

Joel Ylimartimo

**MAALÄMPÖPUMPPUJEN JA ENERGIAKAIVOJEN MITOITUS TA-
LOYHTIÖÖN**

MAALÄMPÖPUMPPUJEN JA ENERGIKAIVOJEN MITOITUS TA- LOYHTIÖÖN

Joel Ylimartimo
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikka

Tekijä: Joel Ylimartimo

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Maalämpöpumppujen ja energiakaivojen mitoitus taloyhtiöön

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Dimensioning of geothermal heat pumps and wells of a housing association

Työn ohjaaja: Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2021

Sivumäärä: 29 + 6 liitettä

Tämän työn tilaaja on Lumijoen kunta, jonka hankkeen tueksi työ tehdään. Kohdetaloyhtiö koostuu kuudesta pienestä paritalosta, joihin on tarkoitus tehdä maalämpöjärjestelmä. Työn tavoitteena on mitoittaa puoleen taloista lämmitysjärjestelmä ilman jäähdytystä ja puoleen taloista jäähdytyksen kanssa. Myös näiden kahden eri toteutustavan vertailu kuuluu työn tavoitteisiin. Lisäksi lasketaan järjestelmistä kustannusarviot.

Työssä lasketaan rakennuksen mitoituslämpöhäviö Kymdatan Cadmatic -ohjelmalla ja tehdään energialaskelma käyttäen sekä Cadmatic-ohjelmaa, että koulussa tehtyä Excel-laskuria. Tämän jälkeen mitoitetaan energiakaivot kohteeseen käyttäen EED-ohjelmaa sekä Nibe Oy:n maalämpöpumpun valintaohjelmaa ja vertaillaan näiden tuloksia. Maalämpöpumppu valitaan Nibe Oy:n valintaohjelmalla. Työssä mitoitetaan myös käyttövesivaraaja ja valitaan esimerkkivaraaja. Lopuksi lasketaan kustannusarvio molemmille toteutusmenetelmille sekä arvioidaan takaisinmaksuaika verrattuna suoraan sähkölämmitykseen.

Lämpöhäviötehoksi saatiin 5175 W rakennusta kohden ja energialaskelmista tulee Oulun normaalivuoden säätiedoilla 14857 kWh/paritalo vuodessa. Tämän lisäksi laskettiin monikerrosputkelle lämpöhäviö 150 m matkalla, josta saatiin tulokseksi 4818 kWh vuodessa. Energiakaivoja tuli EED-ohjelman mitoituksen tuloksena neljä kappaletta, joista kaksi on 201,6 m syviä ja kaksi 190,7 m syviä. Maalämpöpumpuksi valittiin Nibe F1145-17 ja lämminvesivaraajaksi Akvaterm Akva Geo 3000. Asennushinta-arvio oli ilman jäähdytystä olevaan lämpöpumppuun noin 48300 euroa ja jäähdytyksellä olevaan lämpöpumppuun noin 66100 euroa. Takaisinmaksuajaksi saadaan 8 vuotta ilman jäähdytystä ja 11 vuotta jäähdytyksen kanssa verrattuna suoraan sähkölämmitykseen.

Asiasanat: maalämpö, energiakaivo, porakaivo

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYSLUETTELO	4
1 JOHDANTO	5
2 RAKENNUSTEN LÄMMITYSENERGIAN TARVE	6
2.1 Lämpöhäviö mitoitustilanteessa	6
2.2 Kokonaislämmitysenergian tarve	7
2.2.1 Rakennuksen lämmitysenergian tarve	8
2.2.2 Monikerrospotken lämmitysenergian tarve	8
2.3 Jäähdytysenergian tarve	10
3 ENERGIKAIVOJEN MITOITUS	12
3.1 Energiakaivon mitoitukseen vaikuttavat tekijät	13
3.1.1 Maaperän rikkonaisuus ja pohjavesi	13
3.1.2 Energiakaivon suojaetäisyydet	15
3.2 Rakennus ilman jäähdytystä	16
3.3 Rakennus jäähdytyksellä	17
3.4 Mitoitustulosten tarkastelu	19
4 MAALÄMPÖPUMPUN VALINTA	20
4.1 Maalämpöpumpun valinta	20
4.2 Lämminvesivaraajan mitoitus	21
5 KUSTANNUSVERTAILU	24
5.1 Kolme paritaloa ilman jäähdytystä	24
5.2 Kolme paritaloa jäähdytyksellä	25
5.3 Suora sähkö	26
5.4 Vertailu	27
6 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	29
LIITTEET	31

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä oli tavoitteena mitoittaa useita paritaloja käsittävään taloyhtiön lämmitys kahdella maalämpöpumpulla. Toiseen maalämpöpumppuun tulee ainoastaan lämmitys, toiseen lämmityksen lisäksi jäähdytys. Työssä vertailaan näiden järjestelmien välisiä eroja kustannus- ja energiatehokkuudessa. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan ensin mitoituksia ja valintoja teoriassa, minkä jälkeen keskitytään kohdetaloyhtiön tehtäviin mitoituksiin ja valintoihin.

Taloyhtiö käsittää yhteensä kuusi pientä paritaloa, joiden yhteenlaskettu lämmitettävä pinta-ala on 705 m². Näiden lämmitys halutaan tuottaa energiakaivoilla ja käyttämällä kahta lämpöpumppua. Työssä lasketaan rakennusten mitoituslämpöpölväiöt sekä energiankulutus normaalivuonna ja mitoitetaan kaksi hieman erilaista tapaa toteuttaa maalämmitys näiden saatujen tietojen perusteella. Tämän jälkeen lasketaan kustannusarvio lämmitysjärjestelmistä sekä tarkastellaan niistä saatuja tuloksia. Lisäksi työssä käydään yleisesti läpi maalämpöpumppujen sekä porakaivojen mitoitusta. Työn on tilannut Lumijoen kunta.

2 RAKENNUSTEN LÄMMITYSENERGIAN TARVE

Rakennuksen lämmitysjärjestelmää mitoitettaessa on tärkeää tietää paljonko rakennuksen ominaislämpöhäviö on mitoitustilanteessa. Mikäli rakennus lämmitetään maaperästä saadulla energialla, täytyy myös olla selvillä rakennuksen vuodessa kuluttama lämmitysenergia. Rakennuksen vuodessa tarvitsema jäähdytysenergia täytyy myös tietää, mikäli rakennusta jäähdytetään energiakaivon avulla. Näiden arvojen ollessa tiedossa voidaan lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä mitoittaa oikein.

Rakennuksen mitoitukseen käytetään pohjakuvaa, jonka perusteella saadaan selville lämmitetty pinta-ala rakennuksessa (liite 1). Rakennuksen lämmitetyn tilavuuden määrittämiseksi käytetään lämmitetyn tilan korkeutena 2,6 m. Todellista korkeutta ei kohteesta ollut tiedossa.

2.1 Lämpöhäviö mitoitustilanteessa

Rakennuksen mitoitustilanteeseen vaikuttavat tekijät ovat rakenteiden lämmöneristävyyden, rakenteiden tiiveyden, mitoitettavan ulkolämpötilan ja halutun sisälämpötilan erotuksen sekä ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysteho. Tässä työssä lämmitystehon mitoitukseen käytetään ympäristöministeriön rakentamismääräysten laatimia asetuksia ja ohjeita. Rakennuksen tiedot syötetään Kymdatassa Cadmatic HVAC -ohjelmaan, minkä jälkeen ohjelma laskee rakennukselle lämpöhäviötehon. Cadmatic HVAC -ohjelman laskenta perustuu ympäristöministeriön määräyksiin ja ohjeisiin.

Ilmanvaihto mitoitetaan sähkölämmityksellä ja tuloilman lämpötilaksi asetetaan arvo 18 °C, jota käytetään yleisesti pientalojen ilmanvaihdossa sisäänpuhallusilman lämpötilana lämmityskaudella. Sisäilman lämpötilana käytetään arvoa 21 °C, jolloin vesikiertoiselle lämmitysjärjestelmälle jää lämmitettäväksi kolmen asteen lämpötilaero.

Rakennuksen rakenteiden lämmöneristävyyttä kuvataan lämmönläpäisykertoimella eli U-arvolla ($W/(m^2K)$). Tämä rakennus mitoitetaan rakentamismääräyskoelman mukaisilla enimmäisarvoilla (taulukko 1).

*TAULUKKO 1. Rakennuksessa käytettävät eri rakenteiden lämmönläpäisyker-
toimien enimmäisarvot (1, 24. §)*

Lämmönläpäisykertoimet	
Rakenne	U-arvo W/m ² K
Seinä	0,17
Yläpohja	0,09
Alapohja	0,16
Ovet	1
Ikkunat	1

Rakennuksen vaipan lämmöneristävyys vaikuttaa myös eri rakenteiden välien aiheuttamat kylmäsiilat (taulukko 2).

*TAULUKKO 2. Rakennuksessa käytettävät eri rakenteiden väliset kylmäker-
toimet eli lisäkonduktanssit (2, s.19)*

Kylmäsiilat		
Rakenne	Lisäkonduktanssi	
Yläpohja - seinä	0,08	W/mK
Alapohja - seinä	0,24	W/mK
Ulkonurkka	0,06	W/mK
sisänurkka	-0,06	W/mK
Ikkuna/oviliitos	0,04	W/mK

Kohde sijaitsee Lumijoella, joka kuuluu säävyöhykkeeseen III. Tällöin mitoitta-
vana ulkolämpötilana on –32 °C. (3, s. 11.) Ilmavirrat on mitoitettu rakennusmää-
räyskokoelman ohjeiden mukaan (4, s. 7). Ilmavirtataulukko löytyy liitteestä 2.

Näillä arvoilla yhden paritalon lämmitykseen tarvittavaksi tehoksi saadaan CAD-
MATIC HVAC -ohjelmalla 5175 W.

2.2 Kokonaislämmitysenergian tarve

Lämmitysenergian tarpeen määrittäminen tehdään Suomen rakentamismääräysko-
koelman asetuksien ja ohjeiden mukaan. Näiden ohjeiden perusteella lämmitys-

tekniikan kurssilla energiantarpeen laskeva E-luvun laskentaan tehty Excel-laskuri toimii tässä tapauksessa todella hyvin. Laskuriin syötetyt tiedot ja tarkemmat tulokset löytyvät liitteestä 3. Lämmitysenergian määrä lasketaan vertailun vuoksi myös Cadmatic HVAC -ohjelmalla.

2.2.1 Rakennuksen lämmitysenergian tarve

Rakennuksen lämmitykseen tarvittavan energian laskemiseen tarvitaan rakennuksen vaipan lämpöhäviö. Vaipan lämpöhäviöön lasketaan rakenteista johtumalla siirtyvä lämpöenergia, vaipasta vuotoilman mukana siirtyvä lämpöenergia sekä ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysenergia. Tästä lämpöhäviöstä vähennetään rakennuksen lämmityksessä hyödynnettävät lämpökuormat, joita ovat esimerkiksi auringon säteily, valaistus, muut sähkölaitteet ja ihmiset. Näiden arvojen laskemiseen käytetään Suomen rakentamismääräyskokoelman asetusta rakennuksen energiankulutuksen laskentaan. Tässä laskurissa huomioidaan kuukausitasolla lämpötilaero vaipan yli.

Maalämpöpumpulla tuotettavan lämmitysenergian määräksi vuodessa saadaan yhtä paritaloa kohden 14857 kWh. Kolme paritaloa tarvitsee näin ollen 44571 kWh lämmitysenergiaa vuodessa. Cadmatic-ohjelmalla vastaavasti saadaan lämmitysenergian tarpeeksi vuodessa 11747 kWh. Ero johtuu siitä, että Cadmatic-ohjelma laskee energiantarpeen Helsingin normaalivuoden lämpötiloilla, kun taas Excel-laskuriin on syötetty Oulun normaalivuoden lämpötilat.

