



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Juha Rajamäki

KAUKO- JA MAALÄMPÖ
LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN
ELINKAARIKUSTANNUSVERTAILU
VAASASSA

Tekniikan yksikkö
2015

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Juha Rajamäki
Opinnäytetyön nimi	Kauko- ja maalämpö lämmitysjärjestelmien elinkaarikustannusvertailu Vaasassa
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	45 + 1 liitettä
Ohjaaja	Marja Naaranoja

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Peab Oy. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia kaukolämmön ja maalämmön investointi- ja elinkaarikustannuseroja ja rakentamiseen vaikuttavia tekijöitä. Teoriaosassa selvitetään kauko- ja maalämmön toimintatapa ja elinkaarikustannuslaskenta kaavoja.

Opinnäytetyössä käytettiin esimerkkikohteena As Oy Kustaanporttia, joka sijaitsee Suvilahdessa, Vaasassa. Kohteen rakennuttaja on Lakea Oy. Kohteessa on käytössä maalämpö lämmitysjärjestelmä ja kohteesta saatavilla kulutustiedoilla on laskettu riittävä kaukolämpöliittymä. Kohde on kerrostalo, jossa on 51 asuntoa.

Tutkimusosassa on laskettu elinkaarikustannukset kaukolämmölle ja maalämmölle. Vertailu osoitti, että kaukolämpöjärjestelmä on elinkaaritaloudellisempi vaihtoehto kuin maalämpöjärjestelmä Vaasan kerrostalolle nykyisellä hintatasolla.

ABSTRACT

Author	Juha Rajamäki
Title	Life Cycle Cost Comparison of District Heating and Geothermal Heating Systems in Vaasa
Year	2015
Language	Finnish
Pages	45 + 1 Appendices
Name of Supervisor	Marja Naaranoja

This thesis was made to Peab Oy. The aim of this study was to explore the district heating and geothermal investment and life-cycle factors for the differences in cost and factors affecting the construction. The theory part explains the remote and geothermal mode of operation and life-cycle costing formulas.

This thesis was used as an example of the subject, As Oy Kustaanportti, which is located in Suvilahti, Property developer is Lakea Oy. There is a geothermal heating system in use there and a sufficient district heating connection was calculated using data available about the consumption. The building is the block of flats with 51 apartments.

The research contains life-cycle cost calculations for district heating and geothermal heating. The comparison showed that the district heating system is more life-cycle-economic than geothermal heating system for a block of flats in Vaasa according to the current prices.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
1.1	Taustat.....	9
1.2	Tavoitteet	9
1.3	Tutkimussuoritus.....	9
2	LÄMMÖNTUOTANTO	11
2.1	Kaukolämpö.....	11
2.1.1	Kaukolämpölaitteet	12
2.1.2	Kaukolämpöön liittymisehdot.....	15
2.2	Maalämpö	15
2.2.1	Maalämpöpumpunlaitteet.....	16
2.2.2	Maalämpöpumpun toimintaperusteet.....	16
2.2.3	Keruupiirit	17
2.2.4	Maalämpöpumpun hyötysuhde	19
3	KUSTANNUKSET	20
3.1	Investointikustannukset.....	20
3.1.1	Kaukolämpölaitteet	20
3.1.2	Liittymät ja käyttömaksu.....	20
3.1.3	Maalämpölaitteet.....	22
3.1.4	Lämpökaivo.....	23
3.1.5	Sähkö.....	24
3.2	Laitteiden elinkaari	24
3.2.1	Laitteiden käyttöikä ja uusiminen	24
3.2.2	Laitteiden huolto	25
3.3	Laskentamenetelmät	25
3.3.1	Elinkaarikustannuslaskenta.....	25
3.3.2	Kaukolämmön energialaskenta	27
3.3.3	Maalämmön energialaskenta.....	27

3.3.4	Reaalikorko	28
4	VERTAILU	29
4.1	As Oy Kustaanportti	29
4.1.1	Lämmitysjärjestelmien investointikustannukset	30
4.1.2	Energian kulutus.....	31
4.1.3	Energian hinnat	32
4.1.4	Huoltokustannukset.....	33
4.1.5	Elinkaarikustannuslaskenta	34
5	TULOKSET	35
5.1	Elinkaarikustannukset 25 vuoden ajalta.....	35
5.2	Elinkaarikustannukset 50 vuoden ajalta.....	37
5.3	Lämmitysjärjestelmien vaikutus rakentamiseen	39
5.4	Tulosten analysointi	40
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	42
	LÄHTEET.....	43
	LIITTEET	

KUVALUETTELO

Kuva 1.	Kaukolämmöntuotanto, Vaasa	s. 10
Kuva 2.	Lämmönjakohuoneen malliesimerkki	s. 11
Kuva 3.	Lämmönjakokeskuksen toimintakaavio	s. 12
Kuva 4.	Maalämpöpumpun toimintaperusteet	s. 15
Kuva 5.	Keruutapojen havainnekuva	s. 16
Kuva 6.	Maalämpöpumppu	s. 21
Kuva 7.	As Oy Vaasan Kustaanportti	s. 28
Kuva 8.	Investointi- ja käyttökustannukset 25 vuoden ajalta	s. 35
Kuva 9.	Investointi- ja käyttökustannukset 50 vuoden ajalta	s. 37

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1.	Porakaivojen minimietäisyydet	s. 18
Taulukko 2.	Vaasan Sähkön kaukolämpöliittymä	s. 21
Taulukko 3.	Kaukolämmönhintaa 1.1.2015 alkaen	s. 21
Taulukko 4.	Kustaanportin maalämpöurakkaan kuuluvat laitteet ja työt	s. 30
Taulukko 5.	Maalämpöpumpun vuosihyötykertoimia	s. 31
Taulukko 6.	Vaasan Sähkö, energiakustannukset	s. 33
Taulukko 7.	Maalämmön elinkaarikustannukset 25 vuoden ajalta	s. 35

- Taulukko 8.** Kaukolämmön elinkaarikustannukset 25 vuoden ajalta. s. 36
- Taulukko 9.** Lämmitystapojen elinkaarikustannukset 25 vuoden ajalta s. 36
- Taulukko 10.** Maalämmön elinkaarikustannukset 50 vuoden ajalta s. 37
- Taulukko 11.** Kaukolämmön elinkaarikustannukset 50 vuoden ajalta, kun ei ole tehty uutta investointia s. 38
- Taulukko 12.** Lämmitystapojen elinkaarikustannukset 50 vuoden ajalta, kun ei ole tehty uutta investointia 25 vuoden käytön jälkeen s. 38

1 JOHDANTO

1.1 Taustat

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Peab Oy. Opinnäytetyö kohdistuu maa- ja kaukolämpöön, jotka molemmat ovat suosittuja lämmitysjärjestelmiä Suomessa. Maalämpö on tullut viimeisen kymmenen vuoden aikana kilpailemaan lämmitysmarkkinoille kaukolämmön, öljy- ja sähkölämmityksen kanssa. Opinnäytetyössä tutkitaan hanketta, jonka lämmitysjärjestelmänä on maalämpöjärjestelmä. Tutkittava kohde on kahdeksan kerroksinen pistekerrostalo. Peab Oy on toiminut pääurakoitsijana Vaasan Suvilahteen rakennetussa hankkeessa. Samalle alueelle on rakennettu lähi vuosina neljä lähes identtistä kohdetta. Näiden kohteiden tilaajana on toiminut rakennuttaja ja isännöinti yritys Lakea Oy.

1.2 Tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kauko- ja maalämmöllä lämmitettävien identtisten kerrostalojen investointi- ja elinkaarikustannuseroja. Aiheesta tekee mielenkiintoisen se, että investointikustannuksissa on suuria eroja ja kustannukset nousevat suuriksi verrattuna omakotitalo rakentamiseen. Investointikustannusten jälkeen kustannukset eivät lopu, koska lämmitysenergia maksaa oli se sitten sähköenergiaa, jota tarvitaan maalämpöpumpuissa tai kaukolämpöenergiaa. Kustannuksia kertyy myös lämmityslaitteiden huollosta. Tutkimus suoritetaan Vaasassa kaukolämpöverkon alueella.

1.3 Tutkimussuoritus

Tutkimus tehdään pyytämällä Peab:lta ja Lakealta tarvittavat maalämpöurakkasopimukset ja asiakirjat liittyen maalämpöpumppujen investointeihin ja elinkaarikustannuksiin. Kohteissa käydään tutustumassa lämmönjakohuoneeseen ja luke-

massa sähkömittarin lukema. Kohteesta tehdään laskelmat investointihinnoista ja lämmityksen käyttöhinnoista sekä maalämmölle että kaukolämmölle.

Tutkimusosassa kartoitetaan haastattelun avulla pääurakoitsijan vastaavan mestarin mielipiteitä kauko- ja maalämpölämmitysjärjestelmillä rakentamisesta. Haastattelukysymyksillä selvitetään, mitä eroavaisuuksia syntyy urakoitsijalle rakentamistapoihin, aikatauluihin ja vaikuttaako lämmitysjärjestelmän valinta rakentamisaikaisiin kustannuksiin

2 LÄMMÖNTUOTANTO

Tässä luvussa käsitellään kauko- ja maalämmön tuotantotavat ja niiden tekniset ratkaisut

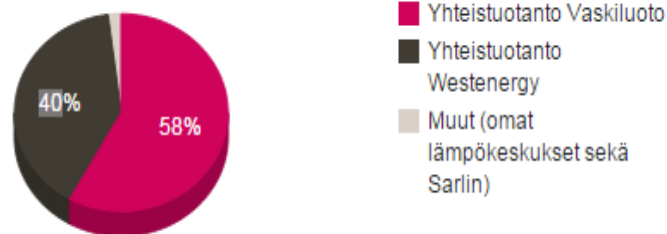
2.1 Kaukolämpö

Kaukolämmön tuottaminen tapahtuu yleensä sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa, joissa sähköntuotannon sivutuotteena syntyy lämpöä. Kaukolämpöä tuotetaan myös teollisuuslaitoksista syntyvästä hukkalämmöstä. Sähkön ja lämmön tuotannon raaka-aineina käytetään biopolttoaineita tai fossiilisia polttoaineita, kuten maakaasu, öljy tai kivihiili. Biopolttoaineita valmistetaan puusta, peltokasveista ja biokaasusta, jota tuotetaan elintarviketeollisuuden ja maatalouden sivutuotteista. Biopolttoaineista ei vapaudu ilmakehään niin paljon hiilidioksidipäästöjä kuin fossiilisista polttoaineista, minkä takia niiden käyttöä pyritään lisäämään. Myös turvetta käytetään polttoaineena /1,6/.

Kaukolämpöä siirretään kiinteistöihin kuumana vetenä lämmöneristetyssä kaksiputkisessa kaukolämpöverkossa (meno- ja paluujohto). Kaukolämmönkuljetuksessa tapahtuvaa lämpöhäviötä on keskimäärin vajaa 10 %. /9,144/. Lämmin kaukolämpövesi menee kiinteistössä olevaan lämpökeskukseen, jossa kaukolämpövesi luovuttaa lämpöä kiinteistön lämmitysverkkoon. Kiinteistön lämmitysverkossa ei kierrä kaukolämpövesi. Jäähdyntynyt kaukolämpövesi johdetaan takaisin tuotantolaitokselle uudelleen lämmitettäväksi. /3; 4,27/.

