

Lauri Vanttila

**HYBRIDIJARJESTELMAN KANNATTAVUUS PIENTALO-
KOYTEISSA**

HYBRIDIJÄRJESTELMÄN KANNATTAVUUS PIENTALO- KOhteissa

Lauri Vänttilä
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma, LVI-insinööri

Tekijä: Lauri Vänntilä

Opinnäytetyön nimi: Hybridijärjestelmän kannattavuus pientalokohteissa

Työn ohjaaja: Pirjo Kimari

Kevät 2014

Sivumäärä: 34

Työn aiheena oli selvittää hybridilämmitysjärjestelmän investoinnin kannattavuus pientalojen uudis- ja korjausrakentamiskohteissa. Työssä selvitettiin kolmen kohteen hybridilämmitysjärjestelmän investointikustannukset, vuosittaiset lämmitysenergiakustannukset sekä järjestelmillä saavutetut kustannussäästöt. Näiden tietojen perusteella laskettiin investointien kannattavuus. Talot sijaitsevat Limingassa, Hailuodossa ja Haukiputaalla.

Järjestelmäinvestointien kannattavuudet laskettiin takaisinmaksuajan, sisäisen korkokannan ja netto nykyarvomenetelmän mukaisesti. Investointien takaisinmaksuajaksi saatiin 8,79 ja 17,55 ja 7,75 vuotta. Investointien sisäiseksi korkokannaksi saatiin 7,87 %, 0,01 % ja 10,3 %. Nykyarvomenetelmässä käytettiin tuottovaatimuksena 5 %, jolloin kaksi kolmesta investoinnista oli kannattavia.

Yhteenvedona voidaan todeta, että tutkituista kohteista talojen Siponen ja Kurikka hybridijärjestelmät olivat selvästi kannattavia ja talo Holma ei ollut kannattava. Selkeästi kannattavista kohteista toinen oli sähkölämmitteinen uudisrakennus ja toinen öljylämmitteinen saneerauskohte.

Asiasanat: hybridienergia, lämmitysjärjestelmä, kannattavuuslaskelma

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO.....	6
2 HYBRIDILÄMMITYS	7
2.1 Järjestelmän toimintaperiaate	7
2.2 Järjestelmän osat.....	8
2.2.1 Hybridivaraaja	8
2.2.2 Hybridisäädin	8
2.2.3 Pumppuyksikkö	9
2.2.4 Aurinkokeräin	10
2.2.5 Lämmöntalteenotto-putki (LTO).....	11
2.2.6 Puukattila	11
2.2.7 Öljykattila.....	12
2.2.8 Vesi-ilmalämpöpumppu.....	13
2.2.9 Vesikiertoinen takka	14
3 KANNATTAVUUSLASKELMAT	16
3.1 Takaisinmaksuajan menetelmä	16
3.2 Sisäisen korkokannan menetelmä	16
3.3 Nykyarvomenetelmä	17
4 LASKENTAKOhteet.....	18
4.1 Talo Holma	18
4.2 Talo Kurikka.....	19
4.3 Talo Siponen.....	20
5 HYBRIDIJÄRJESTELMIEN KANNATTAVUUS LASKENTAKOhteissa.....	21
5.1 Kohteiden investointikustannukset.....	21

5.2 Kohteiden käyttökustannukset	21
5.2.1 Talo Siponen	21
5.2.2 Talo Holma	22
5.2.3 Talo Kurikka	23
5.3 Kohteiden vuosittaiset nettotuotot	23
5.3.1 Talo Siponen	23
5.3.2 Talo Holma	23
5.3.3 Talo Kurikka	23
5.4 Kannattavuus takaisinmaksuajan menetelmällä	24
5.4.1 Talo Siponen	24
5.4.2 Talo Holma	24
5.4.3 Talo Kurikka	24
5.5 Kannattavuus sisäisen korkokannan menetelmällä	25
5.5.1 Talo Siponen	25
5.5.2 Talo Holma	26
5.5.3 Talo Kurikka	27
5.6 Kannattavuus nykyarvomenetelmällä	27
5.6.1 Talo Siponen	27
5.6.2 Talo Holma	29
5.6.3 Talo Kurikka	29
6 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	32

1 JOHDANTO

Perinteisesti taloissa on ollut yksi päälämmönlähde, kuten öljy- tai puukattila. Nykyaikana on yhä yleisempää, että talo lämmitetään lämmitysjärjestelmällä, joka hyödyntää useaa energianlähdettä, siis hybridilämmitysjärjestelmällä. Talon lämmitysratkaisun valintaan vaikuttavat taloudellisuus, ympäristöystävällisyys, järjestelmän käytön helppous sekä soveltuvuus lämmitettävään kohteeseen.

Työn aiheena oli selvittää hybridilämmitysjärjestelmän investoinnin kannattavuus pientalojen uudis- ja korjausrakentamiskohteissa. Työssä selvitettiin kolmen hybridilämmitysjärjestelmän investointikustannukset, vuosittaiset lämmitysenergiakustannukset sekä järjestelmillä saavutetut kustannussäästöt. Tarkoituksena oli tehdä laskelmat viidestä kohteesta, mutta kahdesta kohteesta ei saatu riittäviä tietoja laskelmien tekemistä varten. Investointien kannattavuus laskettiin saatavilla olevien kolmen kohteen tietojen perusteella.

Energiankulutustiedot on pyritty selvittämään kolmelta vuodelta ennen hybridijärjestelmien asennusta ja kolmelta vuodelta asennuksen jälkeen. Investointikustannukset on selvitetty Hybridiosaajat Oy:n tiedostoista. Järjestelmäinvestointien kannattavuudet laskettiin takaisinmaksuajan, sisäisen korkokannan ja nettonykyarvomenetelmän mukaisesti. Talot sijaitsevat Limingassa, Haiuodossa ja Haukiputaalla. Työn tilaajana oli Hybridiosaajat Oy.

2 HYBRIDILÄMMITYS

Hybridilämmitysjärjestelmässä yhdistyy monta energialähdettä ja lämmönlähteiden käyttö vaihtelee sen mukaan, mitä lämpöenergiaa on saatavilla. Hybridijärjestelmissä on varalämmönlähde ja yleensä usea uusiutuvaa energiaa hyödyntävä lämmönlähde. Varalämmönlähteenä toimii esimerkiksi puu- tai öljykattila ja täydentävänä lämmönlähteenä aurinkolämpö- tai lämpöpumppujärjestelmä. (1.) Hybridilämmitysjärjestelmän tärkeimmät osat ovat ilmaisenergianlähteet, varalämmönlähde, ohjausjärjestelmä, varaaja ja lämmönjako.

