

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Nuutti Turkki

PIENTALOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN KUSTANNUKSET

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2013
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä
Nuutti Turkki

Nimeke
Pientalojen lämmitysjärjestelmien kustannukset

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla pientalojen lämmitysjärjestelmiä kustannusten kannalta. Työssä käydään läpi yleisimmät kustannustehokkaat lämmitysjärjestelmät, sekä niiden yhdistelmät. Esimerkkikiinteistönä käytetään Pohjois-Karjalassa sijaitsevaa, pinta-alaltaan 144 m²:n pientaloa jonka eristys on toteutettu vuonna 2010 voimaan astuneiden rakennusmääräysten mukaisesti.

Opinnäytetyö on tehty suuntaa antavaksi ohjeeksi pientalorakennuttajille. Opinnäytetyö on pyritty kirjoittamaan selvasanaisesti jotta sitä voidaan tulkita ilman syvällistä talotekniikan tuntemusta.

Opinnäytetyön ensimmäisessä osiossa käydään läpi yleisiä talotekniikkaan liittyviä asioita. Toisessa osiossa käydään läpi eri lämmitysjärjestelmien toimintaperiaatteet sekä kustannukset. Viimeisessä osiossa vertaillaan eri lämmitysjärjestelmien kustannusten kannattavuutta 30 vuoden aikavälillä.

Kieli
suomi

Sivuja 23
Liitteet 1
Liitesivumäärä 1

Asiasanat
pientalo, lämmitys, kustannus, energiankulutus



THESIS
May 2013
Degree Programme in Electrical Engineering

Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
p. (013) 260 6800

Author(s)
Nuutti Turkki

Title
Heating costs of detached houses

Abstract

Purpose of this study was to compare the heating systems in single-family houses in terms of cost. This thesis examines the most common cost-efficient heating systems, as well as combinations thereof. In calculations a 144 m² single-family house is being used as an example.

This thesis has been made for rough guidance for new constructors. This thesis has been tried to write as clearly as possible so that it can be understood without in-depth knowledge of building technology.

The first part of this thesis deals with the general issues related to building systems. The second section reviews the various heating systems, as well as operating costs. The last section compares the different heating costs on the profitability of 30-year term.

Language
Finnish

Pages 23
Appendices 1
Pages of Appendices 1

Keywords

detached house, heating, expenses, energy consumption

Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Kiinteistön tiedot	6
3	Lämmitysenergian tarve	6
4	Lämmitysjärjestelmät	8
4.1	Maalämpöpumppu	9
4.2	Ilmalämpöpumppu	13
4.3	Sähkölämmitys	13
4.4	Puulämmitys	15
4.5	Aurinkokeräin.....	18
4.6	Kaukolämpö.....	19
5	Kustannukset	20
6	Päätelmät.....	22
	Lähteet.....	23

Liitteet

Liite 1 Kiinteistön pohjapiirustus

1 Johdanto

Työssä vertailtiin uudisrakennettujen pientalojen lämmitysjärjestelmiä niin energiatehokkuuden kuin myös kustannusten jakautumisen kannalta. Kustannukset jakautuvat investointeihin sekä huolto- ja ylläpitokustannuksiin. Suunnittelukustannuksia ei ole huomioitu.

Työn tavoite on toimia ohjeistuksena eri osapuolille sopivan lämmitysjärjestelmän, tai niiden yhdistelmien, valinnassa. Työssä ei oteta kantaa pelkästään energiankulutuksen minimoimiseen, vaan huomioidaan myös kustannustekijät. Monelle uudelle pientalorakentajalle investoinnit ovat kynnykskysymys. Kiinteistöön ei välttämättä haluta investoida tulevaisuuden epävarmuustekijöiden vuoksi summia, joiden takaisinmaksuaika on huomattavan pitkä, tai suuret investoinnit eivät ole taloudellisesti mahdollisia.

Toisaalta työ toimii myös suuntaa antavana dokumenttina talotekniikan suunnittelijoille ja urakoitsijoille. Pysin kirjoittamaan työn selväsanaisesti, jotta sitä voidaan tulkita suurilta osin myös ilman syvällistä tekniikan tuntemusta. Tästä syystä rakennusmääräyskokoelmissa esitettyjä kaavoja lämpöhäviöistä ja energian tarpeesta ei juurikaan esitetä.

Käytän esimerkkinä laskelmissa Pohjois-Karjalassa sijaitsevaa pinta-alaltaan 144 m²:n pientaloa, jonka eristys on toteutettu vuonna 2010 voimaan astuneiden rakennusmääräysten mukaisesti.

Työssä ei käsitellä sähköenergiantuotantoa osana talotekniikkaa. Myös jäähdytysjärjestelmät jätetään huomiotta, vaikkakin osaa järjestelmistä voidaan lämpiminä kausina käyttää myös jäähdytykseen.

2 Kiinteistön tiedot

Laskelmissa esimerkkinä käytetty kiinteistö on Pohjois-Karjalassa sijaitseva 144 m²:n kannustalo, jonka asuinneliöitten summa on 135,5 m² poislukien sauna ja tekninen tila. Laskelmissa on käytetty vuonna 2010 voimaan tulleita U-arvojen maksimeita. Käytännössä lämmönläpäisy ja sen myötä lämmitysenergian tarve on luultavasti pienempi. Energialaskelmissa tyypilliselle pientalolle lämmitysenergian tarpeeksi vuotta kohti käytetään arvoa 18 000 kWh eli noin 125 kWh/m² [1, s. 3].

Taulukossa 1 on laskettu talon lämmönläpäisykertoimet.

Taulukko 1. Kiinteistön lämmönläpäisykertoimet.

Osa	Pinta-ala/m ²	U-arvo W/(m ² K)	Lämmönläpäisy/(W/K)
Seinät	127,3	0,17	21,64
Ovet	6,7	1,00	6,70
Ikkunat	33,0	1,00	33,00
Alapohja	144,0	0,16	23,04
Yläpohja	144,0	0,09	12,96
Yhteensä:			97,34

Liitteessä 1 on esitetty talon pohjapiirustus.

3 Lämmitysenergian tarve

Lämmitys on asumisen kannalta perustarve, mutta sillä on suuri merkitys myös rakenteiden säilyvyyden kannalta. Lämmitysenergiankulutus pientalossa jakautuu kolmeen osa-alueeseen

- huonetilojen lämmitykseen
- käyttöveden lämmitykseen
- tuloilman esilämmitykseen.

Lämmityshäviöt muodostuvat rakenteiden johtumislämpöhäviöistä, rakenteiden saumojen ilmavuodosta ja ilmanvaihdosta. Johtumishäviöt ovat laskettavissa, mutta ilmavuotohäviöt ja ilmanvaihdon häviöt jouduttaisiin mittaamaan, koska ilmavirran määrä on kiinteistökohtainen.