2.2.2 Monikerrosputken lämmitysenergian tarve

Tämän lisäksi tulee huomioida myös erillisestä teknisestä tilasta paritaloihin lämmintä käyttövedettä ja lämmitystä vievät eristetyt monikerrosputket, joiden lämpöhäviöt ovat huomattavan suuria.

Koska tarkkaa asemakuvaa ei ole, arvioidaan kanaalin pituus keskimääräisenä paritaloa kohden. Tässä tapauksessa monikerrosputken arvioitu pituus on 50 m. Lasketaan esimerkiksi Uponor Quattro -monikerrosputken lämpöhäviö. (5, s. 20.)

Käytetään lämmityksen menoveden lämpötilana 35 °C:ta ja paluueden lämpötilana 30 °C. Lämpimän käyttöveden lämpötilana käytetään 58 °C:ta ja lämpimän

käyttöveden kierron lämpötilana 55 °C:ta. Maaperän vuosittaiseksi keskilämpötilaksi arvioidaan 4 °C. (Kuva 1.)

Quattro

$$\Delta t = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4) / 4 - t_0$$

t_1 = Menoveden lämpötila
 t_2 = Paluuv veden lämpötila
 t_3 = Lämmin käyttövesi
 t_4 = Lämpimän käyttöveden kierto
 t_0 = Maaperän lämpötila

KUVA 1. Quattro -monikerrospotken ja maan lämpötilaero (5, s. 20)

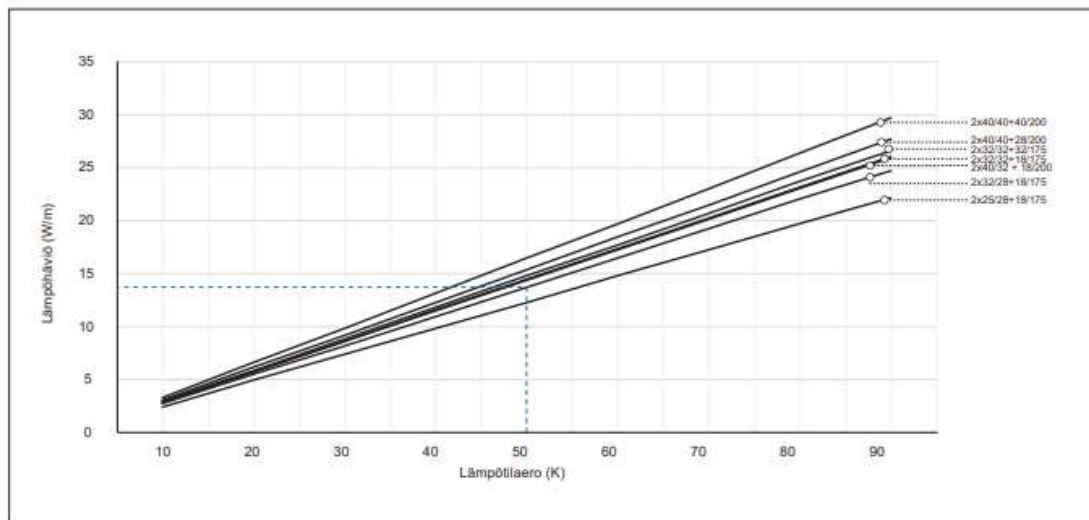
Valitaan putkeksi 2x32/28+18/175. Tällä saadaan lämpöhäviöksi 11 W/m, joten 50 m tekee kokonaislämpöhäviöksi 550 W. (Kuva 2.)

Lämpöhäviödiagrammi Quattro

Esim. Quattro 2 x 32/28 + 18/175

$t_1 = +60, t_2 = +40, t_3 = +65, t_4 = +55, t_0 = +5$

$\Delta t = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4) / 4 - t_0 = (60 + 40 + 65 + 55) / 4 - 5 = 50 \rightarrow$ **Lämpöhäviö 13,7 W/m**



KUVA 2. Quattro -monikerrospotken lämpöhäviödiagrammi (5, s. 21)

Tämä kerrotaan vuoden tuntimäärällä ja saadaan tulokseksi 4818 kWh/vuosi 50 metrin matkalla. Kolmen paritalon lämmitykseen kuluu siis todellisuudessa 59029 kWh energiaa vuodessa, mikäli huomioidaan 50 m kanaalia yhtä paritaloa kohden.

2.3 Jäähdytysenergian tarve

Rakennuksen jäähdytysenergian tarve saadaan mallintamalla rakennus Swegon ESBO Indoor climate and energy calculation -mallinnusohjelmaa käyttäen. Rakennuksen tiedot syötettiin ohjelmaan ja ohjelma laski jäähdytysenergian tarpeen vuositasolla paritalon molempiin asuntoihin. (Kuvat 3 ja 4.)

Energia kaikkiin vyöhykkeisiin*

Jäähdytysenergia	983 kWh/vuosi
Lämmitysenergia	3315 kWh/vuosi
Puhallin- ja pumppuenergia	367 kWh/vuosi

* Siirretty primäärijärjestelmästä IV-koneelle ja vyöhykkeille. Sisältää myös paikalliset huoneyksiköt.

KUVA 3. ESBO-ohjelmasta saadut energiankulutuksen tiedot asunnosta 1

Energia kaikkiin vyöhykkeisiin*

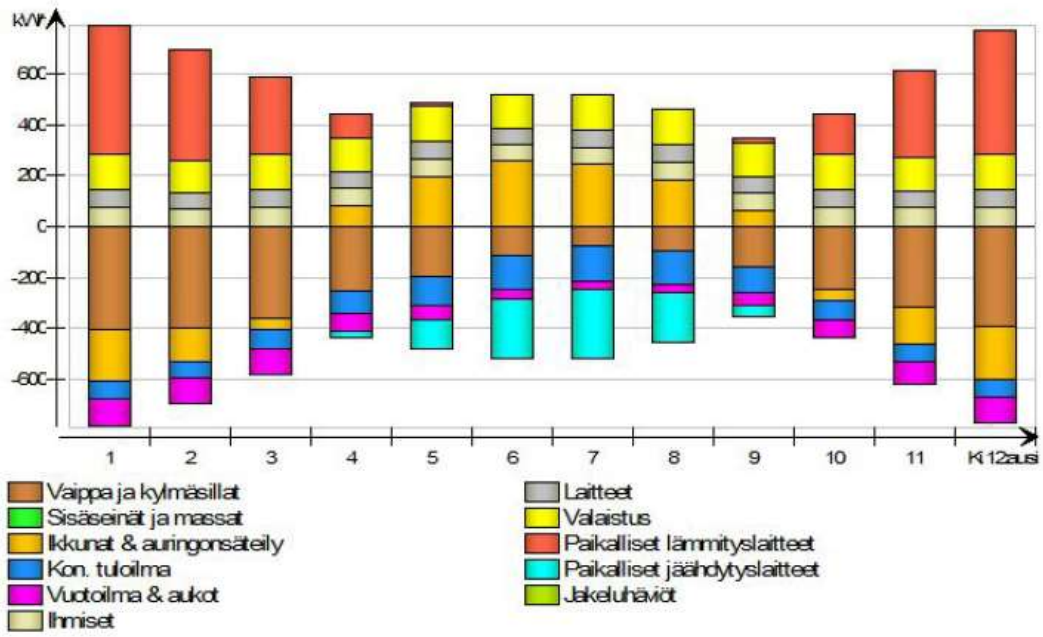
Jäähdytysenergia	1526 kWh/vuosi
Lämmitysenergia	3823 kWh/vuosi
Puhallin- ja pumppuenergia	502 kWh/vuosi

* Siirretty primäärijärjestelmästä IV-koneelle ja vyöhykkeille. Sisältää myös paikalliset huoneyksiköt.

KUVA 4. ESBO-ohjelmasta saadut energiankulutuksen tiedot asunnosta 2

Jäähdytysenergiaa tarvitaan mitoitusohjelman mukaan yhteen paritaloon 2509 kWh/vuosi. Ohjelma antaa raportissa myös lämpötaseen, josta näkee hyvin, miten lämmitys- ja jäähdytysenergiaa kuukausittain rakennuksessa tarvitaan. (Kuva 5.)

Kuukausittainen vyöhykkeen lämpötase

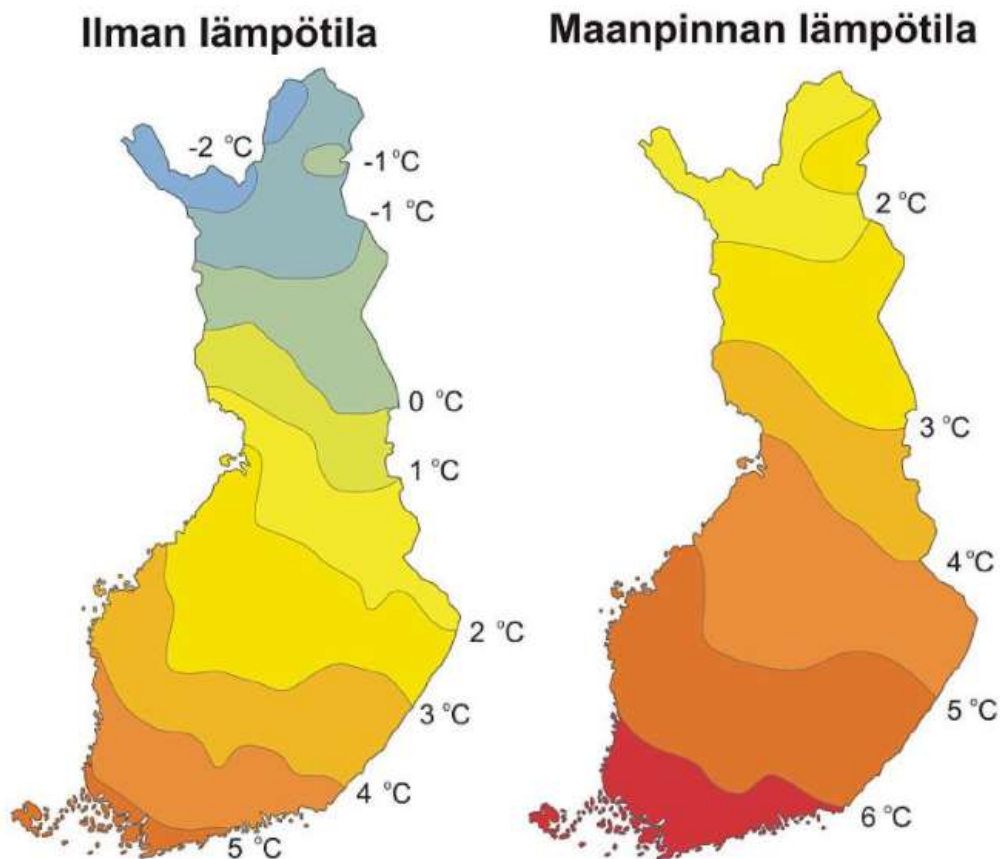


KUVA 5. ESBO-ohjelmasta saatu kuukausittainen lämpötase asunnolle 1

3 ENERGIKAIVOJEN MITOITUS

Maaperän pintaan varastoitunut lämpöenergia on suuriltaosin peräisin aurin-
gosta. Syvällä maanpinnan alla lämpöenergia taas on peräisin radioaktiivisten
aineiden hajoamisesta syntyvää energiaa, jota kutsutaan geotermiseksi energi-
aksi. (6, s. 9.)

Suomessa maaperän pintaosien vuotuinen keskilämpötila on ilman vuotuista
keskilämpötilaa noin kaksi astetta korkeampi (kuva 6). Maanperän pintaosien
lämpötila vaihtelee paljon myös paikallisesti; esimerkiksi rakennetuilla alueilla se
on useita asteita luonnontilaista aluetta korkeampi. Syvemmälle kallioperään
mentäessä lämpötila nousee geotermisen energian nostamana 1–0,5 °C / 100
m. Näin ollen 300 m:n syvyydessä Oulun ympäristössä kallioperän lämpötila on
noin 5,5–7 °C. (6, s. 9.)