Vaskiluodon Voima Oy:n ja Westenergy Oy:n omistamilla voimalaitoksilla tuotetaan 98 % Vaasan kaukolämmöstä. Polttoaineena Vaskiluodon Voiman voimalaitos käyttää hiiltä ja biomassaa sekä vähän turvetta. Mustasaassa Stormossenin jätteenkäsittelykeskuksen läheisyydessä toimii Westenergyn jätteenpolttolaitos, joka käyttää polttoaineena syntypaikkalajiteltua polttokelpoista jätettä. Molemmat voimalaitokset tuottavat sähköä ja lämpöä yhteistuotantona. Kuvassa 1. on esitetty lämmöntuotannon jakaantuminen Vaasassa /2/.

Kaukolämmön tuotanto vuonna 2013



Kuva 1. Kaukolämmöntuotanto, Vaasa. /24/

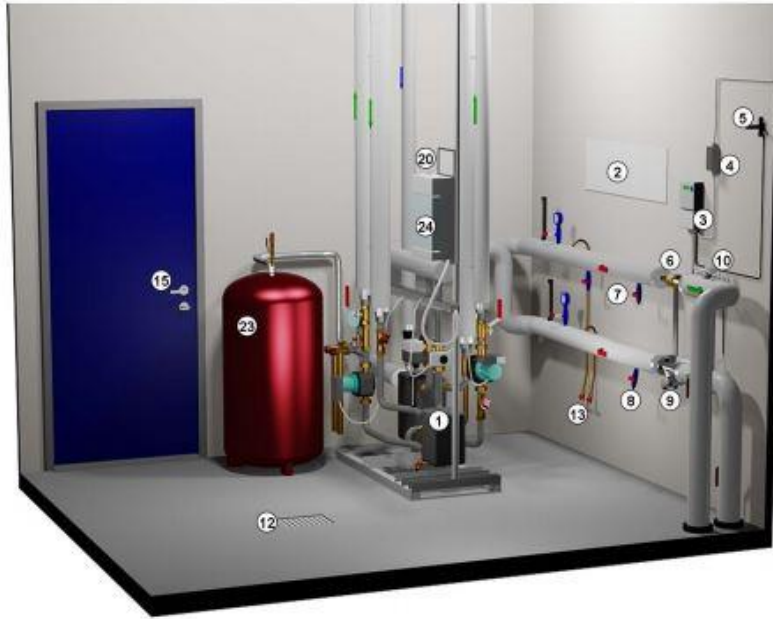
2.1.1 Kaukolämpölaitteet

Kiinteistöihin rakennetaan erillinen lämmönjakuhuone, jonne asennetaan kaukolämpöä varten lämmönjakokeskus. Kaukolämpölaitteet liitetään mittauskeskukseen lianerottimen jälkeen sulkuventtiileillä. Mittauskeskukseen kuuluvat laitteet ja varusteet ovat kaukolämpöenergian mittauslaitteet, sulkuventtiilit, lianerottimet, tyhjennysventtiilit, kannattimet, mahdollinen virtauksen rajoitin /5; 22/.

Mittauskeskus tulee mitoittaa 120 °C lämpötilaan ja 16 baarin paineeseen. Mittauskeskuksen rakentamisessa tulee ottaa huomioon, että mittauskeskukseen ei saa kohdistua ylimääräistä rasitusta esimerkiksi vääntöä, vetoa ja tärinää. Mittauskeskuksen eteen jätetään tilaa vähintään 800mm huoltoa varten. Huoltotilan korkeus tulee olla vähintään 2000mm. Mittauskeskuksen hoitovastuu kuuluu lämmönmyyjälle. /5; 22/.

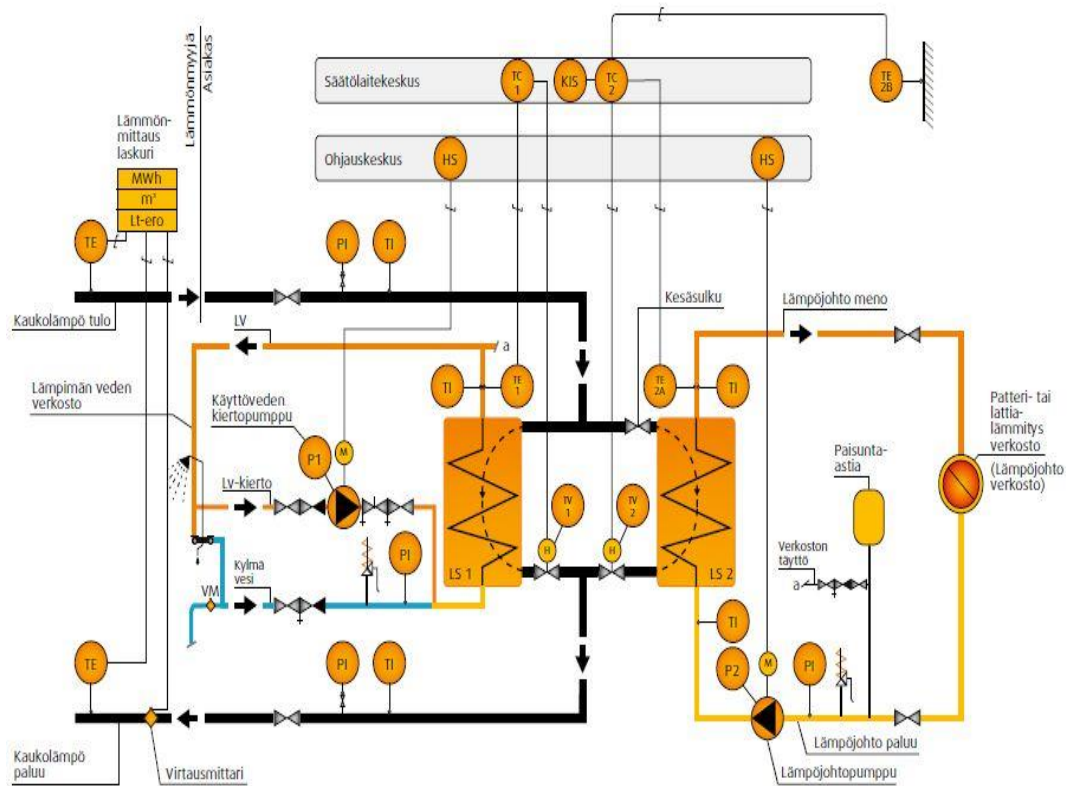
Kuvissa olevat laitteet numeroituna

1	Lämmönjakokeskus	6	Kaukolämpöveden virtausmittari	12	Lattiakaivo
2	Kytentäkaavio	7	Tyhjennysventtiilit	13	Ilmanpoistot
3	Lämpömäärämittari	8	Tyhjennysventtiili	20	Laitetietokilpi
4	Siluminirasia/ Huoltokytin	9	Lianerotin	23	Paisunta-astia
5	Antenni	10	Lämpötila-anturi	24	Säätökeskus



Kuva 2. Lämmönjakuhuoneen malliesimerkki.

Lämmönjakokeskukset valmistetaan yleensä tehtaalla yhtenä kokonaisuutena. Lämmönjakokeskuksen osat ovat ensiö- ja toisiopuolen lämmönsiirtimet, venttiilit, kiertovesipumput, paisunta- ja varolaitteet, putkistot, säätöventtiilit, lämpö- ja painemittarit. Ensiöpuolella kiertää kaukolämpöverkoston vesi ja toisiopuolella kiertää kiinteistön käyttövesiverkko ja patteriverkosto. Toisiopuolen lämmönsiirtimessä käytetään yleensä tehokkaita levylämmönsiirtimiä. Lämmönjakokeskukseen voidaan liittää myös erillinen lämminvesivaraaja. /6; 9,149/. Kuvassa 2. on esitelty lämmönjakokeskuksen kytentäkaavio.



Kuva 3. Lämmönjakokeskuksen toimintakaavio. Kuvassa TI = lämpömittari, PI = painemittari, TE = lämpötilan mittaussensori, LS1 = Käyttöveden lämmönsiirrin ja LS2 = Lämmityksen lämmönsiirrin. /25/

Kaukolämpöverkossa kiertävän veden lämpötila vaihtelee sään mukaan 65–115 °C välillä. Kesällä lämpötila on alimmillaan, koska kiinteistöissä ei tarvita muuta lämmitystä kuin käyttöveden lämmitys. Kiinteistöistä tuotantolaitoksiin palaava jäähtynyt vesi vaihtelee 25–50 °C välillä. /9,144/. Kaukolämpöasiakkaan on huolehdittava, että jokaisen laskutuskuukauden aikana kaukolämpövesi jäähtyy vähintään 15 °C. Kaukolämpöveden paine-ero on normaalisti vähintään 60 kPa. Käyttövesi tulee lämmittää Suomen rakentamismääräysten mukaan uusissa asunnoissa vähintään 55 °C. Liian alhainen veden lämpötila voi synnyttää veteen Legionella-bakteereja, jotka voivat aiheuttaa vakavan keuhkokuumeen. /10/

2.1.2 Kaukolämpöön liittämisehdot

Kaukolämpöliittymästä tehdään kirjallinen sopimus, joka on yleensä toistaiseksi voimassaoleva. Asiakkaan tulee ilmoittaa lämmönmyyjälle tiedot, jotka vaikuttavat kaukolämpöverkon liittämiseen ja vastaavasti lämmönmyyjä kertoo asiakkaalle edellytyksistä, jotka täytyy olla voimassa, ennen kuin lämmönjakokeskus voidaan liittää kaukolämpöverkkoon. Kaukolämpö voidaan kytkeä heti päälle, kun lämpösopimus on tehty ja kaukolämpö- ja lämmityslaitteet täyttävät tekniset vaatimukset. /22/

Lämpösopimukseen kirjataan asiakkaan suurin tarvitsema tilausvesivirta, joka tarkoittaa suurinta käytettävissä olevaa kaukolämpövedenvirtausta. Tilausvesivirta määritetään erikseen jokaiselle kiinteistölle yhdessä suunnittelijoiden ja rakennusten tietojen kanssa. Tarkoituksena on löytää rakennuksen tarvitsema huipputeho ja huipputehon hetkellä toteutuva kaukolämpöveden jäähdytys. /22/

Lämmönmyyjän tehtävänä on asentaa asiakkaan tiloihin kaukolämmön seuraamista varten mittauskeskus ja liittymisjohto suunniteltua reittiä pitkin mittauskeskuk-
selle saakka. Asiakas on veloitettu antamaan tilat ilman erillistä korvausta lämmönmyyjän käyttöön. /22/

2.2 Maalämpö

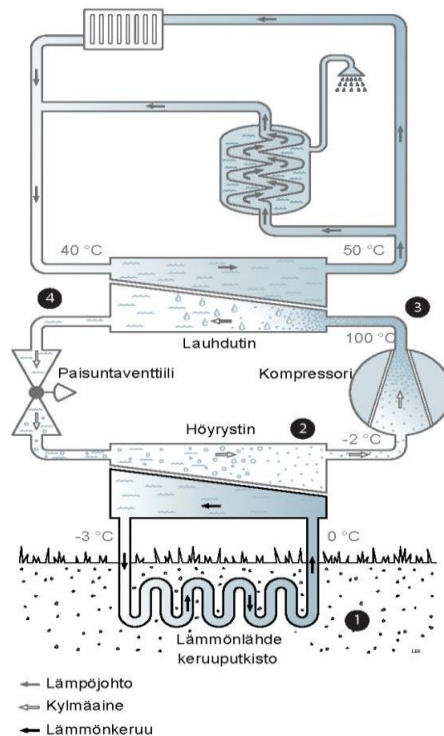
Maalämpöä kerätään pumpuilla maaperään, kallioperään tai vesistöön kerääntyneellä aurinkoenergialla. Maalämpöä saadaan kerättyä tasaisesti ympäri vuoden. Vain noin 3 % auringon vuosittain maahan varastoimasta energiasta riittää kattamaan maalämpöpumppujen lämmöntarpeen /7/. Maasta saadaan myös geotermistä energiaa, joka on peräisin maan sisällä tapahtuvasta radioaktiivisen hajoamisen aiheutuvasta lämmöstä. Geotermistä energiaa saadaan kuumista lähteistä suoraan tai porakaivo menetelmällä maaperästä. Islannin tuliperäisyyden takia siellä hyödynnetään paljon geometristä energiaa. /11/.

