

Joni Toppinen

LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN VERTAILU PIENTALOSSA

LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN VERTAILU PIENTALOSSA

Joni Toppinen
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Joni Toppinen
Opinnäytetyön nimi: Lämmitysjärjestelmien vertailu pientalossa
Työn ohjaaja: Mikko Niskala
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2016 Sivumäärä: 33 + 12 liitettä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä vertailu pientaloissa usein käytettävistä lämmitysjärjestelmistä ja niiden kustannuksista. Kaikkien järjestelmien kulutuksen laskemisessa käytettiin nykyarvomenettelyä, jolla saadaan laskettua todellinen arvo tulevaisuudessa tietyllä aikavälillä. Laskenta-aikana vertailussa käytettiin 20:tä vuotta.

Kohteeseen mitoitettiin ja suunniteltiin lattialämmitysjärjestelmä CADS-suunnitteluohjelmalla. Lämmitysjärjestelmille laskettiin niiden investointikulut käyttäen LVI-Dahlin sekä Areva Solarin ja taloon.com sivuston hinnastoja. Käyttökulut laskettiin käyttämällä Motivan sivuilla olevaa pientalon lämmitystapojen vertailulaskuria.

Edullisimmat järjestelmät vertailussa käyttökustannuksiltaan olivat maalämpö ja ulkoilma-vesilämpöpumppu yhdistettynä tulisijaan tukilämpönä. Kolmanneksi edullisin vaihtoehto oli poistoilmalämpöpumppu myös yhdistettynä tulisijaan tukilämmitysmuotona. Maalämmön käyttökulut olivat selkeästi edullisimmat, ja kahdella seuraavalla kulut olivat käytännössä samat laskenta-ajan jälkeen. Maalämmön alkuinvestointi on suurempi kuin ulkoilma-vesilämpöpumpulla tai poistoilmalämpöpumpulla, mutta käyttökustannukset ovat edullisemmat paremman hyötysuhteen ansiosta. Suora sähkölämmitys yhdistettynä ilmalämpöpumppuun ja tulisijaan tukilämmitysmuotoina oli kokonaiskustannuksiltaan myös varteenotettava vaihtoehto, alhaisemman investointikustannuksen ansiosta.

Sähkölämmitys oli käyttökustannuksiltaan kallein vaihtoehto vertailussa. Suoran sähkölämmityksen alkuinvestointi on kaikista pienin, mutta käyttökulut olivat vertailussa olleista järjestelmistä toiseksi suurimmat.

Tästä opinnäytetyöstä on hyötyä myös muihin vastaaviin pientalokohteisiin joissa pohditaan lämmitysjärjestelmän uusimista tai vaihtamista erilaiseen.

Asiasanat: lämmitysjärjestelmä, investointi, saneeraus

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 KOHDE	7
2.1 Talon rakenteet	7
2.2 Saneerauksessa tehtävät muutokset	7
3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT	8
3.1 Suora sähkölämmitys	8
3.2 Sähkövaraaja ja -kattila	8
3.3 Maalämpö	9
3.4 Ilma-vesilämmitys	12
3.5 Poistoilmalämpöpumppu	13
3.6 Muita lämmitysjärjestelmiä tukevat lämmitysmuodot	14
3.6.1 Puulämmitys	14
3.6.2 Aurinkolämmitys	15
3.6.3 Ilmalämpöpumppu	16
4 LÄMMÖNJAKO	17
4.1 Vesikeskuslämmitys	17
4.2 Huonekohtainen sähkölämmitys	18
4.3 Ilmakiertoinen lämmönjako	18
5 LÄMMITYSENERGIAN HINTA	20
5.1 Energian tarve	20
5.2 Energialähteet	20
5.3 Energian hinta	20
6 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN KUSTANNUKSET	21
6.1 Käyttökustannusten vertailu	21
6.2 Investointien vertailu	23
6.3 Kokonaishintojen vertailu	24
6.4 Valinta	28
7 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	30

1 JOHDANTO

Asumisen kulut kasvavat vuosittain, minkä vuoksi säästöjä etsitään monista asioista. Säästöjä haetaan usein asuinrakennuksen lämmityskuluista koska se on suurin yksittäinen energiakulu ja siihen on kohtalaisen helppo vaikuttaa.

Työn lähtökohtana oli tutkia ja vertailla eri lämmitystapoja Siikajoen kunnassa haja-asutusalueella sijaitsevaan 1920-luvulla rakennettuun hirsirunkoiseen pientaloon. Työn tilaajana ovat omat vanhempani. Työn tavoitteena oli löytää kustannustehokkain lämmitystapa niin investoinneilta kuin käyttökustannuksiltaan-kin.

Tämän työn tarkoituksena on esitellä erilaisia lämmitysmuotoja, tuoda esille niistä tarkempia tietoja sekä vertailla lämmitysjärjestelmien käyttö- sekä investointikustannuksia.

Vertailussa käytetään samaa oletusarvoa lämmitysenergialle vuosittain, jolloin pystytään vertailemaan pelkkiä lämmitysjärjestelmien kustannuksia, ottamatta huomioon nykyisessä energialaskennassa mukaan tulevia kertoimia. Näin ollen saadaan puolueeton hinta-arvio jokaiselle lämmitysjärjestelmälle.

2 KOHDE

Kohde on 1920-luvulla rakennettu hirsirunkoinen pientalo jossa on 150 mm:n paksuinen lisäeristys. Talo sijaitsee Siikajoella, Pohjois-Pohjanmaalla. Rakennuksen lämmitettävä pinta-ala on noin 42 m² ja lämmitettävä tilavuus 105 m³.

Rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto. Rakennuksen päälämmitysjärjestelmä on ollut suora sähkölämmitys. Käyttövesi on tuotettu sähköllä toimivalta lämminvesivaraajalla. Päälämmitysjärjestelmää on tukemassa tiilestä muurattu, varaava leivinuuni.

2.1 Talon rakenteet

Talon ulkoseinän rakenteena on ulkovuoraus, hirsi 100 mm, mineraalivilla 150 mm ja kipsilevy 9 mm. Rakenteen U-arvo on 0,27 W/m²K. Alapohjana on rossipohjan päälle valettu 80 mm paksu teräsbetonilaatta, jossa eristeenä on 100 mm:n mineraalivilla. Sisäalueen U-arvo on 0,18 W/m²K ja reuna-alueen U-arvo on 0,33 W/m²K. Näin ollen rakenteen painotetuksi U-arvoksi tulee 0,26 W/m²K. Yläpohjan rakenteena on lautapaneeli ja koolaus, tiivistyspaperi, niskat, mineraalivilla 300 mm. Rakenteen U-arvo on 0,18 W/m²K. Vesikate on huopapintainen harjakatto. Rakennuksessa on 2-lasiset ikkunat, joiden pinta-ala on 11 m². Ikkunoiden U-arvo on 2,46 W/m²K. Laskelmat U-arvoista tehtiin hyödyntäen Microsoftin Excel-ohjelmistoa. Kaavat U-arvon laskentaan löytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta C4.

2.2 Saneerauksessa tehtävät muutokset

Kohteeseen on suunniteltu täyttä remonttia, jossa uusitaan kaikki lattiat, keittiökalusteet, vesikatto, viemärintijärjestelmä sekä käyttövesi- ja lämmitysjärjestelmä.

3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

3.1 Suora sähkölämmitys

Suoraksi sähkölämmitykseksi kutsuttu sähköpatteri-, lattia- tai kattolämmitys taikka jokin näiden yhdistelmä sopii parhaiten uusiin, hyvin lämpöeristettyihin pientaloihin. Nämä varustetaan yleensä lisäksi sekä häviölämmön talteenotolla että tulisijalla. Suora sähkölämmitys on varsin yleinen vapaa-ajan asunnoissa, jotka ovat käytössä vain osan vuotta. Myös puulämmityksen täydentäjänä suora sähkölämmitys on erinomainen. (1.)

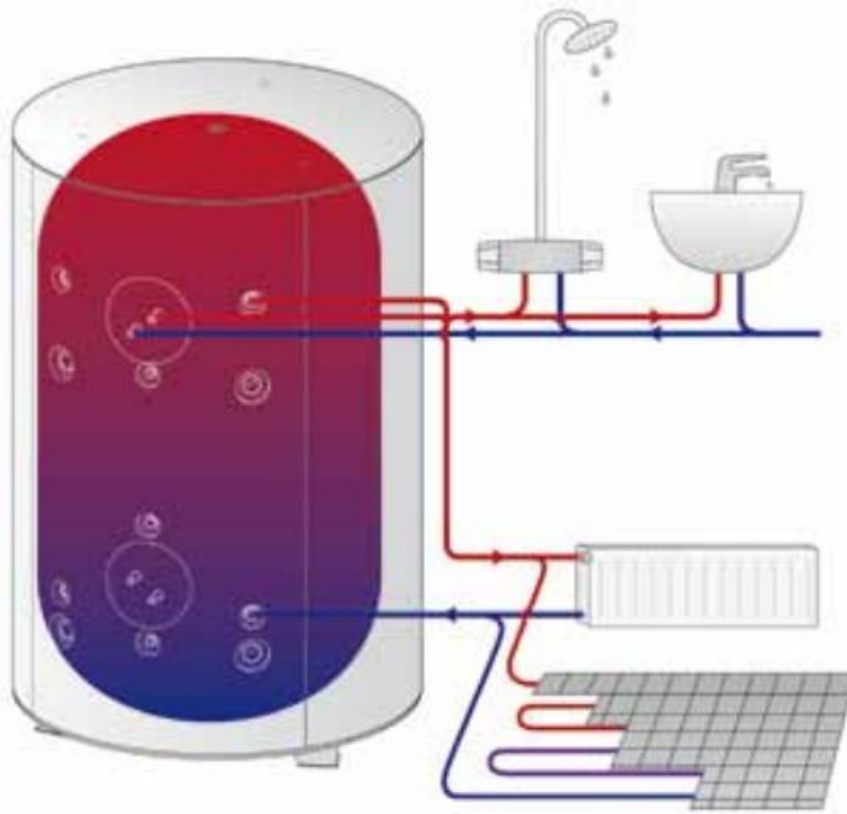
Sähköpatterit eivät vaadi minkäänlaisia rakentamisen erikoisratkaisuja. Patterit sijoitetaan yleensä ikkunoiden alle, missä ne parhaiten poistavat vetoa. Nykykaisen sähköpatterin pintalämpötila on normaalikäytössä sama kuin vesikiertoisien lämmityspatterinkin eli noin 70 °C. Lämpötilaa voidaan huonekohtaisesti säätää noin 0,5 asteen tarkkuudella. Helpon asennettavuuden takia patterilämmitys sopii erityisen hyvin peruskorjauskohteisiin, joissa uusitaan lämmitysjärjestelmä. (1.)

3.2 Sähkövaraaja ja -kattila

Vesikeskuslämmityksen lämmönlähteenä voidaan käyttää myös sähköä. Lämmöntuottolaitteena on silloin joko sähkövastuksilla varustettu varaaja tai sähkökattila. Sähkövaraajan koko on tyypillisesti 1–2 m³. Sillä tuotetaan sekä tilojen lämmitysenergia että lämpimän käyttöveden tarvitsema energia. Tavoitteena on, että yösähkön osuus on noin 90 %. Sähkövaraajia voidaan käyttää myös puukattiloiden yhteydessä. Suuri varaaja mahdollistaa myös aurinkoenergian hyödyntämisen. Tarjolla on erilaisia varaajaratkaisuja, ja esimerkiksi käyttövesi voidaan valmistaa erillisellä varaajalla. (2.)

Sähkökattila tuottaa joka hetki talon tarvitseman lämmitysenergian sähkövastuksilla. Lämpö jaetaan huonetiloihin vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä. Käyttövesi lämmitetään erillisellä käyttövesivaraajalla. Kattila sopii parhaiten pienehköihin, noin 100 m²:n kokoihin omakotitaloihin sekä taloihin, joissa läm-

mitystarve on pieni, jolloin varaavuudesta ei saada niin suurta hyötyä. Sähkökattilan etuna on halpa hankintahinta yhdistettynä vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään, joka mahdollistaa lämmitysenergian vaihtamisen. Kuvassa 1 on kuvattu lämminvesivaraaja jossa on yhdistetty vesikiertoinen lämmitys ja lämmin käyttövesi. (2.)