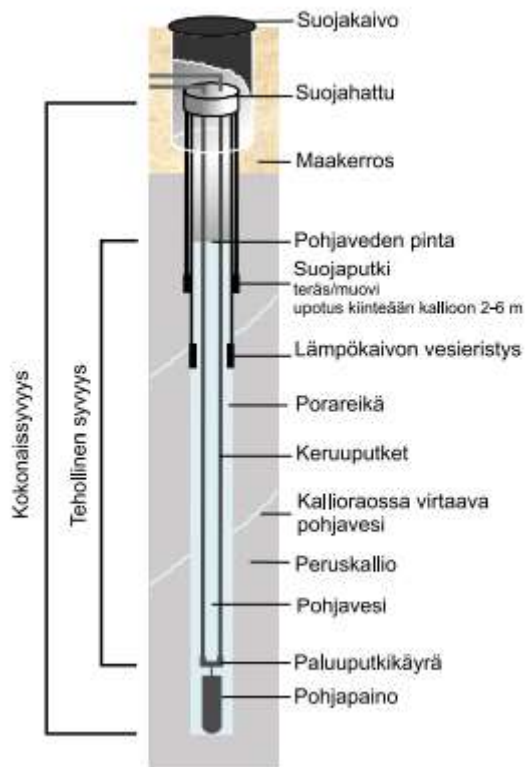


Kuva 1. "Lämpökartat", Ilman- ja maanpinnan keskilämpötiloista. Lähde: GTK, Niina Leppäharju.

KUVA 6. Maanpinnan lämpötila Suomessa (6, s. 7)

3.1 Energiakaivon mitoitukseen vaikuttavat tekijät

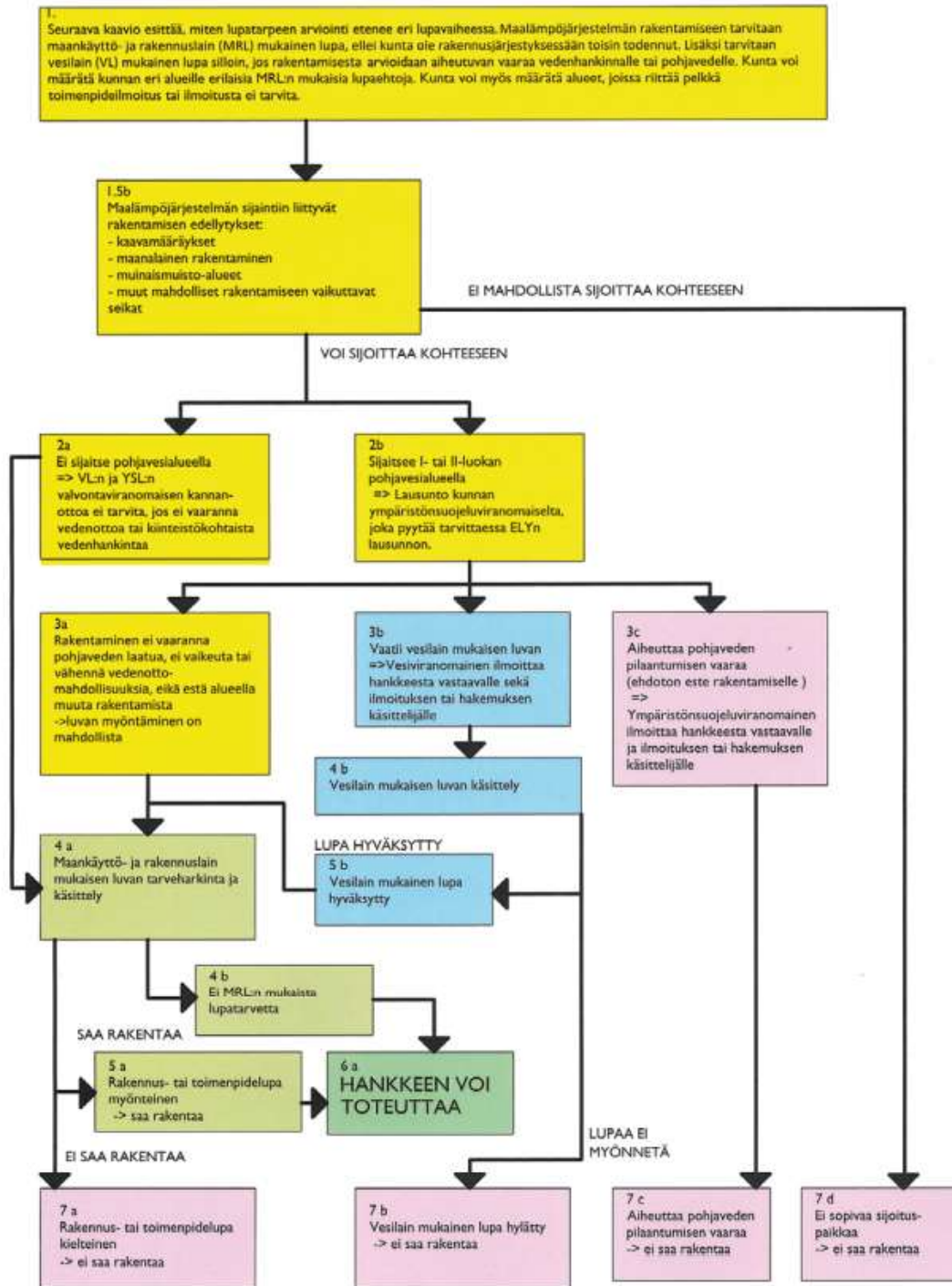
Maaperästä saatuun energian määrään vaikuttaa hyvin moni asia. Kallioperän koostumus vaikuttaa tähän kuitenkin eniten. Kallioperä voi olla rikkonainen, tai siellä voi olla pohjavesikerrostumia, jotka tehostavat lämmön siirtymistä. Myös porakaivon sijainti suhteessa muihin energiakaivoihin vaikuttaa mitoitukseen merkittävästi.



KUVA 7. Periaatekuva porakaivon rakenteesta (6, s. 35)

3.1.1 Maaperän rikkonaisuus ja pohjavesi

Näillä lämmön siirtymistä edesauttavilla asioilla, maaperän rikkonaisuudella ja pohjavedellä, on myös haittavaikutuksensa. Esimerkiksi kallioperän rikkonaisuus hankaloittaa energiakaivon poraamista ja aiheuttaa porareian seinämien sortumista. Pohjavesialueilla poraaminen vaatii erillistä lupaa kunnan ympäristöviranomaisilta, sillä esimerkiksi porareian kautta puhdas ja saastunut pohjavesikerros voi päästä sekoittumaan, ja tällöin seurauksena voi olla laaja pohjavesialueen pilaantuminen. (Kuva 8.)



KUVA 8. Kaavio energiakaivon lupaprosessin etenemisestä (6, s. 14)

Myös paineinen pohjaviesi aiheuttaa joissain tapauksissa esimerkiksi tarvetta käyttää paineen kestävää suojahattua porareissä. Joissain tapauksissa porareinän suojakaivo pitää viemäroidä pysyvästi paikkaan, jossa kaivosta tuleva vesi ei aiheuta harmia, vaan pääsee imeytymään takaisin maaperään.

3.1.2 Energiakaivon suojaetäisyydet

Energiakaivo kerää energiaa kallioperästä laajalta alueelta ympäriltään. Tästä syystä energiakaivon mitoituksessa täytyy ottaa huomioon muut välittömässä läheisyydessä olevat energiakaivot. Isoissa maalämpökohteissa energiakaivoja tarvitaan useita riittävän tehon saamiseksi. Energiakaivokenttä voi olla hyvinkin laaja. Suositeltu minimisuojaetäisyys toiseen energiakaivoon on 15 m. Energiakaivot voidaan porata myös vinoon, jolloin ne voidaan sijoittaa lähemmäksi toisiinsa. Tällöin suositeltu minimisuojaetäisyys on 5 m. Vinoon porattaessa täytyy tehdä tarkat laskelmat siitä, mihin energiakaivon pää tontilla sijoittuu, jolloin voidaan varmistua riittävästä etäisyydestä toiseen energiakaivoon. Energiakaivojen sijainnit ja porauskulmat olisi myös suositeltavaa dokumentoida tarkasti. (6, s. 23–26.)

Myös muita asioita on otettava energiakaivon sijaintia suunniteltaessa. Erityisesti pohjaveden käyttöveden nostamista varten rakennetut pora- ja rengaskaivot tulee ottaa huomioon, sillä poraaminen voi saastuttaa pohjavettä lähialueilta. Myös rakennukset ja kiinteistön rajat tulee ottaa huomioon. (Taulukko 3.)

TAULUKKO 3. Suositeltavia energiakaivon minimietäisyyksiä (6, s. 25)

Kohde	Suosittelu minimietäisyys
Energiakaivo	15 m*
Lämpöputket ja kaukolämpöjohdot	3 m**
Kallioporakaivo	40 m
Rengaskaivo	20 m
Rakennus	3 m
Kiinteistön raja	7,5 m*
Kiinteistökohtaisen jätevedenpuhdistamon purkupaikka	Kaikki jätevedet 30 m, Harmaat vedet 20 m ^[4]
Viemärit ja vesijohdot	3 m (omat putket)-5 m (muiden putket)**
Tunnelit ja luolat	25 m, etäisyys selvitetään tapauskohtaisesti

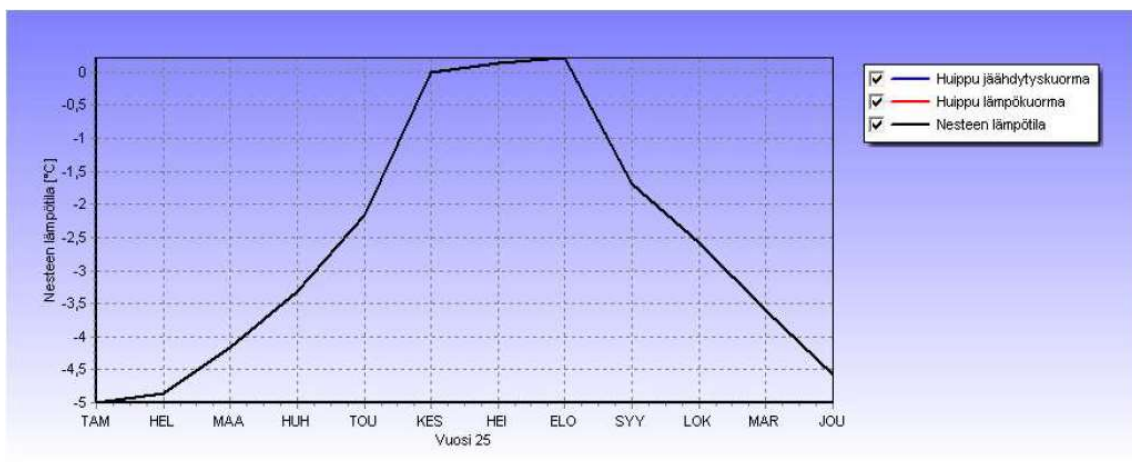
* porareian ollessa pystysuora

** etäisyys riippuu maaperän laadusta, kaivusyvytydestä ja kaivantoon sijoitettavista putkista

Suosittusetäisyydet eivät ole määräyksiä ja niistä poiketaan monesti pienillä tonteilla. Tällöin tilannetta täytyy tarkastella tarkemmin tapauskohtaisesti.