2.2.1 Maalämpöpumpunlaitteet

Maalämpöpumppuun kuuluvat osat ovat höyrystin, kompressori, lauhdutin, paisuntaventtiili, sekä liuospiiri, jossa jäätymätön kylmäaine kiertää ja kerää maahan asennetusta keruupiiristä lämpöenergiaa. Maalämpöpumput sijoitetaan kerrostalossa tekniseen tilaan. Maalämpöpumpun asentaminen tekniseen tilaan ei vaadi erityisiä paloteknillisiä vaatimuksia. Mahdollisten vesivuotojen varalta tekniseen tilaan suositellaan asennettavaksi koko lattiamatto ylösnostoilla ja lattiakaivo, että mahdollinen vuoto huomataan riittävän ajoissa. Lämpöpumppu ja erillinen lämminvesivaraaja tarvitsevat 3–4 m² tilaa /14/.

2.2.2 Maalämpöpumpun toimintaperusteet

Maalämpöpumpun toiminta perustuu keruuputkistossa kiertävään jäätymättömään teollisuusalkoholiin, joka lämpenee noin 2–3 °C astetta sen kiertomatkalla. Nesteen pakkasen kestävyys vähintään -15 °C. Nesteen lämmettyä se tulee höyrystimeen, jossa sen keräämällä lämpöenergialla kylmäaine höyrystyy. Samalla alkoholi menettää sen keräämään 2–3 °C asteen lämmön ja tästä se pumpataan uudelleen maaputkistoon lämpenemään. Kompressorin avulla höyrystimeen tehdään alipainetta. Tämän jälkeen lämmennyt höyry puristetaan korkeaan, yli 20 baarin paineeseen, jolloin se kuumenee ja tulistuu. Tulistunut höyry siirtyy lauhduttimeen, jossa se kohtaa kiinteistön oman käyttövesiverkon ja lämmönjakoverkon. Käyttövesi- ja lämmönjakoverkon vesi on viileämpää jolloin lämpö siirtyy veteen ja samalla höyrystynyt kylmäaine viilenee palaten takaisin nestemäiseen muotoon. Seuraavaksi nesteytynyt kylmäaine palaa paisuntaventtiilin kautta uuteen kiertoon. Lauhduttimesta lämmennyt vesi siirtyy lämmitysjärjestelmän kautta huoneisiin ja käyttöveteen. /8; 9/. Kuvassa 4 on esitetty maalämmön toimintatapa.



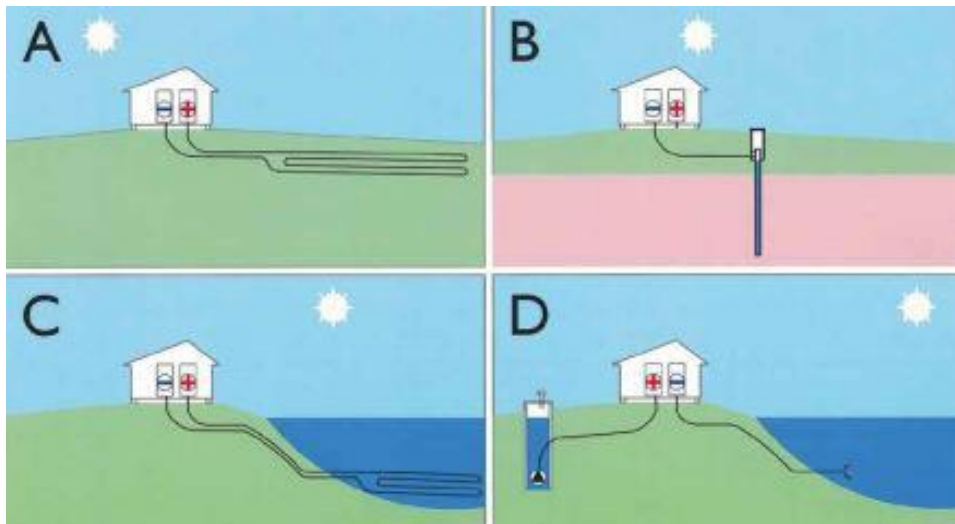
Kuva 4. Maalämpöpumpun toimintaperusteet. /26/

2.2.3 Keruupiirit

Maalämmön keruupiirit asennetaan maan pintaosiin, kallioon porattaviin pora-reikiin tai vesistöasennuksena, joiden periaatekuvat on esitetty Kuvassa 4. Maan pintaosaan asennettava vaakaputkisto on noin metrin syvyydessä jolloin pientaloissa keruupiirin pituus on lyhyimmilläänkin lähes 500 metriä. Keruuputkiston pituuteen vaikuttaa maaperän laatu, kuivasta maasta saadaan vähemmän energiaa kuin kosteasta maasta. Kerrostaloissa lämmitystehon tarve on huomattavasti suurempi jolloin tontin pinta-ala ei riitä tämän keruupiirin toimintaan, koska metri keruuputkistoa vaatii noin 1,5 m² alueen. /15/

Vesistöön asennettava keruuputkisto sopii merenrantaan, lampiin ja järviin. Putkien asentaminen vaatii luvan vesistönomistajalta ja aluehallintovirastolta. Vesistön syvyys täytyy olla vähintään kolme metriä, jolloin putkisto saadaan asennettua

riittävän syvälle välttämällä jäiden rikkomasta putkia. Putket asennetaan painoilla vesistön pohjaan ja rantaan laitetaan kyltti ilmoittamaan putkista. /14; 15/.



Kuva 5. Keruutapojen havainnekuva. A = maapiiri, B = porauskaivo, C = vesistöpiiri ja D = avoin keruupiiri. /27/

Porakaivon halkaisija on 100 mm–150 mm ja syvyys on 100–250 metriä. Porakaivoja voidaan tarvittaessa porata tontille useita riippuen siitä kuinka paljon rakennuksen laskennallinen lämmitysenergian kulutus on. Porakaivo tarvitsee vettä toimiakseen, useimmiten poraus ulottuu niin syvälle, että kaivo ylittää pohjavesipinnan, jolloin kaivo täyttyy automaattisesti vedellä. Toinen vaihtoehto on lisätä vettä kaivoon, mikä on yhtä hyvä ratkaisu kuin luonnollinenkin veden nouseminen porakaivoon. /16/. Energiakaivoille on määritelty minimietäisyydet eri kohteisiin., jotka on esitetty Taulukossa 1.

Rakennettavalle tontille voidaan suorittaa TRT-mittaus (Terminen vastetesti) jolla selvitetään maaperän lämmönjohtavuus. Testin avulla voidaan laskea kuinka monta lämpökaivoa tarvitaan, että saadaan optimaalinen energiamäärä. Eri puolella Suomea kallioperässä on suuria vaihteluja, joten testin avulla voidaan tehdä suuria kustannussäästöjä energiakaivojen yli- ja alimitoitusten välttämiseksi.

Taulukko 1. Porakaivojen minimietäisyydet /15/.

Kohde	Suosittelut minimietäisyys
Energiakaivon porareikä	15m
Lämpöputket	3m
Kallioporakaivo	40m
Rengaskaivo	20m
Rakennus	3m
Kiinteistön raja	7,5m
Viemärit ja vesijohdot	3-5m
Tunnelit ja luolat	25m

2.2.4 Maalämpöpumpun hyötysuhde

Maalämpöpumpun energiatehokkuutta kuvataan suorituskertoimen (COP, Coefficient Of Performance) avulla, joka kertoo laitteen hyötysuhteen, eli kuinka paljon lämpöpumppu tuottaa tehoa kuluttamaansa sähköenergiaan nähden. Esimerkiksi COP-arvo 4 tarkoittaa, että yhdellä kilowattitunnilla (kWh) sähköä saadaan tuotettua neljä kilowattituntia lämpöenergiaa. Tämä tarkoittaa, että lämpöpumppu tuottaa 3 kWh ”ilmaista” lämpöenergiaa. /9; 12/.

Hyötysuhteeseen vaikuttaa myös miten lämpimäksi asuntoja lämmitetään ja kuinka paljon lämmintä käyttövedtä käytetään. Mitä suurempi lämpimän käyttöveden määrä on kokonaislämmitysenergiaan nähden sitä huonompi on lämpöpumpun hyötysuhde. /12/. Standardin EN14511 ja B0W34, testattujen lämpöpumppujen COP-arvot liikkuvat 3–4,5 välillä. /13/.

3 KUSTANNUKSET

Tässä luvussa käsitellään kauko- ja maalämpöön liittyviä kustannuksia. Kustannuksia syntyy laitteiden investoinnista, käytöstä ja huollosta.

3.1 Investointikustannukset

Tässä luvussa eritellään mitä sisältyy maa- ja kaukolämpöjärjestelmien investointikustannuksiin. Investointikustannukset sisältävät lämmitysjärjestelmän, siihen kuuluvat muut työt ja asennukset.

3.1.1 Kaukolämpölaitteet

Kaukolämpölaitteet tilataan yleensä yhtenä valmiina kokonaisuutena. Lämmönjakokeskukseen kuuluvat luvussa 2.1.1 kerrotut osat ja varusteet. Useasti lämmönmyyjästä riippumatta liityttäessä kaukolämpöverkkoon lämmönmyyjä toimittaa kaukolämpölaitteet asennettuna kohteeseen. Urakoitsijan velvollisuutena on järjestää riittävä tila lämmönjakokeskukselle, joka sijoitetaan yleensä lämmönjakuhuoneeseen.

3.1.2 Liittymät ja käyttömaksu

Kaukolämmön hinnoittelu jakaantuu Suomessa yleensä liittymismaksuun, tehomaksuun ja energiamaksuun. Liittymismaksut eivät ole kiinteät vaan jokaisella lämmönmyyjällä on omat hinnoittelut, joihin täytyy tutustua yrityskohtaisesti. Liittymismaksuun voi vaikuttaa kiinteistön etäisyys lämpölaitoksesta ja kiinteistön koko.

