



Jaakko Lehtonen

**SANEERAUSKOHTEIDEN SIIRTYMINEN KAUKOLÄMMÖSTÄ
MAALÄMMÖN KÄYTTÖÖN**

SANEERAUSKOHTEIDEN SIIRTYMINEN KAUKOLÄMMÖSTÄ MAALÄMMÖN KÄYTTÖÖN

Jaakko Lehtonen
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Jaakko Lehtonen

Opinnäytetyön nimi: Saneerauskohteiden siirtyminen kaukolämmöstä maalämmön käyttöön

Työn ohjaaja: Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2012 Sivumäärä: 30 + 3 liitettä

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin ja vertailtiin saneerauskohteiden siirtymistä kaukolämmöstä maalämmön käyttöön. Opinnäytetyön esimerkkikohteina olivat asunto-osakeyhtiöt Saukonselkä ja Saukonrinne, jotka sijaitsevat Tampereella. Kohteiden kulutustietojen perusteella mitoitettiin lämpökaivokentät ja maalämpöjärjestelmän pääkomponentit. Lämpökaivokenttien suunnittelussa ja mitoituksessa apuna käytettiin EED-mitoitusohjelmaa ja takaisinmaksuaikojen määrittämiseksi laadittiin Excel-pohjainen laskentaohjelma.

Maalämpökaivojen porausten ja asennusten kustannukset sekä muiden maalämpöjärjestelmän komponenttien kustannukset asennuksineen tiedusteltiin maalämpöjärjestelmien suunnitteluun ja asennuksiin erikoistuneilta yrityksiltä. Kaukolämpöenergian hinnat selvitettiin Tampereen Kaukolämpö Oy:ltä ja sähköenergian hinnat tiedusteltiin Tampereen Sähkölaitokselta.

Takaisinmaksuajan laskentaohjelmalla vertailtiin maalämpöjärjestelmien hankintakustannuksia nykyisen lämmitysjärjestelmän energian kulutuksiin ja kustannuksiin. Nykyisillä energian hinnoilla takaisinmaksuajat asettuivat As Oy Saukonrinteessä 20,6 vuoteen ja As Oy Saukonselässä 15,7 vuoteen. Takaisinmaksuaikoihin vaikuttavia tekijöitä on saneerauskohteissa useita, ja esimerkiksi maalämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin vaikuttaa merkittävästi takaisinmaksuaikojen pituuksiin.

Asiasanat:
maalämpö, lämpökaivot, saneeraus

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| TIIVISTELMÄ | 3 |
| SISÄLLYS | 4 |
| 1 JOHDANTO | 5 |
| 2 YLEISTÄ MAALÄMMÖSTÄ | 6 |
| 2.1 Toimintaperiaatteet | 7 |
| 2.2 Lainsäädäntö | 8 |
| 3 MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU | 11 |
| 3.1 Lämmönkeruujärjestelmä | 12 |
| 3.1.1 Maan koostumus ja mittaaminen | 12 |
| 3.1.2 Lämpökaivot | 13 |
| 3.2 Pääkomponenttien valinta | 18 |
| 3.2.1 As Oy Saukonrinne | 18 |
| 3.2.2 As Oy Saukonselkä | 19 |
| 4 KANNATTAVUUDEN JA HINTOJEN VERTAILU | 21 |
| 4.1 Maalämpöjärjestelmän hankintahinnan määrittäminen | 21 |
| 4.2 Takaisinmaksuajan määrittäminen | 22 |
| 5 YHTEENVETO | 27 |
| LÄHTEET | 28 |
| LIITTEET | |
| Liite 1 Kulutustiedot | |
| Liite 2 Lämpökaivojen mitoitustiedot | |
| Liite 3 Takaisinmaksuajan laskentaohjelma | |

1 JOHDANTO

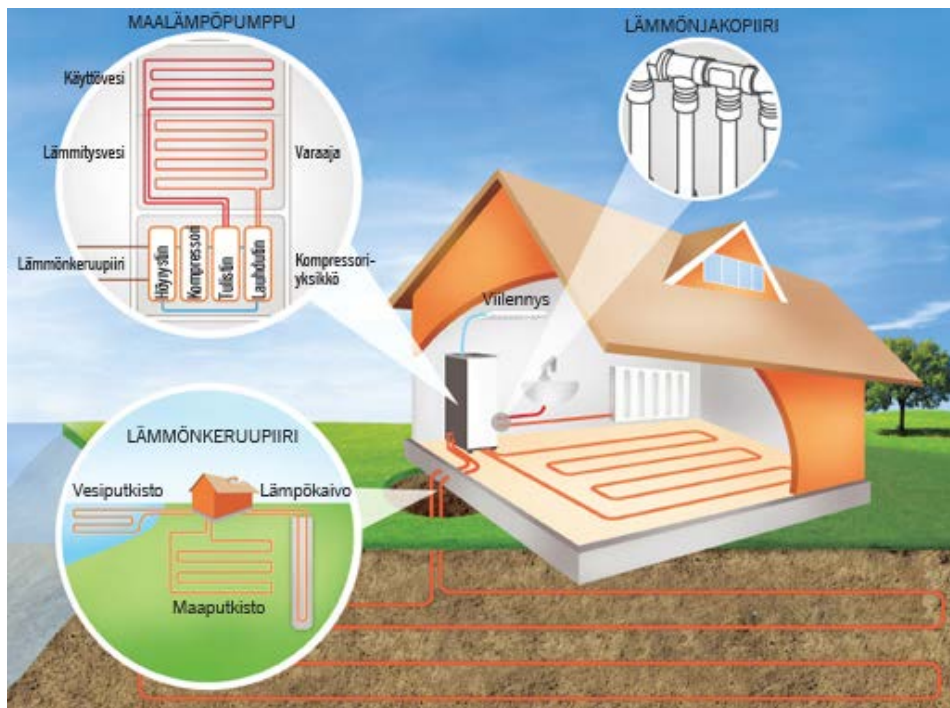
Tässä opinnäytetyössä tutkitaan ja selvitetään, kuinka kannattavaa saneerauskohteiden olisi siirtyä kaukolämmön sijasta maalämmön käyttöön, kun otetaan huomioon mm. asukasmäärät, aikaisempien vuosien kulutustiedot, kohteiden huoneistoala ja tilavuus. Työn esimerkkikohteina toimivat kaksi suurehkoa asunto-osakeyhtiötä Tampereen keskustan kupeessa Petsamon kaupunginosassa. Työn tilaajana toimii tamperelainen suunnittelutoimisto Rejlers Oy.

Viime vuosien kulutustietojen perusteella kohteisiin valitaan maalämpöjärjestelmät maalämpökaivokenttineen. Lämpökaivokenttien mitoituksen apuna käytetään lämpökaivojen mitoitukseen tarkoitettua Earth Energy Design -ohjelmaa. Maalämpöjärjestelmien ja lämpökaivojen kustannukset asennuksineen selvitetään kyseisiin järjestelmiin erikoistuneilta yrityksiltä. Kun maalämmön hankintakustannukset ja vuosittain tarvittavat lisäenergian kustannukset on saatu selville, niitä verrataan jo olemassa olevaan lämmitysjärjestelmään ja sen kuluttamaan energiaan ja kustannuksiin.

Uuden maalämpöjärjestelmän ja jo olemassa olevan lämmitysjärjestelmän vuosittaisia kustannuksia vertailtaessa saadaan selville uuden järjestelmän takaisinmaksuajan pituus. Lämpökertoimien, lämmitystehojen ja laitteistojen teknisen käyttöiän perusteella pohditaan, kuinka kannattavaa kyseisten kokoluokan rakennusten on siirtyä maalämmön käyttöön.

2 YLEISTÄ MAALÄMMÖSTÄ

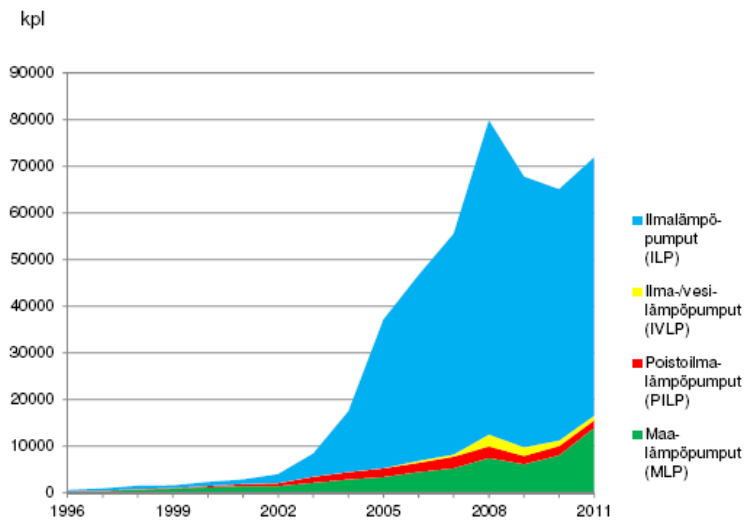
Maaperään varastoitunutta aurinkoenergiaa kerätään tähän tarkoitukseen tarkoitetulla lämpöpumpulla. Maalämpöjärjestelmä sisältää lämmönkeruuputkiston, jossa kiertävän liuoksen avulla maan varastoima lämpö siirretään höyrystin lämmönsiirtimeen. Lämmönkeruu voidaan suorittaa joko vesistöön sijoitetulla lämmönkeruuputkistolla maalämpökaivoja hyödyntäen tai noin 1 metrin syvyyteen, vaakasuoraan sijoitetulla lämmönkeruuputkistolla, kuten kuvassa 1 esitetään. (1.)



KUVA 1. Periaatekuva, miten maasta saatavaa lämpöä pystytään hyödyntämään (2)

Maalämpöpumppujen kiinnostavuus ja myynti on ollut vahvassa kasvussa niin uudisrakentamisessa kuin saneerauksissakin koko 2000-luvun ajan. Kuvassa 2 esitetään lämpöpumppujen asennusten määrän kehitystä vuodesta 1996 lähtien. Vuonna 2011 maalämpöpumppujen myynti kasvoi 8 000 kappaleesta

14 000 kappaleeseen eli noin 72 %. Uusiutuvan energian käytön lisäämisinvestointeihin kohdistettu energia-avustus sekä yleinen energian hinnan nousu on osaltaan kiihdyttänyt maalämpöratkaisujen menekkiä. (3.)