2.1 Järjestelmän toimintaperiaate

Hybridilämmitysjärjestelmässä energiavaraaja varastoi eri lämmönlähteiden tuottamat energiat käyttöä varten. Tämän ansiosta lämmitysenergiaa voidaan kerätä silloin, kun sitä on saatavilla, ja käyttää, kun sitä tarvitaan. Energiavaraaja on suunniteltu siten, että se mahdollistaa eri lämmönlähteiden rinnakkaiskäytön ja yhteen kytkemisen. (2, s.18.)

Järjestelmä pyrkii ensisijaisesti käyttämään kaikista edullisinta lämpöenergianlähdettä eli jotakin ilmaisenergianlähteistä. Ilmaisenergianlähteenä voidaan käyttää muun muassa aurinkoenergiaa, savukaasuista syntyvää energiaa, vesitakkaa tai puuhellaa, jossa on lämmönsiirrin. Normaalisti lämpö ulkoisesta lämpöenergian lähteestä viedään lämminvesivaraajan alaosaan. Aurinkoenergiaa tai muuta ilmaisenergianlähteistä saatavaa energiaa käytetään ensisijaisesti, jos niitä on käytettävissä. Jos ilmaisenergianlähteistä ei saada tarpeeksi lämpöenergiaa lämminvesivaraajan lämmittämiseen, käytetään varalämmönlähdettä. (3, s. 5.) Varalämmönlähteenä voi toimia muun muassa maalämpöpumppu, öljy- tai puukattila tai sähkövastukset.

Automatisoitu hybridisäädin säätää lämmityspiireille menevän veden lämpötilaa kolmen eri säätöperiaatteen mukaan. Ensimmäisen säätöperiaatteen mukaan se säätää lämmityspiireille menevän veden lämpötilan ulkoilman lämpötilan tai muun ohjaustiedon perusteella. Säätö tapahtuu automaattisesti reaaliajassa ja estää talon turhaa lämmittämistä, kun ulkoilma on lämmintä. Ajallinen säätö eli toinen säätöperiaate mahdollistaa sisätilojen lämmittämisen ennalta käsin.

Kolmas säätöperiaate eli manuaalinen säätö on aina mahdollista. Sisätilojen lämpötila voidaan myös halutessa säätää alhaisemmaksi. Järjestelmä voi myös sisältää huonekohtaisen lämpötilasäädön. (3, s. 5.)

Jos lämminvesivaraaja lämpenee liikaa, paine sen sisällä kasvaa, jolloin se voi räjähtää ja aiheuttaa vaaratilanteen. Näissä hybridiratkaisuissa lämminvesivaraajan yllilämmön poiskytkeminen tapahtuu pääasiallisesti aurinkokerääjien kautta yöllä. Jos aurinko lämmittää varaajan liian kuumaksi, yöllä varaajassa olevaa kuumaa vettä kierrätetään aurinkokeräimessä, josta varaajan lämpö kylmän yöilman vaikutuksesta häviää taivaalle. Kyse on siis varaajan jäähdyt-
tämisestä yöllä. Jos kuitenkin järjestelmän lämpötila nousee kuumemmaksi kuin 97 °C, järjestelmässä oleva varoventtiili aukeaa ja päästää kylmää vettä järjestelmään. Tarvittaessa voidaan järjestelmään myös asentaa erillinen pumppujärjestelmä, jolla ylimääräinen energia saadaan purettua. (3, s. 5–6.)

Energiamittaukset antavat tietoa nykyisistä ja kumulatiivisista energiankulutuksista. Tämä mahdollistaa energiankulutuksen tarkkailemisen ja kustannuseurannan. Asiakas voi siis reaaliajassa seurata talonsa energiankulutusta ja tehdä investoinnin kannattavuuslaskelmia. (3, s. 6.)

2.2 Järjestelmän osat

2.2.1 Hybridivaraaja

Vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä energiavaraaja varastoi veteensä lämmityslaitteen tuottaman energian. Sieltä energia käytetään käyttöveden sekä kiinteistön lämmittämiseen. Varaajaan voidaan myös asentaa sähkövastukset, jotka takaavat lämmöntuoton. (4, s. 2.) Hybridivaraaja poikkeaa energiavaraajasta vain siten, että siihen on mahdollista yhdistää useampi lämpöä tuottava laite.

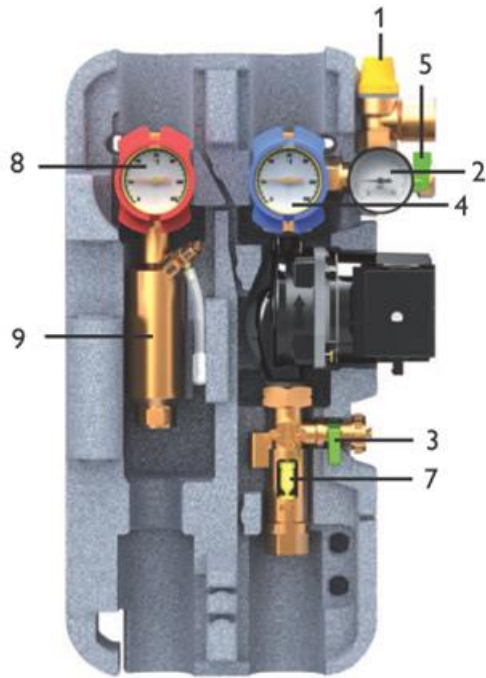
2.2.2 Hybridisäädin

Hybridisäädin on automaatiojärjestelmä, joka yhdistää ilmanvaihdon, lämmityksen ja talotekniset säädöt sekä ohjaukset yhdeksi kokonaisuudeksi. Järjestelmän avulla on helpompi säästää energiaa ja se lisää asumismukavuutta.

Säädin säätää kodin lämpöä automaattisesti vuorokaudenajasta, vallitsevasta ulkolämpötilasta tai siitä riippuen, onko asunto käytössä vai tyhjillään. Hybridisäätimeen kuuluu keskusyksikön lisäksi käyttöpaneeli. Järjestelmään on myös mahdollista lisätä näytölliset huonesäätimet, joten myös huonekohtainen lämpötilan säätö on mahdollista. (5, s. 2.)