3.2 Rakennus ilman jäähdytystä

Tässä työssä energiakaivon mitoittamiseen ja mallinnukseen käytetään Earth Energy Designer -ohjelmaa. Ohjelma antaa energiakaivojen lukumäärien ja syvyyksien lisäksi myös arvion energiakaivon porauskustannuksista. Näiden lisäksi ohjelma myös simuloi energiakaivon nesteen keskilämpötilan käyttäytymistä tässä tapauksessa seuraavan 25 vuoden ajalta näyttäen välitiedot 5 vuoden välein. (Liite 4.) EED-ohjelmasta saadaan myös kuvaaja, joka näyttää nesteen keskilämpötilan 25 vuoden kuluttua (kuva 9).



KUVA 9. Nesteen keskilämpötilan käyttäytymisen simulointitulokset EED-ohjelmasta ilman jäähdytystä

Tässä työssä on tarkoituksena mitoittaa energiakaivot ja kaksi maalämpöpumpua palvelemaan taloyhtiön paritaloja. Toiseen kolmen paritalon ryhmään tulee maalämpö jäähdytyksen kanssa ja toiseen maalämpö ilman jäähdytystä.

EED-ohjelmaan syötetään tiedot maaperästä, sijainnista sekä energian- tai huipputehontarpeet kuukausitarkkuudella (taulukko 4). Ohjelma antaa raportin mitoitustuloksista. (Liite 4.)

TAULUKKO 4. Kolmen paritalon energiaprofiili kuukausittain ilman jäähdytystä

Kuukausittainen energiaprofiili [MWh]					
Kuukausi	Kerroin	Lämpö	Kerroin	Kylmä	Maaperä
TAM	0,155	8	0	0	5,33
HEL	0,148	7,7	0	0	5,13
MAA	0,125	6,71	0	0	4,47
HUH	0,099	5,59	0	0	3,73
TOU	0,064	4,09	0	0	2,72
KES	0	1,33	0	0	0,89
HEI	0	1,33	0	0	0,89
ELO	0	1,33	0	0	0,89
SYY	0,061	3,96	0	0	2,64
LOK	0,087	5,07	0	0	3,38
MAR	0,117	6,36	0	0	4,24
JOU	0,144	7,53	0	0	5,02
Summa	1	59	0	0	39,33

Näillä syötetyillä arvoilla saadaan porakaivon tehollinen syvyys eli energiakaivon kallioperän vedellä täytetty osuus sekä energiakaivojen lukumäärä. Myös arvio porauskustannuksista saadaan raportista. (Kuva 10.)

Yhteenveto

Hinta	14111 EUR
Porareikien lukumäärä	2
Porakaivon syvyys	201,6 m
Porakaivon yhteispituus	403,2 m

KUVA 10. Ilman jäähdytystä olevan energiakaivon mitoituksen yhteenveto EED-ohjelmasta

3.3 Rakennus jäähdytyksellä

Energiakaivo käyttäytyy eri tavoin, mikäli se palvelee myös rakennusten jäähdytystä. Tällöin kaivoon syötetään kesäkuukausina jäähdytysenergiaa, joka varastoituu kallioperään. Tästä varastoituneesta energiasta saadaan hieman apua talvikuukausien lämmitykseen, jolloin tehollinen syvyys jää hieman pienemmäksi ja lämpötilat pysyvät paremmin vakioina ajan kuluessa. (Kuva 11.)

Yhteenveto		
Hinta		13350 EUR
Porareikien lukumäärä		2
Porakaivon syvyys		190,7 m
Porakaivon yhteispituus		381,4 m

KUVA 11. Jäähdytyksellä olevan energiakaivon mitoituksen yhteenveto EED-ohjelmasta

Muutoin mitoitus on ilman jäähdytystä olevan mitoituksen kanssa samanlainen, mutta EED-ohjelmaan syötetään aiemmin mainittujen tietojen lisäksi myös jäähdytysenergiantarve (taulukko 5).

TAULUKKO 5. Kolmen paritalon energiaprofiili kuukausittain jäähdytyksen kanssa

Kuukausittainen energiaprofiili [MWh]					
Kuukausi	Kerroin	Lämpö	Kerroin	Kylmä	Maaperä
TAM	0,155	8	0	0	5,33
HEL	0,148	7,7	0	0	5,13
MAA	0,125	6,71	0	0	4,47
HUH	0,099	5,59	0	0	3,73
TOU	0,064	4,09	0	0	2,72
KES	0	1,33	0,33	2,48	-2,41
HEI	0	1,33	0,33	2,48	-2,41
ELO	0	1,33	0,34	2,55	-2,51
SYY	0,061	3,96	0	0	2,64
LOK	0,087	5,07	0	0	3,38
MAR	0,117	6,36	0	0	4,24
JOU	0,144	7,53	0	0	5,02
	-----	-----	-----	-----	-----
Summa	1	59	1	7,5	29,33

Energiakaivosta saatu kuukausittainen keskilämpötila pysyy korkeammalla ensimmäisten lämmityskuukausien aikana kuin ilman jäähdytystä olevassa energiakaivossa (liite 5). Mikäli energiakaivo palvelee jäähdytystä, voidaan siitä saada ajan kuluessa parempi hyötysuhde verrattuna pelkästään lämmityskäytössä olevaan energiakaivoon, koska sen nesteen keskilämpötila pysyy korkeammalla kuin ilman jäähdytystä olevassa energiakaivossa. (Kuva 12.)

Tätä ilmiötä voidaan tehostaa ottamalla käyttöön aurinkokerääjät, joilla energiakaivoa voidaan ladata kesäkuukausina. Tätä vaihtoehtoa tarkastellaan Vladimir Pozdnyakovin opinnäytetyössä, joka käsittelee samaa taloyhtiötä.



KUVA 12. Nesteen keskilämpötilan käyttäytymisen simulointitulokset EED-ohjelmasta jäähdytyksellä

3.4 Mitoitustulosten tarkastelu

Taloyhtiön lämmitykseen tarvitaan EED-ohjelman mitoituksen mukaan yhteensä neljä energiakaivoa, joista kaksi on 201,6 m syviä ja kaksi 190,7 m syviä. Ilman jäähdytystä oleva maalämpöpumppu tarvitsisi 21,8 m syvemmän energiakaivon kuin jäähdytyksellä oleva maalämpöpumppu. EED-ohjelman mitoituksen mukaan energiaa otetaan maaperästä vuodessa 97,55 kWh/m. EED-ohjelmassa on oletettu lämpöpumpun vuotuiseksi lämpökertoimeksi 3.

Nibe Energy Systems Oy:n ohjeen mukaan ohjeellinen mitoitusvakio säävyöhykkeelle III Jyväskylä, johon Oulu kuuluu, on 130 kWh/m (7, s. 20). Kuitenkin kokemusperäinen mitoitusvakio, johon pyritään Oulun seudulla, on noin 100 kWh/m (8). Tällä tavoin mitoitettuna energiakaivo pysyy varmasti käyttökunnossa ja siitä saadaan energiaa vielä pitkänkin ajan kuluttua. Nibe Energy Systems Oy:n maalämpöjärjestelmän mitoitusohjelma ottaa huomioon myös valitun maalämpöpumpun ominaisuudet porakaivon mitoituksessa ja tähän kohteeseen energiakaivojen yhteenlaskettu tehollinen syvyys tulisi olla valmistajan mukaan 439 m (liite 6). Tämä tarkoittaa kahden 219,5 m:n syvyisen energiakaivon poraamista yhtä lämpöpumppua kohden. Ero johtuu Nibe Energy Systems Oy:n laskurin olettamasta vuotuisesta lämpökertoimesta neljä, jonka vuoksi maaperästä on otettava enemmän energiaa.

4 MAALÄMPÖPUMPUN VALINTA

Maalämpöpumpun valintaan vaikuttavat sen käyttökohde, käyttötarkoitus ja rakennuksen vaatima teho. Maalämpöpumpun valintaan on useimmilla valmistajilla omia valintaohjelmia. Tämän työn esimerkki on valittu käyttämällä Nibe Suomi Oy:n valintaohjelmaa. Maalämpöpumppu valitaan usein hieman vajaatehoiseksi suhteessa lämmitystehoon, koska ei ole tarpeenmukaista muutaman kovemman pakkaspäivän vuoksi ostaa isompaa pumppua. Vuositasolla energiaa pumppu tuottaa kuitenkin 98–100 % tarvittavasta määrästä, vaikka pumppu olisi mitoitettu noin 80 %:n teholle. (Kuva 13.)

The screenshot shows the Nibe F1145-17 selection software interface. It includes a selection menu at the top, a product image, and a table of technical specifications and energy performance metrics.

Valitse lämpöpumppu		Yksi lämpöpumppu		Useita lämpöpumppuja		Näytä kaikki	
NIBE F1145-17		Kallio		Määrittelemätön, oletus			
		Kalliolaji		3,0 W/mK			
		Lämmönjohtavuus		3,0 K			
		Liuksen lämpötilan muutos		-0,5 °C			
		Liuksen keskilämpötila					
NIBE F1145-17		Energiaaavio		Lämmityksen lämpötilakaavio			
Energiapeitto		99 %		Tehopeitto		78 %	
LP:n tuottama energia		58715 kWh		Käyntiaika		3547 h	
LP:n kuluttama energia		14526 kWh		Tasapainolämpötila		-22 °C	
Lisäenergia		339 kWh		LP:n teho MUT		15,8 kW	
Nykyinen lämmityksen pumppu		699 kWh		Astetunnit		104727 K·h	
Laskennallinen lisäteho		4,6 kW		Vuosilämpökerroin (SPF)		4,0	
				Maks. lämmitystehon tarve		20,3 kW	
				Energiaaavio		439 m	
				Aktiivinen porausyvyys		102 kWh/m	
				Energian otto		29 W/m	
				Tehon otto		12 W/m	
				Tehon otto (vuosia)		30 W/m	
				Tehon otto (Maksimi jäähdytysteho)			

KUVA 13. Kuvakaappaus Nibe Oy:n valintaohjelmasta.

Niben laskurissa vuotuinen hyötysuhde on neljä, jolloin kaivosta otettava energia on suurempi ja lisää tällöin tarvittavia kaivometrejä verrattuna EED-ohjelman mitoitukseen.

4.1 Maalämpöpumpun valinta

Maalämpöpumpun valintaohjelmaan syötetään ensin tiedot lämmitysjärjestelmästä, joka on lattialämmitys. Tämän jälkeen syötetään lämmitetty ala ja lämpö-

häviöteho, jonka lämpöpumpun täytyy kattaa. Mitoitusohjelmassa kysytään lisäksi käyttöveden tarvitsema teho. Ohjelmassa on myös mahdollista antaa kairon syvyyteen vaikuttava kalliolaji, mutta tässä kohteessa se on tuntematon. Tästä johtuen valitaan kalliolajiksi ohjelman oletuslaji. Liuoksen keskilämpötila on EED-ohjelmassa $-0,46\text{ °C}$:ta, joten asetetaan arvoksi $-0,5\text{ °C}$:ta. Liuoksen lämpötilan muutokseksi asetetaan kokemusperäinen 3 °C :ta.

Näiden tietojen perusteella valintaohjelma antaa muutaman eri vaihtoehdon. Tässä tapauksessa valitaan ilman käyttöveden varaajaa oleva Nibe F1145-17 -lämpöpumppu, jonka tehopeitto on 78 % ja energiapeitto on 99 % (kuva 12). Hankkeessa voi harkita myös hieman tehokkaampaa pumppua, mutta tämä on mitoitusohjelman mukaan kustannustehokkain ratkaisu mitoitukseen käytetyillä arvoilla.