KUVA 2. Suomessa asennettujen lämpöpumppujen kappalemäärät vuosina 1996–2011 (4, s. 2)

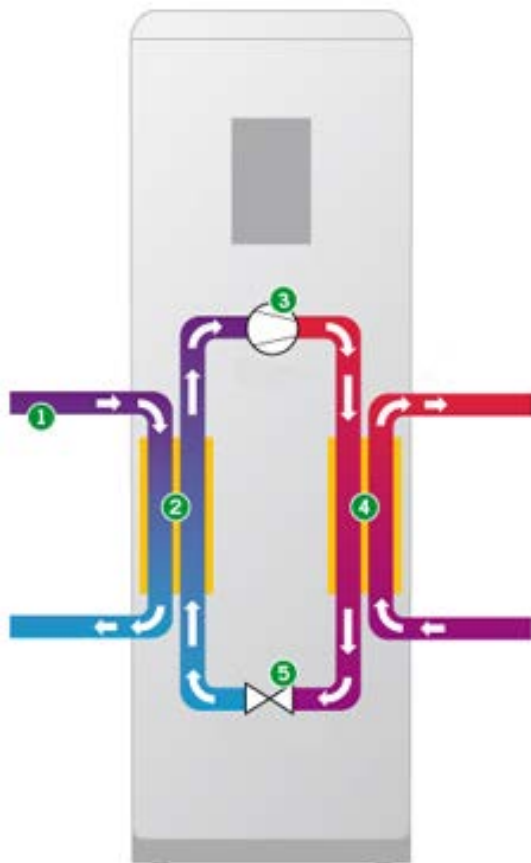
Viime vuosien hyvien kokemusten myötä maahan porattavien lämpökaivojen käyttö on yleistynyt. Lämpökaivojen etuina ovat porakaivosta huomattavasti korkeampi energiansaanto verrattuna maahan kaivettuun vaakaputkistoon, ja lisäksi vältetään laajoilta pintamaan kaivutöiltä. Lämpökaivoilla toteutettu lämmönkeruujärjestelmä on maisemallisesti lähes huomaamaton ja käyttömukavuudeltaan toimintavarma. (1.)

2.1 Toimintaperiaatteet

Maalämpöjärjestelmässä lämpö siirtyy kolmen piirin välillä. Maapiirissä kiertävä jäätymisenestoaine-vesiseos kerää maaperään varastoitunutta lämpöä talteen. Lämmönkeruuputkistossa kiertävä lämmönkeruuneste lämpenee maapiirissä 1–4 °C:seen. Lämpöpumpun höyrystimeen saavuttuaan lämmönkeruuneste luovuttaa maaperästä keräämänsä lämpöenergian lämpöpumpun kylmäaineeseen. (5.)

Höyrystimen läpi virtaava lämmönkeruuneste siirtää maasta hyödyksi saatua lämpöenergiaa maalämpöpumpun suljetussa kylmäainekierrossa kiertävään

kylmäaineeseen. Kylmäaine höyrystyy vakioämpötilassa, ja kun kaikki kylmäaine on höyrystynyt, höyry tulistuu. Höyrystynyt kylmäaine johdetaan kompressorille, jossa höyry puristuu korkeaan paineeseen ja lämpenee. Kompressorissa tapahtuva puristus vaatii työtä, joka saadaan aikaan sähkömoottorilla. Kompressorin jälkeen kuumentunut kylmäainehöyry johdetaan lauhduttimeen, josta höyryn varastoima lämpöenergia siirtyy lämmitysjärjestelmässä kiertävään veteen. Samalla, kun kuumasta kylmäaineesta otetaan lämpöä lämmitysjärjestelmässä kiertävään veteen, kylmäaineen lämpötila laskee eli tulistus poistuu ja höyryn muodossa oleva kylmäaine tiivistyy jälleen korkeapaineiseksi nesteeksi. Kylmäaine palautuu takaisin höyrystimelle paisuntaventtiilin kautta, jossa nesteen paine lasketaan. Lämpöpumpun toimintaperiaate esitetään kuvassa 3. (5.)



1. Lämmönkeruuneste kiertää suljetussa lämmönkeruu piirissä.
2. Höyrystimessä lämmönkeruuneste kohtaa lämpöpumpun kylmäaineen.
3. Kompressorin puristaa kaasun korkeaan paineeseen.
4. Kompressorissa syntynyt lämpö johdetaan lauhduttimen kautta lämmitysjärjestelmään.
5. Paisuntaventtiilissä kylmäaineen paine lasketaan.

KUVA 3. Maalämpöpumpun toimintaperiaate ja komponentit (6)

2.2 Lainsäädäntö

Maalämpöjärjestelmää suunniteltaessa on otettava huomioon muutamia tärkeitä lainsäädännöllisiä seikkoja sekä ympäristön ja olemassa olevan asemakaavan kannalta huomattavia riskitekijöitä. Varsinkin kaupunkialueilla ja tiheään asutuilla seuduilla lainsäädännön ja minimietäisyyksien kanssa tulee olla tarkkana.

Lähtökohtaisesti tilanne on se, ettei lämpökaivon poraaminen ja lämmönkeruuputkiston asentaminen edellytä lupaa. Uudisrakennuskohteen lämmitysjärjestelmää koskevat kysymykset käsitellään rakennusluvan yhteydessä. Sen sijaan lämpökaivon poraamista tai lämmönkeruuputkiston asentamista tai niiden suunnittelua tilanteissa, joissa maalämpöä halutaan hyödyntää rakennuksen lämmitysjärjestelmää vaihdettaessa tai uusittaessa tai lisälämmönlähteenä, ei tällä hetkellä säädellä maankäyttö- ja rakennuslainsäädännössä. Nykyisen lainsäädännön seurauksena kunnat ovat ratkaisseet luvan tarpeen eri tavoin. Kuntaliiton vuonna 2009 tekemän kyselyn tuloksena 68,5 %:ssa kunnista ei ole lainkaan viranomaisvalvontaa kyseisessä asiassa. Osassa kunnista lämpökaivon poraamiselle vaaditaan rakennuslupa, osassa toimenpidelupa ja osalle riittää toimenpideilmoitus. Oman kunnan kanta kyseiseen asiaan kannattaa selvittää paikallisesta rakennusvalvonnasta. (7, s. 1–3.)

Kaupunkialueille ja keskustojen liepeille suunniteltaessa maalämpöratkaisua on hyvä olla yhteydessä paikalliseen rakennusvalvontaan. Rakennusvalvonnasta saa selville, onko alueelle mahdollista rakentaa maalämpöjärjestelmää. Kaupunkialueilla maanalainen tila saattaa olla kaavoitettu muuhun tarkoitukseen tai poraaminen saattaa estyä jo porattujen lämpökaivojen takia. Myös maanpinnan alapuolella olevien rakenteiden kuten putkien ja johtojen sijainti on tärkeää selvittää mahdollisten vaurioiden välttämiseksi. Rakennusvalvonnasta saa tietoa myös alueen pohjavesialueista ja vedenottamoista. Yksi lämpökaivojen poraamiseen ja lämmönkeruuputkistojen asentamiseen liittyvistä riskeistä on pohjaveden tai vesistön pilaantuminen suoraan tai välillisesti. Ongelman voi aiheuttaa lämmönsiirtonesteen vuoto pohjaveteen, pinnalta valuvien vesien pääsy pohjaveteen tai kalliopohjaveden eri kerrostumien sekoittuminen keskenään. (7, s. 1–3.)

Lämpökaivojen sijoittelussa on otettava huomioon porauskaluston pääsy porattavalle alueelle sekä muutamia minimietäisyyksiä rakennuksista sekä muista LVI-teknisistä ratkaisuista riski- sekä ongelmatilanteiden välttämiseksi. Sopivat etäisyydet voivat vaihdella porareiän kaltevuuskulmasta, pohjaveden virtausolosuhteista ja maaperästä riippuen. Minimietäisyyksiä on esitetty taulukossa 1.

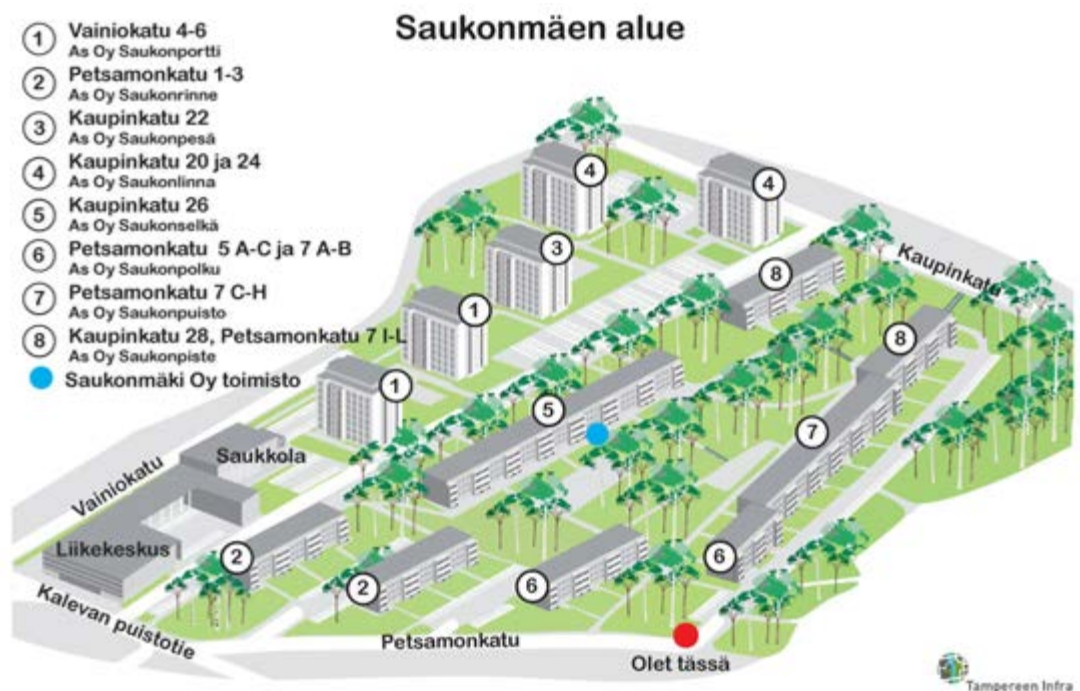
TAULUKKO 1. Lämpökaivon suositeltavat minimietäisyydet eri kohteisiin (8, s. 22)

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

*porareian ollessa pystysuora

3 MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Tässä opinnäytetyössä maalämpöjärjestelmien suunnitteluun käytettävät esimerkkikohteet sijaitsevat Saukonmäen asuinalueella Tampereella. Saukonmäen asuinalue käsittää useita taloyhtiöitä, joista kahta käytetään tässä työssä esimerkkikohteina. Saukonmäki sijaitsee hieman sivummalla Tampereen ydinkeskustasta, Petsamon kaupunginosassa. Tällä alueella on ollut pysyvää asutusta jo 1700-luvulta lähtien, mutta sotien jälkeen Saukonmäen alueelle alettiin järjestelmällisesti rakentaa asuintaloja. Rintamamiestalojen aika oli tullut päätökseen 1960-luvun puolivälin aikoihin, jolloin Saukonmäen alueelle alettiin rakentaa nykyisiä asuinkerrostaloja. Tässä työssä tutkailtavat kohteet ovat As Oy Saukonselkä (1968), sekä As Oy Saukonrinne (1966). Kohteet löytyvät kuvasta 4.