2.2.3 Pumppuyksikkö

Pumppuyksikkö on kuvan 1 mukainen eristetty kotelo, jonka sisällä on kaikki aurinkopiirin tarvitsemat laitteet. Pumppuyksikköön sisältyy paine- ja lämpömittarit, varoventtiili, sulkua- ja takaiskuventtiilit sekä kiertovesipumppu. Vapaakierto on estetty pumppuyksikössä meno- ja paluuputkessa, jottei vapaakiertoa syntyisi kerääjän ja varaajan välille tai meno- ja paluuputken sisälle. Pumpun molemmilla puolilla on sulkuventtiilit, niin sen voi helposti huoltaa tai vaihtaa. Pumpun yläpuolella on niin sanottu turvaryhmä, joka sisältää paisuntaastian liitännän, painemittarin sekä varoventtiilin. Pumppuyksikössä on myös mittarit järjestelmän paineelle sekä meno- ja paluulämpötiloille. Oikea nopeus keräinpiirille säädetään virtausmittarilla ja yksinkertainen energiamittari ilmoittaa järjestelmän tuottaman energian. (6.)



KUVA 1. Pumppuyksikön osat. 1 varoventtiili, 2 painemittari, 3 tyhjennysventtiili, 4 palloventtiili (paluu) sis. lämpömittari ja vapaakiertoeste, 5 täyttöventtiili, 6 pumppu, 7 virtausmittari, 8 palloventtiili (meno) sis. lämpömittari ja vapaakiertoeste sekä 9 ilmaerotin (6)

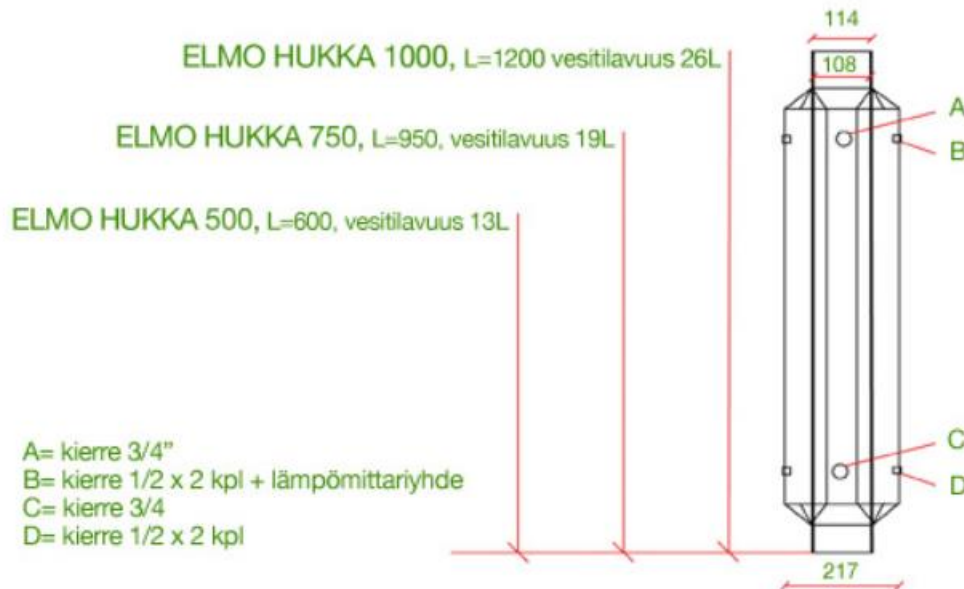
2.2.4 Aurinkokeräin

Auringon säteilyenergia muutetaan käyttöön soveltuvaksi energian muodoksi aurinkokeräimessä. Syntyvä lämpöenergia otetaan talteen kierrättämällä kerääjässä sopivaa lämmönsiirtoväliainetta. Tasokerääjä on yksinkertaisin aurinkokerääjä. Siinä musta pinta absorboi auringon säteilyä. Korkein saavutettava käyttölämpötila tasokerääjällä on noin 100 °C, koska tasokerääjällä tuleva auringon säteilyn tehoteho on sama kuin maanpinnalla. (7, s. 1.)

Keskittävässä kerääjässä säteilyenergia muutetaan lämmöksi taittamalla tai heijastamalla kerääjälle tuleva säteily pienelle kohtiolle. Keskittävässä kerääjässä lämpöhäviöt absorptiopinnasta ovat pienet verrattuna tasokerääjään, mikä mahdollistaa korkeat käyttölämpötilat. Keskittävällä kerääjällä ei saada enempää säteilyenergiaa kuin tasokerääjällä, vaan pelkästään tehotehoa absorptiopinnassa suurennetaan. (7, s. 13.)

2.2.5 Lämmöntalteenotto-putki (LTO)

LTO-putki on kuvan 2 mukainen savuputki, jota ympäröi vesisäiliö. Savuputkissa kulkevat kuumat savukaasut lämmittävät säiliössä olevaa vettä ja sitä kierrätetään lämminvesivaraajaan automatiikan ohjaamana.



KUVA 2. LTO-putki (8)

2.2.6 Puukattila

Puukattilassa poltetaan pilkkeitä, halkoja ja haketta, ja palamisesta vapautuva lämpöenergia varastoidaan lämmönvesivaraajaan. Puukattilat jaetaan ylä-, ala- ja käänteispuukattiloihin.

Yläpuukattilassa palaminen tapahtuu polttoainekasan päällä, kuten avotullessa. Yläpuukattilan ongelmat liittyvät polttoaineen lisäämisestä syntyvään palamisprosessin keskeytymiseen. Kattilassa ei ole polttoainereserviä, mistä syystä arinan päällä oleva polttoaine osallistuu palamiseen kokonaisuudessaan. (9.)

Alapuukattilassa palaminen tapahtuu kattilan tai polttoaineen alaosassa. Arina muodostaa polttoainesäiliön pohjan. Polttoilmaa imetään arinan ja kaasun puukattilassa olevien sekundäärisuuttimien läpi savukaasupuhaltimen tai savuputken avulla. Hiillos joka muodostuu polttoainekasan alle tippuu arinan läpi tuhkatilaan loppuun palaessaan. Kekäleet, jotka eivät tipu tuhkatilaan, palavat arinan läpi

tulevan primääri-ilman avulla loppuun. Alapalokattilan etuja ovat polttoaineen esilämmitys ja tehokas poltto. Alhaalla oleva vesivaipan ja palavan polttoaineen lämmittämä polttoaine on kuivaa. Se helpottaa syttymistä. Polttoainesäiliössä olevista puista kuivatislautuu kaasuja, jotka kulkevat palotilan läpi, jolloin ne loppuun palaessaan luovuttavat lämpöenergiaa. Alapalokattila on erityisen hyvä kiinteään polttoaineen kattilatyypiksi sen polton tehokkuuden vuoksi. (10.)