KUVA 1 Lämminvesivaraaja (3)

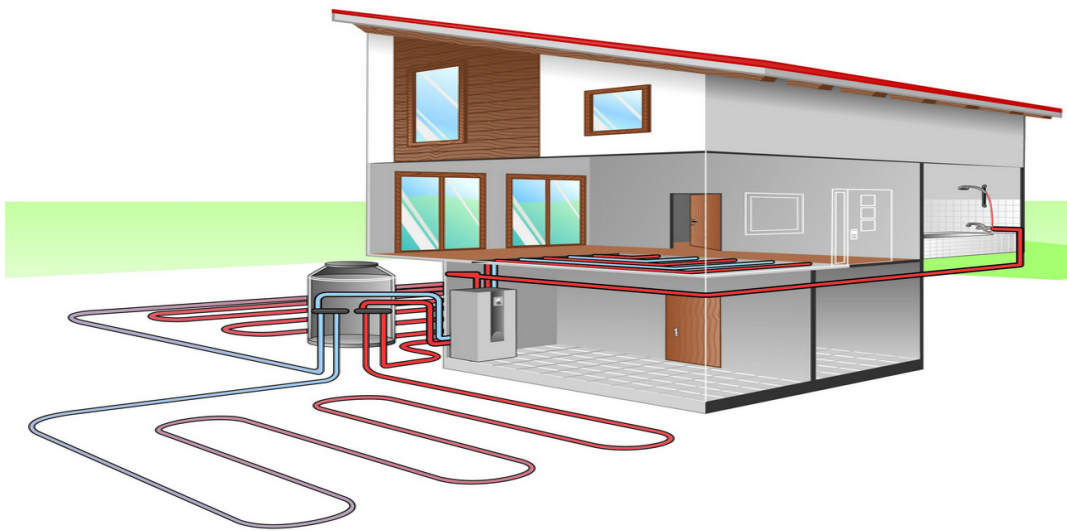
3.3 Maalämpö

Maalämpöpumppu (MLP) kerää maaperään, kallioon tai veteen varastoitunutta auringon lämpöä. Maalämpöpumpun kompressori käyttää sähköä toimiakseen. Maalämpöpumpun tuottamasta lämmöstä keskimäärin noin 2/3 on maaperästä otettua uusiutuvaa energiaa ja noin 1/3 on tuotettu sähköllä.

Keruuputkistossa kiertää etanolin ja veden seos, joka lämpenee muutaman asteen matkansa aikana. 30 tilavuusprosenttia etanolia sisältävän liuoksen jäähmettymispiste on noin -17 celsiusastetta. Kerupiirin nesteestä saatava lämpö höyrystää lämpöpumpussa kiertävän kylmäaineen. Höyrystyneen kylmäaineen

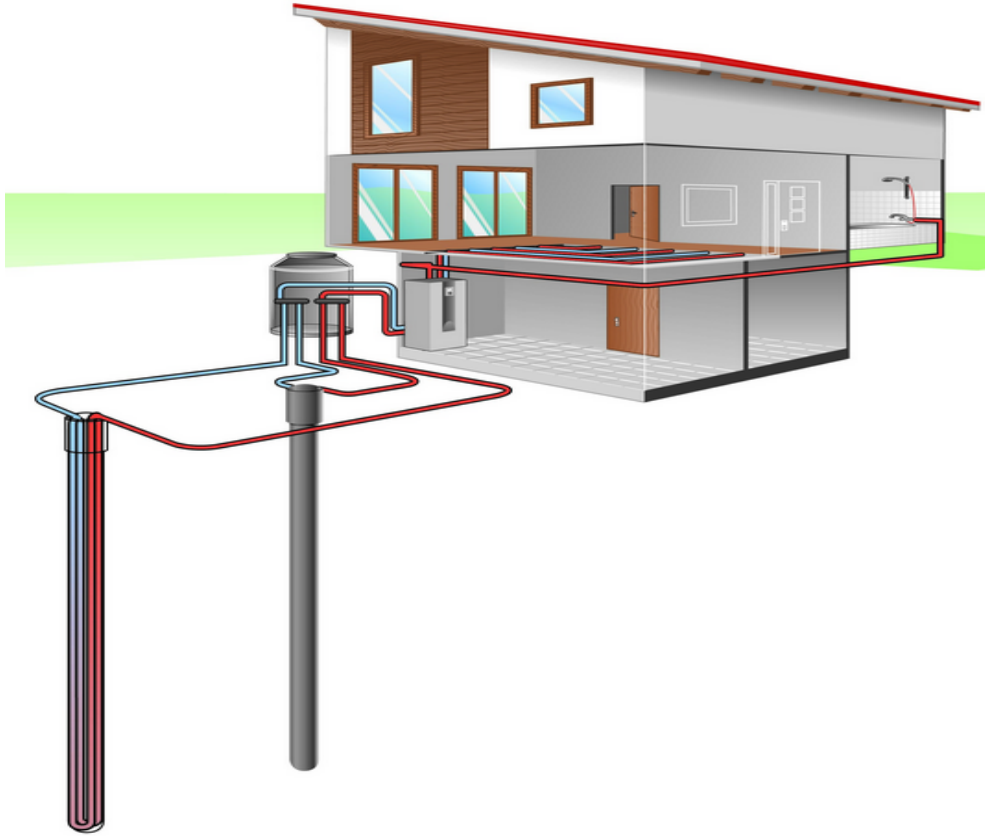
painetta nostetaan kompressorilla, jolloin myös sen lämpötila nousee. Kylmäaine lauhtuu lämpöpumpun lauhttimessa jälleen nesteeksi, jolla tuotetaan lämpöä lämmönjakoverkkoon ja lämpimään käyttöveteen.

Noin 30 prosenttia maalämpökohteista käyttää hyväkseen maaperän pintakerrokseen varastoitunutta auringon säteilemää lämpöenergiaa. Lämpöenergiaa kerätään maaperään asennetulla lämmönkeruuputkistolla, joka asennetaan vaakatasoon, ilmastovyöhykkeestä riippuen, noin metrin syvyyteen, Pohjois-Suomessa syvemmälle. Viereiseen putkilenkkiin on vaakataisyysyttä oltava vähintään 1,5 metriä, mieluiten enemmänkin. Savimaa on maalajeista tehokkain ja hiekkamaa heikoin. Savimaassa tarvitaan putkimetrejä noin 30–40 prosenttia vähemmän kuin hiekkamaassa. Vaakaputkisto on yleensä edullisin lämmönkeruutapa pientalon kohdalla. Maalämmön vaakaputkisto kuvattuna kuvassa 2. (4.)



KUVA 2 Vaakaputkisto (5)

Yli 60 prosenttia maalämpökohteista toteutetaan lämpökaivoilla. Etelä-Suomessa niiden osuus on suurempi kuin Pohjois-Suomessa. Kyseessä on ulkohalkaisijaltaan 115–165 mm:n porakaivo, johon asennetaan putkisto, jossa lämmönkeruuliuos kiertää. Lämpökaivoa käytettäessä maalämpöjärjestelmä pystytään useimmiten tekemään ahtaallekin tontille, mutta se on lämmönkeruuvaihtoehtona yleensä kallein. Porakaivo kuvassa 3. (4.)



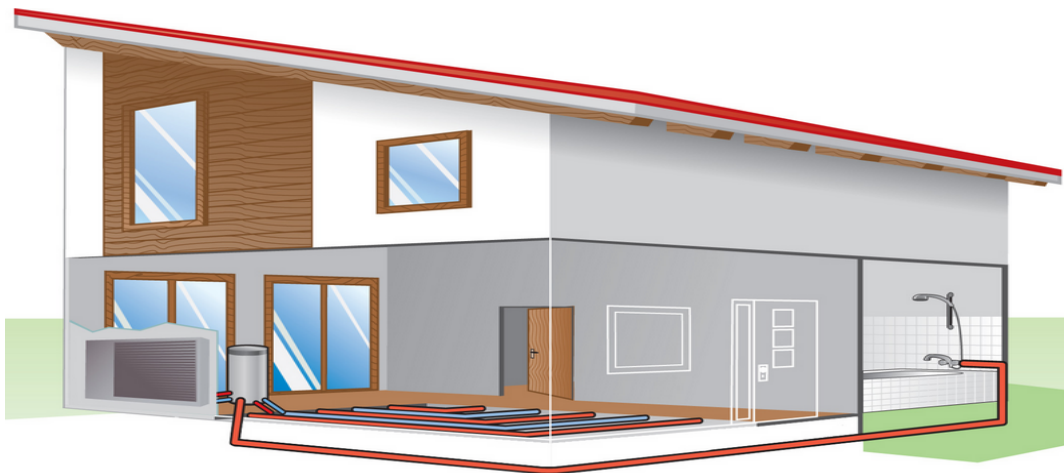
KUVA 3 Porakaivo (6)

Osatehomoituksessa maalämpöpumppu mitoitetaan yleensä noin 60–80 prosentin suuruudelle verrattuna laskennalliseen huipputehontarpeeseen, jolla tuotetaan laskennallisesti noin 95–99 prosenttia vuotuisesta energiantarpeesta. Loput 1–5 prosenttia tuotetaan maalämpöpumpun vara/lisälämmitysvastuksella. Osatehomoituksen etuna on yleensä hieman nopeampi investoinnin takaisinmaksuaika ja pidempi kompressorin kestoikä, haittapuolena muun muassa suurempi huipputehontarve sähköverkosta.

Lämmönkeruupiiri tulee mitoitaa talon tilojen lämmityksen ja käyttöveden tarvitseman vuotuisen energian mukaisesti. Reilusti mitoitettu lämmönkeruupiiri maksaa itsensä takaisin hieman paremman lämpökertoimen muodossa pitkällä aikavälillä. Lattialämmitystaloissa ja suuremmissa taloissa on yleensä parempi maalämmön vuosihyötysuhde kuin patterilämmitystaloissa. Runsas käyttöveden suhteellinen energiaosuus heikentää vuosilämpökerrointa. Käytännössä vuosilämpökerroin maalämmössä on useimmiten kohdekohtaisesti 2,5–3,5. (4.)

3.4 Ilma-vesilämmitys

Ilma-vesilämpöpumppu (eli ulkoilma-vesilämpöpumppu, UVLP) on uusin lämpöpumpputekniikkaa hyödyntävä lämmitysratkaisu. Ilma-vesilämpöpumppu ottaa lämmitysenergiaa ulkoilmasta ja siirtää sen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Kompressorilla voidaan lämmittää myös tilojen lämmitys- ja käyttövesi noin +50 celsiusasteen tasolle. Ilma-vesilämpöpumppu toimii samalla periaatteella kuin muutkin lämpöpumput. UVLP-järjestelmä on kuvattuna kuvassa 4.



KUVA 4 Ilma-vesilämpöpumppu (7)

Vesipatterilämmityksen korkeamman lämpötila-alueen olosuhteissa vanhemmilla tai huonosti pakkasolosuhteisiin soveltuvilla ilma-vesilämpöpumpuilla lämpökerroin putoaa kovimmilla pakkasilla sähkölämmityksen tasolle. Laitekohtaiset energiatehokkuuserot ovat suuria. (8.)

Korkea menoveden lämpötila heikentää lämpöpumpun antotehoa ja hyötysuhdetta. Siksi lattialämmitys on selvästi patteriverkkoa sopivampi lämmönjakoverkko UVLP:n yhteyteen. On huomioitava, että useilla UVLP-malleilla yli +50 celsiusasteen lämmöntuotanto tilojen lämmitys- ja käyttövesipuolelle on ongelmallista. Käyttövesi ja osan vuodesta myös lämmityspatterit tarvitsevat tätä korkeamman lämpötilan. Lämpötila nostetaan useimmiten vesivaraajan sähkövarustuksella. (8.)

3.5 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu ottaa lämmitysenergiaa talosta poistettavasta ilmasta. Pumppu siirtää lämmön tuloilmaan, lämpimään käyttöveteen tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Poistoilmalämpöpumpulla on myös mahdollisuus viilentää sisäilmaa. Järjestelmä vaatii, että ilmaa vaihdetaan aina riittävästi (0,5 kertaa talon ilmatilavuus tunnissa). Poistoilmalämpöpumpun lämmitysjärjestelmä on esitetty kuvassa 5.



KUVA 5 Poistoilmalämpöpumppu (9)

Parhaimmillaan poistoilmalämpöpumppu on uudessa matalaenergia- tai passiivitalossa. Poistoilmalämpöpumpun hankinta on kannattavinta, kun sisätilavuus on suuri suhteessa lämmitystehon tarpeeseen nähden. Poistoilmalämpöpumppu korvaa samalla ilmanvaihtokoneen. Poistoilmalämpöpumppu huolehtii talon huonetilojen lämmityksen lisäksi ilmanvaihdosta ja lämpimän käyttöveden tuottamisesta. Koska lämmönlähteenä on aina talon noin 21-celsiusasteinen sisäilma, poistoilmalämpöpumppu tuottaa lämpöä vuodenajasta ja ulkolämpötilasta riippumatta vakioteholla (2–4 kW). (10.)

Poistoilmalämpöpumpulla ei voida tuottaa kaikkea talon tarvitsemaa energiaa. Suuren lämmitystarpeen aikana loppuosa tuotetaan poistoilmalämpöpumpun sähkövastuksilla. Talossa, jossa on poistoilmalämpöpumppu, kannattaa erityi-

sesti pakkasjaksojen aikana polttaa puuta, jolloin voidaan pienentää ostettavan sähköenergian määrää. Poistoilmalämpöpumpulla saavutetaan noin 40 %:n ostoenergian säästö verrattuna suoraan sähkölämmitykseen. Markkinoilla on erityyppisiä poistoilmalämpöpumppuja. Joissakin poistoilmalämpöpumppuratkaisuissa tuloilma tuodaan taloon huoneissa olevien raitisilmaventtiilien kautta. Tarjolla on myös järjestelmiä, joissa tuloilma esilämmitetään ja jaetaan huoneisiin koneellisesti. (10.)