Kiinteistön lämmöntarpeeseen vaikuttavat marginaalisesti myös lämpökuormat. Yleensä lämpökuormia ei huomioida, koska niiden vaikutus on vähäinen. Lämpökuormien arvioiminen on myös vaikeaa. Lämpökuormia ovat

- henkilöiden luovuttama lämpöenergia
- kodinkoneista kuten liedestä luovutettu lämpöenergia
- valaistuksesta vapautuva lämpöenergia
- lämmönjohtimien rakenteisiin luovuttama lämpöenergia
- auringon säteilylämpöenergia.

Suosittelun huonelämpötila oleskelutiloissa on 21 °C. Makuuhuoneissa huonelämpötila voi olla alhaisempi, jopa 18 °C. Kosteiden ja puolikosteiden tilojen, kuten kodinhoitohuoneen ja pesuhuoneen, suositeltu lämpötila on korkeampi, 23 °C. Suositeltava lämpötila kosteissa tiloissa on 25 °C:ssa kosteusvaurioitten välttämiseksi. Lämmin käyttövesi saa olla varaajassa korkeintaan 70 °C, mutta kuitenkin vähintään 65 °C. Tällä rajauksella vältetään palovammat ja pieneliöiden syntyminen. Tuloilman lämpötilan pitää olla vähintään 15 °C. Jos tähän arvoon ei päästä, lämmitetään tuloilmaa jälkilämmityspatterilla.

Oleskelutilojen ja pesutilojen lämmitys on suositeltavaa toteuttaa erillisillä lämmönjakopiireillä, sillä pesutilojen lattialämpötilaa tulee ylläpitää myös kesäaikaan kosteusteknisistä syistä. Koska kodinhoitohuoneen ja pesuhuoneen pinta-ala ei ole suuri, ei myöskään suurempia kustannuksia synny. Nyrkkisääntönä voidaan sanoa yhden celsius–asteen muutoksen vaikuttavan viisi prosenttia energiakustannuksissa suuntaan tai toiseen. [2]

Yleensä kosteitten ja puolikosteitten tilojen lämmönjakopiirissä ei olekaan automaattista säätöä, vaan pelkästään käsikäyttöinen sulkuventtiili.

Taulukossa 2 on esitetty Motivan tutkimustuloksien perusteella arvioitu energiankulutuksen jakautuminen.

Taulukko 2. Energiankulutuksen jakautuminen [2]

Huonetilojen lämmitysenergia	40–60 %
Käyttöveden lämmitys	10–25 %
Tuloilman esilämmitys	5–15 %
Huoneisto- ja kiinteistösähkö	20–30 %

Lämpimän käyttöveden kulutus bruttoneliometriä kohti asuinrakennuksessa on noin 600 dm³/a. [3, s. 27]

4 Lämmitysjärjestelmät

Lämmitysjärjestelmät jaetaan pää- ja tukilämmitysjärjestelmiin. Päälämmitysjärjestelmillä voidaan hoitaa koko kiinteistön lämmitys sekä lämpimän käyttöveden lämmitys. Usein on kuitenkin kustannustehokasta ottaa rinnalle tukilämmitysjärjestelmä, jolla voidaan pienentää energiankulutusta kylmimpinä kausina tai esimerkiksi hoitaa osa lämpimän käyttöveden lämmityksestä. Tällaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi aurinkokeräin ja ilmalämpöpumppu.

Yleisin ratkaisu päälämmitysjärjestelmänä on vesikiertoinen keskuslämmitysjärjestelmä. Vesikiertoisessa järjestelmässä lämmönlähde lämmittää sekä lämpimän käyttöveden että varsinaisen lämmitysveden, joka johdetaan yleisimmin lattiaputkistoihin. Vesikiertoinen keskuslämmitysjärjestelmä on joustava ratkaisu, koska keskuslämmityslähde voidaan vaihtaa haluttaessa, jos kiinteistö halutaan esimerkiksi liittää kaukolämpöverkkoon jälkikäteen. Pientalon LVI-urakan kustannukset vesikiertoisen lattialämmitysputkiston, jakotukkien ja muun tekniikan kanssa on arviolta 23 000 €, josta vesikiertojärjestelmän osuus ilman lämmönlähdettä on noin 7000 €. Järjestelmään kuuluvien kiertovesipumppujen nimellisteho on niin pieni, ettei niitä huomioida energialaskennassa. [4]

Vesikiertoinen järjestelmä toteutetaan yleensä suorana lämmitysjärjestelmänä, koska kiertoveden lämpötila ei ole niin korkea, että lattiapinta lämpiäisi liikaa. Toinen yleinen päälämmitysjärjestelmä on suora tai varaava sähkölämmitys. Suorassa sähkölämmityksessä käytetään joko huonekohtaisia lämpöpattereita, joissa on yksikkökohtaiset termostaatit, tai betonilaatan alle asennetaan lämmityskaapelit. Varaava sähkölämmitys asennetaan lähestulkoon aina lattialämmityksenä. Molemmissa tapauksissa lämpimän käyttöveden lämmitys joudutaan hoitamaan erillisellä yksiköllä, käyttövesivaraajalla.