Käänteispalokattila on periaatteeltaan lähes alapalokattilan kaltainen, ja sen sanotaankin olevan alapaloperiaatteen parannus. Käänteispalokattilassa etenkin kaasujen jälkipolttaminen on hallitumpaa, sillä polttoaine sijaitsee arinan päällä varastosäiliössä ja kaasut vedetään arinan läpi alakautta. Palaminen tapahtuu kasan pohjalla. Lisäksi arinan alla on tila, jolla pyrolyysikaasut on mahdollista polttaa sekundääri-ilmalla.

Tuhka ja palamaton hiili tippuvat arinan alla sijaitsevaan tuhkatilaan. Sen päällä olevalla kaasujen poltolla varmistetaan hiilen palaminen loppuun. Primäärinen ilmansyöttö tulee arinan päällä olevaan polttoaineeseen. Arinarakenne on todella kovilla korkean lämpötilan vuoksi, mikä edellyttää kestäviä materiaaleja. Kovin lämpö osuu arinaan, jos esimerkiksi jos polttoaineen syöttö on huono ja palaminen siirtyy arinan yläpuolelle.

Käänteispalokattila toimii parhaiten, jos siinä on savukaasupuhallin. Käänteispalokattila ei ole kovin yleinen Suomessa kalliin hintansa vuoksi, mutta esimerkiksi Keski-Euroopassa käänteispalokattilaa käytetään paljon. (11.)

2.2.7 Öljykattila

Öljykattiloita on kolmea eri tyyppiä: laatikko-, tulitorvi- tai vesiputkirakenteistyyppisiä. Asunnoissa käytettävät pienimmät kattilat ovat tyypillisesti laatikkorakenteisia. Ne voivat olla joko valettuja tai levystä hitsattuja. Tulevaisuudessa on yhä enemmän keveämpiä tulitorvirakenteita. Se on edullinen pyöreän vaipan hyvän paineenkeston vuoksi. Yli 10–12 megawatin kokoluokassa yleisin käytetty öljykattila on vesiputkirakenne, sillä muissa tyypeissä vesitilan ulko- ja sisävaippa tulevat liian paksuiksi. (12, s. 303.)

Öljykattilan paineenalaisten osien tehtävä on toimia vesi- tai höyrytilana, eli toimia puskurina kuorman muutoksissa ja ottaa vastaan öljyn poltosta kehitetty lämpö.

Paineenalaisten osien avulla myös muodostetaan tulipesä sekä konvektiopinnat. Rakenteet tulee suunnitella niin, etteivät suuret, 200–300 kW/m²:iin nousevat, lämpövirran tiheydet tulipesässä aiheuta haitallisia jännityksiä, materiaalin hilseilyä tai muita epänormaaleja ilmiöitä. (12, s. 303.)

Öljykattilat ovat nykyään ylipainerakennetta, eli savukaasutiet ovat niin tiiviit, että tulipesässä on lievä ylipaine. Se saadaan aikaan palamisilmalaitteilla ja polttimilla. Ylipainerakenteen ansiosta savukaasupuhallinta ei tarvita. Ylipainerakenne edellyttää, että kattila on rakenteeltaan tiivis, jotta savukaasu ei pääse vuotamaan eristeisiin. (12, s. 303.)

Palamiseen tarvittava aika määrää kattilan tulipesän mitoituksen. Suurissa kattiloissa mitoituksen määräävä tekijä on tulipesän loppulämpötila. Kattiloiden sisäinen vedenkierto tapahtuu useimmiten luonnonkierrolla. Vesikattiloissa kokonaiskiertoon vaikuttaa kierto- tai sekoituspumppu, vaikkakin kattilan sisäinen kierto määrätty luonnonkierron mukaan. Kattilan rakenteissa ei tulisi olla vaakasuoria, lämmitettyjä pintoja. Niiden alle voi syntyä höyrytyyny, joka toimii lämpöeristeenä, mistä johtuen kattila alkaa paukkua ja lämpöpinta saattaa revetä. (12, s. 303.)

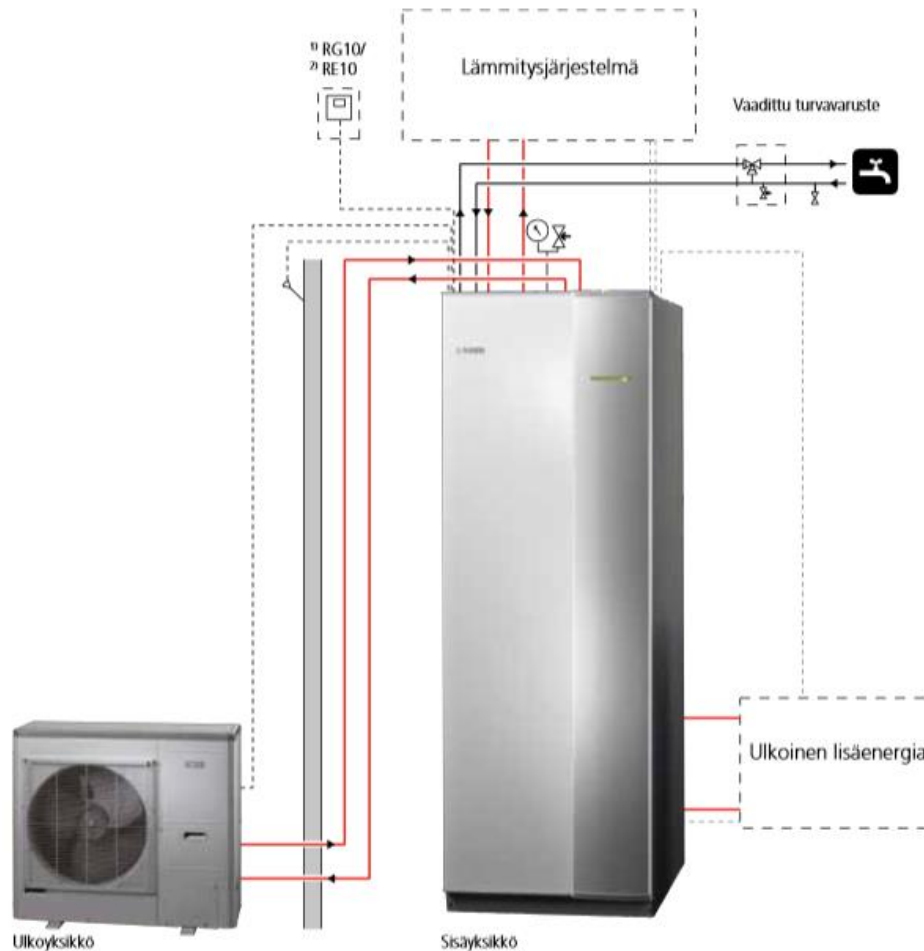
Kattilan vesitilavuus on normaalisti 3–4m³/MW. Kattilalla, jolla on suuri vesitila, on hyvä varauskyky. Tulitorvirakenteisissa lämminvesikattiloissa lämpöpinta on normaalisti 30–35m²/MW, eli keskimääräinen lämpövirran tiheys on 30kW/m². (12, s. 303.)