3.6 Muita lämmitysjärjestelmiä tukevat lämmitysmuodot

Lämmityskustannuksia voidaan pienentää täydentävällä lämmitysjärjestelmällä. Tällaisia ovat tulisijat, aurinkolämpö ja ilmalämpöpumput. Täydentävillä lämmitysjärjestelmillä talon koko lämmöntarpeen kattaminen on hankalaa tai mahdotonta, mutta niillä voidaan pienentää merkittävästi ostettavan energian määrää.

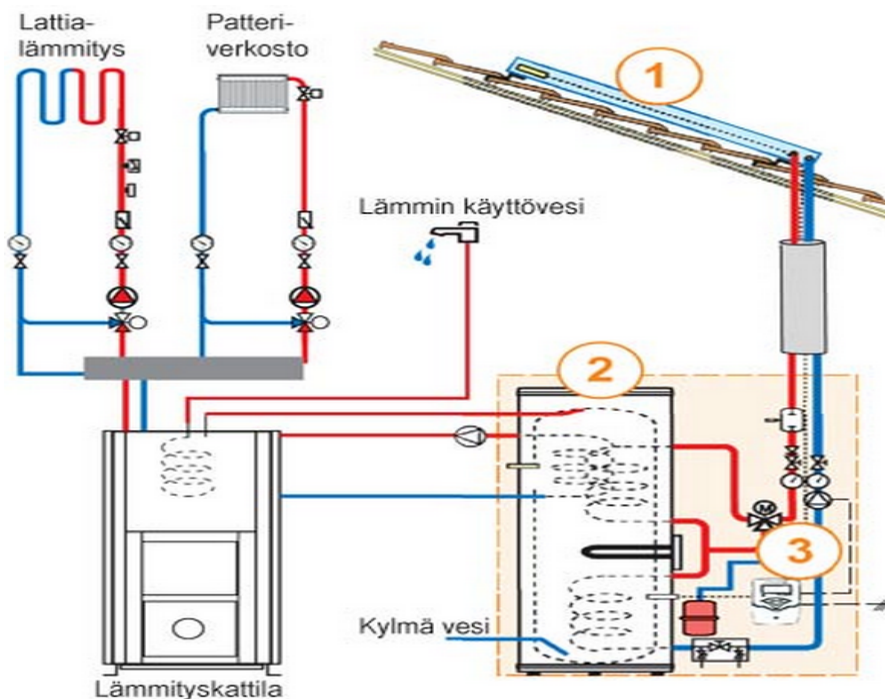
3.6.1 Puulämmitys

Tulisijoilla lämmittäminen on perinteisin lämmitystapa. Tulisijoilla voidaan tarvittaessa kattaa merkittävä osa lämmitystarpeesta uusissa pientaloissa, joiden lämmitystarve on pienentynyt paremman eristystason ansiosta ja tulee pienemään entisestään matala- ja passiivirakentamisen yleistyessä. Tulisija sopii myös hyvin varalämmönlähteeksi sähkökatkojen tai lämmitysjärjestelmän toimintahäiriöiden aikana.

Paras tulos saavutetaan massiivisilla, varaavilla tulisijoilla, joiden rakenteisiin varautuva lämpö siirtyy huonetiloihin pienellä teholla pitkän ajan kuluessa. Tällä tavoin tulisija ei aiheuta liian korkeita sisälämpötiloja. Varaavan tulisijan hyötysuhde on jopa 80–85 prosenttia. Sopivan kokoisella tulisijalla on mahdollista tuottaa jopa kolmasosa talon lämmitystarpeesta. Puun polttaminen on kannattavaa erityisesti sähkölämmitteisessä talossa. Puuta kannattaa polttaa erityisesti kovien pakkasten aikana, jolloin lämmitystarve on suuri ja tulisijan tuottama lämpö ei aiheuta sisäilman lämpötilan nousua. (11.)

3.6.2 Aurinkolämmitys

Aurinkolämpöjärjestelmä koostuu keräimestä, varaajasta, pumppu- ja ohjausyksiköstä sekä putkistosta. Aurinkokeräimet ottavat auringon säteilyenergiaa putkistossa kiertävään liuokseen, joka siirtää edelleen auringon lämmittämän nesteen varaajaan. Suomessa aurinkoenergian hyödyntäminen on mahdollista helmikuun alusta marraskuuhun saakka. Aurinkoenergiaa hyödynnetään tuottamalla lämpöä aurinkokeräijillä ja sähköä aurinkopaneeleilla. Kuvassa 6 aurinkoenergiaa hyödynnetään lämpimän käyttöveden ja lämmitysenergian valmistukseen.

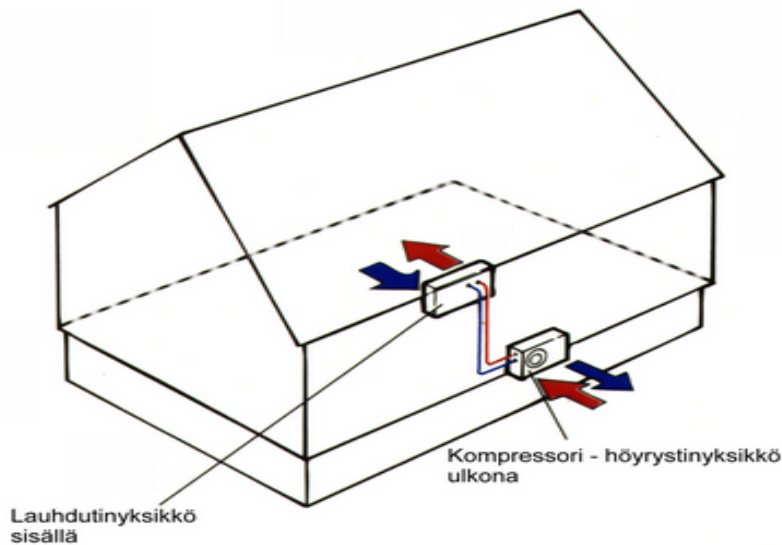


KUVA 6 Aurinkolämpö (12)

Yleensä aurinkolämpöä käytetään lämpimän käyttöveden valmistukseen, mutta suurempi hyöty siitä saadaan, jos aurinkokeräijät liitetään myös vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Aurinkokeräijät ovat yleensä tasokeräijä, mutta tarjolla on myös putkikeräijä, joilla saavutetaan parempi hyötysuhde. Aurinkolämmöllä voidaan tuottaa noin puolet lämpimän käyttöveden valmistamiseen tarvittavasta energiasta. Jos aurinkokeräijät on kytketty lämmitysjärjestelmään, voidaan aurinkolämmöllä tuottaa jopa 25–35 prosenttia lämmitystarpeesta. (13.)

3.6.3 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu (ILP) koostuu ulkoyksiköstä ja yhdestä tai useammasta sisäyksiköstä. Ulkoyksikkö kierrättää ulkoilmaa lävitseen ja jäähdyttää sen, kun laite toimii lämmityskäytössä. Jäähdytyskäytössä ulkoyksikkö puolestaan lämmittelee ulkoilmaa. Kompressorin avulla talteen otettu lämpö siirretään sisäyksikköön, joka luovuttaa lämmön huoneilmaan. Kuvassa 7 ilmalämpöpumpun toiminta.



KUVA 7 Ilmalämpöpumppu (14)

Yksi ilmalämpöpumpun sisäyksikkö levittää lämpöä tavallisesti rakennusmuodosta ja tilan koosta riippuen noin 30–100 m²:n alueelle. Väliseinät ja monimutkainen talorakenne rajoittavat merkittävästi lämmön siirtymistä muihin huoneisiin. Näin teholtaan suurempi lämpöpumppu ei välttämättä paranna energiansäästöä. Ilmalämpöpumppu myös suodattaa ilman edellyttäen, että suodatin puhdistetaan säännöllisesti. (15.)

Ilmalämpöpumppu on helppo asentaa kaikkiin talotyyppeihin ja uusiin sekä vanhoihin taloihin. Se ei vaadi mitään erikoisratkaisuja rakenteissa. Ilmalämpöpumppu sopii hyvin tukilämmitykseen öljy- tai sähkölämmityksen rinnalle tai esimerkiksi autotallin päälämmitysjärjestelmäksi. Huolto- ja asennustöissä on ainakin kylmäainekytken ja -käsittelyn osalta lain mukaan käytettävä sähkö- ja kylmäainepätevyden omaava asentaja. (15.)

4 LÄMMÖNJAKO

Lämmitysjärjestelmän lämpö voidaan jakaa huonetiloihin eri tavoilla. Vesikiertoisessa lämmönjakojärjestelmässä lämpö jaetaan huoneisiin joko lattia- tai patterilämmitysverkolla. Lämmönjaon valintaan vaikuttavat investoinnin hinta, asennettavuus sekä lämmönjakotavan miellyttävyys.

Huonekohtaisessa sähkölämmityksessä lämpö tuotetaan huonetilassa esimerkiksi sähköpattereiden tai lattialämmityskaapeleiden vastuksessa. Tarjolla on myös ratkaisuja, joissa lämpö jaetaan ilmakehää pitkin. Lämmönjakotapa voidaan valita myös tilan tarpeiden mukaan. Esimerkiksi pesutiloissa käytetään usein lattialämmitystä. (16.)

4.1 Vesikeskuslämmitys

Vesikeskuslämmitys voidaan toteuttaa joko patterilämmityksenä, lattialämmityksenä tai niiden yhdistelmänä. Vesikeskuslämmityksen etuihin kuuluu, että lämmitysenergian lähde voidaan vaihtaa melko helposti. Vaihtamisesta aiheutuu kuitenkin aina lisäkustannuksia, joten energiamuodon valintaa kannattaa pohtia tarkoin. Lisäksi vesikiertoisissa järjestelmissä on mahdollista käyttää eri energialähteitä rinnakkain.

Patterilämmitys on perinteinen tapa toteuttaa vesikiertoinen lämmönjako. Yleisin järjestelmä on niin sanottu kaksiputkijärjestelmä, jossa meno- ja paluuedellä on omat putkistonsa. Kaikkiin pattereihin menee samanlämpöistä vettä. Nykyaikaisessa patterilämmityksessä putkitus toteutetaan alajakoisena, toisin sanoen putket sijoitetaan rakenteisiin näkymättömiin. Rakenteisiin sijoitettavat putket asennetaan suojaputkiin, jolloin putket ovat vaihdettavissa. Pattereissa kiertävän veden lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan mukaan. Lämmityksen hienosäätö tehdään pattereiden termostaattiventtiileillä. (17.)

Vesikiertoinen lattialämmitys on selvästi yleisin lämmönjakotapa uusissa pientaloissa. Vuonna 2008 vesikiertoinen lattialämmitys valittiin noin 60 prosenttiin uusista pientaloista. Lattiarakenteeseen asennetuissa putkissa kiertää korkeintaan noin 40-celsiusasteinen vesi. Vesikiertoinen lattialämmitys sopii kaikkiin

huonetiloihin ja lähes kaikkien pintamateriaalien kanssa käytettäväksi. Lattialämmitysputket voidaan asentaa niin betonilaattaan kuin puurakenteiseen lattiaan. Kosteisiin tiloihin kannattaa suunnitella erillinen lattialämmityspiiri, sillä näiden tilojen lattialämmitystä halutaan usein pitää päällä kesälläkin. (17.)

Lämmitysverkkoon menevän veden lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan mukaan. Mitä kylmempää on, sitä lämpimämpää vettä kierrätetään. Aasukkaat voivat itse säätää säätökäyrää. Oikein aseteltu säätökäyrä takaa halutun sisälämpötilan. Lämmitysverkon tasapainotus tehdään patteriventtiilien ja lattialämmityksessä jakotukin säätöventtiilin avulla. Oikein säädetty ja tasapainotettu lämmönjakoverkosto pitää huonelämpötilat tasaisina ja säästää energiaa. Patteritermostaateilla ja lattialämmitystä säätävillä huonekohtaisilla termostaateilla estetään yllilämpö, jos huoneeseen tulee lämpöä esimerkiksi tulisijoista, aurin-
gon säteilyistä tai muista lämpökuormista. (17.)

4.2 Huonekohtainen sähkölämmitys

Huonekohtaisessa sähkölämmityksessä lämpö tuotetaan huonetilassa olevassa lämmityslaitteen sähkövastuksessa. Huonekohtaisen sähkölämmityksen eri lämmönjakotapoja ovat patteri-, lattia-, katto- ja ikkunalämmitys

Huonekohtaisen sähkölämmityksen hankintahinta on hyvin edullinen verrattuna muihin lämmitysjärjestelmiin. Haittapuolena on korkea lämmitysenergian hinta. Tästä syystä huonekohtainen sähkölämmitys on suosittu erityisesti pienehköissä omakotitaloissa, joissa lämmitystarve on pienempi kuin suurissa omakotitaloissa. Lämmitysenergian korkean hinnan takia sähkölämmityksen valitsevan rakentajan kannattaa eristää talo hyvin ja pyrkiä hyvään ilmatiiveyteen, jolloin lämmitysenergiatarve pienenee. (18.)