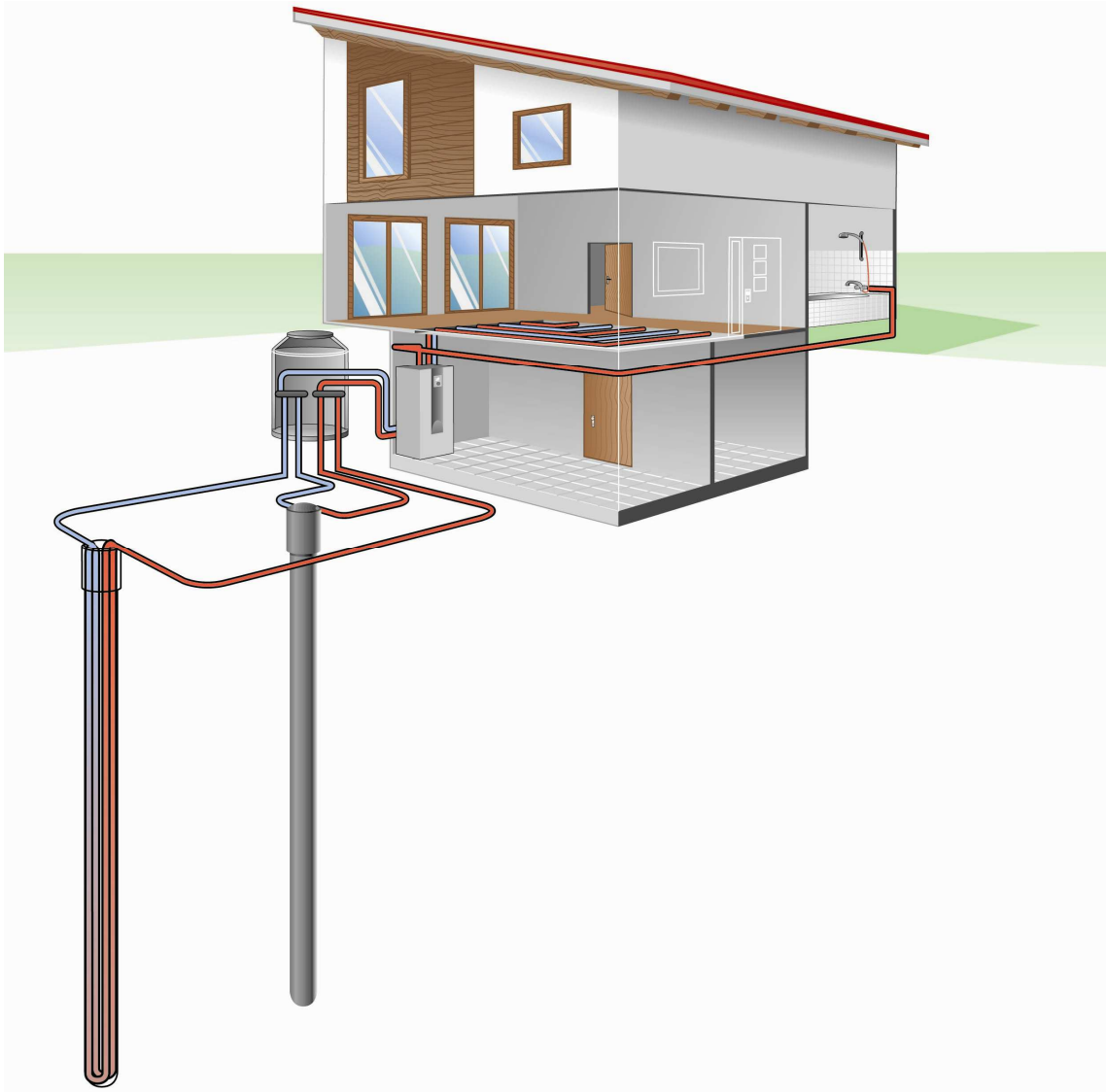
4.1 Maalämpöpumppu

Käytän esimerkkinä Lämpöässä mallia Vs 10.0, joka on tarkoitettu 140–240 m²:n pientalojen lämmitykseen. Lämpöpumput tekevät tehokkaimmin työtä suurella kuormituksella, joten monesti suositellaankin lämpöpumpun mitoittamista 60–80 %:n huippukulutuksen mukaan. Tällöin joudutaan kuitenkin huippukausina käyttämään rinnalla toista lämmitysjärjestelmää.

Maalämpöpumpulla lämmitysenergia siirretään lämmönkeruuliuksen välityksellä porakaivosta, maaperästä tai vesistöistä. Lämpöpumppu koostuu kompressorista, lämmönvaihtimesta, lämminvesivaraajasta ja kylmäainepiiristä. Lämmönkeruuliuos on tavallisesti 70-prosenttista vesi-glykoliseosta, joka ei sekoitu kiinteistön sisällä kiertävään veteen. Lämmin käyttövesi jälkitulistetaan, jolloin erillistä sähkövastusta ei tarvita käyttöveden lämmittämiseen.

Lämmönkeruuliuos siirtää lämpöenergian höyrystimeen, jossa lämpöenergia siirtyy kylmäaineeseen. Kylmäaine alkaa kiehua höyrystimessä ja kaasuuntuu, minkä jälkeen kompressori kasvattaa painetta, jolloin kylmäaineen lämpötila kasvaa. Lauhduksessa kaasu jäähtyy, siirtää lämpöenergian lämmitysveteen ja nesteytyy. Lopuksi paisuntaventtiili tasaa paineen ja prosessi alkaa alusta [7, s. 315].

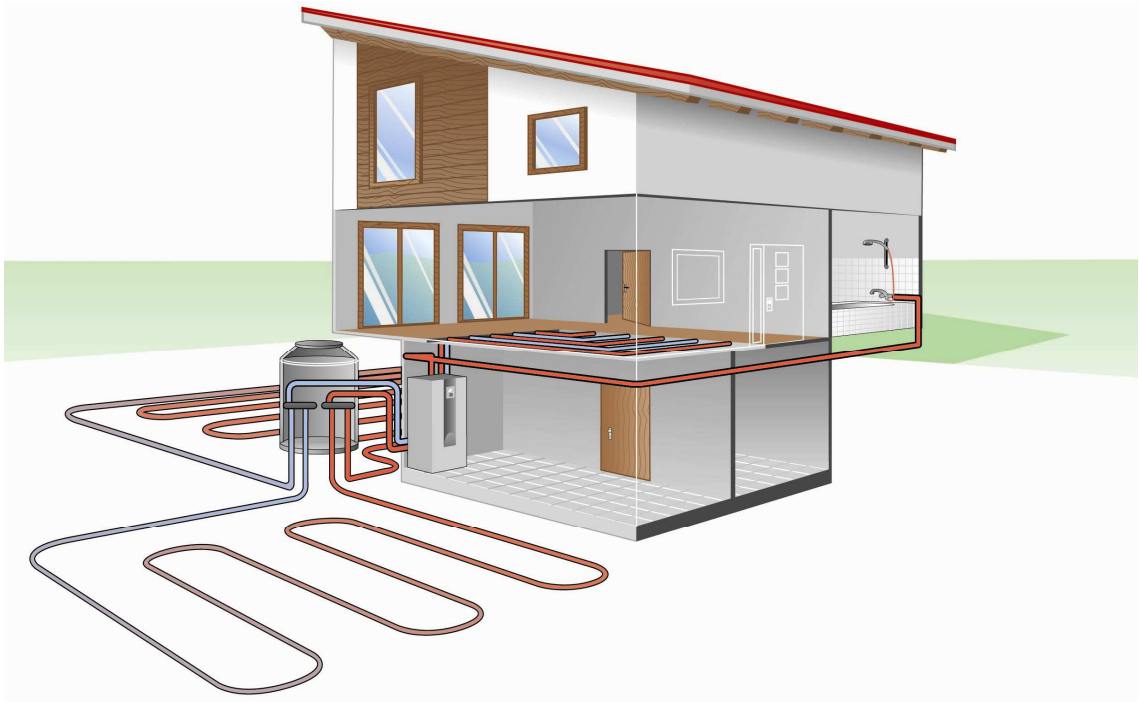
Porakaivon syvyys on useimmiten 100 - 150 metriä ja porauskustannukset ovat karkeasti yhtä suuret kuin itse lämpöpumpun hinta, mutta porakaivo on silti yleisin lämmönkeruumuoto. Mitä syvemältä lämpöä kerätään, sitä parempi on järjestelmän hyötysuhde.



Kuva 1. Maalämmön keruu porakaivosta.