4.2 Lämminvesivaraajan mitoitus

Maalämpöpumpun rinnalle tarvitaan käyttövesivaraaja, joka takaa riittävän lämpimän veden saannin jokaiselle paritalolle. Varaajan koko mitoitetaan tässä työssä RVV-käsikirjan mukaisesti. Yhdellä maalämpöpumpulla on tarkoitus lämmittää kolmen paritalon lämmin käyttövesi. Lämpimän veden käyttö ajoittuu tiettyyn aikaan, niin sanottuun kylpyaikaan. Kylpyajan pituus määräytyy käyttäjien lukumäärän perusteella. Oletetaan, että molemmat lämpöpumput sijaitsevat samassa tilassa jolloin niiden liittäminen rinnan yhteiseen varaajaan on perusteltua.

Kuudessa paritalossa on yhteensä 12 saunaa. Saunan kylpyajan tarvitsema lämmitysenergia on 10 000 Wh. Samanaikaisuuskerroin on 12 saunalle 0,50 1/h. (9.) Näillä arvoilla saadaan laskettua käyttöveden tarvitsema kylpyajan keskiteho (kaava 1).

$$\text{Keskiteho} = 0,50 \frac{1}{h} \times 12 \text{ saunaa} \times 10000 \frac{\text{Wh}}{\text{sauna}} = 60000 \text{ W}$$

KAAVA 1

Kokonaislämpöenergian tarve kylpyaikana saadaan, kun keskiteho kerrotaan kylpyajalla 2 h (kaava 2).

$$\text{Kokonaislämpöenergian tarve} = 60 \text{ kW} \times 2 \text{ h} = 120 \text{ kWh}$$

KAAVA 2

Koska lämpimän käyttöveden kiertoputken tarvitsema lämpöhäviö on huomattava, lasketaan se mukaan kokonaislämpöenergian tarpeeseen (kaava 3).

$$\text{Kiertoputken tarvitsema lämpöhäviö} = \frac{11 \frac{W}{m} \times 150 \text{ m} \times 2 \text{ h}}{1000 \frac{W}{kW}} = 3,3 \text{ kWh} \quad \text{KAAVA 3.}$$

Kun tarvittava lämmitysenergia on selvillä, voidaan laskea, kuinka paljon varaajasta pitäisi saada lämpöenergiaa, mikäli maalämpöpumppu tuottaa 25 % kylpyaikana tarvittavasta lämpöenergiasta (kaava 4).

$$\text{Varaajasta otettava energia} = 120 \text{ kWh} + 3,3 \text{ kWh} - 0,25 \times (120 \text{ kWh} + 3,3 \text{ kWh}) = 92,5 \text{ kWh} \quad \text{KAAVA 4}$$

Varaajan tarvittava tilavuus saadaan laskettua varaajasta otettavan energian perusteella (kaava 5 ja 6).

$$\text{Varaajan tilavuus} = \frac{Q_{lv, \text{varaaja}} \times 3600 \frac{s}{h}}{C_p \times \rho \times \Delta T} \quad \text{KAAVA 5}$$

missä

$Q_{lv, \text{varaaja}}$ = Varaajasta otettava energia

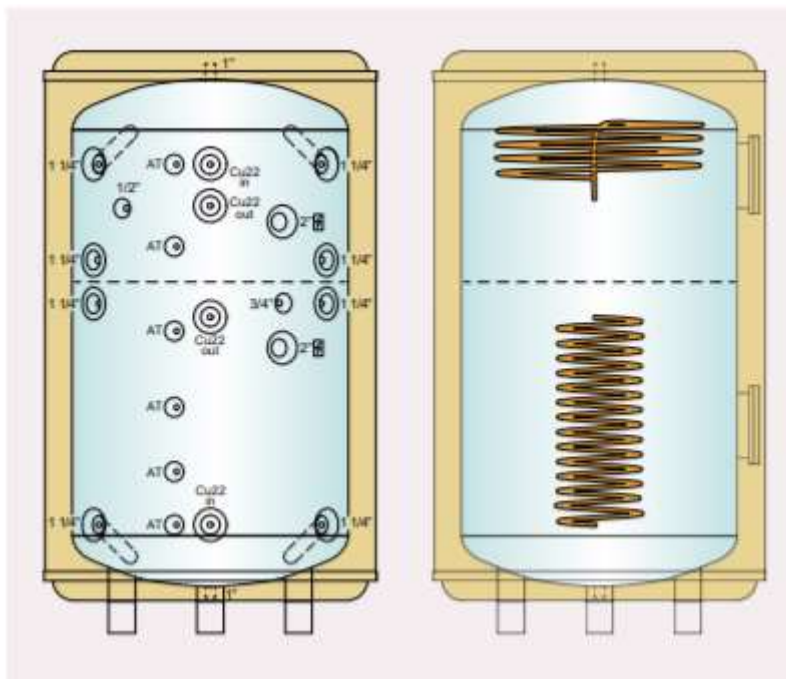
C_p = Veden ominaislämpökapasiteetti

ρ = Veden tiheys

ΔT = Purkauslämpötilaero

$$\text{Varaajan tilavuus} = \frac{92,5 \text{ kWh} \times 3600 \frac{s}{h}}{4,188 \frac{kJ}{kgK} \times 980,6 \frac{kg}{m^3} \times 30 \text{ K}} = 2,7 \text{ m}^3 \quad \text{KAAVA 6}$$

Valitaan käyttöveden energiavaraajaksi Akvatermin AKVA GEO 3000, joka on laadukas lämpöpumppukäyttöön tarkoitettu varaaja varustettuna tehokkailla käyttövesikierukoilla (kuva 14).



KUVA 14. Akvaterm AKVA GEO 3000 (10)

Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaamaa laskettaessa täytyy ensin laskea jokaisen vesipisteen normivirtaamat yhteensä. Tämän jälkeen käyttöveden mitoitusvirtaama voidaan katsoa taulukosta normivirtaamien summan perusteella. Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama on tästä luvusta 40 %. (11.) Tässä tapauksessa mitoitusvirtaamaksi saadaan 72 dm³/min. Akvatermin varaajiin valittavissa olevat käyttövesikierukat voidaan valita taulukosta tämän lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaaman perusteella.

Varaajaan yläosaan asennetaan myös sähkövastukset. Sähkövastukset on hyvä olla mahdollisten maalämpöpumppujen laiterikkojen sekä huoltotöiden varalta. Laskettuna lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama on 72 dm³/min.

5 KUSTANNUSVERTAILU

Maalämpö on kasvattanut suosiotaan viime vuosina todella paljon muiden lämpöpumppujen ohella. Se onkin kiistattomasti ympäristöystävällinen ratkaisu rakennusten lämmitykseen. Maalämpö lämmitysmuotona on myös rakennuksen jälleenmyyntiarvoa kohottava tekijä edullisten käyttökustannuksiansa vuoksi. Tässä luvussa verrataan maalämmöllä lämmittämisen kustannuksia lämmittämiseen suoralla sähköllä, joka on tunnetusti kallis ratkaisu käyttökustannuksiltaan mutta asennuskustannuksiltaan taas halvempi ratkaisu. Lisäksi lasketaan jäähdytyksen tuomat lisäkustannukset.

5.1 Kolme paritaloa ilman jäähdytystä

Kolmen paritalon lämmittämiseen maalämmöllä tarvitaan pääpiirteittäin maalämpöpumppu, varaaja, monikerrospotket, lattialämmityspotket ja muut tarvikkeet. Kustannusarvio asennukselle on 48 300 euroa sisältäen arvonlisäveron. (Taulukko 7.)

TAULUKKO 7. Arvio kolmen paritalon lämmitysjärjestelmän asennuskustannuksista ilman jäähdytystä

Tarvikkeet, kolme paritaloa ilman jäähdytystä

Porakaivot	14 112,00 €	403,2 m, 35 €/m
Maalämpöpumppu	8 500 €	Nibe F1145-17
1/2 Varaaja	2 500 €	Akvaterm AKVA GEO 3000l
1/2 kiertovesipumppu	350 €	Lämpimän käyttöveden kierto, kolmeks
Lattialämmitys asennettuna	7 200 €	20 €/m ²
Arvio muut osat ja tarvikkeet	1 000 €	KytKentäosat ja putket
lämpöpumpun asennustyöt	2 400 €	40 h, 60 €/h
Kanaaliputket	11 250 €	150m 75 €/m
Kanaaliputkien asennus	960 €	16h, 60 €/h
Summa	48 272 €	

Tämän järjestelmän tarvitsema ostoenergian määrä on vuodessa arviolta 2 334 euroa (taulukko 8). Tämän lisäksi täytyy huomioida, että maalämpöjärjestelmää täytyy huoltaa välillä ja maalämpöpumpun käyttöikä on noin 15–20 vuotta.

TAULUKKO 8. Arvio kolmen paritalon maalämpöjärjestelmän käyttökustannuksista ilman jäähdytystä

Käyttö, kolme paritaloa ilman jäähdytystä

Arvioitu sähkönkulutus vuodessa	15564 kWh/vuosi
Arvioitu sähkön hinta	0,15 €/kWh
yhteensä	2334,60 €/vuosi

5.2 Kolme paritaloa jäähdytyksellä

Mikäli maalämpöpumpulla halutaan tuottaa rakennuksiin myös jäähdytystä, on siihen asennettava aiemmin mainitun lisäksi vielä tuloilman jäähdytyspatteri ja huoneyksikkö. Tämä sen vuoksi, että ilmanvaihdolla ei ole mahdollista kattaa koko rakennuksen jäähdytystehon tarvetta vähäisen ilmanvaihtomäärän ja pienen lämpötilaerojen vuoksi. Jäähdytyksen kanssa asennuskustannukset ovat noin 66 100 euroa (taulukko 9).

TAULUKKO 9. Arvio kolmen paritalon lämmitysjärjestelmän asennuskustannuksista jäähdytyksellä

Tarvikkeet, kolme paritaloa jäähdytyksellä

Porakaivot	13 349,00 €	381,4 m, 35 €/m
Maalämpöpumppu	8 500 €	Nibe F1145-15
Sisäyksiköt	5 000 €	Nibe Cool In Basic 3 kpl
Kanavapatteri	1 800 €	Vallox MLV multi 3 kpl
1/2 Varaaja	2 400 €	Akvaterm AKVA GEO 3000l
1/2 kiertovesipumppu	350 €	Lämpimän käyttöveden kierto, kolmeks
Lattialämmitys asennettuna	7 200 €	20 €/m ²
Arvio muut osat ja tarvikkeet	2 000 €	Kytkentäosat ja putket
lämpöpumpun asennustyöt	2 400 €	40 h, 60 €/h
Sisäyksikön ja patterin asennus	2 400 €	40 h, 60 €/h
Kanaaliputket, lämmitys	11 250 €	150m 75 €/m
Kanaaliputket, jäähdytys	7 500 €	150m 50 €/m
Kanaaliputkien asennus	1 920 €	32 h, 60 €/h
Summa	66 069 €	

Vuosittaiset käyttökustannukset ovat noin 2 680 euroa vuodessa (taulukko 10).

TAULUKKO 10. Arvio kolmen paritalon maalämpöjärjestelmän käyttökustannuksista jäähdytyksellä

Käyttö, kolme paritaloa jäähdytyksen kanssa

Arvioitu sähkönkulutus vuodessa	17867 kWh/vuosi
Arvioitu sähkön hinta	0,15 €/kWh
yhteensä	2680,05 €/vuosi

5.3 Suora sähkö

Sähkölämmitysjärjestelmään ei tarvitse asentaa kuin sähkökaapelit lattiaan ja erillinen sähkövaraaja jokaiseen paritaloon. Näiden asennuskustannukset kolmeen paritaloon ovat arviolta 15 600 euroa (taulukko 11).

TAULUKKO 11. Arvio kolmen paritalon suoran sähkölämmityksen asennuskustannuksista

Asennus, kolme paritaloa suoralla sähkölattialämmityksellä

Lattialämmitys asennettuna	12 600 €	705 m ² , 35 €/m ²
LVK Varaaja	3 000 €	3 kpl, 1000 €/kpl
Summa	15 600 €	

Käyttökustannukset kolmessa paritalossa ovat noin 9 000 euroa vuodessa (taulukko 12).

