmistetaan oikealla maalämpöpumpun mitoituksella, laadukkailla komponenteilla ja onnistuneella säädöllä. Qi maalämpöpumpussa käytetään uusinta Scroll -kompressoriteknikkaa sekä lauhduttimen ja höyrystimen mitoitus on tehty energiatehokkuuden ehdoilla.

Käyttömukavuus on varmistettu täysin eristetyllä koneikkotilalla. Kylmäkoneikko on erittäin hiljainen, lämpö- ja äänieristetty ja helposti irrotettavissa esimerkiksi asennusta varten.

Qi maalämpöpumpun automatiikka mahdollistaa kiinteistön lämmittämisen muuttuvälähdutteisesti. Täten maalämpöpumppu tuottaa aina sopivan lämpöistä vettä lämmitysverkoston.

Maalämpöpumppuun voidaan lisätä lämmityksen säätöryhmä, jolla voidaan ohjata esimerkiksi lattialämmityspiiriä patterilämmityskiinteistössä.

Lämmönkeruupiiriä voidaan hyödyntää myös asunnon viilentämiseen, Qi maalämpöpumpussa on sisäänrakennettu valmius viilennyksen kytkemistä varten. Jäähdytysenergian tuottamiseen tarvitaan lisäksi pelkkä kiertovesipumppu.

Gebwell Qi

- Tehoalue 6-10 kW
- Energiatehokas, huippu COP
- Erittäin matala äänitaso
- Koneikko helposti irrotettavissa



Gebwell Qi		Qi 6	Qi 8	Qi10	Qi13
LVI numero		5361940	5361941	5361968	5361998
Tehotiedot:					
Lämmitysteho (0°/35° ja 0°/45°)	kW	5,2 / 5,1	7,4 / 7,2	9,4 / 9,2	13,2 / 13,0
Jäähdytysteho (0°/35° ja 0°/45°)	kW	4,1 / 3,7	5,8 / 5,1	7,4 / 6,7	10,4 / 9,5
Ottoteho (0°/35° ja 0°/45°)	kW	1,1 / 1,4	1,6 / 2,0	2,0 / 2,5	2,8 / 3,5
COP (0°/35° ja 0°/45°)		4,7 / 3,6	4,7 / 3,6	4,7 / 3,7	4,7 / 3,7
- Tehot ilmoitettu lämpötiloissa 0°/35°, 0°/45° SFS-EN 14511					
Lämmönkeruuneste:		Denaturoitu etanoli 25-30 p-%			
Lämmönkeruunesteen nimellisvirtaus	l/s	0,3	0,41	0,5	0,6
Suurin sallittu ulkoinen painehäviö, lämmönkeruupiirin virtauksella	kPa	61	48	90	74
Maksimiarvot:					
Lämmitysjärjestelmä / Lämmönkeruupiiri	bar	2,5 / 2,5			
Käyttövesivaraaja	bar	10	10	10	10
Lämmitysveden korkein menolämpötila	°C	62	62	62	62
Käyttölämpötila, keruupiiri	°C	-5... +20	-5... +20	-5... +20	-5... +20
Kompressori		Scroll			
Pehmokäynnistin		kyllä			
Sisäänrakennettu lämpöjohtopumppu		kyllä (taajuusmuuttaja)			
Sisäänrakennettu maaliuospiirin pumppu		kyllä (taajuusmuuttaja)			
Sähköliitäntä pistotulpalla		kyllä, 400 VAC, 50 Hz, 3-vaihe			
Kylmäaine		R407C			
Kylmäaineen määrä	kg	1,8	1,8	1,8	2,2
Lisäsähkövastus kytkettävissä	kW	3 / 6 / 9	3 / 6 / 9	3 / 6 / 9	3 / 6 / 9
Suosittelava varokekoko:					
Lisäsähkövastus 3kW	A	3x16	3x16	3x16	3 x 16
Lisäsähkövastus 6kW	A	3x16	3x16	3x20	3 x 20
Lisäsähkövastus 9kW	A	3x20	3x25	3x25	3 x 25
Liitännät:					
Lämpöjohto	mm	22	22	22	28
Lämmönkeruupiiri	mm	28	28	28	28
Käyttövesi	mm	22	22	22	22
Äänenpainetaso	dB(A)	38,5	38,5	40	40
Mitat:					
Ulkomitat (syvyys x leveys x korkeus)	mm	676x606x1892	676x606x1892	676x606x1892	676x606x1892
Paino	kg	240	240	240	250
Lämminvivaraaja (käyttövesi / lämmitys)	l	185 / 7	185 / 7	185 / 7	185 / 7