Vaasan Sähkön kaukolämpöverkkoon liittymisen hankintakustannukset määräytyvät tilausvesivirran mukaan (Taulukko 2.), muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta:

- Omakoti- ja paritaloissa kiinteä liittymismaksu 3300€. (ei siis koske kerrostaloja)

- Kiinteistöt, jotka eivät ole kaukolämpöverkon välittömässä läheisyydessä. Liittymismaksuun voi tulla korotusta rakentamiskustannusten mukaan tai liittymä voi olla mahdoton toteuttaa. Laskelmat näistä ovat aina tapauskohtaisia. /32/
- Kiinteistöt, joissa on jo liittymä ja jota voidaan hyödyntää (esimerkiksi purettavan rakennuksen liittymä) Tällöin liittymismaksuna käytetään tarvittavan tilausvesivirran ja vanhan liittymän mukaisen tilausvesivirran nykyisen arvon erotusta sekä veloitetaan muutuskustannukset. Koska vanhoissa kiinteistöissä on korkea huipputeho ja korkealämpötilainen lämmönjako, niin vanha liittymä yleensä riittää sellaisenaan jos on käytetty valtaosin rakennusoikeus. Kun osa liittymistä on vanhoja ja liittymismaksut ovat nousseet vuosikymmenten aikana, tässä voi tulla isokin säästö, koska vanhan liittymismaksun suuruus on voinut olla joitain kymmeniä prosentteja nykyisestä listahintaisesta samankokoisesta liittymästä. /32/

Liittymismaksuun sisältyy mittauskeskus ja liittymäjohto mittauskeskukselle asti. Mittauskeskus asennetaan asiakkaan kanssa sovittuun paikkaan asiakkaan tiloihin. Taulukossa 2. on esitetty esimerkki Vaasan Sähkön kaukolämpöön liittymiskustannusten määrittämisestä. Vaasan Sähköllä on lisäksi liittymismaksuun, jos kiinteistön liittäminen kaukolämpöverkkoon maksaa yli 1,5 kertaa liittymismaksun verran. Vaasan Sähkö laskuttaa ylimenevän osan korotettuna liittymismaksun. Tilausvesivirran mukaan laskutettavissa kiinteistötyypeissä liittymismaksut pyöristetään tasasummiksi.

Taulukko 2. Vaasan Sähkön kaukolämpöliittymä /17/.

Vaasan Sähkön kaukolämpö liittymismaksutaulukko, alkaen 1.9.2014			
Kiinteistötyyppi tai tilausvesivirta(m ³ /h)	laskukaava	esimerkki tilausvirta m ³ /h	Hinta
Omakotitalot ja paritalot	kiinteä hinta	-	3 300 €
0,3-2,0 m ³ /h	1,27*(8800*tilausvesivirta+2 000) €	1 m ³ /h	13 716 €
2,2-10,0 m ³ /h	1,27*(4800*tilausvesivirta+10 000)€	5 m ³ /h	43 180 €
11-20 m ³ /h	1,27*(3480*tilausvesivirta+23 200)€	15 m ³ /h	95 758 €
yli 20 m ³ /h	1,27*(2610*tilausvesivirta+40 600)€	25 m ³ /h	134 429,50 €

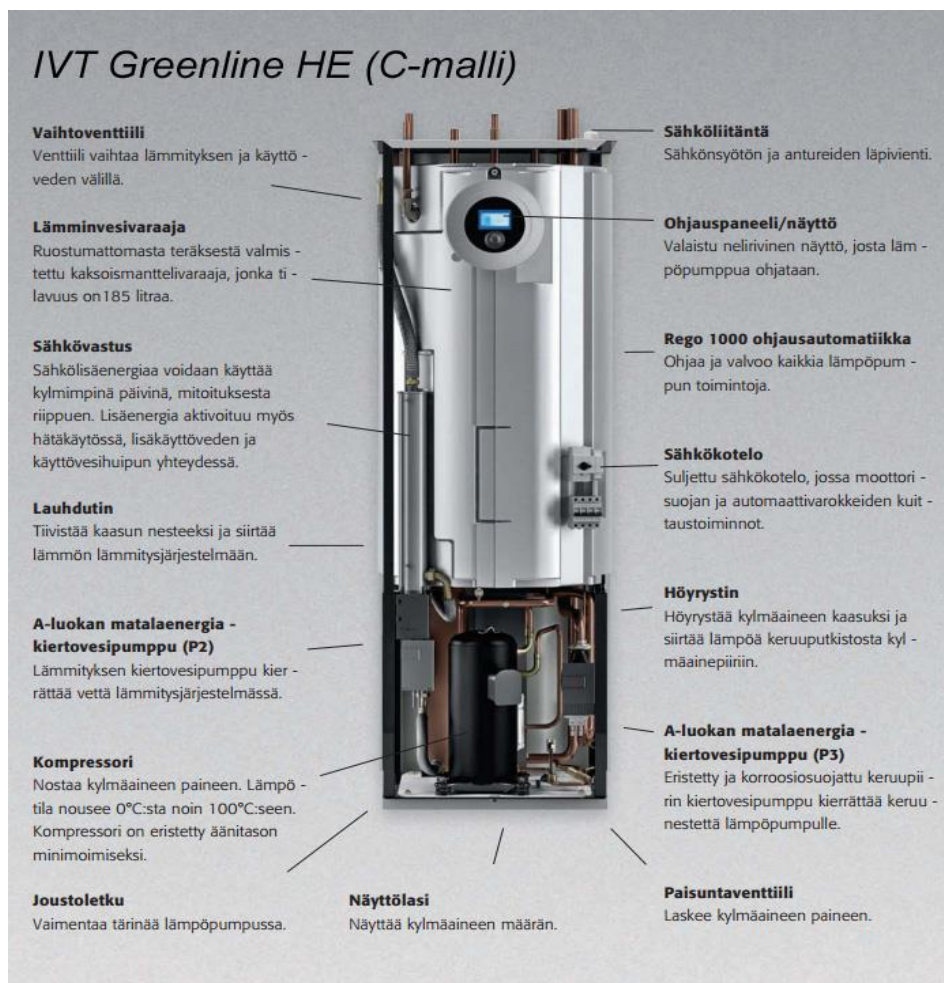
Käyttökustannukset tulevat lämpöenergian käytöstä, joka luetaan mittauskeskuk-
sen lämpöenergiakulutuksenmittarista. Vaasan Sähkön kaukolämpökäyttömaksut
ovat esitetty taulukossa 3, joka on koottu Energiateollisuus Ry:n ylläpitämästä
taulukosta.

Taulukko 3. Kaukolämmön hinta 1.1.2015 alkaen.

Kaukolämmön hinta 1.1.2015 alkaen				
	Energiamaksu €/MWh	Tehomaksu energiayksikköä kohden €/MWh	Kokonaishinta €/MWh	
LÄMMÖNMYYJÄ				
Vaasan Sähkö Oy	51,00	7,36	58,36	
	Laskennallinen tuntinen		Vuosienergia	Ohjeellinen
	tehontarve kW	vesivirta m ³ /h	MWh	rakennustilavuus m ³
Suuri kerrostalo	230	2,8	600	20 000

3.1.3 Maalämpölaitteet

Maalämpöjärjestelmään investoitavat laitteet ja varusteet on esitelty luvussa 2.2.1
ja luvussa 2.2.3 esitelty porakaivo. Kuvassa 6. on esimerkki IVT Greenline:n
maalämpölaitteistosta.



Kuva 6. Maalämpöpumppu. /28/

3.1.4 Lämpökaivo

Lämpökaivojen hinta on asettunut noin 25–30 €/m riippuen porattavien reikien määrästä. Yhden lämpökaivon syvyys pyörii noin 200m syvyydessä. Lämpökaivon porauksen hintaan sisältyy porauksen lisäksi, keruuputkiston asennus sekä keruupiirissä kulkeva nesteen täyttö. Kerrostalo rakentamisessa lämpökaivoja tarvitaan useampia mikä tuo suuren kustannuslisän verrattuna omakotitalo rakentamiseen.

3.1.5 Sähkö

Jokaiseen kiinteistöön on tehtävä sähkönmyyjän kanssa oma sähköliittymäsopimus. Liittymissopimus tehdään aina kirjallisena Vaasan Sähkö Oy:n ja liittyjän kesken jokaisesta sähköverkkoon liitettävästä kohteesta. Liittymissopimus täytyy tehdä aina vähintään 8 viikkoa ennen kuin tontilla sähköä tarvitaan. Liittymissopimuksella saa tontin rajalle asti sopimuksessa olevan sähköliittymän. Tästä eteenpäin liittyjän tulee hankkia erillinen sähköurakoitsija joka vetää liittymän tontin rajalta sähköpääkeskukseen liittyjän erikseen kustantamana. /21/.

Sähköliittymänhintaan vaikuttaa asemakaava-alueella ainoastaan pääsulakkeen koko. Liittymismaksun laskentakaava on

$$\text{Liittymismaksu} = 35\text{€} \times S + 295\text{€} \quad (1)$$

S on pääsulakkeiden koko (esim. 200 A)

Sähköä voidaan ostaa erilaisilla sopimuksilla, kuten yleissähkö, yösähkö, kausisähkö. Kerrostaloissa kiinteistö sähkö tulee yleensä yleissähköhinnoittelulla.

3.2 Laitteiden elinkaari

Tässä luvussa kerrotaan kauko- ja maalämpölaitteiden tekninen käyttöikä ja laitteiden huoltoon liittyvistä ajankohdista ja tavoista. Laitteiden käyttöikä on olennainen osa, kun tutkitaan laitteiden elinkaarikustannuksia.