KUVA 4. Saukonmäki Oy (9)

Molempiin taloyhtiöihin on viime vuosien aikana tehty ikkunaremontti ja vanhat ikkunat on vaihdettu uusiin 3-lasiin ikkunoihin. Muuten rakennukset ovat rakenteellisesti alkuperäiset. Lämmönjaon molemmissa taloyhtiöissä hoitaa vesikiertoinen patteriverkosto ja ilmanvaihtona toimii koneellinen poisto.

3.1 Lämmönkeruujärjestelmä

3.1.1 Maan koostumus ja mittaaminen

Lämpökaivoja mitoittaessa maan koostumuksen ja maan kerrostuneisuuden mahdollisimman tarkka tietäminen helpottaa mitoitusta ja tekee mitoituksesta tarkempaa. Suurempien lämpökaivokenttien mitoittamisessa olisi syytä tehdä porattavalla alueella TRT (Thermal Response Test) -mittaus, jotta energiakentän ja maalämpöjärjestelmän toimivuus voidaan optimoida ja välttää mm. alija ylimitoituksilta.

Terminen vastetestti eli TRT-mittaus selvittää energiakaivon termisiä ominaisuuksia. Käytännössä terminen vastetestti jäljittelee käänteisesti lämpöpumpun toimintaa. Testissä mitataan, kuinka paljon kallio pystyy vastaanottamaan lämpöä. (10.)

Mittaus suoritetaan tehtävään suunnitellulla TRT-vaunulla. Termisessä vastetestissä energiakaivossa kierrätettävää lämmönkeruunestettä lämmitetään TRT-laitteessa ja kierrätetään kaivossa laitteiston pumpun avulla. Mitattaessa kaivon menevän ja sieltä palaavan nesteen lämpötilaa saadaan tulkittua kallioperän tehollinen lämmönjohtavuus sekä energiakaivon lämpövastus. Näiden tulosten perusteella voidaan suunnitella ja mitoittaa lämmitys- ja jäähdytyskäyttöön soveltuvia geoenergiajärjestelmiä. (11.)

Tehollinen lämmönjohtavuus kertoo kallioperän lämmönjohtavuudesta ja mahdollisesta veden virtauksesta lämpökaivossa. Mitä korkeampi lämmönjohtavuus on, sitä paremmin lämpö siirtyy kaukaakin kallioperästä energiakaivon lähelle ja siitä lämmönkeruunesteeseen. Mitä korkeampi lämmönjohtavuus on, sitä enemmän lämpöä kalliosta voidaan ottaa. Energiakaivon lämpövastus kuvaa lämmönkeruuputkiston ja lämpökaivon ominaisuuksien vaikutusta lämmönsiirtymiseen kallioperästä lämmönkeruunesteeseen. Mitä pienempi on energiakaivon lämpövastus, sitä paremmin kallioperän lämpö siirtyy lämmönkeruunesteeseen. (11.)

Tässä opinnäytetyössä tutkittavien esimerkkikohteiden osalta TRT-mittausta ei suoritettu. Lämpökaivoja mitoittaessa pyrittiin käyttämään mahdollisimman tarkkoja, joskin keskimääräisiä kallioperän ominaisuuksia Tampereen alueella. Taulukossa 2 on esitetty ominaisuuksia yleisimmille Suomen kallioperässä esiintyvillä kivilajeille. Lämpökaivojen mitoitukseen käytetyt kallioperän ominaisuudet on esitetty taulukoissa 3 ja 4 maaperän ominaisuudet alaotsikon alapuolella.

TAULUKKO 2. Kivi- ja maalajien lämmön varastointikapasiteetteja (12, s. 13)

| Väliaine | Lämmönjohtavuus W/m K | Lämpökapasiteetti kJ /kg °C | Tilavuuden lämpökapasiteetti kWh/m ³ °C |
|-------------|--------------------------|--------------------------------|--|
| Graniitti | 2,9 - 4,2 | 830 | 0,62 |
| Hiekkakivi | 3,0 - 5,0 | 730 | 0,55 |
| Saviliuske | 1,7 - 3,5 | 850 | 0,66 |
| Kalkkikivi | 1,7 - 3,0 | 840 | 0,63 |
| Kvartsiitti | 5,0 - 7,0 | 790 | 0,58 |

3.1.2 Lämpökaivot

Lämpökaivojen mitoitus tehtiin ruotsalaisella lämpökaivojen suunnitteluun ja mitoitukseen tarkoitetulla Earth Energy Designer -ohjelmalla. Ohjelma on suhteellisen helppokäyttöinen. Jos mitoitettavasta kohteesta on tiedossa tarkat energian kulutustiedot tai energiaselvitykset sekä maaperän ominaisuudet, ohjelmalla on mahdollista mitoittaa suuriakin lämpökaivokenttiä suhteellisen tarkasti.

EED-ohjelmaan syötettiin tiedot kohteiden viimevuosien kulutuksista, maaperän ominaisuuksista, lämpökaivon ominaisuuksista sekä käytettävästä lämmönsiirtonesteestä. Ohjelmaan syötetyt tiedot esitetään kohteittain taulukoissa 3 ja 4. Ohjelmaan syötetyt maaperän tiedot pyrittiin valitsemaan mahdollisimman hyvin Tampereen olosuhteita edustaviksi. Rakennusten lämmitysenergian kulutukset saatiin tietoon isännöitsijältä. Kulutustiedot esitetään liitteessä 1.

TAULUKKO 3. As Oy Saukonrinne ohjelmaan syötetyt tiedot

| | | |
|------------------------------|-------------|------------------------|
| Peruskuorma | | |
| Vuotuinen lämmöntarve | 579000 | kWh |
| Lämpökerroin COP | 3 | |
| | | |
| Maaperän ominaisuudet | | |
| Lämmönjohtokyky | 3,5 | W/(m*K) |
| Tilavuuslämpökapasiteetti | 2,4 | MJ/(m ³ *K) |
| Maanpinnan lämpötila | 5 | °C |
| Maaperän lämpövuoto | 0,04 | W/m ² |
| | | |
| Lämpökaivo | | |
| Tyyppi | Normi-U | |
| Syvyys | 200 | m |
| Väli | 20 | m |
| Halkaisija | 139,7 | mm |
| Täyte | Vesi | |
| Täytteen lämmönjohtavuus | 0,6 | W/(m*K) |
| | | |
| U-putki | | |
| Materiaali | PE DN50 PN6 | |
| Ulkohalkaisija | 50 | mm |
| Seinämän paksuus | 2,9 | mm |
| Lämmönjohtokyky | 0,420 | W/(m*K) |
| Putkiväli | 85 | mm |
| | | |
| Lämmönsiirtoneste | | |
| Neste | etanoli | 25 % |
| Lämmönjohtokyky | 0,044 | W/(m*K) |
| Ominaislämpökapasiteetti | 4250 | J/(Kg*K) |
| Tiheys | 960 | Kg/m ³ |
| Viskositeetti | 0,007600 | Kg/(m*s) |
| Jäätymispiste | - 15 | °C |

TAULUKKO 4. As Oy Saukonselän ohjelmaan syötetyt tiedot

| | | |
|------------------------------|--------------|------------------------|
| Peruskuorma | | |
| Vuotuinen lämmöntarve | 617000 | kWh |
| Lämpökerroin COP | 3 | |
| | | |
| Maaperän ominaisuudet | | |
| Lämmönjohtokyky | 3,5 | W/(m*K) |
| Tilavuuslämpökapasiteetti | 2,4 | MJ/(m ³ *K) |
| Maanpinnan lämpötila | 5 | °C |
| Maaperän lämpövuoto | 0,04 | W/m ² |
| | | |
| Lämpökaivo | | |
| Tyyppi | Normi-U | |
| Syvyys | 200 | m |
| Väli | 25 | m |
| Halkaisija | 139,7 | mm |
| Täyte | Vesi | |
| Täytteen lämmönjohtavuus | 0,6 | W/(m*K) |
| | | |
| U-putki | | |
| Materiaali | PE DN63 PN10 | |
| Ulkohalkaisija | 63 | mm |
| Seinämän paksuus | 5,8 | mm |
| Lämmönjohtokyky | 0,420 | W/(m*K) |
| Putkiväli | 76 | mm |
| | | |
| Lämmönsiirtoneste | | |
| Neste | etanoli | 25 % |
| Lämmönjohtokyky | 0,044 | W/(m*K) |
| Ominaislämpökapasiteetti | 4250 | J/(Kg*K) |
| Tiheys | 960 | Kg/m ³ |
| Viskositeetti | 0,007600 | Kg/(m*s) |
| Jäätymispiste | - 15 | °C |

EED-ohjelmaan syötettiin erikseen tiedot lämmitykseen sekä käyttöveden lämmittämiseen tarvitsemista lämmitysenergioista. Lämpimän käyttöveden määrän on arvioitu olevan noin 50 % kokonaisvedenkulutuksesta. Lämpimän käyttöveden tarvitsemat lämpöenergiat lasketaan kaavalla 1 (13, s. 26).

$$Q_{lkv,netto} = \rho_v * C_{pv} * V_{lkv} * (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600$$

KAAVA 1

$Q_{lkv,netto}$ = käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia, kWh

ρ_v = veden tiheys, 1 000 kg/m³

C_{pv} = veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/kgK

V_{lkv} = lämpimän käyttöveden kulutus, m³

T_{lkv} = lämpimän käyttöveden lämpötila, °C

T_{kv} = kylmän veden lämpötila, °C

3600 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h

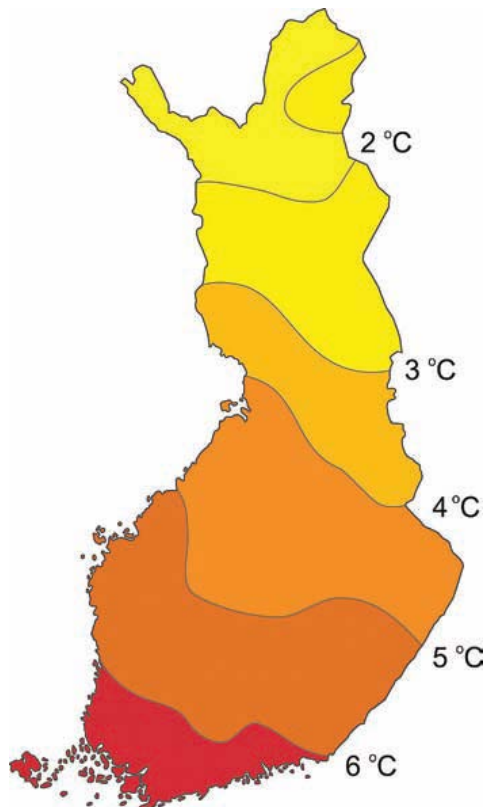
Asunto-osakeyhtiö Saukonrinteen käyttöveden vaatima lämmitysenergia on

$$Q_{lkv,netto} = 1000 \frac{kg}{m^3} * 4,2 \frac{kJ}{kgK} * 2095 m^3 * (55^\circ - 5)C \div 3600 = 122\,280,3 kWh.$$

Asunto-osakeyhtiö Saukonselän käyttöveden vaatima lämmitysenergia on

$$Q_{lkv,netto} = 1000 \frac{kg}{m^3} * 4,2 \frac{kJ}{kgK} * 2053 m^3 * (55^\circ - 5)C \div 3600 = 119\,758,3 kWh.$$

Maaperän lämmönjohtavuutena käytettiin 3,5 W/(m*K), tilavuuslämpökapasiteettina käytettiin 2,4 MJ/(m³K) ja lämpövuon tiheytenä 0,04 W/m². Maanpinnan vuotuinen keskilämpötila on Tampereen alueella 5 °C (kuva 5).