2.2.8 Vesi-ilmalämpöpumppu

Vesi-ilmalämpöpumppu lämmittää talon lämminvesivaraajaa ulkoilmassa olevan lämpöenergian avulla (13). Vesi-ilmalämpöpumppu koostuu sisä- ja ulkoyksiköstä kuvan 3 mukaisesti, jotka on yhdistetty kylmäaineputkilla. Ulkoyksikkö sisältää puhaltimen, höyrystimen, kompressorin ja paisuntaventtiilit. Sisäyksikön pääosat ovat lauhdutin ja eristetty massavaraaja. (14, s. 2.)

Ulkoyksikössä oleva puhallin puhaltaa ulkoilmaa höyrystimen läpi jäähdyttäen sitä. Jäähdyttyään ulkoilma luovuttaa lämpöenergiansa vesi-ilmalämpöpumpun kylmäaineeseen. Ulkoyksikön kompressorin nostaa kylmäaineen painetta ja

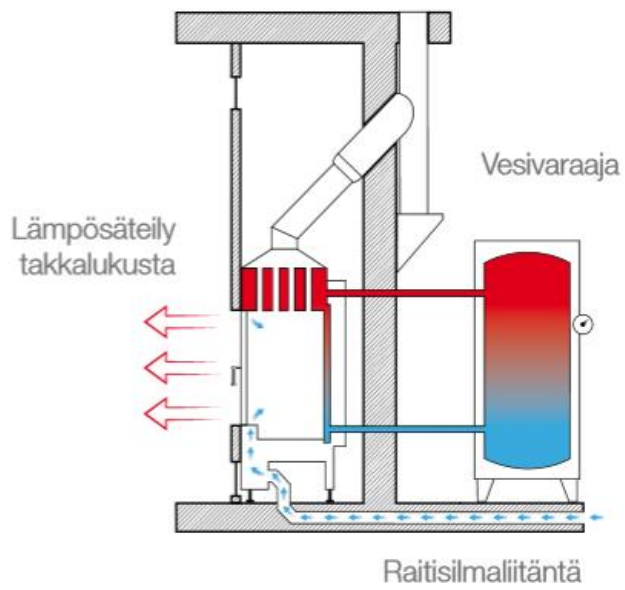
lämpötilaa ja lämmennyt kylmäaine lämmittää sisällä olevaan varaajaan johdettavaa vesi-glykoliliuosta. Vesi-ilmalämpöpumpun ohjauselektronikka on integroitu varaajaan. (13.)



KUVA 3. NIBE™ split vesi-ilmalämpöpumppu liitettynä lämmitysjärjestelmään ja ulkoiseen lämmönlähteeseen (14, s. 4)

2.2.9 Vesikiertoinen takka

Vesikiertoisessa takassa poltettavista haloista syntyvät kuumat savukaasut lämmittävät tulipesän yläpuolella olevaa rivoitettua tai putkitettua lämmönsiirintä sekä tulipesän seiniin integroitua lämmönsiirtimen vesivaippaa. Lämmönsiirtimessä oleva vesi varastoi savukaasuista saadun lämpöenergian. Lämmitetty vesi siirretään lämminvesivaraajaan, jossa sitä säilytetään ja tarvittaessa käytetään lämmityspattereiden, lattialämmityksen tai käyttöveden lämmittämiseen. Lämminvesivaraajan alaosassa oleva kylmä vesi palautetaan takaisin lämmönsiirtimeen kuten kuvassa 4. (15, s. 24.)



KUVA 4. Vesikiertoisen takan toiminta (15, s. 24)

3 KANNATTAVUUSLASKELMAT

3.1 Takaisinmaksuajan menetelmä

Takaisinmaksuajan menetelmässä selvitetään, milloin investoinnin nettotuotot ylittävät hankintakustannukset. Mikäli laskentakorkoa ei huomioida ja nettotuotto on vakio, takaisinmaksuaika on hankintameno per nettotuotto. Kun nettotuotto ei ole vakio, selvitetään, kuinka pitkän ajan nettotuotot tulee laskea yhteen hankintamenojen kattamiseksi. (16, s. 223.)

Takaisinmaksuajan menetelmä on laskennallisen helppoutensa vuoksi yleisesti käytössä. Sen puutteena on kuitenkin koron jääminen pois laskelmista. Korko voidaan tarvittaessa ottaa huomioon diskonttaustekijää käyttämällä, jolloin nettotuotot on ensin diskontattava investointiajankohtaan. Tällöin selvitetään, kuinka pitkän ajan diskontatut tuotot tarvitaan hankintamenojen kattamiseksi. (16, s. 223.)

Takaisinmaksuajan menetelmän mukaan sellaiset investoinnit, joista pääoma kertyy nopeasti takaisin, ovat edullisia. Menetelmä ei niinkään osoita investoinnin kannattavuusvaikutuksia, sillä se ei ota huomioon tapahtumia takaisinmaksuajan jälkeen. Menetelmällä osoitetaan investoinnin rahoitusvaikutukset, joilla voi olla jopa määräävä tekijä ratkaisussa. Tämä menetelmä siis suosii investointeja, joissa käytetty pääoma saadaan nopeasti takaisin. Sitä voidaan hyvin käyttää yhtenä kriteerinä tukemaan muiden menetelmien tuloksia. (16, s. 223.)

$$Takaisinmaksuaika = \frac{\text{Hankintahinta}}{\text{Vuotuinen lisätulo}} \qquad \text{KAAVA 1.}$$

3.2 Sisäisen korkokannan menetelmä

Sisäistä laskentakorkokantaa käyttämällä investoinnista kertyvien nettotuottojen nykyarvo on investoinnin hankintamenojen suuruinen. Toisin sanoen sisäisellä korkokannalla laskettuna investoinnin nettonykyarvo on nolla. Investointi on edullinen, mikäli sen sisäinen korkokanta on vähintään tavoitteeksi asetetun pääoman tuottoprosentin suuruinen. Edullisin investointivaihtoehto on se, jonka sisäinen korkokanta on suurin. (16, s. 221.)