4.3 Ilmakiertoinen lämmönjako

Ilmakiertoisissa järjestelmissä lämpö jaetaan huonetiloihin nimensä mukaisesti ilman avulla. Ilmalämmitys sopii hyvin matala- ja passiivienergiataloon. Hyvin eristetyssä talossa ei tarvita ikkunoiden alle pattereita vedon tunteen poistamiseksi. Tällä hetkellä ilmakiertoisten järjestelmien markkinaosuus uusissa pientaloissa on tosin melko pieni.

Ilmanlämmitys yhdistää ilmanvaihdon ja lämmityksen. Tuloilmavirrat mitoitetaan ilmanvaihdon tarpeen mukaan. Tilat, joista poistetaan ilmaa (esimerkiksi pesutilat), on lämmitettävä esimerkiksi lattialämmityskaapeleilla. Perinteisessä ilmanlämmityksessä ilma lämmitetään keskitetysti ja ilma jaetaan huoneisiin ikkunoiden eteen lattiaan sijoitetuista säleiköistä. Ilma lämmitetään joko sähkövastuksella tai vesipatterilla, jolloin lämmitysenergia voidaan valita vapaasti. (19.)

5 LÄMMITYSENERGIAN HINTA

5.1 Energian tarve

Lämmitysenergian tarpeeksi tuli laskelmien mukaan 9207,5 kWh/a ja lämpimän käyttöveden laskennalliseksi lämpöenergian tarpeeksi 1400 kWh/a. Yhteensä lämpöenergian tarpeeksi tuli siis 10607,5 kWh/a. Talven mitoitustehoksi saatiin CADS-suunnitteluohjelmalla 3196 W. Laskelmat ja raportit löytyvät liitteistä 3, 6 ja 7. Kaavat lämmitystarpeen laskelmiin on saatu Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta D5.

5.2 Energialähteet

Energialähteinä vertailussa käytetään sähköä, puuta ja aurinkoenergiaa muutettuna sähköksi. Aurinkokeräimiä ei otettu vertailuun mukaan niiden korkean hinnan ja lämpimän käyttöveden vähäisen tarpeen vuoksi.

5.3 Energian hinta

Vertailussa sähkön hintana käytettiin 13,00 c/kWh, joka saatiin talon nykyisestä sähkösopimuksesta. Hintaan sisältyy myös sähkön siirtohintaa.

Polttopuun hinnaksi vertailussa määritettiin 40 €/m³. Tässä kohteessa polttopuun hinta todellisuudessa jää todennäköisesti alhaisemmaksi koska mahdollisuus polttopuun hankintaan on myös omasta metsästä.

Energianhintojen nousuksi vuodessa sähkön osalta määritettiin 4,5 % ja polttopuun osalta 5 %

6 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN KUSTANNUKSET

Tässä luvussa vertaillaan eri lämmitysjärjestelmien käyttö-, investointi- ja kokonaiskustannuksia. Käyttö- ja kokonaiskustannuksia arvioitaessa on käytetty hyödyksi Motivan sivuilta löytyvää pientalon lämmitystapojen vertailulaskuria. Laskurin tekemisestä ovat vastanneet Keski-Suomen Energiatoimisto (www.kesto.fi) ja Jyväskylän ammattikorkeakoulu (www.jamk.fi).

Lämmityslaskurin kehitystyön pohjana on JAMK:n, Jyväskylä Innovation Oy:n ja VTT:n tekemä Heating Tool -laskuri, joka on laadittu osana EU:n IEE-ohjelman BioHousing-hanketta (BioHousing Heating Tool). (20.)

6.1 Käyttökustannusten vertailu

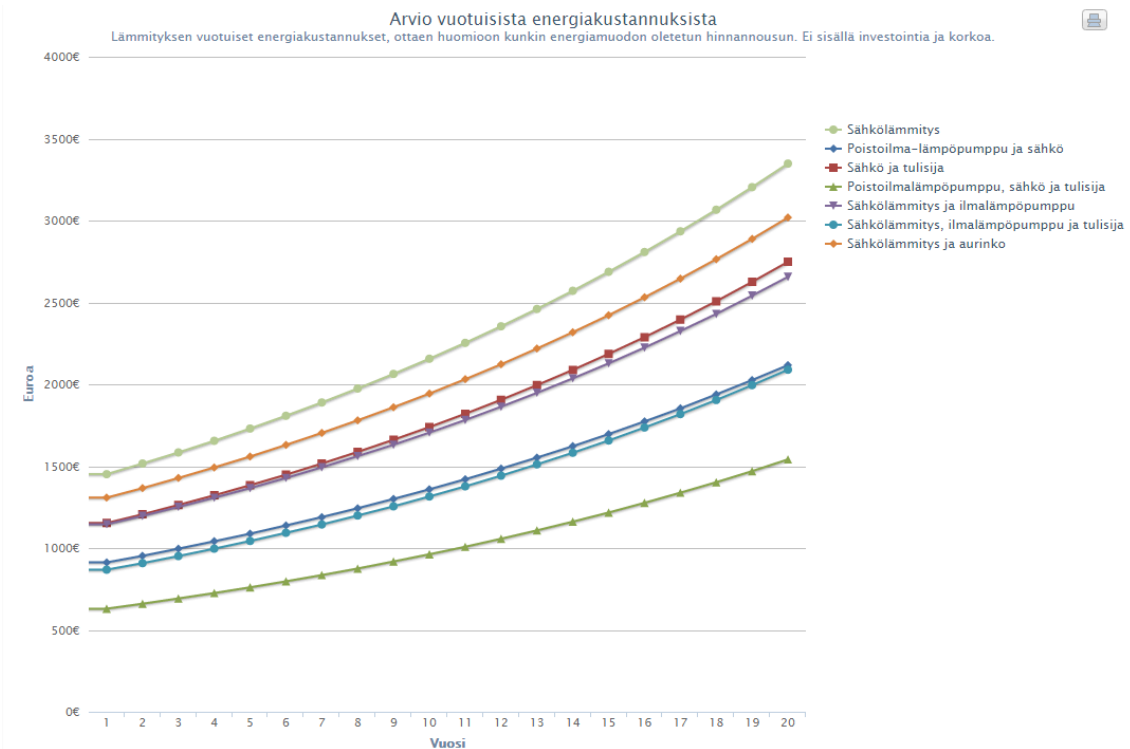
Seuraavassa taulukossa vertaillaan eri lämmitysjärjestelmien vuotuisia energia-kustannuksia, yksikkö on €/a. Laskenta-aikana on käytetty 20 vuotta. Pelkällä poistoilmalämpöpumpulla ja ulkoilma-vesilämpöpumpulla ei pystytä kattamaan koko vuoden lämmitysenergian tarvetta vaan suuremman lämmitystarpeen aikana tarvittava lisälämmitys tuotetaan esimerkiksi sähkövastuksilla ja takalla.

Kuvan 8 taulukossa esitetään käyttökustannusten vertailu, taulukosta ilmenee lämmitysjärjestelmä, vuosihyötysuhde, osuus lämmitysenergiasta, käyttökustannukset vuoden aikana sekä lämmitysjärjestelmän säästö vuositasolla verrattuna suoraan sähkölämmitykseen.

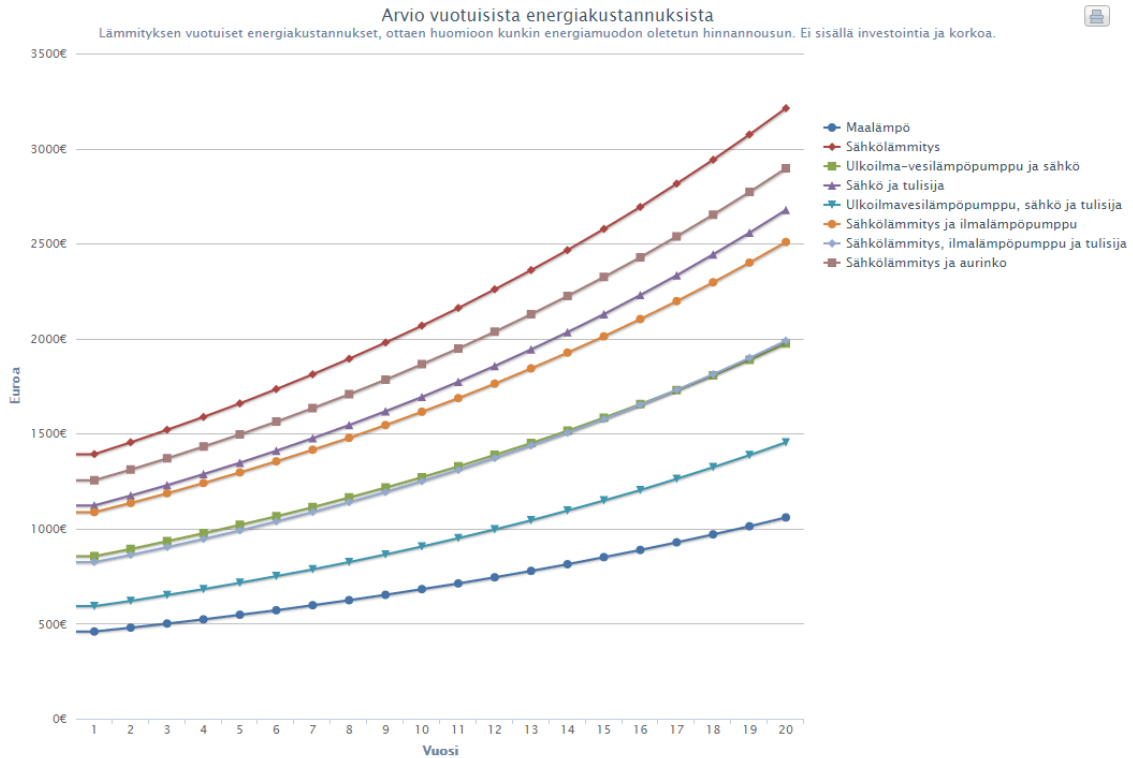
Käyttökustannukset				
Lämmitysjärjestelmä	Vuosihyötysuhde/COP	Osuus lämmitysenergiasta	Käyttökustannukset	Säästö
		%	€/a	€/a
Suora sähkölämmitys	99 %	100 %	1392	0
Varaava sähkölämmitys	95 %	100 %	1451	-59
Suora sähkölämmitys + aurinkoenergia	99 %	100 %	1255	137
Varaava sähkölämmitys + aurinkoenergia	95 %	100 %	1308	84
Suora sähkölämmitys + tulisija	99%/60%	100 %	1122	270
Varaava sähkölämmitys + tulisija	95%/60%	100 %	1153	239
Suora sähkölämmitys + ILP	99%/2,0	100 %	1087	305
Varaava sähkölämmitys + ILP	95%/2,0	100 %	1145	247
Suora sähkölämmitys + ILP + tulisija	99%/2,0/60%	100 %	824	568
Varaava sähkölämmitys + ILP + tulisija	95%/2,0/60%	100 %	868	524
Poistoilmalämpöpumppu	2,7	60 %	912	480
Ulkoilma-vesilämpöpumppu	2,2	70 %	855	537
Poistoilmalämpöpumppu + tulisija	2,7/60%	100 %	630	762
Ulkoilma-vesilämpöpumppu + tulisija	2,2/60%	100 %	592	800
Maalämpö	3,0	100 %	459	933

KUVA 8 Käyttökustannusten vertailu (liite 9)

Käyttökustannusten vertailu myös graafisessa taulukossa jossa on otettu huomioon energian hinnannousu, (kuvat 9 ja 10).



KUVA 9 Vuotuiset energiakustannukset, 20 vuoden laskenta-aika (liite 10)



KUVA 10 Vuotuiset energiakustannukset, 20 vuoden laskenta-aika (liite 10)

6.2 Investointien vertailu

Tässä luvussa vertaillaan investointien hintoja, laitteistojen ja materiaalien hinnat on saatu LVI-Dahlilta sekä taloon.com- ja Areva Solar -nettisivuilta. Sähköasennusten hinnat ovat oletuksia ja perustuvat yleiseen hintatasoon.

LVI-asennusten hinnat laskelmissa oletetaan nolaksi koska ne tehdään omana työnä. Varaava leivinuuni on rakennettu jo 80-luvun puolivälissä, eikä tätä näin ollen oteta huomioon investoinneissa. Näitä hintoja on käytetty Motivan laskurissa.

Poistoilmalämpöpumpussa investoinnin hintaan sisältyy myös ilmanvaihtokanavat, koska ne ovat osa lämmitysjärjestelmän ominaisuutta. Muissa järjestelmissä ilmanvaihtoa ei ole otettu huomioon. Lämmitysjärjestelmien investointikustannukset näkyvät taulukkomuodossa kuvassa 11.