KUVA 5. Maanpinnan lämpötilan vuotuinen keskiarvo (6, s. 8)

Lämpökaivojen mitoituksessa mitoituskriteereinä olivat lämpökaivojen etäisyydet toisistaan sekä lämpökaivojen syvyydet. Etäisyyksiksi kaivoille asetettiin 20–25 metriä. Koska kohteet ovat suhteellisen suuria, kaivojen lukumäärät nousevat melko suuriksi. Kohteiden suuruudesta huolimatta lämpökaivot mitoitettiin ulottumaan mahdollisimman vähän yli 200 metrin, koska kustannuksiltaan reilusti yli 200 metrin lämpökaivot tulevat kalliimmiksi, kuin useamman hieman matalamman kaivon poraaminen.

Lämpökaivojen mitoituksessa otettiin huomioon myös putkierottimien käyttö. Ilman putkierottimia lämmönkeruuputkistojen haarat sijaitsevat kaivoissa sattumanvaraisesti ja niiden etäisyydet toisistaan ovat vaikeasti arvioitavissa. Lämpökaivojen mitoituksessa haarat pyrittiin sijoittamaan mahdollisimman etäälle toisistaan, jotta lämmönkeruupiiriin menevä kylmä liuos ei viilentäisi keruupiiristä palaavaa lämpimämpää liuosta. Kohteiden lämpökaivoratkaisut esitetään liitteessä 2.

Lämpökaivojen poraus- ja kaivualueiksi valikoituivat tie- ja piha-alueet. Lämpökaivojen päälle sijoitetaan teräsbetoninen huoltokaivo. Tie-alueilla huoltokaivot tehdään kestäväksi raskaiden ajoneuvojen liikennöintiä ja piha-alueilla huoltokaivot maisemoidaan, jolloin kaivoista ei jää alueelle kosmeettista haittaa.

3.2 Pääkomponenttien valinta

Molempiin esimerkkikohteisiin pyrittiin valitsemaan maalämpöratkaisut, jotka ovat kokonaisuudessaan ajateltuna kustannustehokkaimpia ratkaisuja. Maalämpöjärjestelmien mitoituksessa ja valinnassa tehtiin yhteistyötä maalämpöjärjestelmien suunnitteluun ja asennuksiin erikoistuneen Greenheat-yrityksen kanssa. Suurin syy, miksi yhteistyö Greenheatin kanssa oli tiivistä, oli yritykseltä saatu hinnoittelu maalämpöratkaisuihin. Valituissa ratkaisuissa pyrittiin hyötysuhteen maksimointiin niin lämmönkeruussa kuin komponenttien valinnassakin. Osittain pyrkimys hyötysuhteen maksimointiin vaikutti siihen, että maalämpöjärjestelmien toteutuksista tuli hieman kalliimpia. Käyttökustannukset kuitenkin saatiin näin jäämään hieman alhaisemmiksi. (14.)

Toteutuksen laajuudessa on erityisesti huomioitu myös edessä oleva putkistoremontti. Lämmöntuotantojärjestelmän uusimisen yhteydessä tehtävä putkistosaneeraus on taloyhtiölle kokonaisuudessaan kustannustehokas toteutusratkaisu. Kun kerralla laitetaan kuntoon koko taloyhtiön LVI-tekniikka, niin lähitulevaisuudessa vältytään suurilta saneerauksilta ja korjauskustannuksilta. Osa suunnitellun putkistoremontin kustannuksista siirtyy maalämmön kustannuksiin. Suunnitellut maalämpöjärjestelmät sisältävät kaikki asennukset, tarvikkeet ja laitteet pois lukien pintamaan kaivutyöt kaivoilta lämmönjakohuoneisiin. (14.)

3.2.1 As Oy Saukonrinne

Asunto-osakeyhtiö Saukonrinne on opinnäytetyössä tutkittavista kohteista hieman pienempi. Tarkemmat tiedot kohteesta esitetään liitteessä 1. Lämmönjakoa Saukonrinteessä hoidetaan vesikiertoisella patteriverkostolla, jonka toisiopiirin lämpötilat ovat 60/80 °C. Asunto-osakeyhtiö Saukonrinteeseen valittiin neljä Jämä Star 40 -maalämpöpumppua (kuva 6). Maalämpöpumppujärjestelmä kattaa rakennuksen lämmitystehon tarpeesta 60–70 % ja lämmitysenergian tarpeesta maalämmöllä katetaan yli 90 %. Lämminvesivaraajiksi valittiin kaksi Jämä

VLM700 -varaajaa. Lämminvesivaraajat toimivat puskurivaraajina ja niissä suoritetaan lämpimän käyttöveden esilämmitys. As Oy Saukonrinteen mitoitusperusteet esitetään taulukossa 5.

TAULUKKO 5. As Oy Saukonrinteen mitoitusperusteet (14.)

| | |
|---------------------------|---------|
| Lämpöpumpputeho | 136 kW |
| Sähkökattilateho | 88 kW |
| Lämmitysvaraajan tilavuus | 2*700 L |

Maalämpöpumpun vuotuisena lämpökertoimena käytettiin 3,0. Saukonrinteen valitulla maalämpöratkaisulla kulutus olisi noin 193 000 kWh vuodessa. Kulutus sisältää maalämmön, lisä- ja varavoiman sekä kiertovesipumppujen kulutuksen. Maasta saatava lämpöenergia on noin 386 000 kWh vuodessa eli tuon verran taloyhtiö tulisi vuodessa säästämään lämmityskuluissa siirryttyään maalämmön käyttöön. Maaperästä saatava vuosittainen energiaprofiili esitetään liitteessä 2/2.

3.2.2 As Oy Saukonselkä

Asunto-osakeyhtiö Saukonselkä on tässä opinnäytetyössä tutkittavista kohteista pinta-alaltaan ja kulutuksiltaan hieman suurempi kohde. Tarkemmat tiedot myös tästä kohteesta esitetään liitteessä 1. Lämmönjaon Saukonselässä hoitaa vesikiertoinen patteriverkosto, jonka toisiopiirin lämpötilat ovat 70/50 °C. Asunto-osakeyhtiö Saukonselkään valittiin neljä Jämä Star 40 -maalämpöpumppua (kuva 6). Maalämpöpumppu kattaa rakennuksen lämmitystehon tarpeesta 60-70 % ja lämmitysenergian tarpeesta maalämmöllä katetaan yli 90 %. Lämminvesivaraajaksi valittiin Jämän VLM700 varaaja. Lämminvesivaraaja toimii puskurivaraajana ja siinä suoritetaan lämpimän käyttöveden esilämmitys. As Oy Saukonselän mitoitusperusteet esitetään taulukossa 6.

TAULUKKO 6. As Oy Saukonselän mitoitusperusteet (14.)

| | |
|---------------------------|--------|
| Lämpöpumpputeho | 126 kW |
| Sähkökattilateho | 150 kW |
| Lämmitysvaraajan tilavuus | 700 L |

Maalämpöpumpun vuotuisena lämpökertoimena käytettiin 3,0. Saukonselkään valitulla maalämpöratkaisulla kulutus olisi noin 206 000 kWh vuodessa. Kulutus sisältää maalämmön, lisä- ja varavoiman sekä kiertovesipumppujen kulutuksen. Maasta saatava lämpöenergia on noin 411 000 kWh vuodessa, tuon verran taloyhtiö säästäisi lämmityskuluissa, jos siirtyisi maalämmön käyttöön. Maaperästä saatava vuosittainen energiaprofiili esitetään liitteessä 2/4.



KUVA 6. Jämän maalämpöpumppu

4 KANNATTAVUUDEN JA HINTOJEN VERTAILU

4.1 Maalämpöjärjestelmän hankintahinnan määrittäminen

Saneerauskohteisiin valittaessa ja mitoittaessa maalämpöjärjestelmää lopullisiin hankintakustannuksiin vaikuttavia tekijöitä on useita. Kokonaiskustannuksiin on huomioitava maalämpöjärjestelmän lisäksi taloyhtiön käyttövesiputkiston ja lämmönjaon todennäköinen uusiminen, kellarikerrosten ja lämmönjakohuoneen rakennustekniset muutokset sekä rakennuksen iästä riippuen asbestityöt. Uudiskohteisiin verrattuna muuttuvia tekijöitä on paljon, minkä seurauksena jokainen saneerauskohde on täysin omanlaisensa.

Esimerkkikohteiden maalämpöjärjestelmien hankintahinnat tiedusteltiin Greenheat-maalämpötoimittajalta. Taloyhtiöille mitoitettujen ja laskettujen maalämpöjärjestelmien hankintakustannuksiin sisältyvät niin LVI-tekniset kuin rakennusteknisetkin työt asennuksineen ja tarvikkeineen. Hinnoittelusta huomaa, kuinka paljon rakennusteknisten töiden laajuus vaikuttaa lopullisiin kustannuksiin.

Taloyhtiöt ovat suuruusluokaltaan kohtuullisen samankokoisia, mutta isona erona on se, että As Oy Saukonrinne koostuu kahdesta samankokoisesta asuinrakennuksesta, kun taas As Oy Saukonselkä käsittää vain yhden isomman asuinrakennuksen, kuten kuvasta 4 ilmenee. Tämä yksityiskohta selittää syyn sille, miksi Saukonrinteen maalämpöratkaisu on huomattavasti Saukonselkää kalliimpi. Rakennustekniset työt eivät ole Saukonrinteessä merkittävästi laajemmat kuin Saukonselässä, mutta lämpökaivokentästä lämpöenergian jakaminen rakennusten omiin lämmönjakohuoneisiin lisää kustannuksia huomattavasti.

Asunto-osakeyhtiö Saukonrinteeseen mitoitettun ja lasketun maalämpöjärjestelmän hankintahinta on 232 337 € ja asunto-osakeyhtiö Saukonselkään mitoitettun maalämpöjärjestelmän hankintahinta on 177 956 €. Vaikka As Oy Saukonrinne on esimerkkikohteista pinta-alaltaan ja kulutuksiltaan hieman pienempi kohde kuin As Oy Saukonselkä, sen kokonaiskustannukset nousevat selvästi As Oy Saukonselkää korkeimmiksi. Saukonrinteen lämpökaivokentästä kerätään ja johdetaan lämpöenergiaa rakennusten omiin lämmönjakohuoneisiin.