Sisäinen korkokanta on korkokanta i , jolle

$$NA_0 = -H + \sum_{t=1}^n \frac{k_t}{(1+i)^t} + \frac{JA_n}{(1+i)^n} = 0, \text{ jossa} \quad \text{KAAVA 2.}$$

i = laskentakorkokanta, tuottovaatimus

n = pitoaika vuosissa

H = hankintameno

k_t = nettotulo kunkin jakson lopussa

JA_n = jäännösarvo n :nnen jakson lopussa

NA_0 = investoinnin nettonykyarvo

t = aika

3.3 Nykyarvomenetelmä

Nykyarvomenetelmässä kaikista investoinnista johtuvista tuotoista ja kustannuksista lasketaan tulevaisuuden rahavirran nykyarvo valitulla laskentakorkokannalla eli kustannukset diskontataan. Mikäli tuloksena saatu nykyarvojen summa on positiivinen, investointivaihtoehto on kannattava. Tällöin investoinneista saatujen nettotuottojen nykyarvo on suurempi kuin investoinnin hankinnasta johtuvat kustannukset. Mikäli investoinnin kannattavuutta laskeessa laskentakorkokanta jätettäisiin käyttämättä, olisi investointi kannattava, jos nettotuottojen summa olisi kustannusten suuruinen. Tällöin investoinnista ei saada tuottoa sijoitetulle pääomalle. (16, s. 218.)

Nykyarvomenetelmän mukaan investointi on kannattava, jos

$$\sum_{t=1}^n \left[\frac{R_t - C_t}{(1+i)^t} \right] + \frac{J}{(1+i)^n} - H \geq 0 \text{ jossa,} \quad \text{KAAVA 3.}$$

H = kaikki investointikulut

J = jäännösarvo

C_t = vuosikulut vuonna t ($t = 1, 2, \dots, n$)

R_t = vuosituotot vuonna t

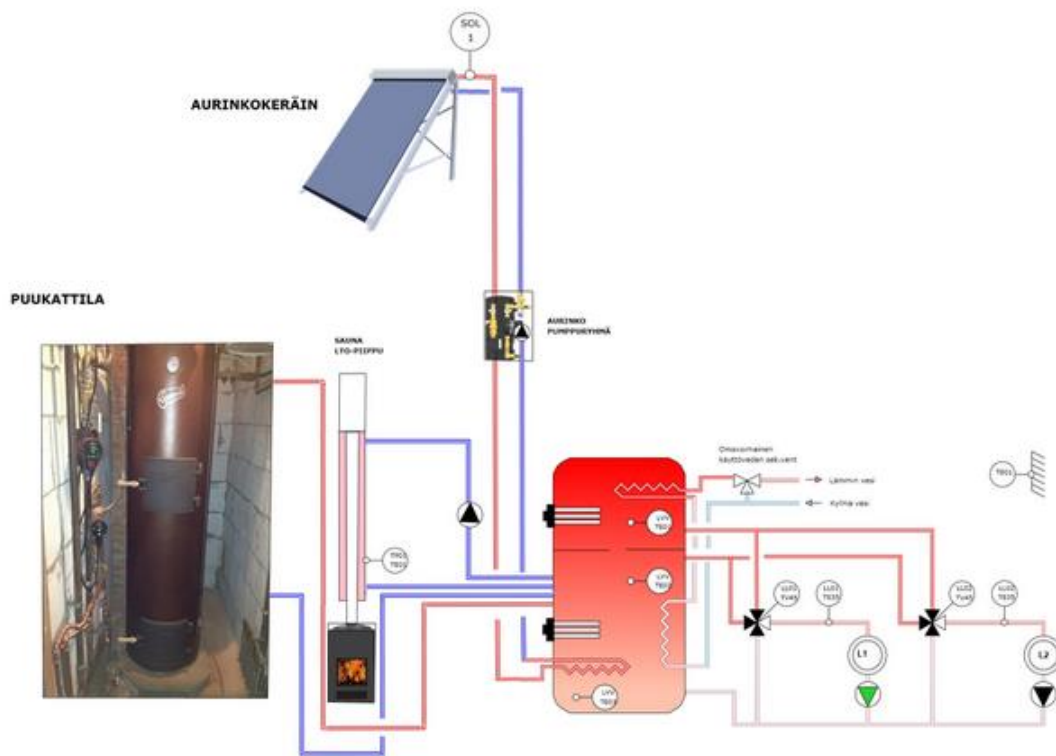
i = laskennallinen vuosituotto desimaalimuodossa