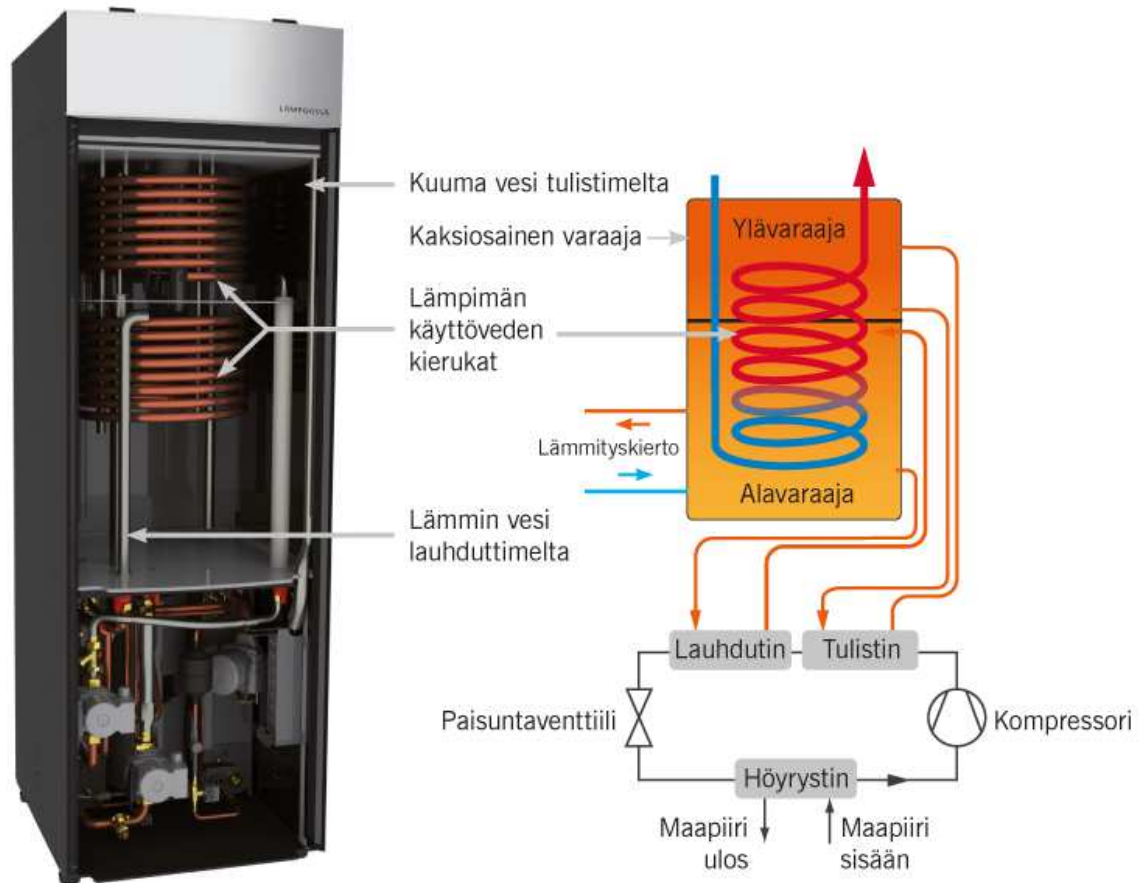
Jos lämpö haluttaisiin kerätä vesistöistä, pitäisi kiinteistön sijaita lähellä rantaviivaa, sillä muutoin putkien pituus kasvaisi liian suureksi.

Lämpö voidaan kerätä myös vaakasuoraan maaperään asennettavilla putkistoilla, mutta tämä ratkaisu vaatii huomattavan ison tontin. Lämmönkeruuputkisto asennetaan maaperästä riippuen 0,6 – 1,2 metrin syvyyteen. [7, s. 319]



Kuva 2. Maalämmön keruu maaperästä.

Lämpökerroin ilmaisee, paljonko lämpöpumppu luovuttaa lämmitysenergiaa verrattuna sähkönkulutukseen. Lämpökertoimella tarkoitetaan siis käytännössä lämpöpumpun hyötysuhdetta. Maalämpöpumpun lämpökertoimeksi ilmoitetaan usein neljä, mutta todellisuudessa se on kuitenkin lähempänä kolmea [6]



Kuva 3. Maalämpöpumpun toimintaperiaate.

Vaikka maalämpöpumppu ei eroakaan ulkonäöltään muista kodinkoneista, on se silti suositeltavaa asentaa erilliseen teknilliseen tilaan. Suunnitteluvaiheessa tuleekin varmistaa, että teknisen tilan koko on riittävän suuri.

Vartenotettavaa on huomioida maalämpöpumpun suuri käynnistysvirta. Esimerkkinä käytetyssä pumpussa käynnistysvirta on 32 A. Keskikokoisen omakotitalon pääsulakkeitten koko on yleisesti 3x25 A. Kylmimpinä kausina sähkökatkon jälkeen virtapiikki koko kiinteistön kojekuorma huomioon ottaen voi olla huomattava. Lämpöpumpuissa on yleensä vakiovarusteena pehmokäynnistin, mutta myös vaihekohtainen kuormitusvahti on hyvä ostaa lisävarusteena [6].

Maalämpöpumppujärjestelmän kokonaiskustannukset ovat noin 15 000 €, sisältäen pumpun, asennuskustannukset sekä porauksen. Tähän summaan ei kuitenkaan ole laskettu kiinteistöön asennettavaa vesikiertoista järjestelmää [5].

Kustannukset jakautuvat seuraavasti

- maalämpöpumppu 45 %
- poraus 45 %
- asennus 10 %

[6]

4.2 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu toimii samalla periaatteella kuin maalämpöpumppu, paitsi että siinä lämpöenergia otetaan ulkoilmasta. Järjestelmä muodostuu ulko- ja sisäyksiköstä. Ilmalämpöpumppu soveltuu takan tavoin vain tukilämmitysjärjestelmäksi, koska sisäyksiköstä ei voida järkevästi jakaa lämpöenergiaa useaan huoneeseen. Toisaalta kesäisin ilmalämpöpumppua voidaan haluttaessa käyttää jäähdyttämiseen, joten sisäyksikön sijoittaminen esimerkiksi olohuoneeseen on järkevintä.

Ilmalämpöpumpun teho riippuu ulkoilman lämpötilasta, ja sen hyötysuhde laskee merkittävästi, kun lämpötila tippuu alle -10 °C . Myöskään tästä syystä ilmalämpöpumppu ei sovellu päälämmitysjärjestelmäksi.

Käytän esimerkkinä Mitsubishi MSZ-GE25VAH –pumppua, jonka hinta perusasennettuna on 1650 €. Pumpun nimellislämmitysteho on 3,2 kW, ottoteho 0,7 kW ja lämpökerroin parhaimmillaan 4,57 [8].