TAULUKKO 12. Arvio kolmen paritalon suoran sähkölämmityksen käyttökustannuksista

Käyttö, kolme paritaloa suoralla sähkölämmityksellä

Arvioitu sähkönkulutus vuodessa	60027 kWh/vuosi
Arvioitu sähkön hinta	0,15 €/kWh
yhteensä	9004,05 €/vuosi

5.4 Vertailu

Maalämpöpumppu jäähdytyksellä on sekä asennuskustannuksiltaan että käyttökustannuksiltaan hieman ilman jäähdytystä olevaa maalämpöä kalliimpi. 15 vuodessa eroa käyttökustannuksissa kertyy eroa arviolta noin 5 200 euroa. Asentaminen maksaa arviolta noin 17 800 euroa enemmän. Jäähdytys lisää kuitenkin asumismukavuutta huomattavasti. Energiakaivon lataus jäähdytysenergialla kesäisin parantaa maalämpöpumpun lämpökerrointa ja alentaa siten myös hieman sähkön kulutusta. Tätä ei karkeassa esimerkkilaskelmassa ole huomioitu.

Suora sähkölämmitys maksaa 15 vuodessa arviolta noin 150 700 euroa sisältäen asennuksen ja käyttökustannukset. Jäähdytyksellä oleva maalämpö maksaa arviolta 15 vuodessa noin 106 400 euroa ja ilman jäähdytystä oleva maalämpöpumppu 83 300 euroa. Tästä huomataan, että sähkölämmitys tulee maksamaan pidemmän ajan kuluessa paljon enemmän kuin oikein asennettu maalämpö. Verrattuna suoraan sähkölämmitykseen ilman jäähdytystä oleva maalämpöpumppu säästää näiden arvioiden mukaan laskettuna asennuskustannukset takaisin noin 8 vuoden käytön jälkeen ja jäähdytyksellä olevalla maalämpöpumpulla tähän menee noin 11 vuotta. Tähän laskelmaan on huomioitu huoltokustannuksia ilman jäähdytystä olevaan laitteistoon 500 euroa vuodessa ja jäähdytyksellä olevaan järjestelmään 750 euroa vuodessa.

6 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä oli tavoitteena mitoittaa lämmitys kahdella maalämpöpumpulla, joista toiseen mitoitetaan myös jäähdytys ja vertailla näiden välisiä eroja kustannus- ja energiatehokkuudessa. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin ensin mitoituksia ja valintoja teoriassa, minkä jälkeen keskityttiin kohdetaloyhtiön tehtäviin mitoituksiin ja valintoihin.

Paritalon mitoituslämpöhäviöksi saatiin Kymdatán Cadmatic-ohjelmalla 5 175 W. Tämä tulos on kuitenkin arvio, joka pitää tarkentaa rakennesuunnitelmien valmistuttua. Lämmitysenergian tarve vuositasolla on yhdessä paritalossa 14 857 kWh ja jäähdytysenergian tarve on 2 509 kWh vuodessa. Lisäksi arvioitiin eristetyn monikerrospotken lämpöhäviö 150 metrillä ja hukkaenergian määräksi saatiin 4818 kWh vuodessa. Tämä on syytä huomioida taloyhtiötä suunniteltaessa.

Energiakaivojen yhteissyvyyttä laskettiin ensin EED-ohjelmalla, joka simuloi taloyhtiön neljä porakaivoa, joista kaksi on 201,6 m syviä ja kaksi 190,7 m syviä. Tämän jälkeen mitoitettiin energiakaivo myös Nibe Suomi Oy:n laskurilla ja tulokseksi saatiin 439 m metriä tehollista syvyyttä yhtä maalämpöpumppua kohden. Tämä tarkoittaa taloyhtiön energiakaivoille yhteispituudeksi 878 m, eli neljää 219,5 m energiakaivoa.

Maalämpöpumpuksi valittiin Nibe F1145-17 -maalämpöpumppu, jonka tehopeitto on 78 % ja energiapeitto 99 %. Varaajan koko mitoitettiin RVV-käsikirjan mukaan ja valittiin tilavuudeltaan 3 m³:n varaaja palvelemaan kaikkia kuutta paritaloa.

Maalämpöjärjestelmän asennus- ja käyttökustannuksia laskettiin ja verrattiin suoraan sähkölattialämmitykseen. Tällä tavoin saatiin maalämpöpumpulle ilman jäähdytystä 8 vuoden takaisinmaksuaika ja jäähdytyksellä olevalle 11 vuoden takaisinmaksuaika.

Kaikki tässä työssä esitetyt luvut liittyen paritaloihin on vain arvioita, eikä niitä voida käyttää hankkeessa sellaisenaan vajaiden lähtötietojen vuoksi. Mitoitustavat ovat kuitenkin oikeita ja niitä voidaan käyttää maalämpöjärjestelmien suunnittelussa.

LÄHTEET

1. 1010/2017. 2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energia-
tehokkuudesta. Suomen Rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristö-
ministeriö, rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa:
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=1010%2F2017>. Hakupäivä 15.4.2021.
2. Energiatehokkuus. 2017. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmityshontarpeen laskenta. Suomen Rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>. Hakupäivä 15.4.2021
3. 1009/2017. 2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Suomen Rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>. Hakupäivä 15.4.2021
4. Opas asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoitukseen. 2019. FINVAC Ry. Helsinki: Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>. Hakupäivä 15.4.2021
5. Uponor Suomi Oy 2019. Eristetyt lämmitys- ja käyttövesiputkistot. Nastola.
6. Juvonen, Janne – Lapinlampi 2013. Ympäristöopas. Energiakaivo, maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Helsinki: Ympäristöministeriö
7. Nibe Energy Systems Oy 2014. Pientalojen maalämpöpumppu opas. Saatavissa: <https://ammattilaiset.nibe.fi/ammattilaiset/nibe-opaat/mlp-opaat/>. Hakupäivä 7.5.2021.
8. Junnonaho, Toni 2021. Kylmälaiteasentaja, Lvi-Palvelu Pitkälä Oy. Haastattelu 7.5.2021.
9. RVV-käsikirja. 1975. Helsinki: Suomen kunnallistekniikan yhdistys.

10. Akvaterm Oy. Saatavissa: <https://akvaterm.fi/tuote/akva-geo/>. Hakupäivä 10.5.2021.

11. D1. 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, määräykset ja ohjeet. Suomen Rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>. Hakupäivä 18.5.2021.

LIITTEET

Liite 1 Paritalon pohjaluonnos

Liite 2 Paritalon ilmavirtataulukko

Liite 3 Energiantarpeen laskentalomake

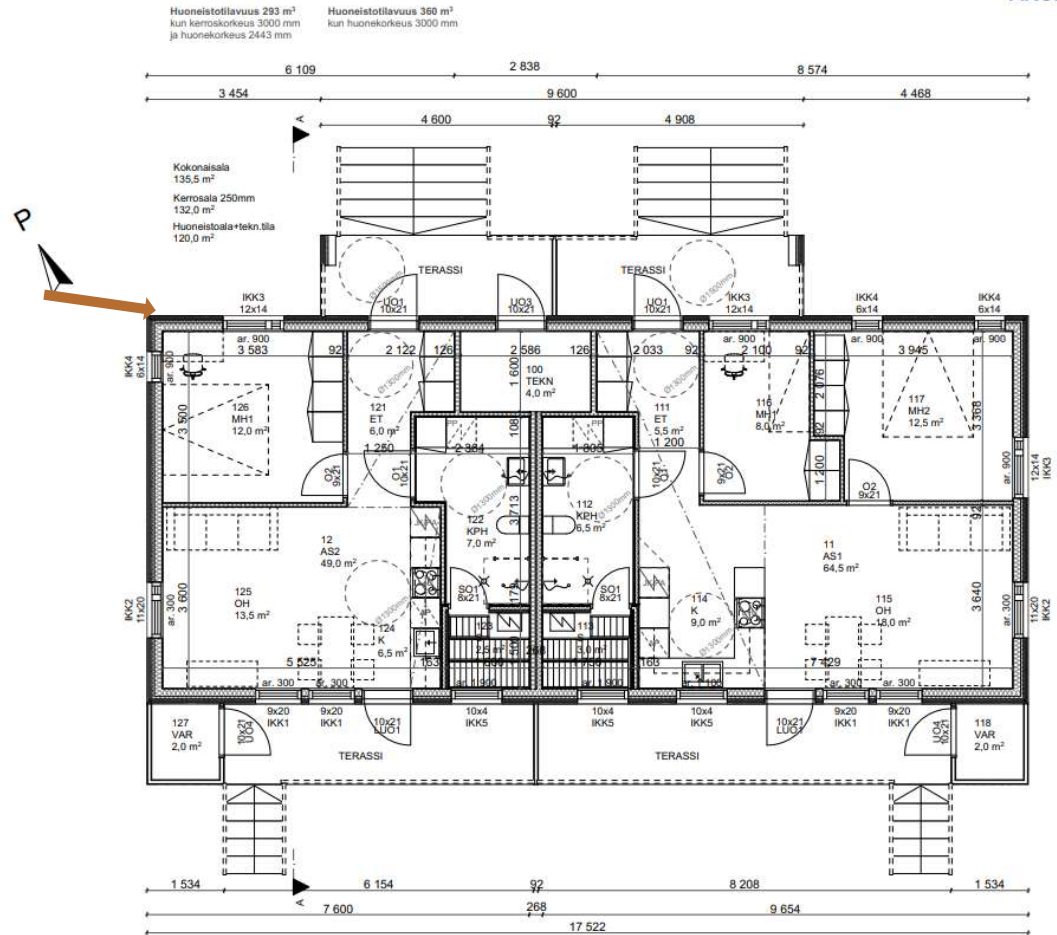
Liite 4 EED-ohjelman mitoitusraportti ilman jäähdytystä olevalle energiakaivolle

Liite 5 EED-ohjelman mitoitusraportti jäähdytyksellä olevalle energiakaivolle

Liite 6 NIBE Energy Systems Oy:n mitoitusohjelman raportti

Paritalon pohjaluonnos. Tehnyt Oulun Ammattikorkeakoulun arkkitehtipiskelija Markus Niskasaari 8.1.2021.

ARCHICAD EDUCATION VERSION



Pohjapiirustusluonnos 1:100

Markus Niskasaari
8.1.2021

Ilmavirtataulukko. (4.)

IV-ilmavirrat paritalo Petäjätie

As. 1			Käyttötilanne					
Tila	Koko		Tehostus l/s (130%)		normaalitilanne l/s		Poissa l/s (40%)	
	m ²	m ³	Tulo	Poisto	Tulo	Poisto	Tulo	Poisto
MH1	8,0	24	10,4		8		3,2	
MH2	12,5	37,5	15,6		12		4,8	
ET	5,5	13,475		10,4		8		3,2
OH	18,0	54	10,4		8		3,2	
K	9,0	22,05		10,4		8		3,2
KPH	6,5	19,5		16,9		13		5,2
S	3,0	9	7,8	7,8	6	6	2,4	2,4
Yhteensä	62,5	179,525	44,2	45,5	34	35	13,6	14

Asunnon alipaineisuus	3 %
------------------------------	------------

Ilmanvaihtokerroin normaali-ilmavirralla	0,58	1/h
---	------	-----

As. 2			Käyttötilanne					
Tila	Koko		Tehostus l/s (130%)		normaalitilanne l/s		Poissa l/s (40%)	
	m ²	m ³	Tulo	Poisto	Tulo	Poisto	Tulo	Poisto
MH1	12,0	36	15,6		12		4,8	
ET	6,0	14,7		0				0
OH	13,5	40,5	10,4		8		3,2	
K	6,5	19,5		10,4		8		3,2
KPH	7,0	21		15,6		12		4,8
S	2,5	7,5	7,8	7,8	6	6	2,4	2,4
Yhteensä	47,5	139,2	33,8	33,8	26	26	10,4	10,4

Asunnon alipaineisuus	0 %
------------------------------	------------

Ilmanvaihtokerroin normaali-ilmavirralla	0,52	1/h
---	------	-----

Energiantarpeen laskentaan käytetyt arvot.

RAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUS (Maalämpö, LKV-varaaja ja LKV-kierto)

1010/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatodistuksesta
 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon laskenta, ohjeet 2018
 788/2017 Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen lukuarvoista
 1048/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta
 Energiatodistuslomakkeet / Opasmateriaali energiatodistuksen laatijoille
 Energiatodistusrekisteri

http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiateh
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B4332AA81-75E1-4CA0-B208-B0ACB60A267F%7D/133692>
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170788>
<http://www.ym.fi/download/noname/%7BED0F67A6-AF20-4B3F-B191-7311189B65FD%7D/133978>
http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ ja_ekotehokkuus/Rakennuksen_energiatodistus/Ene
https://www.energiatodistusrekisteri.fi/public_html?command=browse

Lähtötiedot:

Rakenteet	A (m ²)	U (W/m ² K)	H (W/K)
Seinät	122,2	0,17	20,77
Ikkinat pohjoinen			
Ikkinat koillinen	5,0	1	5,04
Ikkinat kaakko	3,88	1	3,88
Ikkinat etelä			
Ikkinat lounas	6,6	1	6,60
Ikkinat länsi			
Ikkinat luode	3,04	1	3,04
Yläpohja	120	0,09	10,80
Ovet	10,5	1	10,50
Rakenteet - alapohja yhteensä			60,63

Seinä, puollämmintila			
Alapohja	120	0,16	19,20
Yhteensä	391,3		

 $q_{vu} \text{ (dm}^3\text{/sm}^2\text{)}$

Ulkoilmavirta	0,4	Asetus 1010/2017 §10
---------------	-----	----------------------

Ilmavirrat	$q_v \text{ (m}^3\text{/s)}$	H (W/K)
Poistoilmavirta	0,06200	29,76
Vuotoilmanvaihto	0,00621	7,45
η_a	0,6	

(°C)

T_s	21
T_{sp}	18
T_s puollämmintila	
$T_{u,vuosi}$	2,44
$\Delta T_{maa,vuosi}$	5
ΔT_{puhain}	0,5

Kylmäsillat	l (m)	$\psi \text{ (W/mK)}$	
ikkuna ja ovi	97,08	0,04	3,88
ulkoseinä - yläpohja	48	0,05	2,40
ulkoseinä - alapohja	48	0,1	4,80
ulkonurkat	12	0,04	0,48
sisänurkat			
Yhteensä			11,56

C_{rak}	70	Wh/m ² K
$\eta_{lammitys,stat}$	0,8	-
$\eta_{LKV,siirto}$	0,96	-
η_{tuotto}	0,94	-
η_{tulaja}	0,6	-
$\eta_{jaahdytys}$		-
e_e		-

SFP-luku	1,7	kWh/(m ³ /s)
SPF-luku		-

Sähkö e_{stat}	2,5	kWh/m ² a
Sähkö e_{tuotto}	0,6	kWh/m ² a
Sähkö LKV,pumppu		kWh/a

Käyttöaste		-
t_d	24	h
t_v	7	d
$P_{valistus}$	0,006	kW/m ²
$P_{kuuuttajalaitteet}$	0,003	kW/m ²
$P_{hmmiset}$	0,002	kW/m ²
Varaava tulfisija		kWh/a
Ilmalämpöpumppu		kWh/a

LKV om. Kulutus paritalossa. (2 as.)

Lämpimän käyttöveden tarve	0,05
Lämpimän käyttöveden lämpö	55
Kylmän käyttöveden lämpö	5
hlö	5
ρ_v	1000
c_{pv}	4,2
$Q_{LKV,netto}$	5323

Energiamuodon kertoimet 2013 - 2017

Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4
Fossiiliset polttoaineet	1
Uusiutuva	0,5

$f_{kahtisuora}$	0,7	-
$F_{sehä}$	0,75	-
F_{verho}	0,30	-
$F_{ympäristö}$	1,00	-

SPF-luku		-
SPF-luku	3,1	-
SPF-luku	2,3	-

$\theta_{Lsp}/\theta_{lta}$	0,80	-
$Q_{Lsp}/Q_{lammitys,stat}$	0,97	-
$Q_{Lsp}/Q_{lammitys,stat}$	0,95	-

Yhteenveto

Hinta	14111 EUR
Porareikien lukumäärä	2
Porakaivon syvyys	201,6 m
Porakaivon yhteispituus	403,2 m

SUUNNITELU TIEDOT

=====

MAA

Maaperän lämmönjohtavuus	3,4 W/(m·K)
Maaperän lämpökapasiteetti	2,4 MJ/(m ³ ·K)
Maanpinnan lämpötila	2 °C
Maaperän lämpövuoto	0,04 W/m ²

Porausreikä

Kokoonpano:	1 ("2 : 1 x 2 line")
Porakaivon syvyys	201,6 m
Porakaivojen väli	10 m
Porakaivon asennus	Normi-U
Porakaivon halkaisija	110 mm
U-putken halkaisija	32 mm
U-putken paksuus	3 mm
U-putken lämmönjohtokyky	0,42 W/(m·K)
U-putken käyrän halkaisija	70 mm
Kaivonesteen lämmönjohtavuus	0,6 W/(m·K)
Kontak.lämpövast. putki/kaivoneste	0 (m·K)/W

LÄMPÖVASTUKSET

Porakaivon lämpövastukset lasketaan	
Laskennan monikerrat	10
Sisäinen lämmönsiirto meno ja paluuputken välillä vakio	

LÄMMÖNSIIRTONESTE

Lämmönjohtokyky	0,44 W/(m·K)
Ominaislämpökapasiteetti	4250 J/(Kg·K)
Tiheys	960 Kg/m ³
Viskositeetti	0,0076 Kg/(m·s)
Jäätymispiste	-15 °C
Virtaus per porakaivo	2 l/s

PERUSKUORMA

Vuotuinen LKV kuorma	16 Mwh
Vuotuinen lämpökuorma	43 Mwh
Vuotuinen jäähdytyskuorma	0 Mwh
LKV:n COP	3
vuosi COP (lämmitys)	3
vuosi COP (jäähdytys)	3

Kuukausittainen energiaprofiili [MWh]

Kuukausi	Kerroin	Lämpö	Kerroin	Kylmä	Maaperä
TAM	0,155	8	0	0	5,33
HEL	0,148	7,7	0	0	5,13
MAA	0,125	6,71	0	0	4,47
HUH	0,099	5,59	0	0	3,73
TOU	0,064	4,09	0	0	2,72
KES	0	1,33	0	0	0,89
HEI	0	1,33	0	0	0,89
ELO	0	1,33	0	0	0,89
SYY	0,061	3,96	0	0	2,64
LOK	0,087	5,07	0	0	3,38
MAR	0,117	6,36	0	0	4,24
JOU	0,144	7,53	0	0	5,02
Summa	1	59	0	0	39,33

HUIPPUKUORMA

Kuukausittaiset huipputehot [kW]

Kuukausi	Huippulämpö	Kesto	Huippukylmä	Kesto [h]
TAM	0	0	0	0
HEL	0	0	0	0
MAA	0	0	0	0
HUH	0	0	0	0
TOU	0	0	0	0
KES	0	0	0	0
HEI	0	0	0	0
ELO	0	0	0	0
SYY	0	0	0	0
LOK	0	0	0	0
MAR	0	0	0	0
JOU	0	0	0	0

Simulointi vuodet	25
Ensimmäinen toiminta kuukausi	SYY

LASKETUT ARVOT
=====

Porakaivon yhteispituus	Temp	403,2 m
-------------------------	------	---------

LÄMPÖVASTUKSET

Porakaivon lämp.vast sisäinen	0,63 (m·K)/W
Reynoldsin luku	1,237E4
Lämpöresistanssi neste / putki	0,003998 (m·K)/W
Lämpöresistanssi putken materiaali	0,07868 (m·K)/W
Kosketusvastus putki / kaivoneste	0 (m·K)/W
Porakaivon lämp.vast. neste / maa	0,1473 (m·K)/W
Tehollinen porakaivon lämpövastus	0,1476 (m·K)/W

OMINAISLÄMMÖN OTTOKYKY [W/m]

Kuukausi	Peruskuorma	Huippulämpö		
TAM	18,12	0	0	0
HEL	17,44	0	0	0
MAA	15,2	0	0	0
HUH	12,66	0	0	0
TOU	9,25	0	0	0
KES	3,02	0	0	0
HEI	3,02	0	0	0
ELO	3,02	0	0	0
SYY	8,96	0	0	0
LOK	11,49	0	0	0
MAR	14,42	0	0	0
JOU	17,05	0	0	0

PERUSKUORMA: NESTEEN KESKILÄMPÖTILAT (kuun lopussa) [°C]

Vuosi	1	2	5	10	25
TAM	3,19	-3,43	-4,2	-4,59	-5
HEL	3,19	-3,34	-4,06	-4,45	-4,85
MAA	3,19	-2,68	-3,38	-3,75	-4,16
HUH	3,19	-1,89	-2,55	-2,92	-3,32
TOU	3,19	-0,76	-1,39	-1,76	-2,16
KES	3,19	1,35	0,75	0,38	-0,011
HEI	3,19	1,46	0,88	0,52	0,13
ELO	3,19	1,52	0,96	0,61	0,22
SYY	0,2	-0,42	-0,96	-1,3	-1,69
LOK	-0,8	-1,33	-1,85	-2,19	-2,58
MAR	-1,9	-2,39	-2,89	-3,23	-3,61
JOU	-2,93	-3,36	-3,86	-4,19	-4,57

PERUSKUORMA: VUOSI 25

Pienin keskimääräinen nesteen lämpötila -5 °C lopussa TAM
 Suurin keskimääräinen nesteen lämpötila 0,22 °C lopussa ELO

HUIPPU LÄMPÖKUORMA: NESTEEN KESKILÄMPÖTILAT (kuun lopussa) [°C]

Vuosi	1	2	5	10	25
TAM	3,19	-3,43	-4,2	-4,59	-5
HEL	3,19	-3,34	-4,06	-4,45	-4,85
MAA	3,19	-2,68	-3,38	-3,75	-4,16
HUH	3,19	-1,89	-2,55	-2,92	-3,32
TOU	3,19	-0,76	-1,39	-1,76	-2,16
KES	3,19	1,35	0,75	0,38	-0,011
HEI	3,19	1,46	0,88	0,52	0,13
ELO	3,19	1,52	0,96	0,61	0,22
SYU	0,2	-0,42	-0,96	-1,3	-1,69
LOK	-0,8	-1,33	-1,85	-2,19	-2,58
MAR	-1,9	-2,39	-2,89	-3,23	-3,61
JOU	-2,93	-3,36	-3,86	-4,19	-4,57

HUIPPU LÄMPÖKUORMA: VUOSI 25

Pienin keskimääräinen nesteen lämpötila-5 °C lopussa TAM

Suurin keskimääräinen nesteen lämpötila0,22 °C lopussa ELO

HUIPPU JÄÄHDYTYSKUORMA: NESTEEN KESKILÄMPÖTILAT (kuun lopussa) [°C]

Vuosi	1	2	5	10	25
TAM	3,19	-3,43	-4,2	-4,59	-5
HEL	3,19	-3,34	-4,06	-4,45	-4,85
MAA	3,19	-2,68	-3,38	-3,75	-4,16
HUH	3,19	-1,89	-2,55	-2,92	-3,32
TOU	3,19	-0,76	-1,39	-1,76	-2,16
KES	3,19	1,35	0,75	0,38	-0,011
HEI	3,19	1,46	0,88	0,52	0,13
ELO	3,19	1,52	0,96	0,61	0,22
SYU	0,2	-0,42	-0,96	-1,3	-1,69
LOK	-0,8	-1,33	-1,85	-2,19	-2,58
MAR	-1,9	-2,39	-2,89	-3,23	-3,61
JOU	-2,93	-3,36	-3,86	-4,19	-4,57