Investointikustannukset				
Lämmitysjärjestelmä	Laitteisto	Materiaalit	Työ (sähkö, kaivu ja kylmälaitekytkennät)	Yhteensä
Suora sähkölämmitys	0,00 €	2 203,00 €	1 300,00 €	3 503,00 €
Varaava sähkölämmitys	2 183,30 €	964,70 €	400,00 €	3 548,00 €
Aurinkoenergia	2 552,00 €	0,00 €	500,00 €	3 052,00 €
Tulisija	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Ilmälämpöpumppu	1 294,00 €	193,00 €	600,00 €	2 087,00 €
Poistoilmälämpöpumppu	5 859,00 €	1 673,00 €	400,00 €	7 932,00 €
Ulkoilma-vesilämpöpumppu	6 776,00 €	965,00 €	800,00 €	8 541,00 €
Maalämpö	5 346,00 €	3 802,00 €	2 900,00 €	12 048,00 €

KUVA 11 Investointikustannukset (liite 9)

6.3 Kokonaishintojen vertailu

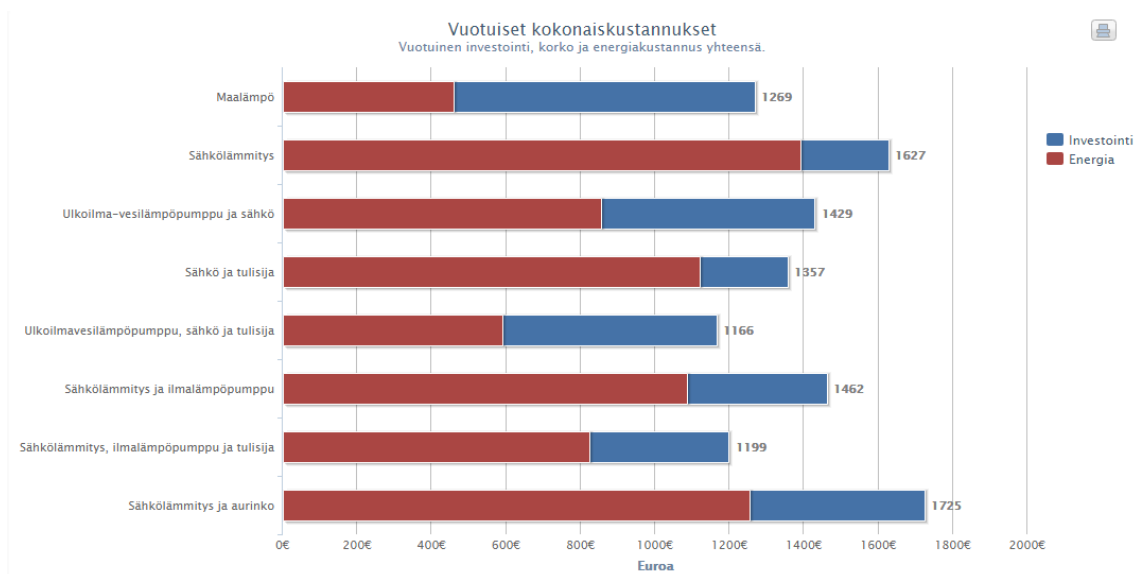
Lämmitysjärjestelmien kokonaishinnat on laskettu hyödyntäen www.motiva.fi-sivuilta löytyvää pientalon lämmitysjärjestelmän vertailulaskuria. Laskenta-aikana on käytetty kahtakymmentä vuotta.

Lämmitysjärjestelmiä vertaillaan kuvassa 12, mikä sisältää vuotuisen investoinnin, koron (3 %) sekä energiakustannuksen.

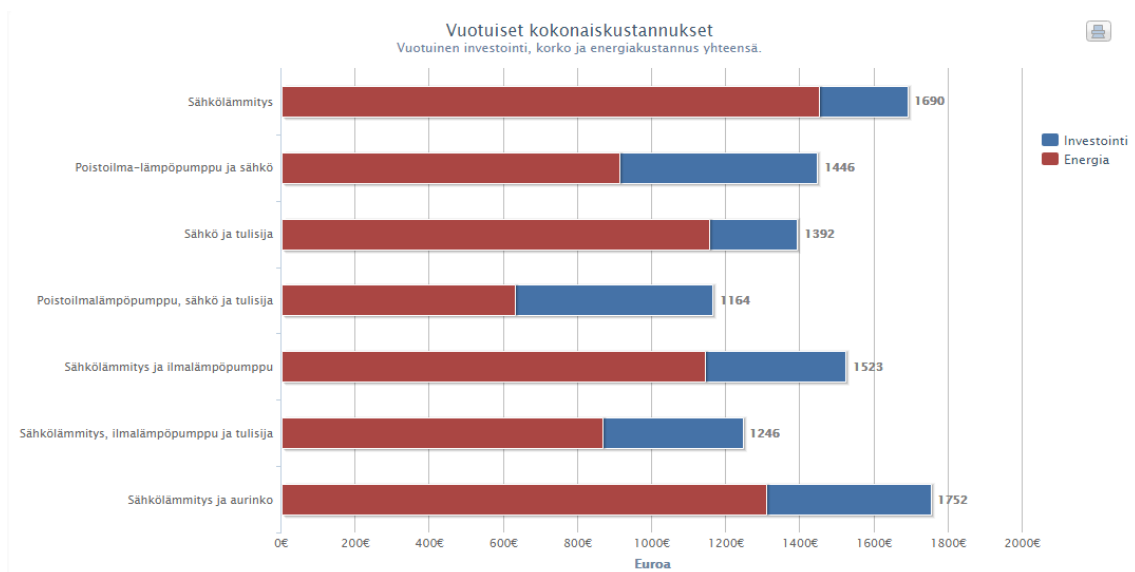
Kokonaiskustannukset (vuotuinen investointi, korko (3%) sekä energiakustannus)					
Lämmitysjärjestelmä	Vuosihyötysuhde/COP	Osuus lämmitysenergiasta	Kustannukset	Kustannukset	Säästö
		%	€/a	€/kWh	€/a
Suora sähkölämmitys	99 %	100 %	1627	0,153	0
Varaava sähkölämmitys	95 %	100 %	1690	0,159	-63
Suora sähkölämmitys + aurinkoenergia	99 %	100 %	1725	0,163	-98
Varaava sähkölämmitys + aurinkoenergia	95 %	100 %	1752	0,165	-125
Suora sähkölämmitys + tulisija	99%/60%	100 %	1357	0,128	270
Varaava sähkölämmitys + tulisija	95%/60%	100 %	1392	0,131	235
Suora sähkölämmitys + ILP	99%/2,0	100 %	1462	0,138	165
Varaava sähkölämmitys + ILP	95%/2,0	100 %	1523	0,144	104
Suora sähkölämmitys + ILP + tulisija	99%/2,0/60%	100 %	1199	0,113	428
Varaava sähkölämmitys + ILP + tulisija	95%/2,0/60%	100 %	1246	0,117	381
Poistoilmälämpöpumppu	2,7	60 %	1446	0,136	181
Ulkoilma-vesilämpöpumppu	2,2	70 %	1429	0,135	198
Poistoilmälämpöpumppu + tulisija	2,7/60%	100 %	1164	0,11	463
Ulkoilma-vesilämpöpumppu + tulisija	2,2/60%	100 %	1166	0,11	461
Maalämpö	3,0	100 %	1269	0,12	358

KUVA 12 Vuotuiset kokonaiskustannukset (liite 9)

Kuvissa 13 ja 14 on kustannukset pylväsdiagrammeina, joissa on eroteltuna investoinnin sekä energian osuus kokonaiskustannuksesta.



KUVA 13 Vuotuiset kokonaiskustannukset, pylväsdiagrammi (liite 11)



KUVA 14 Vuotuiset kokonaiskustannukset, pylväsdiagrammi (liite 11)

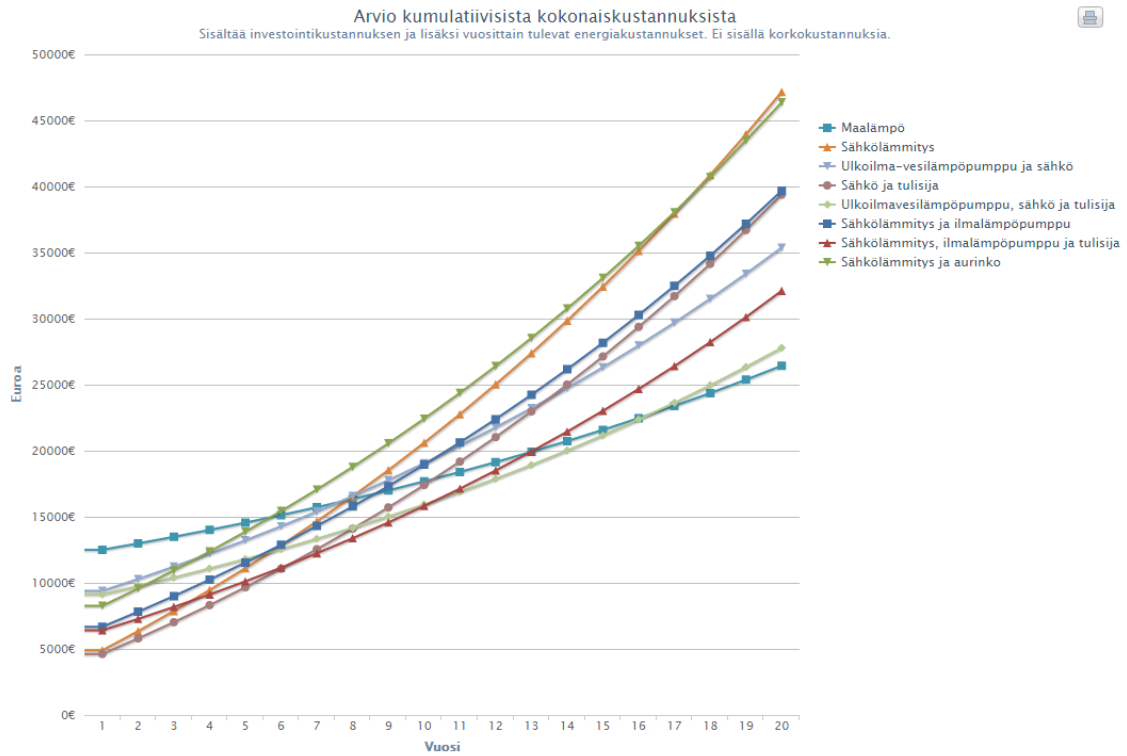
Lämmitysjärjestelmien lasketut kokonaiskustannukset 20 vuoden laskenta-ajalla. Halvimmaksi lämmitysjärjestelmäksi osoittautui maalämpö, ja kallein lämmitysjärjestelmä puolestaan oli varaava sähkölämmitys vesikiertoisella lattialämmityksellä.

Kuvassa 15 taulukko joka sisältää investointikustannuksen sekä vuosittaiset energiakustannukset. Taulukko ei sisällä korkokustannuksia.

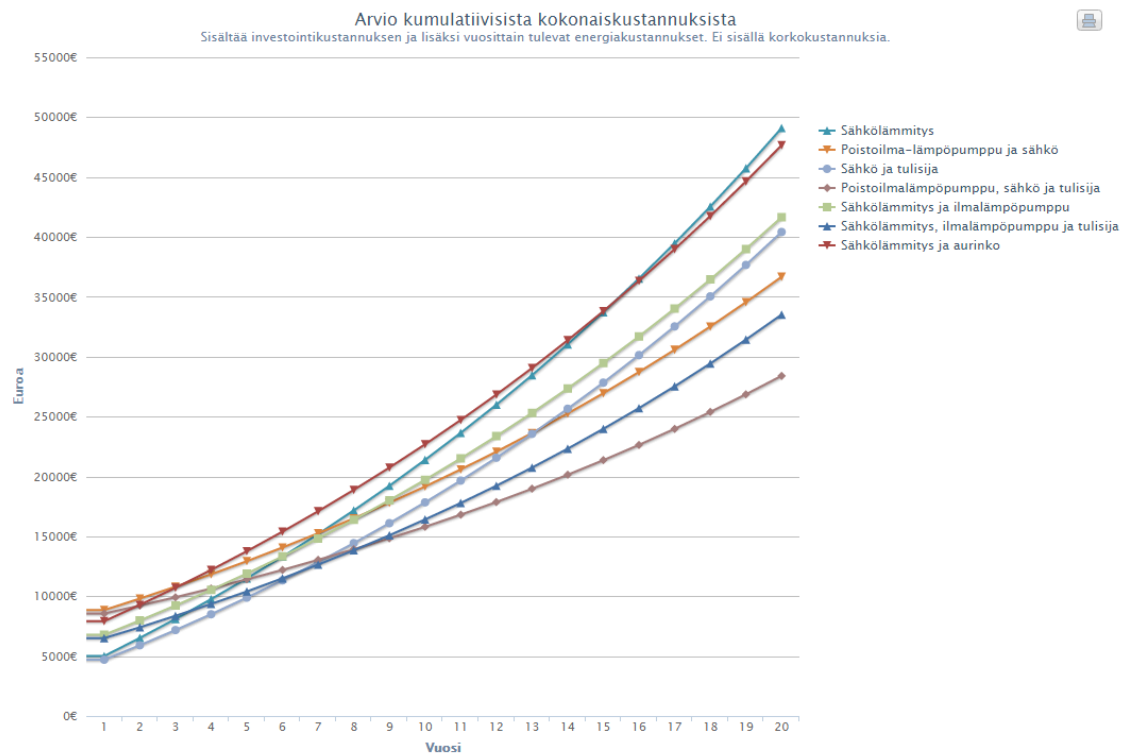
Kokonaiskustannukset (Investointikustannus, vuosittaiset energiakustannukset, ei sisällä korkokustannuksia, 20 vuoden laskenta-aika)				
Lämmitysjärjestelmä	Vuosihyötysuhde/COP	Osuus lämmitysenergiasta	Kustannukset	Säästö
		%	€	€
Suora sähkölämmitys	99 %	100 %	47 161,00 €	0,00 €
Varaava sähkölämmitys	95 %	100 %	49 089,00 €	-1 928,00 €
Suora sähkölämmitys + aurinkoenergia	99 %	100 %	46 368,00 €	793,00 €
Varaava sähkölämmitys + aurinkoenergia	95 %	100 %	47 655,00 €	-494,00 €
Suora sähkölämmitys + tulisija	99%/60%	100 %	39 378,00 €	7 783,00 €
Varaava sähkölämmitys + tulisija	95%/60%	100 %	40 415,00 €	6 746,00 €
Suora sähkölämmitys + ILP	99%/2,0	100 %	39 676,00 €	7 485,00 €
Varaava sähkölämmitys + ILP	95%/2,0	100 %	41 651,00 €	5 510,00 €
Suora sähkölämmitys + ILP + tulisija	99%/2,0/60%	100 %	32 103,00 €	15 058,00 €
Varaava sähkölämmitys + ILP + tulisija	95%/2,0/60%	100 %	33 518,00 €	13 643,00 €
Poistoilmalämpöpumppu	2,7	60 %	36 670,00 €	10 491,00 €
Ulkoilma-vesilämpöpumppu	2,2	70 %	35 367,00 €	11 794,00 €
Poistoilmalämpöpumppu + tulisija	2,7/60%	100 %	28 403,00 €	18 758,00 €
Ulkoilma-vesilämpöpumppu + tulisija	2,2/60%	100 %	27 793,00 €	19 368,00 €
Maalämpö	3,0	100 %	26 438,00 €	20 723,00 €