4.3 Sähkölämmitys

Sähkölämmityksellä on monia hyviä ja vain harvoja huonoja puolia. Suora sähkölämmitys on investointikustannuksiltaan halvin päälämmitysjärjestelmä, minkä takia se houkuttaaakin monia rakennuttajia. Tilan tarve on pieni, ainoastaan erillinen lämminvesivaraaja tarvitaan, ja pattereiden asennuskustannukset ovat pienet kun asennus hoidetaan muun sähköurakan

yhteydessä. Suora sähkölämmitysjärjestelmä ei kuitenkaan ole joustava, sillä sitä ei voida muuntaa myöhemmin energia- tai kustannustehokkaamaksi järjestelmäksi kuten vesikiertoiset järjestelmät. Toisena haittapuolena on käyttökustannus eli sähkön hinta.

Ellei suoraa sähkölämmitystä asenneta lattialämmityksenä, yleisimmin käytetään termostaattiohjattuja öljykiertoisia pattereita jotka asennetaan ikkunoiden alle. Näin erillistä lämmityksen säätöä ei tarvita. Öljykiertoinen patteri toimii kuten vesikiertoinen patteri ja jakaa lämpöä tasaisemmin kuin vanha sähkövastuksilla varustettu peltipatteri [7, s. 313].



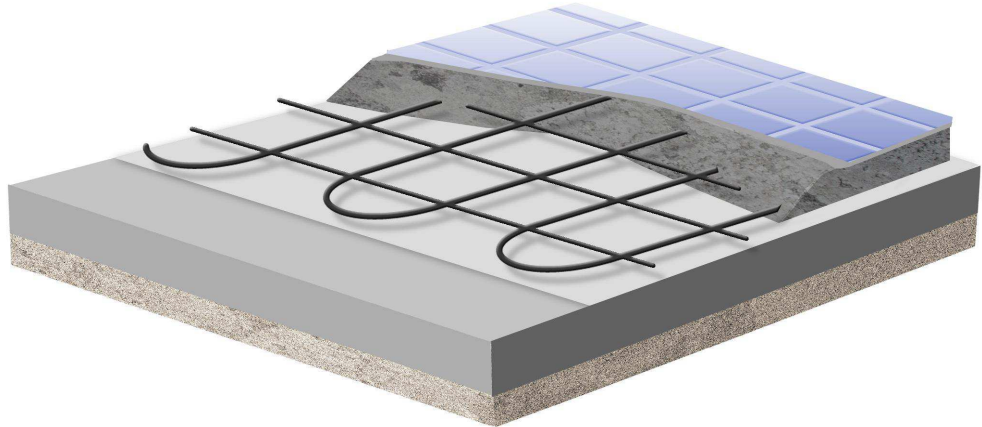
Kuva 4. Öljykiertoinen sähköpattereri.

Suora sähkölämmitys voidaan asentaa myös lattijärjestelmänä. Tällöin lämpökaapelit asennetaan lattiaan betonilaatan alle. Tämä rajoittaa kuitenkin lattiamateriaalin valintaa, sillä pintamateriaalin pitää olla hyvin lämpöä johtava, kuten esimerkiksi keraaminen laatta.

Varaava sähkölämmitysjärjestelmä asennetaan kuten suora sähkölämmitys lattijärjestelmänä, mutta niiden erona ovat betonilaatan paksuus ja pintamateriaali. Suorassa sähkölämmityksessä laatan paksuus on noin 30 – 50 mm, varaavassa noin 50 – 80 mm. Varaavassa järjestelmässä pintamateriaalin tulisi olla hyvin eristävä, esimerkiksi parketti, ettei lattian lämpötila nouse liian korkeaksi. Hyvin eristävä pintamateriaali myöskin luovuttaa lämpöä hitaammin [9, s. 62].

40 mm pintabetonilaatan rakennuskustannukset ovat 13,13 €/m², 80 mm pintabetonilaatan taas 21,39 €/m². Rakennuskustannukset ovat siis varaavassa

järjestelmässä jo 38 % korkeammat, mikä tarkoittaa esimerkkikiinteistössä noin 1000 € lisäinvestointia verrattuna suoraan sähkölämmitykseen [10, s. 44].



Kuva 5. Lattialämmityskaapeli asennettuna raudoitukseen.

Varaavassa sähkölämmityksessä betonilaatta lämmitetään yöaikaan huokeammalla yösähköllä. Varaavan sähkölämmityksen suosiota on kuitenkin heikentänyt päivä- ja yösähkön hintaeron supistuminen. Vuoden 2013 kevätpuolella hintaero vaihteli 10 ja 30 prosentin välillä [11].

Vuonna 2013 140 m² omakotitalon sähköurakan kokonaiskustannukset ovat noin 25 000 €, jos taloon tulee sähkölämmitys. Sähkölämmityksen osuus tästä on karkeasti 25 % eli noin 6000 €. Neliometriä kohti tämä tarkoittaa 173 €/m² [4].

4.4 Puulämmitys

Puulämmitystä voidaan käyttää sekä tuki- että päälämmitysjärjestelmänä. Päälämmitysjärjestelmänä käytetään puukattilaa, josta lämmitysenergia varastoidaan yhteen tai useampaan lämminvesivaraajaan

lämmönsiirtoelementin välityksellä. Energia saadaan haloista, hakkeesta tai puupelleteistä. Kattila sopii toki myös tukilämmitysjärjestelmä sähkölämmityksen rinnalle. Perinteisempi tukilämmitysjärjestelmä on takka. Puun lämpöarvo vaihtelee lajista riippuen 4,15:n ja 4,00 kWh/kg:n välillä. Koivu on puulajeista tihein, joten sen lämpöarvo on suurin. Lämpöarvo lasketaan pinokuutiometreinä (p-m³).

Taulukko 2. Puulajien lämpömäärät [11].

Puulaji	Lämpömäärä kWh/kg	Lämpöarvo, kWh/ p-m ³
Koivu	4,15	1700
Mänty	4,15	1360
Kuusi	4,10	1320
Leppä	4,05	1230
Haapa	4,00	1330

Pinokuution hinta vaihtelee 70: ja 85 euron välillä riippuen puulajista. Vuodessa pientalon lämmitys pelkällä puulla kuluttaa 15 - 20 pinokuutiometriä.

Puupellettien etu on pienemmässä varastotilan tarpeessa. Hyvin säilytetyissä pelleteissä ei myöskään ole jäännöskosteutta jota haloissa saattaa olla, joten kilo kohti saatu lämpömäärä on suurempi, jopa 4,80 kWh/kg, koska polttoprosessin alussa energiaa ei kulu kosteuden haihduttamiseen. Pellettejä käytetään pääasiassa pellettikattiloissa, mutta niitä on mahdollista käyttää myös takoissa ja puukattiloissa, jos tulipesän arinasta on tehty tiheämpi. Tämän voi kotikonsteinkin toteuttaa asettamalla kaksi arinaa päällekkäin 90 asteen kulmaan. Kokonaispolttoaika on näin ollen noin kolme tuntia kymmenellä kilolla pellettiä.

Takka on ollut perinteisin pää- ja tukilämmitysjärjestelmä Suomessa. Nykyisin takkoja käytetään pääasiassa tukilämmitysjärjestelmänä, koska lämpöä ei saada yhdellä takalla jakautumaan tasaisesti koko rakennukseen väliseinien ja huonejärjestelyjen takia. Perinteinen takka riittää myös kattamaan vain 50 – 90 m² pinta-alan.