HUIPPU JÄÄHDYTYSKUORMA:VUOSI 25

Pienin keskimääräinen nesteen lämpötila-5 °C lopussa TAM

Suurin keskimääräinen nesteen lämpötila0,22 °C lopussa ELO

Yhteenveto

Hinta	13350 EUR
Porareikien lukumäärä	2
Porakaivon syvyys	190,7 m
Porakaivon yhteispituus	381,4 m

SUUNNITTELU TIEDOT

=====

MAA

Maaperän lämmönjohtavuus	3,4 W/(m·K)
Maaperän lämpökapasiteetti	2,4 MJ/(m ³ ·K)
Maanpinnan lämpötila	2 °C
Maaperän lämpövuoto	0,04 W/m ²

Porausreikä

Kokoonpano:	1 ("2 : 1 x 2 line")
Porakaivon syvyys	190,7 m
Porakaivojen väli	10 m
Porakaivon asennus	Normi-U
Porakaivon halkaisija	110 mm
U-putken halkaisija	32 mm
U-putken paksuus	3 mm
U-putken lämmönjohtokyky	0,42 W/(m·K)
U-putken käyrän halkaisija	70 mm
Kaivonesteen lämmönjohtavuus	0,6 W/(m·K)
Kontak.Lämpöväst. putki/kaivoneste	0 (m·K)/W

LÄMPÖVASTUKSET

Porakaivon lämpövästukset lasketaan	
Laskennan monikerrat	10
Sisäinen lämmönsiirto meno ja paluuputken välillä vakio	

LÄMMÖNSIIRTONESTE

Lämmönjohtokyky	0,44 W/(m·K)
Ominaislämpökapasiteetti	4250 J/(Kg·K)
Tiheys	960 Kg/m ³
Viskositeetti	0,0076 Kg/(m·s)
Jäätymispiste	-15 °C
Virtaus per porakaivo	2 l/s

PERUSKUORMA

Vuotuinen LKV kuorma	16 Mwh
Vuotuinen lämpökuorma	43 Mwh
Vuotuinen jäähdytyskuorma	7,5 Mwh
LKV:n COP	3
vuosi COP (lämmitys)	3
vuosi COP (jäähdytys)	3

Kuukausittainen energiaprofiili [Mwh]

Kuukausi	Kerroin	Lämpö	Kerroin	Kylmä	Maaperä
TAM	0,155	8	0	0	5,33
HEL	0,148	7,7	0	0	5,13
MAA	0,125	6,71	0	0	4,47
HUH	0,099	5,59	0	0	3,73
TOU	0,064	4,09	0	0	2,72
KES	0	1,33	0,33	2,48	-2,41
HEI	0	1,33	0,33	2,48	-2,41
ELO	0	1,33	0,34	2,55	-2,51
SYY	0,061	3,96	0	0	2,64
LOK	0,087	5,07	0	0	3,38
MAR	0,117	6,36	0	0	4,24
JOU	0,144	7,53	0	0	5,02
Summa	1	59	1	7,5	29,33

HUIPPUKUORMA

Kuukausittaiset huipputehot [kW]

Kuukausi	Huippulämpö	Kesto	Huippukylmä	Kesto [h]
TAM	0	0	0	0
HEL	0	0	0	0
MAA	0	0	0	0
HUH	0	0	0	0
TOU	0	0	0	0
KES	0	0	0	0
HEI	0	0	0	0
ELO	0	0	0	0
SYY	0	0	0	0
LOK	0	0	0	0
MAR	0	0	0	0
JOU	0	0	0	0

Simulointi vuodet	25
Ensimmäinen toiminta kuukausi	SYY

LASKETUT ARVOT
=====

Porakaivon yhteispituus 381,4 m

LÄMPÖVASTUKSET

Porakaivon lämp.vast sisäinen 0,63 (m·K)/W
 Reynoldsin luku 1,237E4
 Lämpöresistanssi neste / putki 0,003998 (m·K)/W
 Lämpöresistanssi putken materiaali 0,07868 (m·K)/W
 Kosketusvastus putki / kaivoneste 0 (m·K)/W
 Porakaivon lämp.vast. neste / maa 0,1473 (m·K)/W
 Tehollinen porakaivon lämpövastus 0,1476 (m·K)/W

OMINAISLÄMMÖN OTTOKYKY [W/m]

Kuukausi	Peruskuorma	Huippulämpö		
TAM	19,15	0	0	
HEL	18,43	0	0	
MAA	16,06	0	0	
HUH	13,38	0	0	
TOU	9,78	0	0	
KES	-8,66	0	0	
HEI	-8,66	0	0	
ELO	-9,02	0	0	
SYY	9,47	0	0	
LOK	12,15	0	0	
MAR	15,24	0	0	
JOU	18,02	0	0	

PERUSKUORMA: NESTEEN KESKILÄMPÖTILAT (kuun lopussa) [°C]

Vuosi	1	2	5	10	25
TAM	3,12	-3,88	-4,39	-4,69	-5
HEL	3,12	-3,77	-4,27	-4,56	-4,87
MAA	3,12	-3,09	-3,56	-3,84	-4,15
HUH	3,12	-2,25	-2,7	-2,98	-3,29
TOU	3,12	-1,06	-1,49	-1,77	-2,07
KES	3,12	5,13	4,71	4,43	4,13
HEI	3,12	5,44	5,03	4,76	4,46
ELO	3,12	5,75	5,35	5,08	4,78
SYY	-0,038	-0,27	-0,66	-0,92	-1,22
LOK	-1,09	-1,36	-1,74	-2	-2,29
MAR	-2,26	-2,53	-2,9	-3,16	-3,45
JOU	-3,34	-3,6	-3,97	-4,22	-4,51

PERUSKUORMA: VUOSI 25

Pienin keskimääräinen nesteen lämpötila -5 °C lopussa TAM
 Suurin keskimääräinen nesteen lämpötila 4,78 °C lopussa ELO

Temp

HUIPPU LÄMPÖKUORMA: NESTEEN KESKILÄMPÖTILAT (kuun lopussa) [°C]

Vuosi	1	2	5	10	25
TAM	3,12	-3,88	-4,39	-4,69	-5
HEL	3,12	-3,77	-4,27	-4,56	-4,87
MAA	3,12	-3,09	-3,56	-3,84	-4,15
HUH	3,12	-2,25	-2,7	-2,98	-3,29
TOU	3,12	-1,06	-1,49	-1,77	-2,07
KES	3,12	5,13	4,71	4,43	4,13
HEI	3,12	5,44	5,03	4,76	4,46
ELO	3,12	5,75	5,35	5,08	4,78
SYY	-0,038	-0,27	-0,66	-0,92	-1,22
LOK	-1,09	-1,36	-1,74	-2	-2,29
MAR	-2,26	-2,53	-2,9	-3,16	-3,45
JOU	-3,34	-3,6	-3,97	-4,22	-4,51

HUIPPU LÄMPÖKUORMA: VUOSI 25

Pienin keskimääräinen nesteen lämpötila-5 °C lopussa TAM

Suurin keskimääräinen nesteen lämpötila4,78 °C lopussa ELO

HUIPPU JÄÄHDYTYSKUORMA: NESTEEN KESKILÄMPÖTILAT (kuun lopussa) [°C]

Vuosi	1	2	5	10	25
TAM	3,12	-3,88	-4,39	-4,69	-5
HEL	3,12	-3,77	-4,27	-4,56	-4,87
MAA	3,12	-3,09	-3,56	-3,84	-4,15
HUH	3,12	-2,25	-2,7	-2,98	-3,29
TOU	3,12	-1,06	-1,49	-1,77	-2,07
KES	3,12	5,13	4,71	4,43	4,13
HEI	3,12	5,44	5,03	4,76	4,46
ELO	3,12	5,75	5,35	5,08	4,78
SYY	-0,038	-0,27	-0,66	-0,92	-1,22
LOK	-1,09	-1,36	-1,74	-2	-2,29
MAR	-2,26	-2,53	-2,9	-3,16	-3,45
JOU	-3,34	-3,6	-3,97	-4,22	-4,51

HUIPPU JÄÄHDYTYSKUORMA:VUOSI 25

Pienin keskimääräinen nesteen lämpötila-5 °C lopussa TAM

Suurin keskimääräinen nesteen lämpötila4,78 °C lopussa ELO

ENERGIALASKELMA

KOHTEEN TIEDOT

Tilojen lämmityksen tarve	59055 kWh/vuosi
- josta käyttöveden osuus	18000 kWh/vuosi
Nykyinen lämmityksen pumppu	972 kWh/vuosi
Lämmitystehontarve	20,3 kW

ENNEN LÄMPÖPUMPUN ASENNUSTA

Ostoenergia -Sähkö	60027 kWh/vuosi
--------------------	-----------------

LÄMPÖPUMPUN ASENNUKSEN JÄLKEEN

Ostoenergia -Sähkö	15564 kWh/vuosi
--------------------	-----------------

SÄÄSTÖT

Energiansäästö	44463 kWh/vuosi
CO2 säästöt	3977 kg/vuosi

SÄÄTIEDOT

Vuoden keskilämpötila	2,0 °C
Mitoittava ulkolämpötila, MUT	-32,0 °C

RAKENNUKSEN OLOSUHTEET

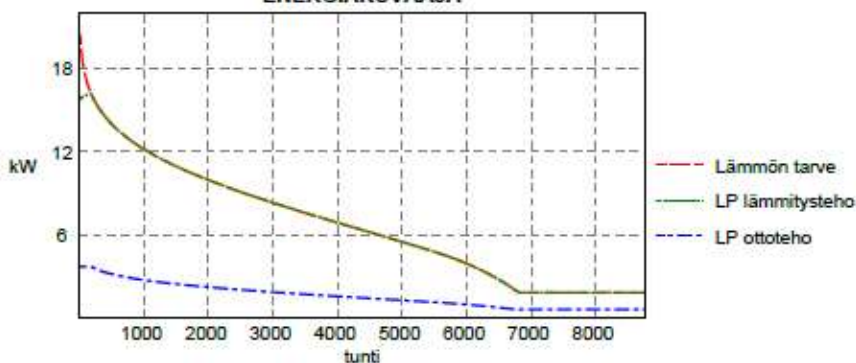
Sisälämpötila	21,0 °C
Tilojen lämmitys pysähtyy	13,0 °C
Lämmitys meno MUT:ssa	35 °C
Lämmitys paluu MUT:ssa	28 °C

ENERGIALASKENNAN TULOKSET

-NIBE F1145-17

LP:n tuottama energia	58715 kWh/vuosi
LP:n kuluttama energia	14526 kWh/vuosi
Lisäenergia, hyötysuhdekorjattu	339 kWh/vuosi
Lämmityksen kiertopumppu	699 kWh/vuosi
Energianpeitto	99 %
Vuosilämpökerroin, LP	4,0
Vuosilämpökerroin, järjestelmä	3,8
Kiinteä tai vaihteleva lauhdutus	Vaihteleva
Lämpöpumpun teho MUT:ssa	15,8 kW
Ottoteho MUT:ssa	3,7 kW
Laskennallinen lisäteho	4,6 kW
Tehopeitto	78 %

ENERGIAKUVAAJA



ENERGIKAIVO

Aktiivinen poraussyvyys	439 m
Energian otto	102 kWh/m
Tehon otto	29 W/m
Lambda kallio	3,0 W/mK
Tulevan keruuliuksen keskilämpötila	-0,5 °C