n = investointiaika vuosina

4 LASKENTAKOHTTEET

4.1 Talo Holma

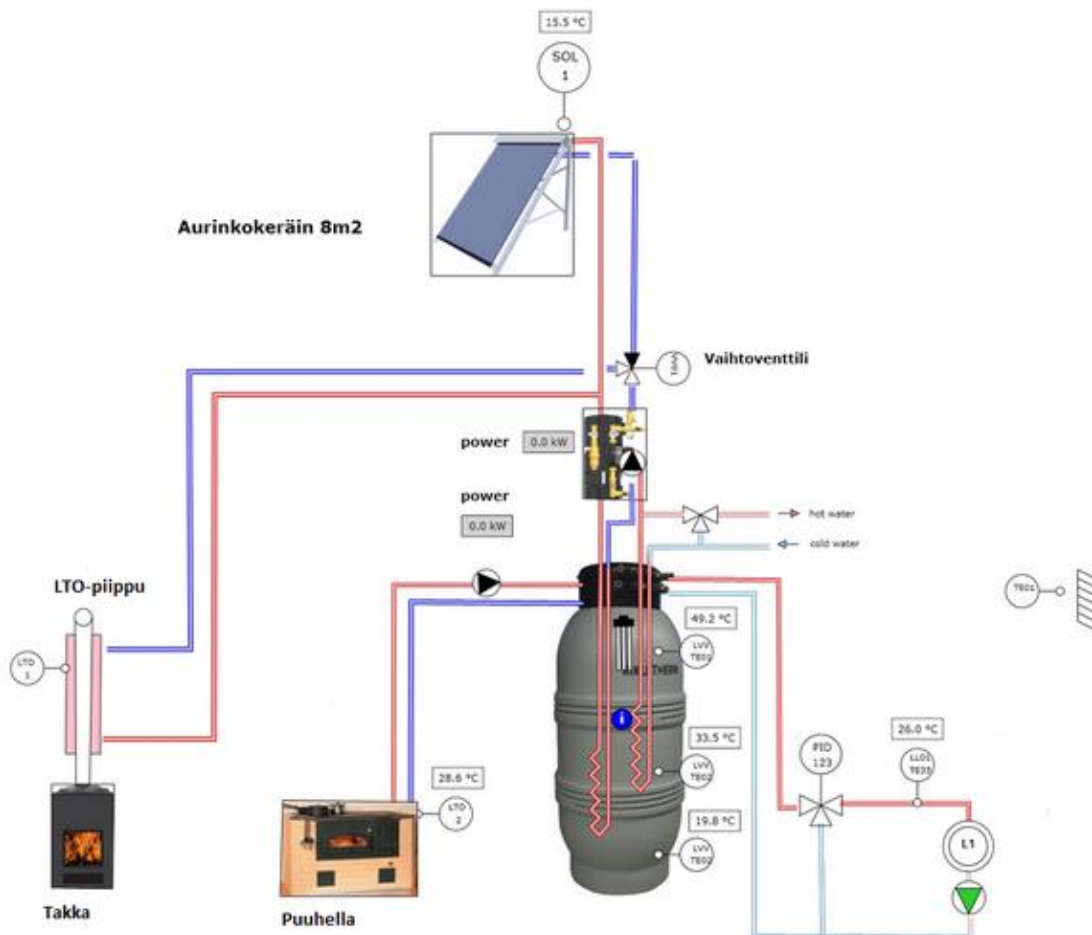
Talo on puolitoistakerroksinen harkkorakenteinen omakotitalo, joka sijaitsee Haukiputaalla. Kohteeseen asennettiin aurinkopaneelit 11.4.2007. Lämmöntalteenottopiippu lisättiin 24.6.2008. Talossa on sähkövastuksilla varustettu 2800 litran varaaja. Varaajaa lämmitetään viidellä kahden neliömetrin kokoisella Ricatasokeräimellä ja Elmo Hukka 750 -lämmöntalteenottopiipulla, kuten kuvassa 5 on esitetty. Lämmöntalteenottopiippu on asennettu saunan kiukaan savupiippuun. Varalämmönlähteenä talossa on puukattila. Järjestelmän automatiikasta huolehtii Fidelix multi-24 -hybridisäädin.



KUVA 5. Talo Holman lämmitysjärjestelmä

4.2 Talo Kurikka

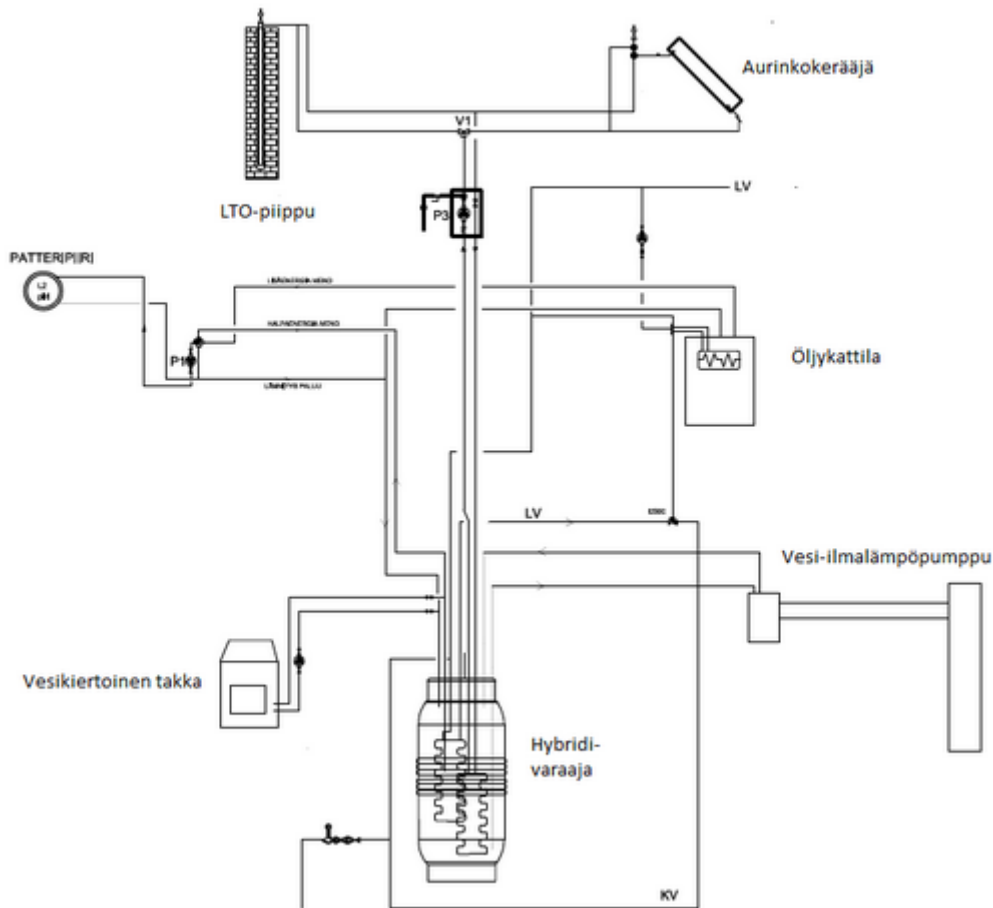
Talo on kaksikerroksinen uudisrakennus, missä on 129 neliötä asuintilaa. Talossa asuu kaksi henkilöä. Rakennus sijaitsee Hailuodossa. Talon lämmityksestä vastaa sähkövastuksella varustettu RikuTherm 800I -hybridivaraaja. Varaajaa lämmitetään neljällä 2 neliömetrin kokoisella Kospel-merkkisellä aurinkokeräajällä. Lisäksi lämpöä varaajaan tuottaa Elmo Hukka 1000 -LTO-piippu, jonka vesitilavuus on 26 litraa, sekä puuhella, jossa on sisällä kaksi 500 millimetrin lämmönvaihdinta, joiden tilavuus on 0,7 litraa (kuva 6). LTO-piippu on asennettu takan yhteyteen. Järjestelmän automatiikan toiminnasta ja säädoistä vastaa Ouman Ouflex -hybridisäädin. Hybridijärjestelmä asennettiin 1.1.2011. (Kuva 6.)