TEKNISET TIEDOT					
CE IP21					
Tyyppi		6	8	10	12
Tehotiedot nimellisvirtauksella <small>(nimelliset lämpöpumpun suorituskykyyn ilman kiertovesipumppua)</small>					
0/35					
Antoteho	kW	6,31	8,30	9,95	11,82
Jäähdytysteho	kW	5,03	6,64	7,97	9,35
Sähköteho	kW	1,28	1,66	1,98	2,47
COP	-	4,93	5,01	5,03	4,79
0/50					
Antoteho	kW	5,10	6,94	8,46	11,15
Jäähdytysteho	kW	3,63	4,98	6,08	7,86
Sähköteho	kW	1,48	1,96	2,38	3,29
COP	-	3,46	3,54	3,39	3,39
Tehotiedot EN 14511 mukaan					
0/35					
Antoteho	kW	6,10	8,01	9,64	11,42
Sähköteho	kW	1,35	1,74	2,13	2,66
COP _{EN14511}	-	4,51	4,59	4,52	4,30
0/45					
Antoteho	kW	5,21	7,07	8,55	10,86
Sähköteho	kW	1,46	1,93	2,36	3,20
COP _{EN14511}	-	3,58	3,66	3,63	3,39
Lisäenergiateho	kW	1/2/3/4/5/6/7 (kytkettävissä 2/4/6/9)			
Sähkö tiedot					
Nimellisjännite		400V 3NAC 50 Hz			
Maks. käyttövirta, kompressori (sis. ohjausjärjestelmä & kiertovesipumput)	A _{max}	4,6	6,6	6,9	9
Käynnistysvirta	A _{max}	18	23	23	29
Suurin sallittu impedanssi liitäntäpisteessä ¹⁾	ohmia				
Korkein käyttövirta, lämpöpumppu sis. 2 kW sähkövastus (suositeltu varokekoko)	A _{max}	13(16)	15(16)	15(16)	18(20)
Korkein käyttövirta, lämpöpumppu sis. 4 kW sähkövastus (suositeltu varokekoko)	A _{max}	13(16)	15(16)	15(16)	18(20)
Korkein käyttövirta, lämpöpumppu sis. 6 kW sähkövastus (suositeltu varokekoko)	A _{max}	13(16)	15(16)	15(16)	18(20)
Korkein käyttövirta, lämpöpumppu sis. 9 kW sähkövastus (suositeltu varokekoko)	A _{max}	19(20)	22(25)	22(25)	24(25)
Teho, LK-pumppu	W	35 - 185	35 - 185	35 - 185	35 - 185
Teho, kiertovesipumppu	W	7 - 72	7 - 72	7 - 72	7 - 72
IP-luokka		IP 21			
Kylmäainepiiri					
Kylmäaineen tyyppi		R407C			
Täytösmäärä	kg	1,8	2,3	2,5	2,2
Katkaisuarvo, ylipainepressostaatti	baaria	29			
Ero, ylipainepressostaatti	baaria	-7			
Katkaisuarvo, alipainepressostaatti	baaria	1,5			
Ero, alipainepressostaatti	baaria	1,5			

Tekniset tiedot Diplomat Diplomat Duo

Liittäminen Diplomat

Lämmönkeruuputkiston liittäminen voidaan tehdä lämpöpumpun oikealta tai vasemmalta puolelta.

- 1 Paluu lämmönkeruu (sisään), 28 Cu
- 2 Meno lämmönkeruu (ulos), 28 Cu
- 3 Meno lämmitysjärjestelmä, 22 Cu:
4-10 kW, 28 Cu: 12-16 kW
- 4 Paluu lämmitysjärjestelmä, 22 Cu:
4-10 kW, 28 Cu: 12-16 kW
- 5 Ilmauiventili, 22 Cu
- 6 Lämmin käyttövesi, 22 mm
- 7 Käyttöveden tulo (kylmä), 22 mm
- 8 Lämpivienti sähkönsyötölle, antureille ja tiedonsiirtokaapelille



Diplomat



Diplomat Duo

Liittäminen Diplomat Duo

Lämmönkeruuputkisto voidaan liittää lämpöpumpun oikealta tai vasemmalta puolelta.