3.2.1 Laitteiden käyttöikä ja uusiminen

Kaukolämpölaitteiden teknistaloudellinen käyttöikä on 20...25 vuotta. Kaukolämpölaitteiden käyttöikään vaikuttavat laitteiden laatu, suunnittelu ja asennus, laitteiden käyttöasetukset ja veden laatu. Teknistaloudellinen käyttöikä tarkoittaa sitä, että tällöin laitteiden täydellinen uusiminen tulee taloudellisemmaksi kuin vanhan laitteiston korjaaminen. /18/

Maalämpöpumpulla keskimääräinen tekninen käyttöikä on 25...30 vuotta. Huomautuksena lämpöpumpun kompressori voidaan joutua vaihtamaan 10...15 vuoden kuluttua. /19/

3.2.2 Laitteiden huolto

Lämmönjakokeskuksen suunnitelmallisen huollon tarkastusväli perustuu laitteiston ikään. Tarkastusväli on 12kk välein, kun lämmönjakokeskuksen ikä on alle 10 vuotta, 4kk, kun ikä on 10...20 vuotta ja 1kk, kun ikä on yli 20 vuotta. /19/

Maalämpöpumpun huoltotoimenpiteet ja niiden aikaväli määräytyy täysin pumpun mallin mukaan. Maalämpöpumpun huoltaminen sisältää yleensä vain muutamien venttiilien ja ilmansuodattimien puhdistamisen sekä mittarien lukemisen säännöllisin väliajoin. Ilmansuodattimet on helppo puhdistaa imurilla tai huuhtelemalla vedessä. Venttiilit puhdistetaan noin puolen vuoden välein. Venttiilien irrottaminen on tarkkaa työtä, jonka aikana kannattaa seurata lämpöpumpun huolto-ohjekirjaa. /20/

3.3 Laskentamenetelmät

3.3.1 Elinkaarikustannuslaskenta

Elinkaarikustannuksilla (Life Cycle Costs, LCC) tarkoitetaan kaikkia kustannuksia joita kohteelle syntyy sen elinkaaren aikana. Elinkaarella tarkoitetaan laitteen aikaa investoinnista aina sen käytöstä pois ottamiseen asti. Elinkaarikustannukset syntyvät investointi-, energia-, kunnossapito- ja huoltokustannuksista. Lämmityslaitteistoilla on varsin pitkä elinkaari, joten hankintavaiheessa niiden elinkaarikustannusten tarkastelu on hyvin tärkeää. /32/

Elinkaarikustannukset investoitavalle laitteelle saadaan, kun lasketaan yhteen edellisessä kappaleessa kerrotut kustannukset. Elinkaarikustannukset voidaan laskea kaavalla 2.

$$LCC = K_i + K_e + K_k + K_h \quad (2)$$

LCC on koko elinkaaren aikana tulevat kustannukset.

K_i on investointikustannus (€)

K_e on laitteiden energiakustannusten nykyarvo (€)

K_k on laitteiston kunnossapitokustannusten nykyarvo (€)

K_h on laitteiden huoltokustannusten nykyarvo (€)

Energiakustannusten nykyarvo saadaan kaavalla 3. /32/

$$K_e = E - \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} = E \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} \quad (3)$$

K_e on energiakustannusten nykyarvo (€)

E on vuotuinen energiakustannus (€/a)

n on tarkastelujakson pituus (a)

r on reaalikorko (%/100)

Huoltokustannukset ovat järjestelmän ylläpidosta aiheutuvia kustannuksia. Kerrostalossa isännöitsijä hoitaa tarvittavat huoltotoimenpiteet. Huoltokustannusten nykyarvo voidaan laskea kaavalla 4. /32/

$$K_h = H - \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} = H \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} \quad (4)$$

K_h on huoltokustannusten nykyarvo (€)

H on vuotuinen huoltokustannus (€/a)

n on tarkastelujakson pituus (a)

r on reaalikorko (%/100)

Kunnossapitokustannuksiin lasketaan laitteistoon tarvittavien osien vaihto, kuten pumppujen, tiivisteiden ja venttiilien vaihtamiset. Nämä kustannukset eivät ole vuotuisia vaan niitä tulee silloin kuin osia on pakko vaihtaa.

Kunnossapitokustannusten nykyarvo lasketaan kaavalla 5. /32/

$$K_h = \frac{H_k}{(1+r)^k} \quad (5)$$

K_h on kunnossapitokustannusten nykyarvo

H_k on yksittäinen kunnossapitokustannus (€)

r on reaalikorko (%/100)

k on vuosi nykyhetkestä lukien, johon pääomaerä liittyy

3.3.2 Kaukolämmön energialaskenta

Kaukolämmön energiamaksu määräytyy lämpöenergian hinnasta ja kiinteistön kuluttamasta lämpöenergiasta. Kaukolämmön energiakustannukset voidaan laskea kaavalla 6.

$$K_{energiaKL} = E_{KL} \times H_{KL} \quad (6)$$

$K_{energiaKL}$ on kaukolämmön kuluttamat energiakustannukset (€/vuosi)

E_{KL} on kaukolämmön energian kulutus (kWh)

H_{KL} on kaukolämmön energian hinta (€/kWh)

3.3.3 Maalämmön energialaskenta

Maalämmön energiakustannukset voidaan laskea kaavalla 7.

$$K_{energiaML} = E_{sähkö} \times H_{sähkö} \quad (7)$$

$K_{energiaML}$ on maalämmön kuluttaman sähkön energiakustannukset (€/vuosi)

$E_{sähkö}$ on maalämpöpumppujen kuluttama sähköenergia (kWh)

$H_{sähkö}$ on sähköenergian hinta (€/kWh),

Maalämpöpumppujen hyötökertoimien takia niiden kuluttama sähköenergia on vain osa rakennuksen käyttämästä energiamäärästä.

3.3.4 Reaalikorko

Reaalikorko on nimellinen korko vähennettynä odotettu inflaatio. Reaalikorolla ilmoitetaan tuleva hintataso nykyisissä hyödykkeissä mitattuna. /29/

Reaalikorko lasketaan nimelliskorosta kaavalla

$$A = \frac{(B-C)}{(1+\frac{C}{100})} \quad (8)$$

A on reaalikorko

B on nimelliskorko

C on inflaatio

Valtionkonttorin ilmoittama nimelliskorko vuoden 2014 lainatietojen mukaan vuodelle 2015 on 0,6 % ja keskimääräinen kuluttajahintojen kokonaisindeksin vuosimuutos eli inflaatio vuonna 2014 oli 1,0 % /30/.

4 VERTAILU

Tutkimuksessa vertaillaan kahta lämmitysvaihtoehtoa yhdessä kerrostalo kohteessa, johon on asennettuna maalämpölämmitys. Talon tiedoilla mitoitetaan kaukolämpöliittymä ja arvioidaan kaukolämpöenergian kulutusmäärä. Maalämmön energiakulutustiedot saadaan kerrostalon sähkömittarilta.

Tutkimuksessa suoritetaan myös haastattelu, jonka avulla selvitetään mitä mieltä pääurakoitsija on maa- ja kaukolämmöstä. Haastattelulla pyritään selvittämään myös vaikuttaako lämmitysjärjestelmän valinta rakennusaikaisiin kustannuksiin ja rakennustapoihin.

4.1 As Oy Kustaanportti

Tutkimuksessa maalämpötalona on Vaasassa Suvilahdessa Teirinkatu 1A osoitteessa sijaitseva asuinkerrostalo, As Oy Kustaanportti. Kustaanportti on Lakea Oy:n rakennuttama kerrostalo, joka on tarkoitettu Lakean omiksi vuokra-asunnoiksi. Pääurakoitsijana hankkeessa toimi Peab Oy. Hankkeen rakentaminen alkoi kesäkuussa 2009 ja valmistui syyskuussa 2010. Hankkeen hinta oli noin 6 miljoonaa euroa. Asuntoja talossa on 51 kappaletta, jotka ovat suurimmaksi osaksi kaksioita ja kolmioita, jokaisessa asunnossa on oma sauna.

Talossa on kerrosalaa $3\,642\text{ m}^2$ ja tilavuutta $11\,370\text{ m}^3$. Sähköliittymän pääsulakkeet ovat 3x200A. Tutkimuksessa käytetyt sähkömittarilukemat on lämmönjakuhuoneen omasta mittarista, jolloin tutkimuksessa ei oteta huomioon talon asukkaiden kuluttamaa sähköenergiaa.

Talo on rakennettu vuoden 2007 määräysten mukaan, jolloin rakennuksen laskennalliseksi energian kokonaiskulutukseksi on saatu 525 950 kWh/a. Tutkimuksessa huomioidaan vain lämmitysjärjestelmän kuluttama energia. Tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve on 88 084 kWh/a ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve 145 969 kWh/a. Edellä mainittujen lämpöenergian tarpeiden kokonaiskulutus on 234 053 kWh/a.



Kuva 7. As Oy Vaasan Kustaanportti.

4.1.1 Lämmitysjärjestelmien investointikustannukset

Talon lämmitysjärjestelmänä on maalämpö ja aurinkoenergia. Lämmitysjärjestelmän avulla toteutetaan talon lämmitys ja lämpimän käyttöveden lämmitys. Talon lämmönjakotapana käytetään vesikiertoista lattialämmitystä.

Maalämpö- ja aurinkoenergiajärjestelmät on tilattu yhtenä urakkana MRP Energyltä. Urakan arvonlisäverollinen hinta on 170 800€. Tästä aurinkopaneelien ja niiden asennuksen osuus on 18 600€ ja 152 200€ on maalämmön osuus. Maalämmön hintaan sisältyy maalämpöpumput, varaajat, sähkökattilat ja energiakaivot. Työhön sisältyy myös kaikki asennukset ja säädöt aina käyttövalmiuteen asti. Urakan rajapinta on lämmönjakohuoneeseen tuotuihin lattialämmityksen jakotukkeihin ja lämpimän veden jakoputkistoon liittyminen.

Taulukko 4. Kustaanportin maalämpöurakkaan kuuluvat laitteet ja työ.

Maalämpölaitteet ja työt	
Lämpöpumppu Nibe 1330 1x60kW talon lämmitykseen ja käyttöveden lämmitykseen	Jakotukit lämmönjakohuoneeseen
Lämpöpumppu Nibe 1330 1x40kW, pumppu on nk. "slave" eli käytössä jos 60kW pumppu ei riitä	Suunnittelu sähkö+putki Avecon Oy Ab
Sähkökattila 1x26 kW	Putkiasennustyö teknisessä tilassa
Ulkoinen vesivaraaja lämmitykseen, 2x1000L molempien talojen puskurivaraajaksi	Sähkötyöt teknisessä tilassa
Käyttövesivaraaja 2x1000L	Eristetyt siirtolinjat
Sähkövastus käyttövesivaraajaan 9kW x 2kpl	Eristystyöt teknisessä tilassa urakkarajaan asti
Maapiirin latauspumppu	RCU 11 kauko-ohjausmoduuli urakkarajaan asti
Poraustyö 14x 200m yht. 2800m	
Kanaalityöt 360m energiaverkostolle (energiakaivojen väli 20m)	Käynnistys ja säätötoimenpiteet

Porakaivoja on porattu 14 kappaletta ympäri tonttia. Jokaisen kaivon syvyys on 200m jolloin kokonaisporaussyvyudeksi tuli 2 800m. Porakaivojen sijoittelusta on kartta Liitteessä 1.

4.1.2 Energian kulutus

Kustaanportin sähkölaskun vuosikäyttöarvion mukaan vuodessa kuluu kiinteistösähköä noin 190 000 kWh. Kiinteistösähköön kuuluu lämmönjakohuoneen toiminta, kiinteistön kulutus, johon sisältyy rakennuksen yleisvalaistus, laitteet, autopaikkojen valaistus ja autohallin luiskan lämmitys. Maalämpöpumpun toimintaan kuluu sähköenergiaa noin 100 000 kWh vuodessa.

Maalämpöpumppu tuottaa lämpöä vuodessa noin 270 000 kWh, jolloin COP-arvoksi tulee noin 2.7. COP-arvo 2.7 on hyvä hyötysuhde, vaikka NIBE:n kotisivuilla vastaavalle pumpulle luvataan jopa 4.8 COP-arvoa. Esimerkkikohteessa on suuri lämpimän käyttöveden tarve, mikä alentaa hyötysuhdetta. Jos maalämmöllä lämmitettäisiin vain rakennusta, niin hyötysuhde nousisi. Taulukossa 5. on esitetty vuotuisia vuosihyötysuhdelukuja (SPF-lukuja) maalämpöpumpuille, jotka voivat olla huomattavastikin pienempiä kuin luvatut COP-arvot. Jos talossa on kaukolämpö lämmitys, niin kaukolämpöenergiaa tulee ostaa 270 000 kWh. Tämän perusteella lasketaan kaukolämpöenergian hinta.