Lämpökaivokentästä molempien asuinrakennusten omille lämmönjakohuoneille vedettävät lämpöputkivedot nostavat kokonaishankintahintaa huomattavasti.

4.2 Takaisinmaksuajan määrittäminen

Saatujen hankintakustannusten pohjalta lähdettiin määrittämään maalämpöjärjestelmien takaisinmaksuaikoja. Takaisinmaksuaikojen määrittelemiseksi laadittiin Excel-pohjainen laskentaohjelma, josta tietoa on liitteessä 3. Laskentaohjelmasta pyrittiin tekemään mahdollisimman selkeä ja helppokäyttöinen, jotta sen hyödyntäminen tulevaisuudessakin olisi mahdollista.

Esimerkkikohteiden kulutustiedot syötettiin laskentaohjelmaan. Lämmitykseen käytettävä energia normitettiin ilmatieteenlaitokselta saamien tarkkojen lämmitystarvelukujen mukaan vastaamaan normaalia lämmitysvuotta (15). Lämpimään käyttövedeen kulutettava lämmitysenergian määrä laskettiin laskentaohjelmassa kahdella eri versiolla. Versiossa yksi käyttöveden kuukausittaisen kulutuksen selvittämiseen käytettiin kolmen keskikesän kuukauden lämmitykseen käytettävää energiaa. Kesäkuussa, heinäkuussa ja elokuussa rakennusten lämmittämiseen tarvittava energia on hyvin pientä, jolloin valtaosa näiden kuukausien kuluttamasta energiasta kuluu käyttöveden lämmittämiseen. Näiden kolmen kuukauden keskiarvojen pohjalta laskettiin vuosittainen lämpimän käyttöveden vaatima lämmitysenergia.

Versiossa kaksi käyttöveden kuukausittaisen kulutuksen selvittämiseen käytettiin rakennusten asukasmääriä. Kuukausittainen lämpimän käyttöveden vaatima energia laskettiin kaavalla 2.

$$Q_{MWh/kk} = n_{hlö} \times V_{lkv,omin,henk} \times 365 \times 58/12/1000 \quad \text{KAAVA 2}$$

$Q_{MWh/kk}$ = käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia MWh

$n_{hlö}$ = asukkaiden lukumäärä

$V_{lkv,omin,henk}$ = lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm^3 henkilöä kohti vrk:ssa

365 = vuorokaudet vuodessa

12 = kuukausien määrä vuodessa

58 = veden lämmittämiseen (lämpötilan muutos 50 °C) tarvittava energiamäärä vesikuutiota kohden, kWh/m³

1 000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos megawattitunneiksi, MWh

Version kaksi laskukaava on johdettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavasta (13, s. 26). Kaavalla saatava käyttöveden kulutus poikkeaa huomattavasti versiolla yksi saatavasta kulutuksesta. Yhtenä syynä tähän on rakennuksista saatujen asukastietojen epätarkkuus. Koska rakennusten lämpimän käyttöveden kulutusta ei saatu tarkasti selville, Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 kaavaa 5.1.1 ei pystytä suoranaisesti hyödyntämään (13, s. 26). Näistä syistä lopulliseen takaisinmaksuajan määrittämiseen käytettiin versiota yksi lämpimän käyttöveden energian kulutuksen selvittämiseen. Laskuversiossa yksi on etuna myös se, että siinä otetaan huomioon lämpimän käyttöveden kierto.

Laskentaohjelmassa otettiin huomiin maalämpöön siirtymisen lisäksi myös kohteisiin samalla kertaa suoritettavat putkistosaneeraus. Kohteisiin tehdään käyttövesiputkiston uusiminen ja samalla uusitaan patteriventtiilit ja lämmönjako sekä suoritetaan lämmitysverkoston tasapainotus. Laskentaohjelmaan on arvioitu näiden uusimisten myötä saavutettavan 7 %:n säästö lämmityksessä ja 10 %:n säästö käyttövedessä.

Takaisinmaksuaikojen määrittämiseksi laskentaohjelmaan on otettu selville myös uuden kaukolämpölaitteiston hankintahinta. Tässä opinnäytetyössä esimerkkeinä käytettäviin kohteisiin uusitaan joka tapauksessa lämmöntuotantojärjestelmä, koska nykyiset järjestelmät ovat teknisen käyttöikänsä lopussa. Kaukolämpölaitteiston hinnan suuruusluokka tiedusteltiin Tampereen Kaukolämpö Oy:ltä kiinteistön tilausvesivirta huomioon ottaen (16). Kaukolämpölaitteiston hankintahinnat ovat suuruusluokaltaan kohtuullisen tarkkoja, mutta hinnat ovat kuitenkin jonkin verran arvioituja ja pyöristettyjä.

Sähkö- ja kaukolämpöenergioiden hinnat Excel-laskentaohjelmaa varten tiedusteltiin Tampereen Sähkölaitokselta. Hinnat ovat tämänhetkisiä hintoja. Laskentaohjelmaa varten kaukolämmöstä otettiin selville kaukolämpöenergian hinta

(17) sekä kaukolämmön perusmaksu (18). Tampereen Kaukolämpö Oy on tämän vuoden alusta siirtynyt käyttämään kaukolämpöenergiassa kiinteää energiamaksun perusarvoa, jota kompensoidaan vuodenaajoista riippuvilla kuukausikertoimilla. Laskentaohjelmassa käytettiin kuukausikertoimilla kerrottujen energiamaksujen keskiarvoa.

Sähkön hinta tiedusteltiin myös Tampereen Sähkölaitokselta. Sähkön hinta on kokonaishinta veroineen sisältäen sähkön myynnin sekä siirron (19). Koska esimerkkikohteet ovat suhteellisen vanhoja, maalämpöön siirtyessään kiinteistöjen pääsulakkeiden ja pääkaapeleiden koot eivät tule todennäköisesti riittämään. Laskentaohjelmassa otettiin huomioon myös pääsulakkeiden ja pääkaapelin mahdolliset uusimiset ja perusmaksun korotus.

Edellä mainittujen arvojen ja yksiköiden lisäksi laskentaohjelmaan lisättiin kohdat lämpöpumpun tehokkuutta kuvaavalle lämpökertoimelle (COP) sekä käyttökustannusten osuuksille. Molempien esimerkkikohteiden takaisinmaksuaikoja määriteltäessä laskentaohjelmaan syötettiin lämpökertoimeksi 3,0. Käyttökustannusten osuuksiksi ohjelmaan syötettiin 95 % maalämmölle ja 5 % sähkölle.

Laskentaohjelmasta on pyritty tekemään mahdollisimman käyttäjäystävällinen. Hintoja ja muita arvoja on helppo muuttaa, kun esimerkiksi vaihdetaan laskettavaa kohdetta tai kun energioiden hintoihin tulee muutoksia. Tässä opinnäytetyössä laskettavien esimerkkikohteiden takaisinmaksuajaksi saatiin seuraavat: As Oy Saukonrinteen maalämpöjärjestelmän takaisinmaksuajaksi saatiin 20,6 vuotta ja As Oy Saukonselän takaisinmaksuajaksi 15,7 vuotta. Valittujen maalämpölaitteistojen tekninen käyttöikä on 22–25 vuotta, joten molemmat maalämpöjärjestelmät maksavat itsensä takaisin ennen järjestelmien uusimista. Maalämpölaitteiston huollon tarve on huomioitu molemmissa kohteissa takaisinmaksuaikoja määriteltäessä. Käyttökustannuksiin lisättiin huollon tarpeeksi 500 €/vuosi.

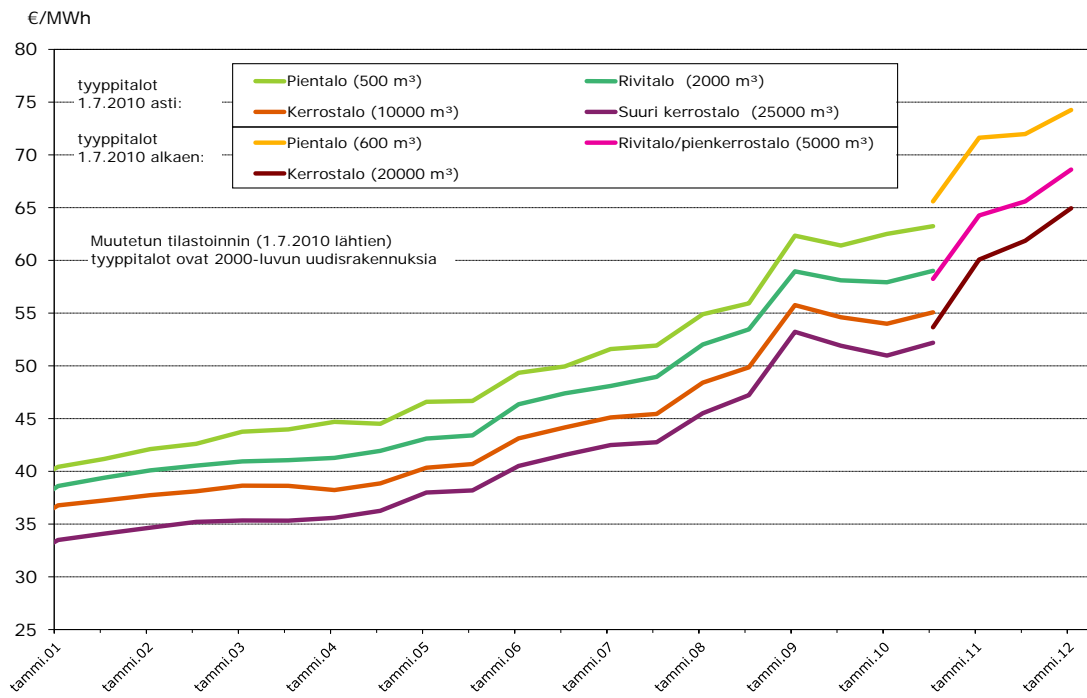
As Oy Saukonselässä maalämpöön siirtyminen on selkeästi kannattavampaa, takaisinmaksuajan jäädessä 6–10 vuotta laitteiston teknisen käyttöiän päähän. As Oy Saukonrinteessä tilanne on hieman tiukempi, koska takaisinmaksuaika

on hyvin lähellä laitteistolle annettua teknistä käyttöikää. Tästä huomataan, kuinka ratkaisevasti rakennusteknisesti haastavampien kohteiden maalämpöjärjestelmien hankintahinnat voivat nousta yllättävänkin korkeiksi. As Oy Saukonrinteessä mahdollinen siirtyminen maalämmön käyttöön tulee arvioida kannattavuuden suhteen todella tarkasti. Parhaassa tapauksessa maalämpöä pystytään hyödyntämään 100-prosenttisesti lähes viiden vuoden ajan. Toisaalta, on suuri mahdollisuus myös siihen, että laitteiston uusiminen tulee eteen jo ennen takaisinmaksuajan täyttymistä.