KUVA 15 Kokonaiskustannukset, 20 vuoden laskenta-aika (liite 9)

Kuvissa 16 ja 17 löytyy kumulatiivisten kokonaiskustannusten vertailu myös graafisessa taulukossa jossa on otettu huomioon investointi- ja energiakustannukset. Taulukko ei sisällä korkokustannuksia.



KUVA 16 Kumulatiiviset kokonaiskustannukset (liite 12)



KUVA 17 Kumulatiiviset kokonaiskustannukset (liite 12)

6.4 Valinta

Valinta kohdistui tässä tapauksessa maalämpöön, jonka takaisinmaksu-ajaksi muodostui noin 8 vuotta verrattuna suoraan sähkölämmitykseen. Maalämmölle muodostui vertailussa olleista lämmitysjärjestelmistä myös halvin kokonaiskustannus 20 vuoden laskenta-ajalla.

Ulkoilma-vesilämpöpumpun ja tulisijan yhdistelmän kustannukset olivat toiseksi halvimmat, ja kolmanneksi halvimmaksi osoittautui poistoilmalämpöpumpun ja tulisijan yhdistelmä.

Neljänneksi edullisin vaihtoehto oli suora sähkölämmitys jonka tukilämmitysmuotoja olivat ilmalämpöpumppu ja tulisija. Tämän vaihtoehdon investointikustannukset on edellä mainituista vaihtoehdoista selvästi edullisin.

Kalleimmaksi vaihtoehdoksi puolestaan muodostui varaavalla sähkölämmityksellä varustettu vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä.

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä vertailu pientaloissa usein käytetyistä lämmitysjärjestelmistä ja niiden kustannuksista sekä valita sitä kautta edullisin ja sopivin lämmitysjärjestelmä.

Uudeksi lämmitysjärjestelmäksi valikoitui maalämpö. Maalämmön kokonaiskustannus jäi alhaisimmaksi kahdenkymmenen vuoden laskenta-ajalla. Myös aikaisemmat hyvät kokemukset maalämmöstä vaikuttivat valintaan. Myös se että tulisijaa ei ole pakko käyttää tukilämmitysmuotona vaikutti päätökseen.

Muita hyviä vaihtoehtoja kustannuksiltaan olivat ulkoilma-vesilämpöpumppu yhdistettynä tulisijaan tukilämpönä sekä poistoilmalämpöpumppu myös yhdistettynä tulisijaan tukilämmitysmuotona. Poistoilmalämpöpumpun etuna tässä vertailussa oli se että ilmanvaihtojärjestelmä asennettaisiin samalla kun lämmitysjärjestelmä uusitaan.

Maalämmön alkuinvestointi oli suurin vertailussa olleista järjestelmistä. Seuraavaksi suurimmat ne olivat ulkoilma-vesilämpöpumpulla ja poistoilmalämpöpumpulla, mutta käyttökustannukset maalämmöllä olivat edullisemmat paremman hyötysuhteen ansiosta.

Sähkölämmitys oli käyttökustannuksiltaan kallein vaihtoehto vertailussa. Suoran sähkölämmityksen alkuinvestointi on kaikista pienin, mutta käyttökulut olivat vertailussa olleista järjestelmistä toiseksi suurimmat.

Aurinkoenergian hyödyntäminen tässä tapauksessa ei ollut kovin kannattavaa, sillä takaisinmaksuajaksi muodostui suoraan sähkölämmitykseen verrattaessa noin 17 vuotta.

Tästä vertailusta saa hyvää tietoa minkälaisia järjestelmiä kannattaa harkita, mikäli ollaan uusimassa tai vaihtamassa lämmitysjärjestelmää myös muihin vastaaviin pientalokohteisiin.

LÄHTEET

1. Suora sähkölämmitys. 2015. Suomen sähköopas. Saatavissa:
<http://www.sahkoopas.com/sahkotietoa/lammitys/sahkolammitys/>. Hakupäivä 4.3.2015
2. Sähkövaraaja- ja kattila. 2015. Motiva. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/sahkovaraajat_ja_kattilat. Hakupäivä 4.3.2015
3. Lämminvesivaraaja. 2015. Hanakat. Saatavissa:
<http://www.hanakatverkkokauppa.fi/Jaspi/Lampoakku/500K/energiavaraaja>. Hakupäivä 8.3.2015
4. Maalämpö. 2015. Motiva. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu. Hakupäivä 4.3.2015
5. Vaakaputkisto. 2015. Callidus. Saatavissa:
<http://www.callidus.fi/fi/lammitys/ratkaisut/maalampo>. Hakupäivä 8.3.2015
6. Porakaivo. 2015. Callidus. Saatavissa:
<http://www.callidus.fi/fi/lammitys/ratkaisut/maalampo>. Hakupäivä 8.3.2015
7. Ilma-vesilämpöpumppu. 2015. Callidus. Saatavissa:
<http://www.callidus.fi/fi/lammitys/ratkaisut/ilmalampo>. Hakupäivä 8.3.2015
8. Ilma-vesilämpöpumppu. 2015. Motiva. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu_uvlp. Hakupäivä 4.3.2015
9. Poistoilmalämpöpumppu. 2015. Nibe. Saatavissa:
<http://www.nibe.fi/Tuotteet/Poistoilmalampopumput/Toiminta/>. Hakupäivä 8.3.2015

10. Poistoilmalämpöpumppu. 2015. Motiva. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu. Hakupäivä 4.3.2015
11. Puulämmitys. 2015. Motiva. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/tukilammitysjarjestelmat. Hakupäivä 5.3.2015
12. Aurinkolämpö. 2015. Callidus. Saatavissa:
<http://www.callidus.fi/fi/lammitys/ratkaisut/aurinkolampo>. Hakupäivä 8.3.2015
13. Aurinkolämmitys. 2015. Motiva. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/tukilammitysjarjestelmat. Hakupäivä 5.3.2015
14. Ilmalämpöpumppu. 2015. Suomen lämpöpumppuyhdistys. Saatavissa:
<http://www.sulpu.fi/ilmalampopumppu>. Hakupäivä 8.3.2015
15. Ilmalämpöpumppu. 2015. Motiva. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/ilmalampopumppu_tukilammityslahteena. Hakupäivä 4.3.2015
16. Lämmönjaon vaihtoehdot. 2015. Motiva. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammonjaon_vaihtoehdot. Hakupäivä 4.3.2015
17. Vesikeskuslämmitys. 2015. Motiva. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammonjaon_vaihtoehdot/vesikeskuslammitys. Hakupäivä 4.3.2015
18. Huonekohtainen sähkölämmitys. 2015. Motiva. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammonjaon_vaihtoehdot/huonekohtainen_sahkolammitys. Hakupäivä 4.3.2015
19. Ilmakiertoinen lämmönjako. 2015. Motiva. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammonjaon_vaihtoehdot/ilmakiertoiset_lammonjakojarjestelmat. Hakupäivä 4.3.2015

20. Laskurin tekijät ja taustaa. 2016. Motiva. Saatavissa:

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/vertaile_lammitysjarjestelmia/pientalon_lammitystapojen_vertailulaskuri. Hakupäivä 10.4.2016

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Lattialämmityssuunnitelmat

Liite 3 Lämpöhäviöraportti

Liite 4 Materiaalilaskelmat

Liite 5 U-arvot

Liite 6 Lämmitysenergia

Liite 7 Lämmin käyttövesi

Liite 8 Aurinkoenergia

Liite 9 Vertailutaulukot

Liite 10 Vuotuiset energiakustannukset

Liite 11 Vuotuiset kokonaiskustannukset

Liite 12 Kumulatiiviset kokonaiskustannukset

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä: Joni Toppinen

Tilaaaja: Jorma ja Tarja Toppinen

Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot:

Jorma Toppinen, Puh.

Työn nimi: Lämmitysjärjestelmien vertailu vanhassa hirsitalossa

Työn kuvaus: Vertaillaan pientaloissa yleisesti käytettäviä lämmitysjärjestelmiä niin investointi- kuin myös käyttökustannuksiltaan.

Työn tavoitteet:

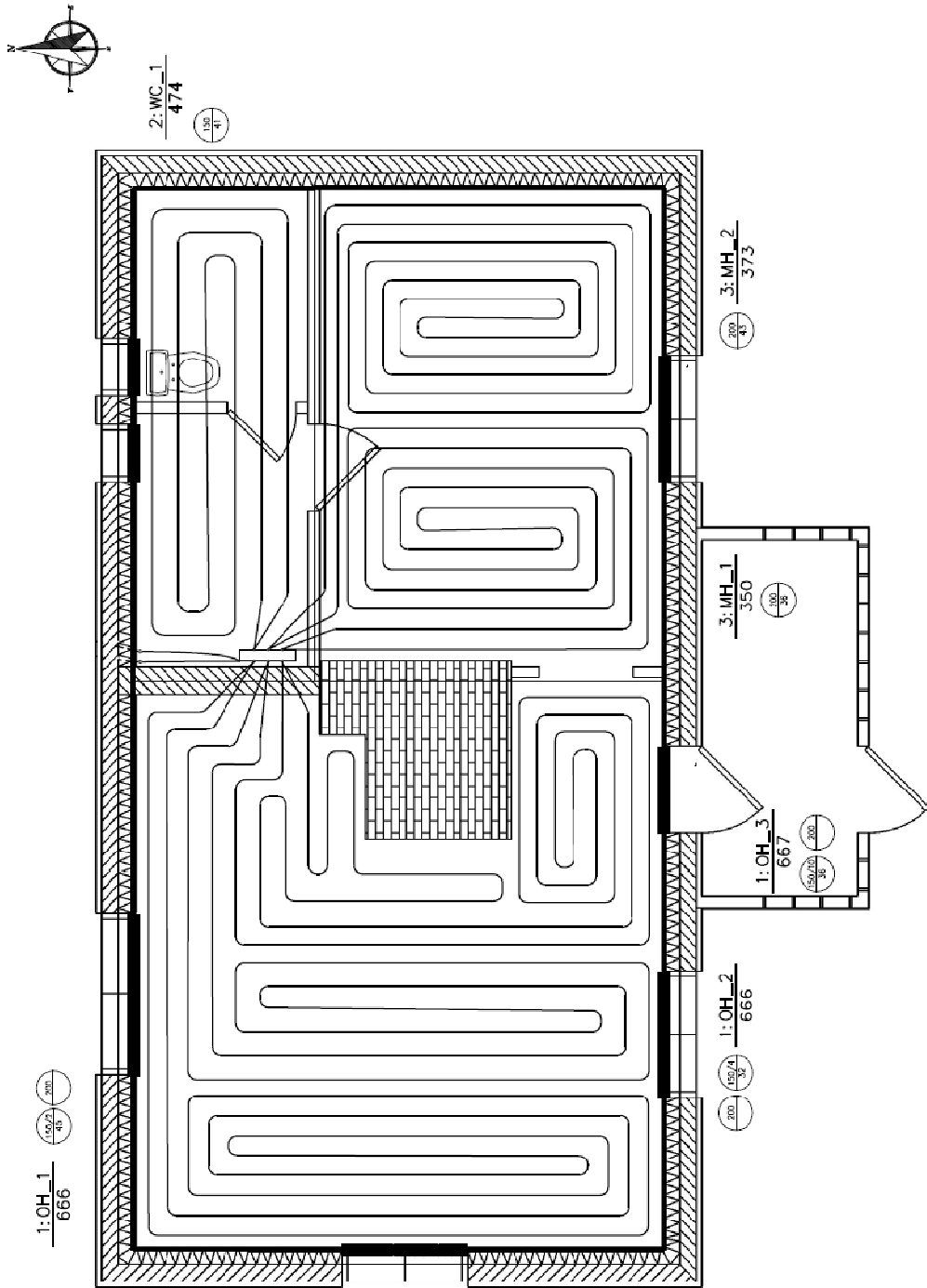
Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä vertailu pientaloissa usein käytettävistä lämmitysjärjestelmistä ja niiden kustannuksista.