Taulukko 5. Maalämpöpumpun vuosihyötykertoimia.

	SPF-luku	
Maalämpöpumppu max. lämpötila (menovesi), °C	Vuotuinen keruupiirin paluunesteen keskilämpötila, °C	
	-3	3
Tilojen lämmitys		
30	3,4	3,5
40	3,0	3,1
50	2,7	2,7
60	2,5	2,5
Käyttöveden lämmitys		
60	2,3	2,3

4.1.3 Energian hinnat

Laskelmissa on käytetty Vaasan Sähkö Oy:n sähkön hintoja ja liittymän kuukausittaista perusmaksua. Taulukossa 6. esitetyt sähkön hinnat ovat Kustaanportin kiinteistölle tammikuussa 2015 tulleesta sähkölaskusta.

Taulukko 6. Vaasan Sähkö, energiakustannukset.

Energiakustannukset (alv 0%)	Energia snt/kWh	Siirto snt/kWh	Energiavero snt/kWh	Yhteensä snt/kWh
Sähkö	4,45	3,11	2,24	9,8
			alv 24%	12,152
Kuukausimaksut (alv24%)	€/kk			€/kk
Sähkö	2			2

Laskelmissa käytetyt kaukolämmön energiahinnat on esitetty taulukossa 1. Kaukolämmön hinta on 58,36 €/MWh. Hintaan sisältyy siirtomaksu ja tehomaksu.

Vuodessa maalämpöjärjestelmä kuluttaa sähköenergiaa noin 100 000 kWh. Tämän perusteella maalämpöjärjestelmän energiakustannukset ovat vuodessa noin 12 200 €.

Vastaavasti maalämpöjärjestelmän tuottama energiamäärä 270 000 kWh tarvitaan kaukolämpöjärjestelmältä jolloin kaukolämmön vuotuisten energiakustannusten hinta on noin 15 500 €.

4.1.4 Huoltokustannukset

Huoltokustannuksiin menevät kulut on arvioitu yhdessä Lakean projekti-insinööri Hannu Rajamäen kanssa. Lakealta saadun tiedon mukaan maalämpöjärjestelmässä on ollut paljon ongelmia, minkä perusteella uskalsimme arvioida maalämmön huoltokustannukset puolet korkeammaksi kuin kaukolämmön huoltokustannukset. Maalämpöjärjestelmän ongelmat ovat olleet lähinnä säätöongelmia, joten uusia osia ei ole tarvinnut vaihtaa. Maalämmön vuotuisiksi huoltokustannukseksi arvioimme 500 € ja kaukolämmön huoltokustannuksiksi 250 €, näillä katetaan säätötyöt ja pienet korjaustyöt.

4.1.5 Elinkaarikustannuslaskenta

Elinkaarikustannukset lasketaan kahdella eri tarkastelujaksolla, ensimmäinen on 25 vuotta. 25 vuoden tarkasteluväli on valittu, koska laitteiden elinkaari loppuu tämän jälkeen ja joudutaan tekemään uusi investointi samoille järjestelmälle. Elinkaarikustannukset lasketaan myös 50 vuoden tarkasteluvälille, jolloin oletetaan, että lämmityslaitteistot uusitaan 25 vuoden jälkeen. Maalämpöjärjestelmää uusittaessa uusia porakaivoja ei tarvitse investoida uudestaan, koska samoja kaivoja voidaan käyttää jatkossakin. Lakealta saadun maksuerätaulukon mukaan yhden porakaivon hinta on 5000 €, jolloin 14 porakaivon hinta on 70 000 € kokonaisinvestointihinnasta. Lämmitysjärjestelmien uutta investointihintaa pidetään tässä tutkimuksessa samana kuin edellistäkin investointia. Elinkaarikustannukset on laskettu kaavalla 2, jolla saadaan laskettua investoinnin koko elinkaaren kustannukset. Sähköenergian ja kaukolämpöenergian hinnat oletetaan pysyvän samoina.

Tutkimuksessa ei oteta huomioon kunnossapitokustannuksia, koska esimerkki-kohteelle ei ole tarvinnut tehdä kunnossapitokustannuksen alaisuuteen kuuluvia toimenpiteitä.

Elinkaarikustannuslaskennassa tarvittava reaalikorko on tänä vuonna 2015 laskeutunut negatiiviseksi -0,15 %. Tämän hetkinen taloustilanne on kuitenkin hyvin poikkeuksellinen, minkä takia päädyin käyttämään laskelmissa reaalikorkoa 0,5 %, joka on lähempänä viimeisen 15 vuoden keskiarvoa.

5 TULOKSET

Tässä luvussa esitellään tulokset 25 ja 50 vuoden elinkaarikustannusten osalta.

5.1 Elinkaarikustannukset 25 vuoden ajalta

Maalämpöjärjestelmän investointikustannukset olivat 170 800 € ja kaukolämmön investointikustannukset olisivat huomattavasti halvemmat ainoastaan 16 175 € eli investointikustannukseltaan maalämpöjärjestelmä töineen ja asennuksineen on 154 625 € kalliimpi kuin kaukolämpöjärjestelmä.

Maalämpöjärjestelmän kuluttama sähköenergia maksaa vuodessa noin 12 056 € ja kaukolämpöjärjestelmän kuluttama lämpöenergia maksaa vuodessa 15 474 €. Tuloksissa energian hinnat ovat laskettu nykyarvoonsa. Elinkaarikustannukset on esitetty molemmille lämmitystavoille seuraavissa kahdessa taulukossa, josta nähdään lämpöjärjestelmien elinkaarikustannukset 25 vuoden ajalle eriteltynä mistä kustannukset muodostuvat. Elinkaarikustannusvertailussa suurimmaksi kulueräksi muodostuvat energiakustannukset. Huoltokustannukset eivät vaikuta paljoakaan pitkän ajan elinkaarikustannusvertailussa.

Taulukko 7. Maalämmön elinkaarikustannukset 25 vuoden ajalta.

<i>LCC Maalämpö, 25 vuoden ajalle</i>		
Kustannus		kustannusten nykyarvo, sis alv.
Investointikustannus		170 800 €
Energiakustannukset		282 660 €
Huoltokustannukset		11 723 €
Kunnossapitokustannukset		0 €
	yht.	465 183 €

Taulukko 8. Kaukolämmön elinkaarikustannukset 25 vuoden ajalta.

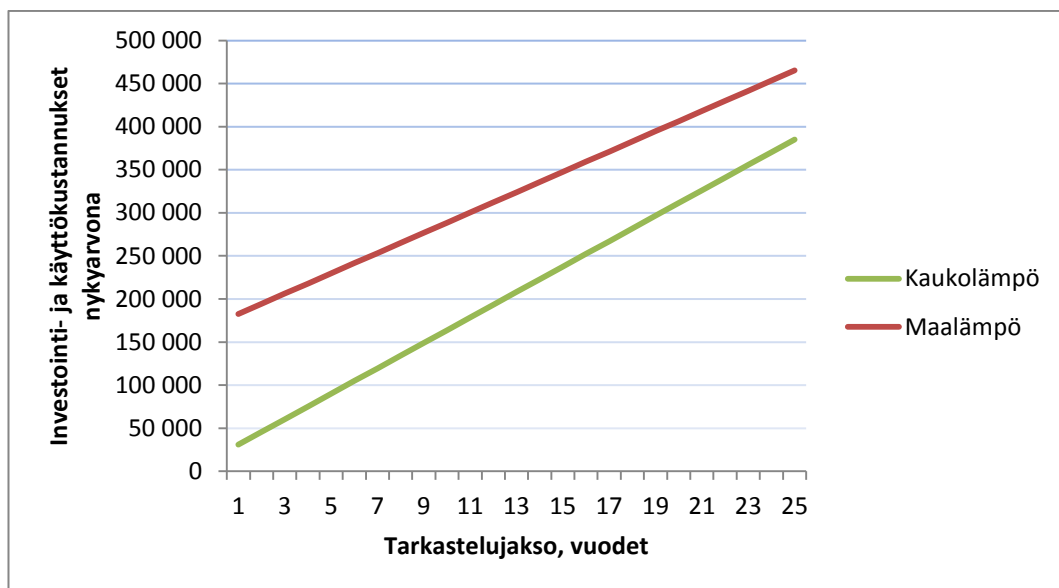
<i>LCC Kaukolämpö, 25 vuoden ajalle</i>		
Kustannus		kustannusten nykyarvo, sis alv.
Investointikustannus		16 175 €
Energiakustannukset		362 798
Huoltokustannukset		5 861 €
Kunnossapitokustannukset		0 €
	yht.	384 834 €

Taulukossa 8. on laskettu 25 vuoden ajalta kuinka paljon kaukolämpö tulee halvemmaksi kuin maalämpö.

Taulukko 9. Lämmitystapojen elinkaarikustannukset 25 vuoden ajalta.

25 vuoden LCC	LCC
Maalämpö	465 183 €
KaukoLämpö	384 834 €
Erotus kaukolämmön hyväksi	80 349 €
Kaukolämpö halvempi %	17,3

Kuvassa 8. on esitetty millä tahdilla maalämpö tavoittaa kaukolämpöä elinkaarikustannusvertailussa.



Kuva 8. Investointi- ja käyttökustannukset 25 vuoden ajalta.

5.2 Elinkaarikustannukset 50 vuoden ajalta

Elinkaarikustannukset 50 vuodelle on laskettu myös ilman uutta investointia. 50 vuodelle lasketuissa elinkaarikustannuksissa maalämpö ottaa kaukolämpöä kiinni vuoden aikana noin 1200 €. Taulukoissa 10 ja 11 on eritelty lämmitysjärjestelmien elinkaarikustannukset 50 vuoden ajalle. Maalämpö on edelleen 50 vuoden tarkastelujakson jälkeen 13,1 % kalliimpi kuin kaukolämpö.

Taulukko 10. Maalämmön elinkaarikustannukset 50 vuoden ajalta.

<i>LCC Maalämpö, 50 vuoden ajalle</i>		
Kustannus		kustannusten nykyarvo, sis alv.
Investointikustannus		170 800 €
Energiakustannukset		532 185 €
Huoltokustannukset		22 072 €
Kunnossapitokustannukset		0 €
	yht.	725 057 €

Taulukko 11. Kaukolämmön elinkaarikustannukset 50 vuoden ajalta, kun ei ole tehty uutta investointia.