Takka on ehdottomasti halvin tukilämmitysjärjestelmä, jos puun saa ilmaiseksi omasta metsästä eikä omalle työlle laske hintaa. Lähes jokaisesta uudesta omakotitalosta löytyy takka, koska se on turvallisin varalämmitysjärjestelmä sähkökatkon sattuessa. Yleensä takka halutaan olohuoneeseen myös sisustuselementiksi.

Varaava takka sopii erinomaisesti tukilämmitysjärjestelmäksi sähkölämmityksen rinnalle. Varaavan takka hyötysuhde voi olla jopa 85 % [13].

Pientaloon soveltuvan takan kokonaiskustannukset ovat noin 5000 €, jos savupiipun muurausta ei huomioida. Kustannukset jakautuvat karkeasti arvioituna seuraavasti

- asennus 10 %
- kuljetus 5 %
- lämmönlähde 85 %.

Puukattilat jaetaan kolmeen tyyppiin: yläpalo-, alapalo- ja käänteispalokattila. Yläpalokattila on hyötysuhteeltaan huonoin. Siinä poltto tapahtuu samalla tavalla kuin avotulella, joten polttoaineen lisääminen heikentää palamisprosessia. Tämän lisäksi on olemassa stoker-kattiloita, joissa on erillinen ruuvisyötin polttoaineelle eli yleensä hakkeelle tai pelletille. Toimintaperiaate on sama kuin yläpalokattilassa, mutta koska polttoainetta syötetään hallitusti pienissä erissä on palamisprosessi tehokkaampi.

Alapalo- ja käänteispalokattilassa savukaasut johdetaan tulesta alaspäin, ja palaminen tapahtuu joko polttoaineen alaosassa tai syöttöluukusta vastaisella puolella. Kattiloihin puuta voidaan laittaa kerralla niin paljon kuin pesään mahtuu, ja koska vain alin kerros osallistuu palamisprosessiin kerralla, häviöitä syntyy vähemmän.

40 kW:n alapalokattilan hinta on noin 2500 €. Asennuksineen ja eristyksineen kokonaiskustannukseksi muodostuu noin 5000 €.

40 kW:n käänteispalokattilan hinta on korkeampi, noin 3500 euroa.

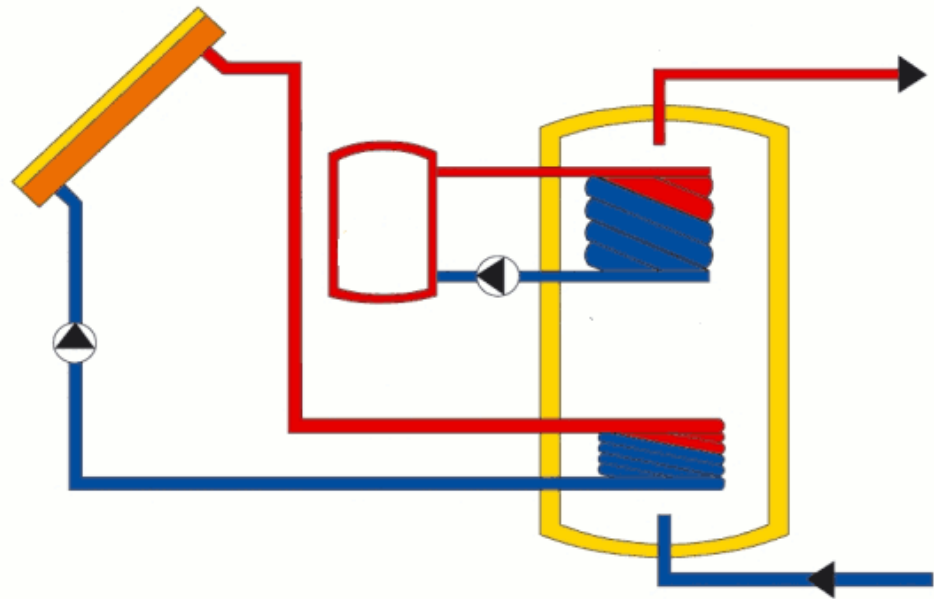
Suosittelun varajaan tilavuus 40 kW puukattilalle on 1500–3000 litraa. 1500 litran kokonaistilavuus riittää alle 200 m²:n pientalon lämmitykseen. Tällöin vesivaraaja tulee olla kaksi, joista toisessa on myös sähkövastus, jotta lämmintä käyttövedettä on saatavilla myös, kun kattilassa ei polteta puuta. Puukattilan hyötysuhde on noin 75 %.

Sekapuulla lämmitettäessä saadaan lämpöarvoksi 1330 kWh/p-m³. Näin ollen, jotta 18 000 kWh saavutettaisiin pitää puuta polttaa 18 pinokuutiometriä, jos kattilan hyötysuhde arvioidaan 75 prosenttiin. Käyttökustannuksiksi muodostuu täten 1260 €/a [14].

4.5 Aurinkokeräin

Aurinkokeräin soveltuu hyvin tukilämmitysjärjestelmäksi esimerkiksi sähkölämmityksen rinnalle. Tällöin osa lämpimän käyttöveden lämmityksestä hoidetaan aurinkokeräimellä. Keräimen hyötysuhde on investoinneista riippuen 30–50 %, ja Pohjois-Karjalassa aurinkoenergia neliötä kohti vaakasuoralle pinnalle on yhteensä 839 kWh/m² vuodessa. Aurinkokeräimet asennetaan yleensä noin 45 asteen kulmaan, joten tarkan säteilyenergian laskeminen on hankalaa, mutta karkeasti voidaan arvioida saadun lämmitysenergian olevan 200–350 kWh/m²/a [7, s. 323].

Kuten lämpöpumpuissa, myös aurinkokeräimessä käytetään lämmönkeruuliuksena vesi-glykoliseosta, jottei liuosta tarvitse vaihtaa talven varalle. Lämpö siirretään keräimestä lämmönvaihtimen kautta lämminvesivaraajan alaosaan (Kuva 6).



Kuva 6. Aurinkokeräimen toimintaperiaate.

Aurinkokeräin ilman asennuksia maksaa noin 425–600 €/m². Asennuskustannukset ovat arviolta 50 % laitteiston kustannuksista [3, s. 59]

4.6 Kaukolämpö

Kaukolämpöjärjestelmässä ostetaan suoraan lämpöä sähkön sijasta.