Laskentaohjelmassa suoritettiin myös herkkyystestaus vuotuiselle lämpökertoimelle. Koska käytetty lämpökerroin ei ole absoluuttisen tarkka, vertailtiin takaisinmaksuaikoja erilaisilla lämpökertoimilla. Lämpökertoimella 2,5 takaisinmaksuajat pidentyvät huomattavan paljon pidemmiksi kuin lämpökertoimella 3,0. Lämpökertoimella 3,5 takaisinmaksuajat lyhenevät, mutta muutos on huomattavasti maltillisempi kuin muutos 2,5 ja 3,0 välillä. Herkkyystestien tulokset esitetään liitteessä 3.

Yksityiskohta, joka myös merkittävästi vaikuttaa maalämpöjärjestelmien takaisinmaksuaikoihin, ovat energian hinnat. Koska tässä opinnäytetyössä tarkasteltavissa esimerkkikohteissa nykyisinä lämmöntuotantojärjestelminä on kaukolämpö, on mielenkiintoista tutkia viime vuosien kaukolämpöenergian hinnan kehitystä ja sen vaikutusta maalämpöjärjestelmien takaisinmaksuaikoihin. Jos laskentaohjelmaan syötetään esimerkiksi viiden vuoden takaisia kaukolämpöenergian hintoja ja perusmaksuja, voidaan huomata, kuinka takaisinmaksuajat pidentyvät usealla vuodella. Jos taas ohjelmaan syötetään nykyisiä kaukolämmön hintoja korkeampia hintoja, huomataan, kuinka takaisinmaksuajat lyhenevät.

Kaukolämmön hinta on viime vuosina ollut vahvassa ja tasaisessa kasvussa kuten kuvasta 7 voidaan huomata. Hinnan kehitykseen ei tulevaisuudessa ole tulossa merkittävää muutosta. Kaukolämmön hinnan ja sähkön hinnan jatkaessa nousuaan uusiutuvien energianlähteiden ja etenkin maalämmön hyödyntäminen energianlähteenä tulee varmasti yleistymään.



KUVA 7. Kaukolämmön hinta, teho + energiamaksu (20, linkki Diaesitys kaukolämmön hinnan kehityksestä, s. 1)

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tutkittiin ja vertailtiin saneerauskohteiden siirtymistä kaukolämmöstä maalämmön käyttöön. Esimerkkikohteina työssä toimivat kaksi taloyhtiötä, Asunto-osakeyhtiö Saukonrinne ja Asunto-osakeyhtiö Saukonselkä. Tärkeimpänä tehtävänä työssä oli maalämpöjärjestelmien hankintahintojen selvitys ja sitä kautta takaisinmaksuaikojen määrittäminen.

Asunto-osakeyhtiöiden kulutustiedot saatiin käyttöön taloyhtiöiden isännöitsijältä. Kulutustietojen perusteella toteutettiin maalämpökaivojen mitoitus EED-mitoitusohjelmalla, johon pyrittiin syöttämään olemassa olevia olosuhteita mahdollisimman hyvin vastaavat arvot. Työssä käydään läpi myös tärkeimmät lainsäädännölliset asiat siirryttäessä maalämmön hyödyntämiseen. Maalämpöjärjestelmien hankintahinnat ja mitoitus tiedusteltiin maalämpöön erikoistuneilta yrityksiltä.

Takaisinmaksuaikojen selvittämiseksi laadittiin Excel-pohjainen laskentaohjelma. Maalämpöjärjestelmän hankintahinnan ja kulutustietojen lisäksi laskentaohjelmaan syötettiin tiedot mm. sähkö- ja kaukolämpöenergioiden hinnoista. Laskentaohjelmaan syötettyjen tietojen pohjalta ohjelma laski maalämpöjärjestelmille takaisinmaksuajat, joita verrattiin laitteistojen teknisiin käyttöikiin.

Tässä opinnäytetyössä ei päässyt vertailemaan erikokoisten asunrakennusten maalämpöjärjestelmien takaisinmaksuaikoja, koska kohteet olivat lähes samankokoiset. Työtä tehdessä selvisi kuitenkin useita tärkeitä yksityiskohtia, joita tulee ottaa huomioon, kun isompaan saneerattavaan asuinrakennuskohteeseen mitoitetaan maalämpöjärjestelmää. Rakennusteknisten töiden laajuudet, energioiden hinnat ja asuinrakennusten sijoittuminen tontille ovat merkittäviä tekijöitä maalämpöjärjestelmän mitoitusta ja hankintahintaa määriteltäessä. Lämmöntuotantojärjestelmän vaihtaminen ja uusiminen isompaan saneerauskohteeseen on aina usean osatekijän summa ja jokainen tällainen saneerattava kohde on omanlaisensa.

LÄHTEET

1. Porakaivo maalämmön lähteenä. Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry. Saatavissa:
http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=114. Hakupäivä 19.3.2012.
2. Maalämpö. Lämpöässä. Saatavissa:
<http://www.lampoassa.fi/maalampo.html>. Hakupäivä 19.3.2012.
3. Maalämpöjytky tuli. Viimevuoden kasvu 72 %. Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry. Saatavissa:
http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=186&Itemid=123. Hakupäivä 19.3.2012.
4. Suomeen asennetut lämpöpumput 1996-2011 kappaleina. Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry. Saatavissa
http://www.sulpu.fi/images/stories/suomeen_asennetut_Lmpumpput_1996-2011_kyrt.pdf. Hakupäivä 22.3.2012.
5. Maalämpöpumppu, toimintaperiaate. Senera. Saatavissa:
<http://www.senera.fi/Maalampopumppu>. Hakupäivä 25.3.2012.
6. Thermia. Saatavissa: <http://www.thermia.fi/lampopumppu/nain-lampopumppu-toimii.asp>. Hakupäivä 25.3.2012.
7. Valtioneuvoston asetus maankäyttö- ja rakennusasetuksen muuttamisesta. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=125750&lan=fi>. Hakupäivä 10.2.2012.

8. Juvonen, Janne 2009. Ympäristöopas 2009. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=108367>. Hakupäivä 23.2.2012.
9. Saukonmäki Oy. Saatavissa: http://www.saukonmaki.fi/upload/saukonmaki_oy/Saukonm%25E4en_alue_petsamonkatu.pdf. Hakupäivä 8.4.2012.
10. Terminen vastetesti eli TRT- mittaus. Geologian tutkimuskeskus. Saatavana: <http://www.gtk.fi/tutkimus/tutkimusohjelmat/energia/trtmittaus.html>. Hakupäivä 24.2.2012.
11. Leppäharju, Nina – Turunen, Tuomo – Kallio, Jarmo 2010. Bergansin geoenergiatutkimukset ja energiakaivokentän mallinnus. Geologian tutkimuskeskus. Saatavissa: <http://berganskiinteistot.files.wordpress.com/2010/05/bergans-geoenergia-19-3-10.pdf>. Hakupäivä 18.4.2012.
12. Energian varastoinnin nykytila. VTT:n tiedote. 2003. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2003/T2199.pdf>. Hakupäivä 11.12.2011.
13. RakMK osa D5. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D5. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjeet 2007. Ympäristöministeriö.
14. Hytönen, Mika 2012. Projektipäällikkö, Greenheat. Puhelinkeskustelu 15.3.2012.
15. Ilmatieteenlaitos 2012. Puhelinkeskustelu 4.4.2012.
16. Kaukolämmön liittymishinnasto 1.7.2010 alkaen. Tampereen Sähkölaitos. Saatavissa: <http://www.tampereensahkolaitos.fi/NR/rdonlyres/94FAA96E-BBFC-4D38-B198->

F82FE803AE7C/0/Kaukol%C3%A4mm%C3%B6nliittymishinnasto2010070
1.pdf. Hakupäivä 5.4.2012.

17. Kaukolämmön energiamaksu muuttuvaksi 2012. Tampereen Sähkölaitos.
Saatavissa: http://www.tampereensahkolaitos.fi/NR/rdonlyres/89977445-2959-4242-9490-D5932C6FD1E6/0/Kaukol%C3%A4mp%C3%B6_asiakaskirje_netti.pdf.
Hakupäivä 5.4.2012.
18. Kaukolämmön myyntihinnat 1.1.2012 alkaen. Tampereen Sähkölaitos. Saatavissa: http://www.tampereensahkolaitos.fi/NR/rdonlyres/A02CE3FF-1E28-49AC-96AE-AA4D5935F1E8/615/KLHinnat_20120101_v.pdf. Hakupäivä 5.4.2012.
19. Sähköhinnasto 1.6.2011 alkaen. Tampereen Sähkölaitos. Saatavissa: http://www.tampereensahkolaitos.fi/NR/rdonlyres/2A0018F5-F45A-4275-94C9-DB7C78EB2D22/0/S%C3%A4hk%C3%B6hinnasto162011_myynti.pdf. Hakupäivä 5.4.2012.
20. Wilhelms, Taina 2012. Kaukolämmön hinta, teho +energiamaksu €/MWh (sis. verot). Powerpoint-diasarja. Kaukolämmön hinnat tyypitaloissa eri paikkakunnilla. Energiateollisuus. Saatavissa: <http://www.energia.fi/tilastot/kaukolammon-hinnat-tyyppitaloissa-eri-paikkakunnilla>. Hakupäivä 9.4.2012

As Oy Saukonrinne

Rakennusvuosi: 1966
 Asuntoja: 50kpl
 Kerroksia: 3
 Tilavuus: 13200m³
 Huoneistoala: 3090m²

Lämmitys, vesi-, jätevesi sekä sähkö

Tarkasteltaessa lämmön, veden ja sähkön kulutuskehitystä ja verrattaessa niitä aikaisempiin vuosiin päädytään seuraaviin lukusarjoihin:

| vuosi | Lämpö (MWh) | Sähkö (kWh) | Vesi (m ³) |
|-------|-------------|-------------|------------------------|
| 1999 | 632 | 60974 | 4532 |
| 2000 | 595 | 59480 | 4236 |
| 2001 | 655 | 61738 | 4076 |
| 2002 | 636 | 58974 | 4089 |
| 2003 | 652 | 61322 | 4003 |
| 2004 | 624 | 64387 | 4491 |
| 2005 | 615 | 65292 | 3601 |
| 2006 | 622 | 65300 | 2379 |
| 2007 | 615 | 65431 | 2433 |
| 2008 | 579 | 62761 | 4189 |
| 2009 | 594 | 64148 | 6184 |
| 2010 | 633 | 49766 | 6000, arvio |

Veden kulutus asukasta kohden on ollut 238 litraa vuorokaudessa. Korkean kulutuksen syynä oli rakennusten välissä ollut vesijohtovuoto. Vuoto korjattiin yhtiökokouksen päätöksellä kesällä 2010 sulanmaan aikana. Tampereen Vesi Oy hyvitti vuoden ylimääräisestä vedenkulutuksesta käyttöveden osalta 50% ja jäteveden osalta 100%. Lämmön kulutus suhteessa tilavuuskuutiometriin on tilikauden 2010 aikana ollut 47,95 kilowattituntia. Sähkönkulutus tilavuuskuutiometriä kohden on ollut 3,77 kilowattituntia.