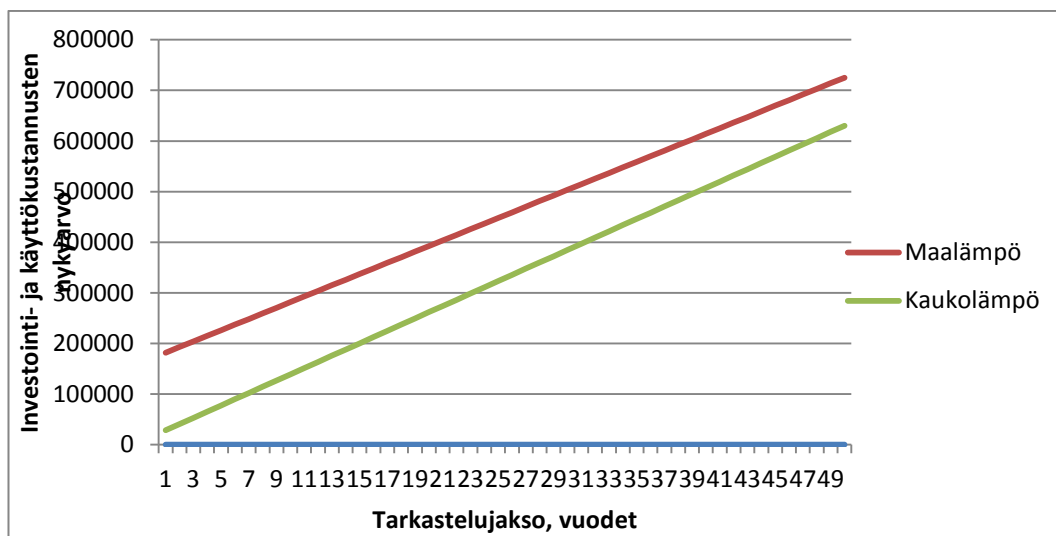
LCC Kaukolämpö, 50 vuoden ajalle		
Kustannus		kustannusten nykyarvo, sis alv.
Investointikustannus		16 175 €
Energiakustannukset		603 035
Huoltokustannukset		11 036 €
Kunnossapitokustannukset		0 €
	yht.	630 246 €

Taulukossa 12. on esitetty lämmitysmuotojen elinkaarikustannukset ja niiden prosentuaalinen elinkaarikustannusero 50 vuoden ajalta.

Taulukko 12. Molempien lämmitystapojen elinkaarikustannukset 50 vuoden ajalta, kun ei ole tehty uutta investointia 25 vuoden käytön jälkeen.

50 vuoden LCC	LCC
Maalämpö	725 057 €
KaukoLämpö	630 246 €
Erotus kaukolämmön hyväksi	94 811 €
Kaukolämpö halvempi %	13,1

Kuvassa 9. on esitetty graafisesti, millä tahdilla maalämpö saavuttaa kaukolämpöä.



Kuva 9. Investointi- ja käyttökustannukset 50 vuoden ajalta.

5.3 Lämmitysjärjestelmien vaikutus rakentamiseen

Lämmitysjärjestelmän valinta vaikuttaa rakentamisaikatauluun ja rakentamisaikaisiin kustannuksiin. Kaukolämmöllä lämmitettäessä valitaan lämmönjakotavaksi vesikiertoiset patterit ja maalämmöllä lämmitettäessä vesikiertoinen lattialämmitys. Ontelolaatoilla rakennetussa kaukolämpö kerrostalossa ei tarvitse tehdä niin paksua lattia valua kuin maalämpö kerrostalossa. Kaukolämpö kerrostalossa lattia valuksi riittää ohut kerros nopeasti kuivuvaa plaanoa, koska lattialämmitysputkistoa ei tarvita. Maalämpö kerrostalossa ontelolaattojen päälle asennetaan ensin 30mm paksu styroksi ja sen päälle asennetaan harjateräsverkot. Verkkojen päälle pääsee vasta putkiurakoitsija asentamaan lattialämpöputket, jonka jälkeen lattia valetaan. Lattiavalun paksuudeksi tulee vähintään 80mm paksu kerros betonia, mikä tietää pitempää kuivumisaikaa. Betonilattia kuivuu noin 1 cm viikossa, jos kuivumisolosuhteet ovat hyvät.

Rakentamisaikana pitää huomioida, että kerrostalon lämpökaivokentän poraustyöt ja asennustyöt kestävät kuukauden verran. Työmaalogistiikka pitää suunnitella tarkoin, koska porauslaitteistoa ei voida siirtää kesken porauksen ja yhden reiän poraamiseen menee koko työpäivä. Peabin vastaavan mestarin Veijo Kujasen mie-

lestä lämpökaivojen poraukset tulee ajoittaa heti silloin, kun tehdään maanrakennustöitä tai viimeistään talon perustuksia tehdessä. Talon runkovaiheessa työmaalla on nosturi asennettuna ja tontilla on usein elementtirekka pihassa, jolloin monella samanaikaisella työvaiheella aiheutetaan vaaratilanteita.

Kaukolämmöllä saadaan kerrostaloon lämmitys päälle aikaisemmin kuin maalämmöllä. Kerrostaloon voidaan runkovaiheessa asentaa lämmönjakokeskus, jota voidaan käyttää jo rakennusvaiheessa lämmitykseen. Tällä toimintamallilla säästetään rakennusaikainen sähkö- ja öljylämmityksen hinta. Lämmönvaihtimeen voidaan asentaa lämmityspuhaltimet, joilla vesikaton valmistuttua saadaan kerrostalo lämmitettyä. Maalämpöä ei saada niin aikaisin asennettua, koska jokaisen kerroksen lattiavalut tulee olla tehtynä ennen kuin voidaan laittaa lämmin vesi kiertämään lattialämpöputkistoon. Jos lattiatöitä tehdään talviaikana, tulee rakennukseen hommata väliaikainen lämmitys joko sähkö- tai öljylämmityksellä. Valettu lattia ei saa jäätyä, koska vaarana on lattialämpöputkien halkeaminen pumpun käynnistettäessä.

Tutkittavassa kohteessa maalämmöllä on ollut ongelmia lämpimän veden riittävyydessä. Oletettavasti syy tähän ongelmaan on pumpun säädöissä, joita on yritetty säätää kohdilleen tuloksetta. Kylmäaineputkia on jouduttu korjaamaan, koska on löydetty vuotokohtia lämpökaivoilta.

5.4 Tulosten analysointi

Tutkimuksen perusteella kaukolämmön valinta näyttää kannattavammalta, vaikka alun perin tutkimusta aloittaessa materiaalia läpi käytäessä maalämpöä pidettiin kustannustehokkaampana ratkaisuna. Alkuinvestointina maalämpö on huomattavasti kalliimpi kuin kaukolämpö. Tutkimuksen perusteella maalämpö on alkuinvestointina noin 155 000 € kalliimpi kuin kaukolämpö. Paljon on tutkittu omakotitaloissa kauko- ja maalämmön kustannuseroa, niissä alkuinvestointien kustannusero on huomattavasti pienempi kuin kerrostaloissa.

Kerrostaloissa maalämmön alkuinvestoinnin hintaa nostaa lämpökaivojen suuri määrä. Tässä tutkittavassa kohteessa lämpökaivoja tarvittiin yhteensä 14 kappaletta ja normaalisti omakotitalossa pärjätään yhdellä lämpökaivolla. Vuonna 2009 lämpökaivojen hinnat olivat noin 25 €/m ja nyt vuonna 2015 hintataso on asettunut noin 28 €/m. Vuonna 2009 yhden 200m syvän lämpökaivon hinta oli 5000e. Pelkästään lämpökaivojen investointikustannukset ovat 70 000 €, mikä on koko maalämpöinvestoinnista noin 41 %.

Investoinnin jälkeen elinkaarikustannuksiin vaikuttaa energiakustannukset ja lämmitysjärjestelmien huoltokustannukset. Tutkimuksen perusteella kerrostalossa vuotuisilla energiakustannuksilla ei ole paljoa hintaeroa. Maalämmön sähköenergiakustannukset ovat vuodessa noin 3400 € halvemmat kuin kaukolämmön energiakustannukset. Maalämmöllä huoltokustannukset ovat noin 500 € vuodessa ja kaukolämmöllä 250 € vuodessa. Vaikka maalämmön huoltokustannukset ovat puolet suuremmat kuin kaukolämmöllä, niin näin pienet huoltokustannukset eivät vaikuta elinkaarivertailussa suuremmin lopputulokseen. Näillä kustannuseroilla voidaan todeta, että maalämpö on käyttökustannuksiltaan hieman halvempi kuin kaukolämpö.

Taulukon 9. perusteella kaukolämpö on 25 vuoden elinkaaritarkastelujakson aikana 80 349 € halvempi kuin maalämpö, mikä on prosentuaalisesti yli 17 %. Lämmitysjärjestelmien tekninen käyttöikä on 25 vuotta, minkä jälkeen laitteet pitäisi vaihtaa uusiin. Tällöin kaukolämmölle tulisi uusi yli 16 000 € investointi ja maalämmölle 100 000€ investointi. Näillä lukemilla voidaan olettaa, että maalämpö ei tule saavuttamaan kaukolämpöä elinkaarikustannusvertailussa.

50 vuoden tarkastelujakson aikana maalämpö saavuttaa prosentuaalisesti kaukolämmön etumatkaa verrattaessa 25 vuoden tarkastelujaksoon, jos lämmitysjärjestelmiä ei tarvitse uusia. 50 vuoden kohdalla elinkaarikustannuksissa maalämpö on noin 95 000 € kalliimpi kuin kaukolämpö. Prosentuaalisesti elinkaarikustannusten hintaero on noin 13 %. Maalämpö saavuttaa 25 vuodesta 50 käyttövuoteen mennessä kolmella prosentilla kaukolämpöä.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen perusteella kaukolämpö on selvästi halvempi vaihtoehto Vaasassa kerrostalon lämmitysjärjestelmänä kuin maalämpöjärjestelmä. Rakennuttajan taustoja ei saatu selvitettyä, miksi he ovat päätyneet maalämpöjärjestelmän valintaan. Maalämpöä on keuhuttu halvemmaksi ja ympäristöystävällisemmäksi tavaksi lämmitellä rakennuksia. Maalämmön valintaan on voinut vaikuttaa, että se on ympäristöystävällinen vaihtoehto ja sillä yritetään saada ihmisiä kiinnostumaan maalämpötaloon muuttamisesta.

Maalämpö aiheuttaa enemmän huoltotöitä kuin kaukolämpö. Maalämpö on monimutkaisempi järjestelmä rakentaa ja asentaa kuin kaukolämpö, ja se vaatii enemmän työvaiheita. Suurin työvaihe-ero on lämpökaivojen poraaminen joka vie aikaa noin kuukauden. Kaukolämpöä varten tarvitsee kaivaa ainoastaan kaukolämpöputkille reitti lämmönjakohuoneelle. Kaukolämpö voidaan myös helposti liittää rakennukseen, jos kaukolämpöliittymä on valmiiksi lähellä tonttia.

Maalämpöjärjestelmän lämmön jakotapana käytetään useimmiten lattialämmitystä, mikä tekee rakennusvaiheessa pintatöiden tekemisen helpommaksi kuin kaukolämpöjärjestelmässä useimmiten käytetyt lämpöpatterit. Lämpöpatterit ja niiden putket tulevat pintavetoina, jolloin se tekee seinien tasoittamisesta ja maalaamisesta hankalampaa. Lattialämmityksestä ei jää näkyviin mitään näkyvää haittaa, koska lattialämmityspotket jäävät lattiavaluun piiloon.