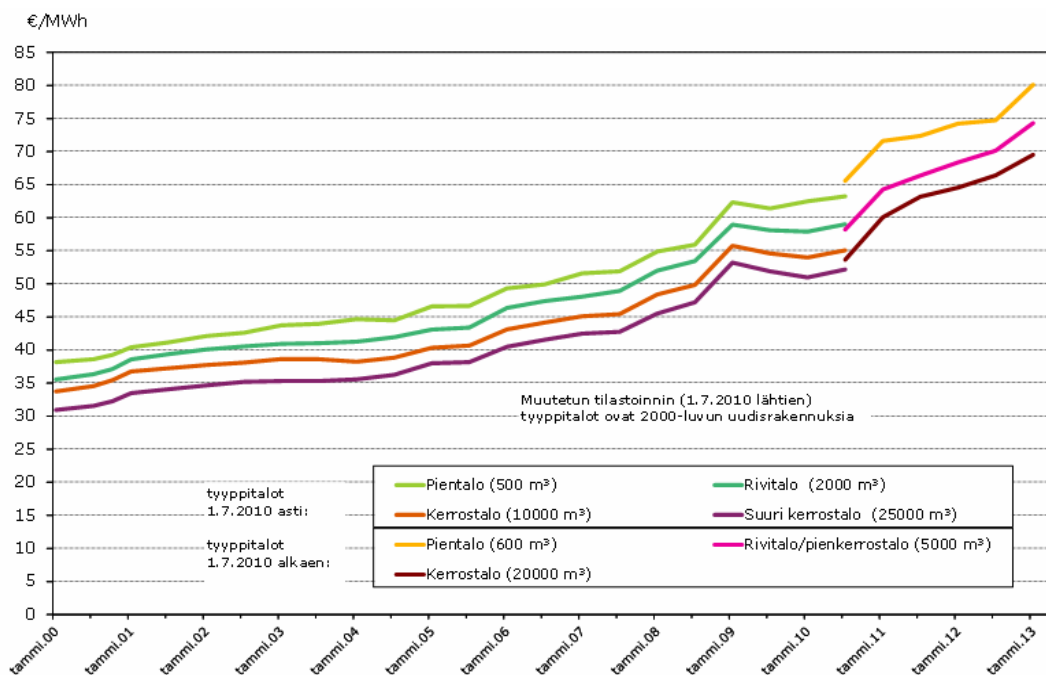
Kaukolämpöjärjestelmä eroaa muista vesikiertoisista lämmitysjärjestelmistä siinä, ettei talossa ole erillistä lämminvesivaraajaa, vaan sekä lämmitysveden että lämpimän käyttöveden tarvitsema energia siirretään talon putkistoon lämmönvaihtimen kautta. Kaukolämpölaitokselta tuotu vesi voi olla myös värjättyä, jolloin lämmönvaihtimen vuodot todetaan heti.

Kaukolämmön kustannukset koostuvat kaukolämpöverkon liittymismaksusta, lämmönvaihtimesta asennuksineen, perusmaksusta ja lämpöenergiasta. Lämpöenergia maksaa noin 8 senttiä/kWh. Kaukolämpöenergia on siis noin 30 % sähköenergiaa halvempaa. Liittymismaksu vaihtelee rajusti kunnasta riippuen, hintahaitari voi olla jopa 8 000 €. Fortum Power and Heat Oy:n

liittymismaksu Joensuussa on 5 800 €. Perusmaksu vaihtelee 200:n ja 350 euron välillä vuotta kohden.

Huomioitavaa on, että jotkin kunnat vaativat talon liittämistä kaukolämpöverkkoon, jos alueelle on etukäteen rakennettu jakeluverkosto [1, s.1].

Kuvassa 7 on esitetty kaukolämpöenergian hintakehitys vuosilta 2000–2013.



Kuva 7. Kaukolämmön hintakehitys 2000–2013.

5 Kustannukset

Tässä luvussa käydään läpi eri lämmitysjärjestelmien ja niiden yhdistelmien kokonaiskustannukset. Kaavioissa on oletettu järjestelmien olevan hankittu asuntolainalla, jolloin alkuinvestointia lyhennetään tietyllä summalla joka vuosi. Lyhennyssumma ei kuitenkaan vaikuta merkittävästi siihen, missä ajassa jokin järjestelmä tulee toista edullisemmaksi, koska lainan korot ovat alhaiset. Laskelmissa lyhennyksen on oletettu olevan 1000 €/a. Päiväsähkön hinnaksi on arvioitu 11 snt/kWh ja yönsähkön hinnaksi 9 snt/kWh sisältäen siirtomaksun ja arvonnlisäveron 24 %.

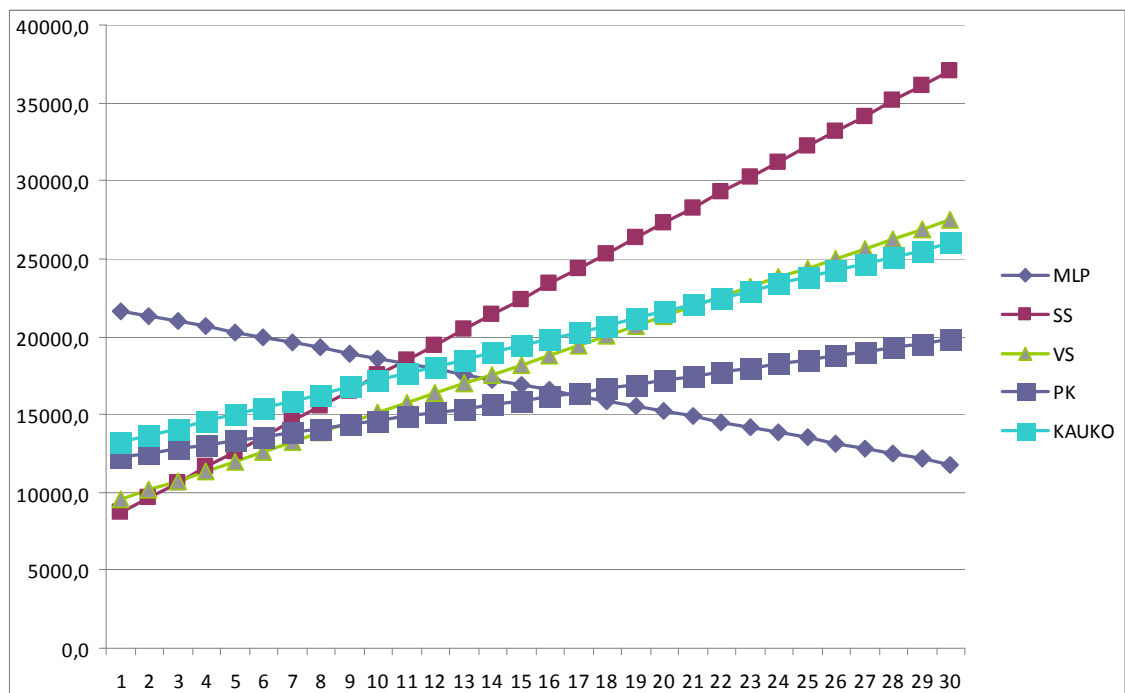
Taulukossa 3 on esitetty eri lämmitysjärjestelmien arviokustannukset. Kustannukset on jaettu lämmönlähteen investointiin, rakennuskustannuksiin sekä vuotuisiin käyttökustannuksiin.