Tavoiteaikataulu:

Opinnäytetyön oli tarkoitus alunperin valmistua keväällä 2015 mutta työn valmistuminen viivästyi ja nyt työn on tarkoitus valmistua keväällä 2016

Päiväys ja allekirjoitukset: 16.4.2016

Joni Toppinen Jorma Toppinen



JTI_6 JTI PAINEHÄVIÖ 8,9 kPa JTI VIRTAUS 851 l/h																	
LÄHTÖ	HUONE	PAINEH. kPa	MIR. l/h	Kv	Es	AS.YALJ mm	PUTKI	SYV. mm	PIT. m	LATTIARAKENNE	MENO °C	JÄPHT. °C	TEHO W/m ²	EI.ASEN. m ²	LATTIA °C	SLÄMPÖ °C	TEHO W
1	1:OIL_1	6.92	167	1.2	2.5	150/2 200	Wehofloor/17	30	4.5	Muovimatto 1.5 mm	35	3	73/63	0	28/26.1	20	572
2	1:OH_2	2.77	120	0.49	0.5	150/4 200	Wehofloor/17	30	3.2	Muovimatto 1.5 mm	35	3	73/63	0	28/26	20	410
3	1:OH_3	3.39	128	0.54	0.5	150/10 200	Wehofloor/17	30	3.6	Muovimatto 1.5 mm	35	3	73/63	1.8	28/26.3	20	433
4	2:WC	4.47	137	0.65	0.5	150	Wehofloor/17	25	4.1	Muovimatto 1.5 mm	35	3	75	0	28.7/25.9	20	471
5	3:MH_1	3.92	137	0.62	0.5	200	Wehofloor/17	30	3.6	Muovimatto 1.5 mm	35	3	63	0	27.7/25.9	20	469
6	3:MH_2	6.4	164	1.05	1.5	200	Wehofloor/17	30	4.3	Muovimatto 1.5 mm	35	3	63	0	27.7/25.9	20	562

putki	Wehofloor	17	2.3.3	m
-------	-----------	----	-------	---

LL-jakotukki	Wehofloor	6	1	kpl
--------------	-----------	---	---	-----

Maalämpö:							
Pikakoodi:	LVI-Nro:	Tuotteen nimi:	Yksikkö:	Hinta:	Määrä:	Kok. hinta:	Työ:
PF59	5361528	MAALÄMPÖPUMPPU NIBE F 1145-6	KPL	5 346,00	1	5 346,00	Kaivuutyöt: 2 500 €
GB11	5361569	TOP SET ASENUSSARJA NIBE	KPL	688,70	1	688,70	Sähköasennukset: 400 €
WY26	3281502	MAALÄMPÖNESTE NATURET 16 KG	KPL	66,05	12	792,60	LVI-asennukset: 0 €
TE38	1812043	MUOVIP. PEM. PN10 40X3,7 400M	M	3,39	400	1 356,00	
VD33	2022119	WEHOFLOOR-PUTKI 17X2 120M	M	1,82	233	424,06	
WH60	2032103	WEHOFLOOR-JAKOTUKKI 3-PIIRIÄ	KPL	242,50	2	485,00	
DS75	2032205	WEHOFLOOR-JAKOTUKKILIIT.17X2	PAR	9,34	6	56,04	
						9 148 €	Yhteensä: 12 048 €
Ilma-vesilämpöpumppu:							
Pikakoodi:	LVI-Nro:	Tuotteen nimi:	Yksikkö:	Hinta:	Määrä:	Kok. hinta:	Työ:
Y112	5361538	ILMA-VESILÄMPÖPUMP NIBE SPLIT2	KPL	6 776,00	1	6 776,00	Laitteen asennus: 400 €
VD33	2022119	WEHOFLOOR-PUTKI 17X2 120M	M	1,82	233	424,06	Sähköasennus: 400 €
WH60	2032103	WEHOFLOOR-JAKOTUKKI 3-PIIRIÄ	KPL	242,50	2	485,00	LVI-asennus: 0 €
DS75	2032205	WEHOFLOOR-JAKOTUKKILIIT.17X2	PAR	9,34	6	56,04	
						7 741 €	Yhteensä: 8 541 €
Poistoilmalämpöpumppu:							
Pikakoodi:	LVI-Nro:	Tuotteen nimi:	Yksikkö:	Hinta:	Määrä:	Kok. hinta:	Työ:
SN65	7923502	POISTOILMALÄMPÖP. NIBE F470	KPL	5 859,00	1	5 859,00	Sähköasennus: 400 €
XH01	8103322	KANAVA TULPATTU EKOD-3-010(3M)	M	5,28	30	158,40	LVI-asennus: 0 €
TJ87	8103323	KANAVA TULPATTU EKOD-3-012(3M)	M	6,13	12	73,56	
EF16	8100094	KÄYRÄ BDEB/90-010	KPL	5,81	10	58,10	
HN17	8100096	KÄYRÄ BDEB/90-012	KPL	7,10	5	35,50	
VG18	8100288	SIVULIITIN BDEA-1-010/010	KPL	4,18	3	12,54	
HU79	8100292	SIVULIITIN BDEA-1-012/010	KPL	4,32	6	25,92	
GE53	8333084	ILM.MAT MA35ALC (AIM)50 6,53M2	PAK	68,81	5	344,05	
VD33	2022119	WEHOFLOOR-PUTKI 17X2 120M	M	1,82	233	424,06	
WH60	2032103	WEHOFLOOR-JAKOTUKKI 3-PIIRIÄ	KPL	242,50	2	485,00	
DS75	2032205	WEHOFLOOR-JAKOTUKKILIIT.17X2	PAR	9,34	6	56,04	
						7 532 €	Yhteensä: 7 932 €
Ilmalämpöpumppu:							
Pikakoodi:	LVI-Nro:	Tuotteen nimi:	Yksikkö:	Hinta:	Määrä:	Kok. hinta:	Työ:
LG29	5360914	ILMALÄMPÖPUMPPU BOSCH 5 KW	KPL	1 294,00	1	1 294,00	Laitteen kytkeminen: 200 €
DA23	5360431	SEINÄTELIN ILP VALKOINEN	KPL	30,66	1	30,66	Sähköasennukset: 400 €
YN85	5360445	KONDENSSESIVESILETKU 30M	KPL	32,27	1	32,27	Asennus: 0 €
BI17	5360435	VAIMENNINKUMISARJA ILP 4KPL	KPL	21,62	1	21,62	
DS37	5360436	KOURULÄHTÖ KULMA TM72 VALK	KPL	8,07	1	8,07	
VJ97	5360438	KOURUKULMA 90 PYSTY CP72 VALK	KPL	8,07	1	8,07	
NL55	5360439	KOURUKULMA 90 VAAKA CA72 VALK	KPL	8,07	1	8,07	
IO14	5360440	KOURUMUHVI MG72 VALK	KPL	4,84	4	19,36	
TB57	5360444	AS.KOURUPARI 2M 72X64 T72 VALK	KPL	16,14	4	64,56	
						1 487 €	Yhteensä: 2 087 €
Aurinkosähkö:							
Valmistaja:		Tuotteen nimi:	Yksikkö:	Hinta:	Määrä:	Kok. hinta:	Työ:
Areva Solar		Aurinkopaketti 1,325 kWp, 8,5m2		2552	1	2552	Sähköasennukset: 500 €
							Muut asennukset: 0 €
						2 552 €	Yhteensä: 3 052 €
Suora sähkölämmitys:							
Valmistaja:	LVIS-Nro:	Tuotteen nimi:	Yksikkö:	Hinta:	Määrä:	Kok. hinta:	Työ:
DEVI	S-810911	Lattialämmityskaapeli DEVIflex 6T 140 m 870 W	KPL	225	3	675	Sähköasennukset: 800 €
DEVI	S-810910	Lattialämmityskaapeli DEVIflex 6T 115 m 660 W	KPL	245	1	245	Asennukset + tarvikkeet: 500 €
DEVI	S-353102	Asennussarja Flexkit NTC lattia-anturille	KPL	14,5	4	58	
DEVI	S-260010	Lämmönsäädin DEVIreg Touch valkoinen	KPL	119,9	4	479,6	
SU83	5271045	KÄYTTÖVE NIBE C-300 RST	KPL	745,30	1	745,3	
						2 203 €	Yhteensä: 3 503 €
Varaava sähkölämmitys:							
Pikakoodi:	LVI-Nro:	Tuotteen nimi:	Yksikkö:	Hinta:	Määrä:	Kok. hinta:	Työ:
EU34	5069002	SÄHKÖKATTILA NIBE EVC 13	KPL	1 438,00	1	1 438,00	Sähköasennukset: 400 €
SU83	5271045	KÄYTTÖVE NIBE C-300 RST	KPL	745,30	1	745,30	LVI-asennukset: 0 €
VD33	2022119	WEHOFLOOR-PUTKI 17X2 120M	M	1,82	233	424,06	
WH60	2032103	WEHOFLOOR-JAKOTUKKI 3-PIIRIÄ	KPL	242,50	2	485,00	
DS75	2032205	WEHOFLOOR-JAKOTUKKILIIT.17X2	PAR	9,34	6	56,04	
						3 148 €	Yhteensä: 3 548 €

Ulkoseinä				
rak	mat	d	l	R
US				
	R _{si}			0,13
	hirsi	0,1	0,12	0,83
	min.villa	0,15	0,055	2,73
	kipsil	0,009	0,21	0,04
	R _{se}			0,04
			sR	3,77
			U	0,27

Yläpohja					
rak	mat	d	l	R	
YP		m	W/mK	m ² K/W	
	R _{si}			0,1	kpl 5 T2
	paneeli	0,016	0,12	0,13	
	R _g			0,16	kpl 5 T3
	R _q			0,02	kpl 5 T5
	eriste	0,3	0,06	5,00	s11
	R _u			0,3	kpl 5 T4
	R _{se}			0,04	kpl 5 T2
			SR	5,75	
				W/m ² K	
			U	0,17	
rak	mat	d	l	R	
YP		m	W/mK	m ² K/W	
	R _{si}			0,1	kpl 5 T2
	paneeli	0,016	0,12	0,13	s14
	R _g			0,16	kpl 5 T3
	R _q			0,02	kpl 5 T5
	eriste	0,2	0,06	3,33	s11
	puu	0,1	0,12	0,83	s.14
	R _u			0,3	kpl 5 T4
	R _{se}			0,04	kpl 5 T2
			SR	4,92	
				W/m ² K	
			U	0,20	
		keskiarvo	U	0,18	W/m ² K

Alapohja					
rak	mat	d	l	R	
AP RA		m	W/mK	m ² K/W	
	R _{si}			0,17	kpl 5 T2
	betoni	0,08	1,2	0,07	
	villa	0,1	0,055	1,82	
	SO-kerros			0,20	kpl 5.4.10
maa RA	R _b			0,80	
			SR	3,05	
				W/m ² K	
			U	0,33	
rak	mat	d	l	R	kpl 5 T2
AP SA		m	W/mK	m ² K/W	
	R _{si}			0,17	
	betoni	0,08	1,2	0,07	kpl 5.4.10
	villa	0,1	0,055	1,82	
	SO-kerros			0,20	
maa SA	R _b			3,20	
			SR	5,45	
				W/m ² K	
			U	0,18	
		keskiarvo	U	0,26	W/m ² K

Ikkuna					
rak	mat	d	l	R	
UI		m	W/mK	m ² K/W	
	R _{si}			0,13	
	lasi	0,004	1,0	0,004	
	Rs	0,050		0,174	
	lasi	0,004	1,0	0,004	
	R _{se}			0,04	
			SR	0,35	
				W/m ² K	
			U _g	2,84	
Karmi					
rak	mat	d	l	b	R
UI		m	W/mK		m ² K/W
	R _{si}				0,13
	puu	0,17	0,12	0,7	0,99
	R _{se}				0,04
			SR		1,16
					W/m ² K
				U _f	0,86
A _g	1,17	m ²			
A _f	0,27	m ²			
A	1,44	m ²			W/m ² K
Y	0			U _w	2,46