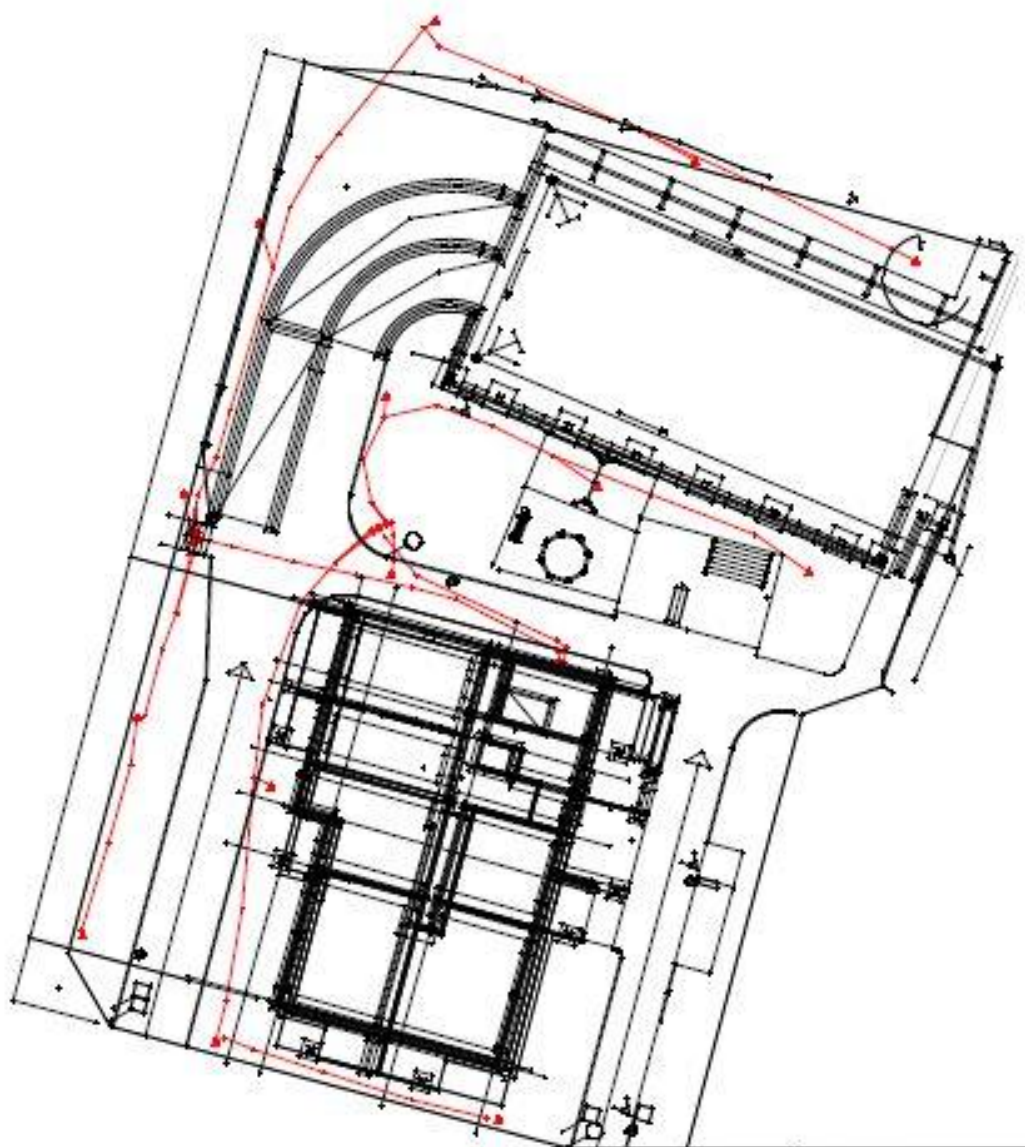
Omakotitalorakentajan ei kannata huolestua tämän tutkimuksen tuloksesta, jos on valitsemassa maalämpöä omaan kotiin. Omakotitaloissa maalämmön investoiminen tulee huomattavan paljon halvemmaksi ja kaukolämpö taas ei tule niin paljon suhteessa halvemmaksi kuin kerrostalossa.

LÄHTEET

- /1/ Lämpöä taloon keskitetysti – Kaukolämpö. 2012. Verkkodokumentti. Motiva.
http://www.motiva.fi/files/7963/Lampoa_kotiin_keskitetysti_Kaukolampo.pdf. Viitattu 10.2.2015.
- /2/ Kaukolämmön tuotanto. 2015. Verkkodokumentti. Vaasan Sähkö.
<http://www.vaasansahko.fi/FI/Yritykset/Sisalto/Pages/Tuotanto.aspx>. Viitattu 10.2.2015
- /3/ Energiatehokasta kaukolämpöä. 2015. Verkkodokumentti. Vaasan Sähkö Oy.
<http://www.vaasansahko.fi/FI/Yritykset/Sisalto/Pages/Toimintaperiaate.aspx>. Viitattu 10.2.2015
- /4/ Rakennustieto Oy: Rakennusten lämmitysjärjestelmät. Tampere: Rakennustieto Oy 2007
- /5/ Rakennusten kaukolämmitys määräykset ja ohjeet. 2013. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry.
http://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/630julkaisuk1_2013_rakennustenkaukolammitys.pdf. Viitattu 16.2.2015.
- /6/ LVI KH-kortti: LVI 10-10389. Ohjetiedosto, 2006
- /7/ LVI KH-kortti: LVI 11-10332. Ohjetiedosto, Maaliskuu 2002.
- /8/ Maalämpöpumppu. 2015. Verkkodokumentti. Motiva.
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu. Viitattu 16.2.2015.
- /9/ Harju, P. 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. Penan Tieto-Opus Ky.
- /10/ Legionella, ympäristötekijät ja torjuntamahdollisuudet. 2015. Verkkodokumentti. Terveystieteiden tutkimuskeskus.
<http://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/legionellabakteerit-vesijarjestelmissa/ymparistotekijat-ja-torjuntamahdollisuudet>. Viitattu 17.2.2015.
- /11/ Geoterminen energia. 2015. Verkkodokumentti. Energiateollisuus.
<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/energialahteet/geoterminen-energia>. Viitattu 17.2.2015.

- /12/ Maalämpö. 2015. Verkkodokumentti. Geodrill.
<http://www.geodrill.fi/maalampo-vertailu-eri-lammitysmuotojen-valilla-on-vaikeaa>. Viitattu 17.2.2015
- /13/ Lämpöpumput ja lämminvesivaraajat. 2015. Verkkodokumentti. Danfoss.
<http://www.danfoss.com/Finland/Products/Categories/Group/HE/Lampopumput-ja-lamminvesivaraajat/8356e529-9811-43d0-b813-2781d68916ff.html>. Viitattu 17.2.2015
- /14/ Rakennussäätö: Maalämmitys, RT 50-10755, 2001
- /15/ Energiakaivo – Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. 2013. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö.
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4. Viitattu 19.2.2015.
- /16/ Lämpökaivo, porakaivo. 2015. Verkkodokumentti. Senera Oy.
http://www.senera.fi/Maalampo/Lampokaivo_porakaivo/. Viitattu 19.2.2015.
- /17/ Kaukolämpöliittymä. 2015. Verkkodokumentti. Vaasan Sähkö.
<http://www.vaasansahko.fi/FI/Sisalto/Pages/Kaukolämpöliittymä.aspx>. Viitattu 25.2.2015.
- /18/ Lämmitys kaukolämmöllä. RT-kortti 52-10859. Julkaistu joulukuu 2005.
- /19/ Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. LVI 01-10424, KH 90-00403. Julkaistu tammikuu 2008.
- /20/ Maalämpöpumpun huolto-ohjeet. 2015. Verkkodokumentti.
<http://www.maalampopumppu.info/maalampopumpun-huolto-ohjeet/>. Viitattu 3.3.2015.
- /21/ Sähköliittymien hinnoitteluperiaatteet. 2015. Verkkodokumentti. Vaasan sähkö Oy.
<http://www.vaasansahko.fi/vaasansahkoverkko/Sisalto/Documents/S%C3%A4hk%C3%B6liittymien%20hinnoitteluperiaatteet.pdf>. Viitattu 9.3.2015.
- /22/ Kaukolämmön liittymis- ja myyntiehdot. 2015. Verkkodokumentti. Vaasan Sähkö.
<http://www.vaasansahko.fi/FI/Sisalto/PublishingImages/Pages/Kaukol%C3%A4mp%C3%B6liittym%C3%A4/Kaukol%C3%A4mm%C3%B6n%20liittymis-%20ja%20myyntiehdot%201.9.2004.pdf>. Viitattu 12.3.2015.

- /23/ TRT-mittaus. Verkkodokumentti. GeoDrill.
<http://www.geodrill.fi/trt-mittaus/>. Viitattu 12.3.2015.
- /24/ Kaukolämpö tuotanto. Verkkodokumentti. Vaasan Sähkö Oy.
<http://www.vaasansahko.fi/FI/Yritykset/Sisalto/Pages/Tuotanto.aspx>.
- /25/ Lämmönjakokeskuksen toimintakaavio. Verkkodokumentti.
http://www.kuopionenergia.fi/filebank/360-KE_lammonjakokeskuksen_toimintakaavio.pdf. Viitattu 26.3.2015.
- /26/ Maalämpöpumpun toimintaperiaate. Verkkodokumentti.
http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/muut_kuvat/JAMA-Maalampo_toimintaperiaate.jpg. Viitattu 26.3.2015.
- /27/ Keruuputkistot. Verkkodokumentti.
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4. Viitattu 26.3.2015.
- /28/ Maalämpöpumppu. <http://www.ivtlahti.fi/kuvat/maalampo/ivt-greenline-he-c-malli.jpg>. Viitattu 26.3.2015.
- /29/ Reaalikorko. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Reaalikorko>. Viitattu 14.4.2015.
- /30/ Valtiokonttori, talous ja henkilöstö. Verkkodokumentti.
<http://www.valtiokonttori.fi/kasikirja/public/download.aspx?ID=88696&GUID=%7BAEB030CD-2F9D-45BB-B296-052D1A5D78AF%7D>. Viitattu 14.4.2015.
- /31/ Heiskanen Mirkka. 2013. Kaukolämpö- ja maalämpöjärjestelmän kustannusvertailu pientalon lämmitysjärjestelmänä.
- /32/ Pieskä, M. Energia-asiantuntija. 2015. Kaukolämpö. Email Kauko-lampo@vaasansahko.fi 17.2.2015. Tulostettu 17.2.2015.
- /33/ Kujanen, V. Vastaava työnjohtaja. Peab Oy. Haastattelu 16.4.2015.



- ▲ Energiakaivo
- Jakokaivo

KOY Kustaanportti Sivikahä	Maailämpökartoitus
 www.risberg.fi Kesäkatu 1, 00200 Helsinki Puhelin: 044 244 2000 Faksi: 044 244 2001	Piirustuksen laajuus: 205 Piirustuskoko: 1:250 Päiväys: 07.12.2009 Tekijä: HKJ Tarkastaja: NN