Taulukko 3. Laskelmissa käytetyt kustannukset

Lämmitys- järjestelmä	Lämmönlähde (€)	Rakennus- kustannus (€)	Energiankulutus (kWh/a)	Hyötysuhde (keskiarvo)	Käyttö- kustannus (€/a)
MLP	15000	7000	6000	3	660
SS	6000	1770	18000	1	1980
VS	6000	2890	18000	1	1620
KAUKO	5800	7000	18000	x	1440
PK	5000	7000	24000	0,75	1260
AK	2000	0	0	x	x
ILP	1650	0	3000	2	330

MLP = Maalämpöpumppu, SS = Suorasähkölämmitys, VS = Varaava sähkölämmitys, PK = Puukattila, AK = Aurinkokeräin, ILP = Ilmalämpöpumppu.

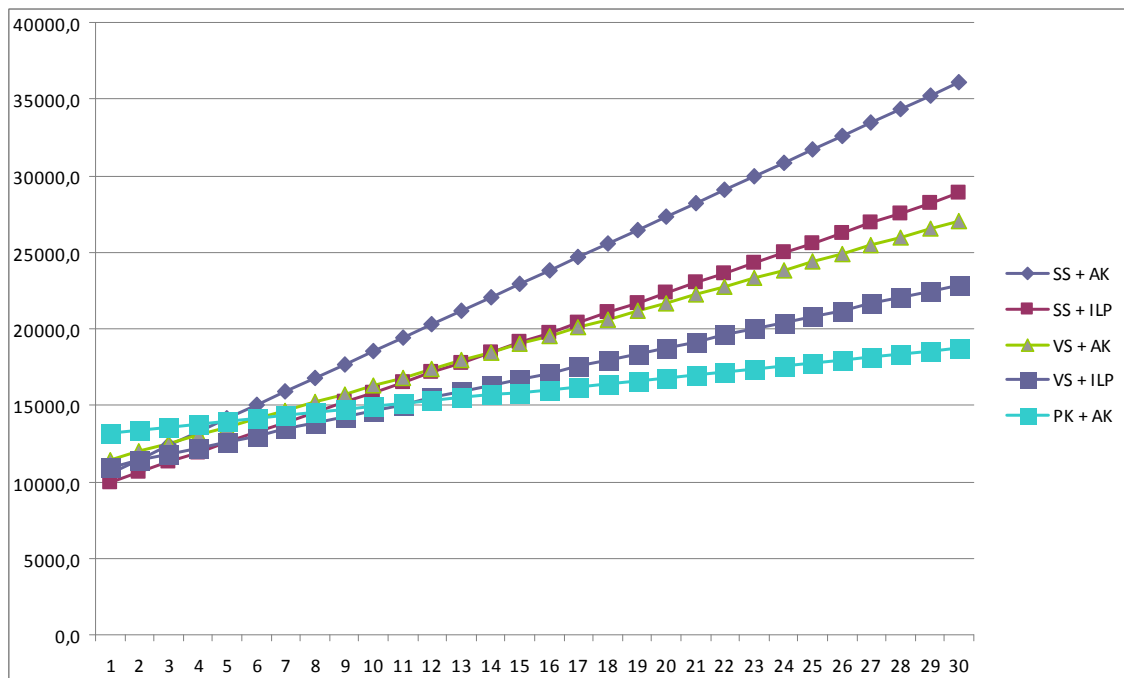
Kuvassa 8 on esitetty päälämmitysjärjestelmien kustannukset 30 vuoden aikajaksolla.



MLP = Maalämpöpumppu, SS = Suorasähkölämmitys, VS = Varaava sähkölämmitys, PK = Puukattila.

Kuva 8. Päälämmitysjärjestelmien kustannukset.

Kuvassa 9 on esitetty hybridilämmitysjärjestelmien kustannukset 30 vuoden aikajaksolla.



MLP = Maalämpöpumppu, SS = Suorasähkölämmitys, VS = Varaava sähkölämmitys, PK = Puukattila, AK = Aurinkokeräin, ILP = Ilmalämpöpumppu.

Kuva 9. Hybridilämmitysjärjestelmien kustannukset.

6 Päätelmät

Kuten kuvaajista nähdään, maalämpöpumppu on investoinneiltaan kallein lämmitysjärjestelmä, mutta se myös maksaa itsensä takaisin nopeiten verrattuna muihin lämmitysjärjestelmiin. Ilmalämpöpumppu on ehdottomasti tehokkain tukilämmitysmuoto sähkölämmityksen rinnalle.

Haastavinta opinnäytetyön teossa oli löytää hintatietoja eri lämmitysjärjestelmistä ja niiden perustamiskustannuksista. Lopuksi haluaisin kiittää seuraavia yhteistyökumppaneita

Suunnittelija Pekka Kukkonen, Insinööritoimisto Jormakka Oy

Myyntijohtaja Petrus Monni, Gebwell Oy

Jukka Tommila, Kolikivi Ky.

Lähteet

1. Kaukolämmön hinnankehitys 2000–2013
<http://energia.fi/sites/default/files/hinta_010113.pdf>
2. Rakennusmääräyskokoelma, osa C3
<http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf>
3. Motiva, Sisälämpötila
<http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/nain_saastat_energiaa/lampo/sis_alampotila>
4. Rakennusmääräyskokoelma, osa D5
<<http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf>>
5. Pekka Kukkonen, Suunnittelija, Insinööritoimisto Jormakka Oy, 02.05.2013.
6. Petrus Monni, Myyntijohtaja, Gebwell Oy, 03.05.2013.
7. Hermgren, P; Wannfors, H. 2003. Pientalon käsikirja. Helsinki. Tammi.
8. Lämpöässä, Lämpöässä Vs 10.0 käyttöohje
<http://www.lampoassa.fi/sites/lampoassa.fi/files/kayttoohje_vs.pdf>
9. Sähköasennuspalvelu Siilaberg Oy
<<http://sahkoasennuspalvelu.fi/mitsubishi-ilmalampopumput-hinnasto>>
10. Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto. 1998. Sähkölämmitysasennukset. Espoo. Sähköinfo Oy.
11. Rakennustieto Oy. Rakennusosien kustannuksia 2012. Helsinki. Rakennustieto Oy.
12. Toteutuneet sähkön hinnat Vuosi 2013
<<http://www.fortum.com/countries/fi/yksityisasiakkaat/sahkosopimus/fortum-tarkka/tarkan-hintakehitys/y%C3%B6s%C3%A4hk%C3%B6/pages/default.aspx>>
13. Puun lämpöarvo
<<http://www.motti.fi/index.php?osio=Polttopuut&sivu=Energiasis%E4lt%F6>>
14. Tukilämmitysjärjestelmät
<http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/tukilammitysjarjestelmat>
15. Jukka Tommila, Kolikivi Ky, 02.05.2013.