- 1 Paluu lämmönkeruu (Brine sisään), 28 Cu
- 2 Meno lämmönkeruu (Brine ulos), 28 Cu
- 3 Meno lämmitysjärjestelmä, 22 Cu:
6-10 kW, 28 Cu: 12-16 kW
- 4 Paluu lämmitysjärjestelmä, 22 Cu:
6-10 kW, 28 Cu: 12-16 kW
- 5 Lämpivienti sähkönsyötölle, antureille ja tiedonsiirtokaapelille
- 6 Paluu lämminvesivaraaja, 22 mm

Diplomat/Diplomat Duo			6	8	10	12	16
Kylmäaine	Tyyppi		R407C	R407C	R407C	R407C	R407C
	Määrä	kg	1,20	1,30	1,45	1,55	2,00
Kompressor	Tyyppi		Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
	Sähköliittännöt	Jännite	Voit	400	400	400	400
3-N, -50 Hz	Nimellisteho, kompressor	kW	3,0	3,2	4,2	5,0	7,2
	Nimellisteho, kiertopumput	kW	0,2	0,2	0,5	0,5	0,6
	Lämmitysvoima	kW	3/6/9	3/6/9	3/6/9	3/6/9	3/6/9
	Käynnistysvirta ¹	A	9	10	12	14	20
	Sulake	A	10 ¹ /16 ² /20 ⁴	16 ¹ /16 ² /20 ⁴	16 ¹ /16 ² /20 ⁴	16 ¹ /20 ² /25 ⁴	20 ¹ /20 ² /25 ⁴
Hyötysuhde	COP ²		4,74	4,88	4,84	4,75	4,80
	COP ³		4,04	4,34	4,24	4,20	4,19
	Lämmitysteho ⁴	kW	5,33	7,51	9,40	11,0	16,8
Max./min. lämpötila	Ottoteho ⁵	kW	1,3	1,7	2,2	2,6	4,0
	Kenauppi	°C	20/10	20/10	20/10	20/10	20/10
Lämmönkeruuneste	Lämmönjako	°C	60/20	60/20	60/20	60/20	60/20
			Etanol - vesiliuos jäätymispiste -17 ±2 °C ⁴				
Äänitaso⁷	Diplomat	dB(A)	47	44	46	49	57
	Diplomat Duo	dB(A)	45	44	47	48	50
Lämminvesivaraajan tilavuus	Diplomat	l	180	180	180	180	-
	Diplomat Duo	l	Valinnainen		Valinnainen	Valinnainen	Valinnainen
Paino	Diplomat, tyhjä	kg	229	229	229	238	242
	Diplomat, täysi	kg	409	409	409	418	422
	Diplomat Duo	kg	145	150	155	165	175

Mittaukset on tehty rajoitetulla määrällä lämpöpumpuja josta syystä tuloksissa voi esiintyä vaihtelua. Mittausmenetelmien toleranssit voivat myös aiheuttaa vaihtelua.

- 1 IEC51000:n mukaisesti.
- 2 Kun B0W35 0,10K lämmönjako ilman kiertopumppuja.
- 3 Tavoitetta EN 14511 B0W35 mukaisesti kiertopumppuilla.
- 4 Lämpöpumppu ja 3 kW lämmitysvoima.
- 5 Lämpöpumppu ja 6 kW lämmitysvoima.

- 6 Lämpöpumppu ja 9 kW lämmitysvoima.
- 7 Äänitaso mitattu EN ISO 3741 mukaisesti kun B0W45 (EN 12102).
- 8 Pakkaukset saavotti ja määrätyston on tarkoitettava aina ennen käyttöä.

Thermia Lämpöpumput, Thermia Partners Oy ja niiden valmistamat lämmönpuhdistuslaitteet ja -laitteiden osat on tarkoitettu käyttöön sisätiloissa. Muutokset ilmanvaihdon ja lämmönpuhdistuksen osiin on tehtävä erikseen.