Lämmitysenergian tarve koko vuodelle		
Nettoala:	42 m ²	
Tilavuus:	102 m ³	
Huonekorkeus:	2,55 m	
	Pinta-ala m ²	U-arvo W/m ² ,K
Seinät	60,4	0,226
Ikkunat (etelä)	3,08	2,5
Ikkunat (itä)	1,54	2,5
Ikkunat (pohjoinen)	2,46	2,5
Yläpohja	40	0,211
Alapohja	40	0,16
Ovet	1,47	1,0
Kylmäsiilat:	pituus, m	Lisäkonduktanssi W/(mK)
Ikkuna/oviliitos	18,2	0,04
US/alapohja liitos	35	0,11
US/yläpohja liitos	35	0,04
US liitos	10,2	0,05
Q_{rakosa} = Σ U_i A_i (T_s - T_u) Δt / 1000		
Q _{rakosa} = johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi, kWh		
U _i = rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)		
A _i = rakennusosan i pinta-ala, m ²		
T _s = sisäilman lämpötila, °C		
T _u = ulkoilman lämpötila, °C		
Δt = ajanjakson pituus, h		
1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.		
Q_{vuotoilma} = π_i c_{pi} q_v, vuotoilma (T_s - T_u) Δt / 1000		
Q _{vuotoilma} = vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh		
π _i = ilman tiheys, 1,2 kg/m ³		
c _{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)		
q _v , vuotoilma = vuotoilmavirta, m ³ /s		
T _s = sisäilman lämpötila, °C		
T _u = ulkoilman lämpötila, °C		
Δt = ajanjakson pituus, h		
1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.		
q _v = (q ₅₀ / 3600 * X) * Avaippa		

qv= 0,004728571 m ³ /s	
Tmaa, vuosi= Tu, vuosi + ΔTmaa, vuosi	
Tmaa, vuosi= 3,43	
Vuotoilmanvaihto:	
qv50= 4 m ³ /hm ²	Tu, vuosi= 3,43
	Ts= 21
	Tu= 3,43
	Δt= 8760
Qkylmäsillat= Σ lk Ψk (Ts -Tu) Δt/1000	Kerroin= 1000
	pi= 1,2
Qkylmäsillat= johtumislämpöhäviö kylmäsiltojen läpi, kWh	cpi= 1000
lk= viivamaisen kylmäsilan pituus, m	qv= 0,0047
Ψk= viivamaisen kylmäsilan lisäkonduktanssi, W/(m K)	X= 35
	Kerroin= 3600
	Δtmaa, vuosi= 0
Qkylmäsillat= 998,6 kWh/a	
Qrakosa= 7335,6 kWh/a	
Qvuotoilma= 873,3 kWh/a	
Qjoht= 9207,5 kWh/a	

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve lasketaan kaavan (3.18) avulla

$$Q_{lkv,netto} = \rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600 - Q_{lkv,LTO} \quad (3.18)$$

jossa

$Q_{lkv,netto}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh
ρ_v	veden tiheys, 1000 kg/m ³
c_{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)
V_{lkv}	lämpimän käyttöveden kulutus, m ³
T_{lkv}	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
T_{kv}	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h
$Q_{lkv,LTO}$	jäteveden lämmöntalteenotolla talteenotettu ja käyttöveden lämmityksessä hyväksikäytetty energia, kWh

3.4.1

Lämpimän käyttöveden tarvitsema lämmitysenergia lasketaan käyttämällä taulukon 5 ominaiskulutuksia ja niitä vastaavia lämmitysenergian nettotarpeita. Kylmän veden lämpötilana käytetään 5 °C ja lämpimän veden lämpötilana 55 °C.

Taulukko 5. Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus ja sitä vastaava lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohti.

Käyttötarkoitukseluokka	LKV:n ominaiskulutus dm ³ /(m ² a)	Lämmitysenergia kWh/(m ² a)
Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalo, asuinkerrostalo	600	35
Toimistorakennus	103	6
Liikerakennus	68	4
Majoitusliikerakennus	685	40
Opetusrakennus ja päiväkot	188	11
Liikuntahalli	343	20
Sairaala	515	30

$\rho_v = 1000$
$c_{pv} = 4,2$
$V_{lkv} = 24$ m ³
$T_{lkv} = 55$ °C
$T_{kv} = 5$ °C
Kerroin = 3600
$Q_{lkv,LTO} = 0$
$Q_{lkv,netto} = 1400$ kWh

Säävyöhyke 3				Säteilyenergia	Korjauskerroin	Säteilyenergia, 45 astetta
Kuukausi	Keskilämpötila	d/kk	h/kk	kWh/m ² , kk	45 astetta	kWh/kk
Tammikuu	-8,00	31	744	5,4	1,75	9,45
Helmikuu	-7,10	28	672	20,1	2,27	45,627
Maaliskuu	-3,53	31	744	51,9	1,75	90,825
Huhtikuu	2,42	30	720	102,9	1,3	133,77
Toukokuu	8,84	31	744	171,4	1,07	183,40
Kesäkuu	13,39	30	720	159,1	0,99	157,51
Heinäkuu	15,76	31	744	158,2	1,01	159,78
Elokuu	13,76	31	744	113,9	1,11	126,43
Syyskuu	9,18	30	720	71,1	1,33	94,56
Lokakuu	4,07	31	744	25,3	1,62	40,99
Marraskuu	-1,76	30	720	7,3	1,33	9,71
Joulukuu	-5,92	31	744	3,2	1	3,2
Koko vuosi	3,43	365	8760	890	1,26	1055,25

Lähtötiedot:

Kennojen pinta-ala:	A=	8,5 m ²
Kennojen suuntaus: Etelä	F1=	1
	F2=	1,2
	Fasento=	1,2
	Kmax=	0,156 kW/m ²
	Pmax=	1,325 kW
	Fkäyttö=	0,75
	Iref=	1 kW/m ²
	Esol=	1055 kWh/m ² ,a
Es,pv,out= 1048,5 kWh/a		
Aurinkokeräimen tuotto= 123 kW/m²		

$$E_{s,pv,out} = \frac{E_{sol} \cdot P_{max} \cdot F_{käyttö}}{I_{ref}}$$

Käyttökustannukset				
Lämmitysjärjestelmä	Vuosihyötysuhde/COP	Osuus lämmitysenergiasta	Kustannukset	Säästö
		%	€/a	€/a
Suora sähkölämmitys	99 %	100 %	1392	0
Varaava sähkölämmitys	95 %	100 %	1451	-59
Suora sähkölämmitys + aurinkoenergia	99 %	100 %	1255	137
Varaava sähkölämmitys + aurinkoenergia	95 %	100 %	1308	84
Suora sähkölämmitys + tulisija	99%/60%	100 %	1122	270
Varaava sähkölämmitys + tulisija	95%/60%	100 %	1153	239
Suora sähkölämmitys + ILP	99%/2,0	100 %	1087	305
Varaava sähkölämmitys + ILP	95%/2,0	100 %	1145	247
Suora sähkölämmitys + ILP + tulisija	99%/2,0/60%	100 %	824	568
Varaava sähkölämmitys + ILP + tulisija	95%/2,0/60%	100 %	868	524
Poistoilmalämpöpumppu	2,7	60 %	912	480
Ulkoilma-vesilämpöpumppu	2,2	70 %	855	537
Poistoilmalämpöpumppu + tulisija	2,7/60%	100 %	630	762
Ulkoilma-vesilämpöpumppu + tulisija	2,2/60%	100 %	592	800
Maalämpö	3,0	100 %	459	933

Investointikustannukset				
Lämmitysjärjestelmä	Laitteisto	Materiaalit	Työ (sähkö, kaivu ja	Yhteensä
Suora sähkölämmitys	0,00 €	2 203,00 €	1 300,00 €	3 503,00 €
Varaava sähkölämmitys	2 183,30 €	964,70 €	400,00 €	3 548,00 €
Aurinkoenergia	2 552,00 €	0,00 €	500,00 €	3 052,00 €
Tulisija	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Ilmalämpöpumppu	1 294,00 €	193,00 €	600,00 €	2 087,00 €
Poistoilmalämpöpumppu	5 859,00 €	1 673,00 €	400,00 €	7 932,00 €
Ulkoilma-vesilämpöpumppu	6 776,00 €	965,00 €	800,00 €	8 541,00 €
Maalämpö	5 346,00 €	3 802,00 €	2 900,00 €	12 048,00 €

Kokonaiskustannukset (vuotuinen investointi, korko (3%) sekä energiakustannus)					
Lämmitysjärjestelmä	Vuosihyötysuhde/COP	Osuus lämmitysenergiasta	Kustannukset	Kustannukset	Säästö
		%	€/a	€/kWh	€/a
Suora sähkölämmitys	99 %	100 %	1627	0,153	0
Varaava sähkölämmitys	95 %	100 %	1690	0,159	-63
Suora sähkölämmitys + aurinkoenergia	99 %	100 %	1725	0,163	-98
Varaava sähkölämmitys + aurinkoenergia	95 %	100 %	1752	0,165	-125
Suora sähkölämmitys + tulisija	99%/60%	100 %	1357	0,128	270
Varaava sähkölämmitys + tulisija	95%/60%	100 %	1392	0,131	235
Suora sähkölämmitys + ILP	99%/2,0	100 %	1462	0,138	165
Varaava sähkölämmitys + ILP	95%/2,0	100 %	1523	0,144	104
Suora sähkölämmitys + ILP + tulisija	99%/2,0/60%	100 %	1199	0,113	428
Varaava sähkölämmitys + ILP + tulisija	95%/2,0/60%	100 %	1246	0,117	381
Poistoilmalämpöpumppu	2,7	60 %	1446	0,136	181
Ulkoilma-vesilämpöpumppu	2,2	70 %	1429	0,135	198
Poistoilmalämpöpumppu + tulisija	2,7/60%	100 %	1164	0,11	463
Ulkoilma-vesilämpöpumppu + tulisija	2,2/60%	100 %	1166	0,11	461
Maalämpö	3,0	100 %	1269	0,12	358

Kokonaiskustannukset (Investointikustannus, vuosittaiset energiakustannukset, ei sisällä korkokustannuksia, 20 vuoden laskenta-aika)				
Lämmitysjärjestelmä	Vuosihyötysuhde/COP	Osuus lämmitysenergiasta	Kustannukset	Säästö
		%	€	€
Suora sähkölämmitys	99 %	100 %	47 161,00 €	0,00 €
Varaava sähkölämmitys	95 %	100 %	49 089,00 €	-1 928,00 €
Suora sähkölämmitys + aurinkoenergia	99 %	100 %	46 368,00 €	793,00 €
Varaava sähkölämmitys + aurinkoenergia	95 %	100 %	47 655,00 €	-494,00 €
Suora sähkölämmitys + tulisija	99%/60%	100 %	39 378,00 €	7 783,00 €
Varaava sähkölämmitys + tulisija	95%/60%	100 %	40 415,00 €	6 746,00 €
Suora sähkölämmitys + ILP	99%/2,0	100 %	39 676,00 €	7 485,00 €
Varaava sähkölämmitys + ILP	95%/2,0	100 %	41 651,00 €	5 510,00 €
Suora sähkölämmitys + ILP + tulisija	99%/2,0/60%	100 %	32 103,00 €	15 058,00 €
Varaava sähkölämmitys + ILP + tulisija	95%/2,0/60%	100 %	33 518,00 €	13 643,00 €
Poistoilmalämpöpumppu	2,7	60 %	36 670,00 €	10 491,00 €
Ulkoilma-vesilämpöpumppu	2,2	70 %	35 367,00 €	11 794,00 €
Poistoilmalämpöpumppu + tulisija	2,7/60%	100 %	28 403,00 €	18 758,00 €
Ulkoilma-vesilämpöpumppu + tulisija	2,2/60%	100 %	27 793,00 €	19 368,00 €
Maalämpö	3,0	100 %	26 438,00 €	20 723,00 €

Käyttökustannukset							
Lämmitysjärjestelmä	Vuosihyötysuhde/ COP	Puun käyttö	Sähköenergian kulutus	Sähköenergian hinta	Puun hinta	Kustannukset	Säästö
		i-m3	kWh	€/a	€/a	€/a	€/a
Suora sähkölämmitys	99 %	0	10708	1392	0	1392	0
Varaava sähkölämmitys	95 %	0	11162	1451	0	1451	-59
Suora sähkölämmitys + aurinkoenergia	99 %	0	9654	1255	0	1255	137
Varaava sähkölämmitys + aurinkoenergia	95 %	0	10062	1308	0	1308	84
Suora sähkölämmitys + tulisija	99%/60%	10	5554	722	400	1122	270
Varaava sähkölämmitys + tulisija	95%/60%	10	5792	753	400	1153	239
Suora sähkölämmitys + ILP	99%/2,0	0	8362	1087	0	1087	305
Varaava sähkölämmitys + ILP	95%/2,0	0	8808	1145	0	1145	247
Suora sähkölämmitys + ILP + tulisija	99%/2,0/60%	10	3262	424	400	824	568
Varaava sähkölämmitys + ILP + tulisija	95%/2,0/60%	10	3600	468	400	868	524
Poistoilmalämpöpumppu	2,7	0	6600	858	0	858	534
Ulkoilma-vesilämpöpumppu	2,2	0	7618	990	0	990	402
Poistoilmalämpöpumppu + tulisija	2,7/60%	10	1684	219	400	619	773
Ulkoilma-vesilämpöpumppu + tulisija	2,2/60%	10	2067	269	400	669	723
Maalämpö	3,0	0	3533	459	0	459	933