Lämmönkulutus 2008

| | | |
|-----------------|---------------|------------|
| Tammikuu | 77,32 | MWh |
| Helmikuu | 73,09 | MWh |
| Maaliskuu | 79,35 | MWh |
| Huhtikuu | 49,95 | MWh |
| Toukokuu | 31,01 | MWh |
| Kesäkuu | 18,88 | MWh |
| Heinäkuu | 14,39 | MWh |
| Elokuu | 18,74 | MWh |
| Syyskuu | 37,40 | MWh |
| Lokakuu | 46,31 | MWh |
| Marraskuu | 61,13 | MWh |
| Joulukuu | 71,55 | MWh |
| Yhteensä | 579,15 | MWh |

As Oy Saukonselkä

Rakennusvuosi: 1968
 Asuntoja: 56kpl
 Kerroksia: 3
 Tilavuus: 15700m³
 Huoneistoala: 3470m²

Lämmitys, vesi-, jätevesi sekä sähkö

Tarkasteltaessa lämmön, veden ja sähkön kulutuskehitystä ja verrattaessa niitä aikaisempiin vuosiin päädytään seuraaviin lukusarjoihin:

| vuosi | Lämpö (MWh) | Sähkö (kWh) | Vesi (m ³) |
|-------|-------------|-------------|------------------------|
| 2000 | 660 | 55224 | 4611 |
| 2001 | 720 | 59478 | 4796 |
| 2002 | 709 | 63211 | 4867 |
| 2003 | 714 | 63416 | 4686 |
| 2004 | 671 | 62023 | 4992 |
| 2005 | 680 | 62135 | 4180 |
| 2006 | 709 | 63603 | 4060 |
| 2007 | 624 | 57443 | 3758 |
| 2008 | 617 | 58694 | 4105 |
| 2009 | 647 | 53503 | 4034 |
| 2010 | 702 | 61990 | 3735 |

Veden kulutus asukasta kohden on ollut 120,3 litraa vuorokaudessa. Lämmön kulutus suhteessa tilavuuskuutiometriin on tilikauden 2010 aikana ollut 44,7 kilowattituntia. Sähkönkulutus tilavuuskuutiometriä kohden on ollut 3,95 kilowattituntia.

Lämmönkulutus 2008

| | | |
|-----------------|---------------|-----|
| Tammikuu | 80,79 | MWh |
| Helmikuu | 74,87 | MWh |
| Maaliskuu | 82,97 | MWh |
| Huhtikuu | 52,38 | MWh |
| Toukokuu | 33,25 | MWh |
| Kesäkuu | 19,79 | MWh |
| Heinäkuu | 14,66 | MWh |
| Elokuu | 20,11 | MWh |
| Syyskuu | 40,15 | MWh |
| Lokakuu | 50,15 | MWh |
| Marraskuu | 65,89 | MWh |
| Joulukuu | 81,87 | MWh |
| Yhteensä | 616,88 | MWh |

Projektin muistiinpanot
Asunto-osakeyhtiö Saukonrinne
MITOITUS 1

Yhteenveto

| | |
|-------------------------|-----------|
| Hinta | |
| Porareikien lukumäärä | 14 |
| Porakaivon syvyys | 220.18 m |
| Porakaivon yhteispituus | 3082.51 m |

SUUNNITTELU TIEDOT

=====

MAA

| | |
|----------------------------|------------------------------|
| Maaperän lämmönjohtavuus | 3.500 W/(m·K) |
| Maaperän lämpökapasiteetti | 2.400 MJ/(m ³ ·K) |
| Maanpinnan lämpötila | 5.00 °C |
| Maaperän lämpövuoto | 0.0400 W/m ² |

Porausreikä

| | |
|------------------------------------|----------------|
| Kokoonpano | |
| Porakaivon syvyys | 220.18 m |
| Porakaivojen väli | 20.00 m |
| Porakaivon asennus | Normi-U |
| Porakaivon halkaisija | 139.70 mm |
| U-putken halkaisija | 50.000 mm |
| U-putken paksuus | 2.900 mm |
| U-putken lämmönjohtokyky | 0.420 W/(m·K) |
| U-putken käyrän halkaisija | 85.000 mm |
| Kaivonesteen lämmönjohtavuus | 0.600 W/(m·K) |
| Kontak.Lämpövast. putki/kaivoneste | 0.0000 (m·K)/W |

LÄMPÖVASTUKSET

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

LÄMMÖNSIIRTONESTE

| | |
|--------------------------|---------------------------|
| Lämmönjohtokyky | 0.4400 W/(m·K) |
| Ominaislämpökapasiteetti | 4250.000 J/(Kg·K) |
| Tiheys | 960.000 Kg/m ³ |
| Viskositeetti | 0.007600 Kg/(m·s) |
| Jäätymispiste | -15.0 °C |
| Virtaus per porakaivo | 2.000 l/s |

PERUSKUORMA

| | |
|---------------------------|------------|
| Vuotuinen LKV kuorma | 122.00 MWh |
| Vuotuinen lämpökuorma | 457.00 MWh |
| Vuotuinen jäähdytyskuorma | 0.00 MWh |

| | |
|-----------------------|------|
| LKV:n COP | 3.00 |
| vuosi COP (lämmitys) | 3.00 |
| vuosi COP (jäähdytys) | 3.00 |

Kuukausittainen energiaprofiili [MWh]

| Kuukausi | Lämpö | | Kylmä | | Maaperä |
|----------|-------|--------|-------|-------|---------|
| TAM | 0.155 | 81.00 | 0.000 | 0.00 | 54.001 |
| HEL | 0.148 | 77.80 | 0.000 | 0.00 | 51.868 |
| MAA | 0.125 | 67.29 | 0.000 | 0.00 | 44.861 |
| HUH | 0.099 | 55.41 | 0.000 | 0.00 | 36.940 |
| TOU | 0.064 | 39.41 | 0.000 | 0.00 | 26.276 |
| KES | 0.000 | 10.17 | 0.000 | 0.00 | 6.778 |
| HEI | 0.000 | 10.17 | 0.000 | 0.00 | 6.778 |
| ELO | 0.000 | 10.17 | 0.000 | 0.00 | 6.778 |
| SYY | 0.061 | 38.04 | 0.000 | 0.00 | 25.362 |
| LOK | 0.087 | 49.93 | 0.000 | 0.00 | 33.284 |
| MAR | 0.117 | 63.64 | 0.000 | 0.00 | 42.424 |
| JOU | 0.144 | 75.97 | 0.000 | 0.00 | 50.650 |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | |
| Summa | 1.000 | 579.00 | 0.000 | 0.00 | 386.000 |

Projektin muistiinpanot
Asunto-osakeyhtiö Saukonselkä
MITOITUS 1

Yhteenveto

Hinta

| | |
|-------------------------|-----------|
| Porareikien lukumäärä | 13 |
| Porakaivon syvyys | 216.63 m |
| Porakaivon yhteispituus | 2816.21 m |

SUUNNITTELU TIEDOT

=====

MAA

| | |
|----------------------------|------------------------------|
| Maaperän lämmönjohtavuus | 3.500 W/(m·K) |
| Maaperän lämpökapasiteetti | 2.400 MJ/(m ³ ·K) |
| Maanpinnan lämpötila | 5.00 °C |
| Maaperän lämpövuoto | 0.0400 W/m ² |

Porausreikä

| | |
|------------------------------------|----------------|
| Kokoonpano | |
| Porakaivon syvyys | 216.63 m |
| Porakaivojen väli | 25.00 m |
| Porakaivon asennus | Normi-U |
| Porakaivon halkaisija | 139.70 mm |
| U-putken halkaisija | 63.000 mm |
| U-putken paksuus | 5.800 mm |
| U-putken lämmönjohtokyky | 0.420 W/(m·K) |
| U-putken käyrän halkaisija | 76.000 mm |
| Kaivonesteen lämmönjohtavuus | 0.600 W/(m·K) |
| Kontak.Lämpövast. putki/kaivoneste | 0.0000 (m·K)/W |

LÄMPÖVASTUKSET

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

LÄMMÖNSIIRTONESTE

| | |
|--------------------------|---------------------------|
| Lämmönjohtokyky | 0.4400 W/(m·K) |
| Ominaislämpökapasiteetti | 4250.000 J/(Kg·K) |
| Tiheys | 960.000 Kg/m ³ |
| Viskositeetti | 0.007600 Kg/(m·s) |
| Jäätymispiste | -15.0 °C |
| Virtaus per porakaivo | 2.000 l/s |

PERUSKUORMA

| | |
|---------------------------|------------|
| Vuotuinen LKV kuorma | 120.00 MWh |
| Vuotuinen lämpökuorma | 497.00 MWh |
| Vuotuinen jäähdytyskuorma | 0.00 MWh |

| | |
|-----------------------|------|
| LKV:n COP | 3.00 |
| vuosi COP (lämmitys) | 3.00 |
| vuosi COP (jäähdytys) | 3.00 |

Kuukausittainen energiaprofiili [MWh]

| Kuukausi | Lämpö | Kylmä | Maaperä |
|----------|--------------|------------|---------|
| TAM | 0.155 87.04 | 0.000 0.00 | 58.023 |
| HEL | 0.148 83.56 | 0.000 0.00 | 55.704 |
| MAA | 0.125 72.13 | 0.000 0.00 | 48.083 |
| HUH | 0.099 59.20 | 0.000 0.00 | 39.469 |
| TOU | 0.064 41.81 | 0.000 0.00 | 27.872 |
| KES | 0.000 10.00 | 0.000 0.00 | 6.667 |
| HEI | 0.000 10.00 | 0.000 0.00 | 6.667 |
| ELO | 0.000 10.00 | 0.000 0.00 | 6.667 |
| SYY | 0.061 40.32 | 0.000 0.00 | 26.878 |
| LOK | 0.087 53.24 | 0.000 0.00 | 35.493 |
| MAR | 0.117 68.15 | 0.000 0.00 | 45.433 |
| JOU | 0.144 81.57 | 0.000 0.00 | 54.379 |
| ----- | ----- | ----- | ----- |
| Summa | 1.000 617.00 | 0.000 0.00 | 411.333 |

SAUKONRINNE

VERSIO I

(Käyttöveden kulutus laskettu kesäkuukausien lämmitysenergian tarpeen mukaan)

| 2008 | MWh | Lämtarveluku 2008 | Normaalivuosi 1971-2000 |
|---------------|--------------|-------------------|-------------------------|
| Tamm | 77,32 | 576 | 734 |
| Helmi | 73,09 | 528 | 681 |
| Maalis | 79,35 | 588 | 614 |
| Huhti | 49,95 | 349 | 411 |
| Touko | 31,01 | 164 | 186 |
| Kesä | 18,88 | 26 | 29 |
| Heinä | 14,39 | 18 | 6 |
| Elo | 18,74 | 47 | 39 |
| Syys | 37,4 | 239 | 211 |
| Loka | 46,31 | 327 | 382 |
| Marras | 61,13 | 482 | 537 |
| Joulu | 71,55 | 505 | 672 |
| 579,12 | | 3849 | 4502 |

*OLETUS, ETTÄ KESÄSULKUA ON KÄYTETTY

Läm.käyt.vesi **17,34** MWh/kk (Kesä-elo)**10 m3/vrk**166 hlöä 60 litraa/vrk kulutus
75 hlöä 133 litraa/vrk ???Lämm. 2008 **371,08** MWh
Lämm. Kv.2008 **208,04** MWhNormaalivuoden energiankulutus **642,08** MWh
läm 434,04 MWh
lämm. Kv 208,04 MWhEnergiamaksu **58,04** €/MWh

Kustannus kaukolämmöllä (energ.maksu 58,04 €/MWh)

37 266 €

Perusmaksu 401 €/kk (tilausvesivirta 3,6 m3/h)

4 812 €

YHT

42 078 € (alv 0%)

| KUSTANNUKSET | 2012 | |
|-------------------|-------|-------|
| Kaukolämpö | | |
| Energiamaksu | 58,04 | €/MWh |
| Perusmaksu | 401 | €/kk |
| Sähkö | | |
| Sähkön hinta | 128,7 | €/MWh |

Versio II

(käyttöveden kulutus laskettu asukkaiden määrän mukaan)

| 2008 | MWh | Lämtarveluku 2008 | Normaalivuosi 1971-2000 |
|---------------|--------------|-------------------|-------------------------|
| Tamm | 77,1 | 575 | 734 |
| Helmi | 73,09 | 527 | 681 |
| Maalis | 79,35 | 587 | 614 |
| Huhti | 49,95 | 348 | 411 |
| Touko | 30,68 | 164 | 186 |
| Kesä | 19,21 | 26 | 29 |
| Heinä | 14,39 | 18 | 6 |
| Elo | 18,74 | 47 | 39 |
| Syys | 37,4 | 244 | 211 |
| Loka | 46,31 | 328 | 382 |
| Marras | 61,13 | 481 | 537 |
| Joulu | 71,58 | 544 | 672 |
| 578,93 | | 3889 | 4502 |

Läm.käyt.vesi **7,94** MWh/kk (75 hlöä 60 litraa/vrk)Lämm. 2008 **483,67** MWh
Lämm. Kv.2008 **95,27** MWhNormaalivuoden energiankulutus **660,99** MWh
(läm + lämm. Kv)Lämmitys **565,72** MWh
Lämm. Kv **95,27** MWhLämpimän veden kulutus henkilöä kohti,
 $V_{kv,omin,henk}$ dm³/henk vuorokaudessa
Asuinrakennus 60 dm³/vrk
D5, s2775hlöä*0,06m³/hlö*365vrk / 12kk*58 / 100058 on veden lämmittämiseen (lämpötilan muutos 50 °C) tarvittava energiamäärä vesikuutiota kohden, kWh/m³

Kustannus kaukolämmöllä (energ.maksu 58,04 €/MWh)

38364 €

Perusmaksu 680 €/kk (tilausvesivirta 7,2 m3/h)

4 812 €

YHT

43 176 €Sähkön hinta **128,70** €/MWh

| | Maalämpö | Kaukolämpö |
|-------------------------|------------------|-----------------|
| Hankintahinta | | |
| Laitteistot ja poraus | 232 337 € | 32 000 € |
| Asennus | | |
| sähköliittymä | | |
| Rak.tek työt ja maarak. | | |
| | 232 337 € | 32 000 € |

EROTUS ML-KL **200 337** €

| | Maalämpö | Kaukolämpö |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| Käyttökustannukset | | |
| Huollot (vuodessa) | 500 € | |
| Sähkön perusmaksu (korotus) | 1 000 € | |
| Käyttökustannus (95% ML 5% S) | 27 884 € | 39 107 € |
| | 29 384 € | 39 107 € |

(Normaalivuotena)

EROTUS käyt.kust. ML-KL **9 723** €

L 19 048 € Lämpökertoimena käytetty 3,0

LKV 8 836 €

YHT 27 884 €

| SÄÄSTÖT | % | | |
|------------------------|----|------|----------|
| Lämmitys | 7 | 0,07 | 0,93 |
| käyttövesi | 10 | 0,1 | 0,9 |
| LÄMPÖKERROIN | | | 3 |
| KÄYTTÖKUSTANNUS | % | | |
| Maalämpö | 95 | 0,95 | |
| Sähkö | 5 | 0,05 | |

Takaisinmaksuaika **20,6** Vuotta Laitteiston tek. käyttöikä on noin 22-25 vuotta

Herkkyystarkastelu

| COP | 2,5 | 3 | 3,5 |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Takaisinmaksuaika (vuotta) | 40,8 | 20,6 | 15,2 |

SAUKONSELKÄ

VERSIO I

(Käyttöveden kulutus laskettu kesäkuukausien lämmitysenergian tarpeen mukaan)

| 2008 | MWh | Lämtarveluku 2008 | Normaalivuosi 1971-2000 |
|---------------|--------------|-------------------|-------------------------|
| Tamm | 80,79 | 576 | 734 |
| Helmi | 74,87 | 528 | 681 |
| Maalis | 82,97 | 588 | 614 |
| Huhti | 52,38 | 349 | 411 |
| Touko | 33,25 | 164 | 186 |
| Kesä | 19,79 | 26 | 29 |
| Heinä | 14,66 | 18 | 6 |
| Elo | 20,11 | 47 | 39 |
| Syys | 40,15 | 239 | 211 |
| Loka | 50,15 | 327 | 382 |
| Marras | 65,89 | 482 | 537 |
| Joulu | 81,87 | 505 | 672 |
| 616,88 | | 3849 | 4502 |

*OLETUS, ETTÄ KESÄSULKUA ON KÄYTETTY

Läm.käyt.vesi **18,19** MWh/kk (Kesä-elo)**10 m3/vrk****174** hlöä 60 litraa/vrk kulutus
90 hlöä 116 litraa/vrk ???Lämm. 2008 **398,64** MWh
Lämm. Kv.2008 **218,24** MWhNormaalivuoden energiankulutus **684,51** MWh
läm 466,27 MWh
lämm. Kv 218,24 MWhEnergiamaksu **58,04** €/MWh

Kustannus kaukolämmöllä (energ.maksu 59,53 €/MWh)

39 729 €

Perusmaksu 367 €/kk (tilausvesivirta 3,2 m3/h)

4 404 €

YHT

44 133 € (alv 0%)

| KUSTANNUKSET | 2012 | |
|-------------------|-------|-------|
| Kaukolämpö | | |
| Energiamaksu | 58,04 | €/MWh |
| Perusmaksu | 367 | €/kk |
| Sähkö | | |
| Sähkön hinta | 128,7 | €/MWh |

Versio II

(käyttöveden kulutus laskettu asukkaiden määrän mukaan)

| 2008 | MWh | Lämtarveluku 2008 | Normaalivuosi 1971-2000 |
|---------------|--------------|-------------------|-------------------------|
| Tamm | 80,79 | 576 | 734 |
| Helmi | 74,87 | 528 | 681 |
| Maalis | 82,97 | 588 | 614 |
| Huhti | 52,38 | 349 | 411 |
| Touko | 33,25 | 164 | 186 |
| Kesä | 19,79 | 26 | 29 |
| Heinä | 14,66 | 18 | 6 |
| Elo | 20,11 | 47 | 39 |
| Syys | 40,15 | 239 | 211 |
| Loka | 50,15 | 327 | 382 |
| Marras | 65,89 | 482 | 537 |
| Joulu | 81,87 | 505 | 672 |
| 616,88 | | 3849 | 4502 |

Läm.käyt.vesi **9,53** MWh/kk (90 hlöä 60 litraa/vrk)Lämm. 2008 **502,56** MWh
Lämm. Kv.2008 **114,32** MWhNormaalivuoden energiankulutus **702,14** MWh
(läm + lämm. Kv)Lämmitys **587,82** MWh
Lämm. Kv **114,32** MWhLämpimän veden kulutus henkilöä kohti,
 $V_{kv, omin, henk} \text{ dm}^3/\text{henk vuorokaudessa}$
Asuinrakennus 60 dm³/vrk
D5, s2790hlöä*0,06m³/hlö*365vrk / 12kk*58 / 100058 on veden lämmittämiseen (lämpötilan muutos
50 °C) tarvittava energiamäärä vesikuutiota
kohden, kWh/m³

Kustannus kaukolämmöllä (energ.maksu 58,04 €/MWh)

40752 €

Perusmaksu 680 €/kk (tilausvesivirta 7,2 m3/h)

4 404 €

YHT

45 156 €Sähkön hinta **128,70** €/MWh

| | Maalämpö | Kaukolämpö |
|-------------------------|-----------|------------|
| Hankintahinta | | |
| Laitteistot ja poraus | 177 956 € | 25 000 € |
| Asennus | | |
| sähköliittymä | | |
| Rak.tek työt ja maarak. | 177 956 € | 25 000 € |

EROTUS ML-KL **152 956** €

| | Maalämpö | Kaukolämpö |
|-------------------------------|----------|------------|
| Käyttökustannukset | | |
| Huollot (vuodessa) | 500 € | |
| Sähkön perusmaksu (korotus) | 1 000 € | |
| Käyttökustannus (95% ML 5% S) | 29 732 € | 40 972 € |
| | 31 232 € | 40 972 € |

EROTUS käyt.kust. ML-KL **9 740** €

L 20 463 € (Lämpökertoimena käytetty 3,0)

LKV 9 269 €

YHT 29 732 €

| SÄÄSTÖT | % | | |
|------------------------|----|------|------|
| Lämmitys | 7 | 0,07 | 0,93 |
| käyttövesi | 10 | 0,1 | 0,9 |
| LÄMPÖKERROIN | | | 3 |
| KÄYTTÖKUSTANNUS | % | | |
| Maalämpö | 95 | 0,95 | |
| Sähkö | 5 | 0,05 | |

(Normaalivuotena)

Takaisinmaksuaika **15,7** Vuotta Laitteiston tek. käyttöikä on noin 22-25 vuotta

Herkkyystarkastelu

| COP | 2,5 | 3 | 3,5 |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Takaisinmaksuaika (vuotta) | 33,2 | 15,7 | 11,4 |