KUVA 6. Talo Kurikan lämmitysjärjestelmä

4.3 Talo Siponen

Rakennus sijaitsee Limingassa. Talo on kaksikerroksinen talo, jossa on yhteensä 400 neliometriä asuintilaa. Taloon tuotettavan lämmön varastoi sähkövastuksella varustettu RikuTherm 800I -hybridivaraaja. Lämmön varaajaan tuottaa Termax 30 Super -öljykattila, neljä 2,3 neliömetrin kokoista Kospel-aurinkokerääjää, Hormi Hukka LTO-piippu, 16 kilowatin Daikin AlthermA -vesi-ilmalämpöpumppu sekä Brunner HKD 4.1 HWM -merkkinen vesikiertoinen takka (kuva 7). Järjestelmän lämmitystehon tarpeen mukaiseksi säätää Ouman EH-800 -lämmönsäädin. Hybridijärjestelmä asennettiin 1.11.2011.



KUVA 7. Talo Siposen lämmitysjärjestelmä

5 HYBRIDIJÄRJESTELMIEN KANNATTAVUUS LASKENTAKOhteissa

Tulokset kannattavuuksista ovat suuntaa-antavia, koska lähtötietoina käytetyt säästöt eivät perustu tarkkoihin mittauksiin. Esimerkiksi puun käyttömäärästä kohteissa ei ole tietoa.

5.1 Kohteiden investointikustannukset

Kohteiden investointikustannukset saatiin Hybridiosaajat Oy:ltä. Talo Holman hybridijärjestelmän investointikustannukset olivat yhteensä 15 600 euroa. Aurinkokeräimet sekä koko aurinkojärjestelmä maksoivat yhteensä 5 000 euroa. Varaajan hinta oli 3 000 euroa. Järjestelmän automaatio maksoi 1 500 euroa, puukattila 2 200 euroa ja putket sekä muut tarvikkeet 2 000 euroa. Työn osuus investointikustannuksista oli 1 900 euroa.

Talo Siposen hybridijärjestelmä maksoi 33 790 euroa, josta työn osuus oli 16 000 euroa. Talo Kurikan järjestelmän hinnaksi kokonaisuudessaan jäi 11 700 euroa.

5.2 Kohteiden käyttökustannukset

5.2.1 Talo Siponen

Talo Siposen öljynkulutus ja sähkönkulutus saatiin talon asukkaalta. Lämpöpumpun käyttämä sähkö saatiin, kun vähennettiin vuotuisesta sähkönkulutuksesta valaistuksen ja kuluttajalaitteiden käyttämä sähkö. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen käyttämä sähkö laskettiin D3 Suomen Rakentamismääräyskokoelman mukaan.

Vuonna 2008 talo Siposen lämmittämiseen tarvittiin öljyä 6 315 litraa. Seuraavana vuonna 2009 öljyä kului 7 044 litraa. Vuonna 2010 öljyn kulutus oli 6 728 litraa ja seuraavana vuonna 4 518 litraa. Vuonna 2011 öljyä kului 4 935 litraa ja vuoden 2012 kulutus oli 2 140 litraa. Arvion mukaan vuonna 2013 öljynkulutus oli 3 000 litraa. (Taulukko 1.).

TAULUKKO 1. Talo Siposen öljynkulutus

vuosi	öljyn kulutus/litraa	euroa	euroa/litra
2004	6844	3055	0,446
2005	6960	3760	0,540
2006	6899	4319	0,626
2007	6885	4941	0,718
2008	6315	5185	0,821
2009	7044	4763	0,676
2010	6782	5991	0,883
2011	4518	4935	1,092
2012	2140	2424	1,133
2013	3000	3450	1,15

Lämmitystarvelukukorjattu öljynkulutus oli vuonna 2008 6749 litraa, vuonna 2009 6995 litraa, vuonna 2010 5937 litraa ja vuonna 2012 2016 litraa. Laskujen mukaan lämpöpumpun sähkönkulutus oli vuonna 2012 12403 kWh ja vuonna 2013 15484 kWh vuodessa. Lämpöpumpun lämmitystarvelukukorjattu energiankulutus oli vuonna 2012 11683 kWh ja vuonna 2013 11745 kWh. Kokonaisuudessaan sähköä talo kulutti vuonna 2012 21 513 kWh ja vuoden 2013 sähkönkulutus oli 24 594 kWh.

5.2.2 Talo Holma

Tulokset saatiin talon asukkaalta, joka oli mitannut arvot energiakulutusmittarilla. Vuonna 2007 talo Holman aurinkopaneelit tuottivat 5 605 kWh energiaa. Seuraavana vuonna 2008 niistä saatiin 6 175 kWh energiaa. Vuonna 2009 aurinkopaneelien energiatuotto oli 5 258 kWh. Vuonna 2010 aurinkoenergiaa saatiin 7 216 kWh ja vuonna 2011 tuotto oli 6 613 kWh. (Taulukko 2.)

TAULUKKO 2. Talo Holman aurinkopaneelien ja savukaasujen energiantuotto

Vuosi	Aurinkopaneelien energiantuotto kWh	Savukaasujen energiantuotto kWh
2007	5605	
2008	6175	768
2009	5258	1168
2010	7216	1168
2011	6613	1168

Lämmitystarvelukukorjatuiksi energian tuotoiksi saatiin vuonna 2009 6381 kWh, vuonna 2010 7339 kWh ja vuonna 2011 8415 kWh.

5.2.3 Talon Kurikka

Talon Kurikka kulutti vuonna 2012 sähköä 11260 kWh ja vuonna 2013 sähkönkulutus oli 10908 kWh. Kun sähkönkulutukset lämmitystarvelukukorjattiin vuoden 2012 kulutukseksi saatiin 10606 kWh ja vuoden 2013 kulutukseksi 11745 kWh.

5.3 Kohteiden vuosittaiset nettotuotot

5.3.1 Talon Siponen

Vuotuiset nettotuotot saatiin kertomalla vuosien 2008, 2009 ja 2010 keskimääräinen lämmitystarvelukukorjattu öljynkulutus nykyisellä lämmitysöljyn hinnalla ja vähentämällä siitä lämmitystarvelukukorjattu vuoden 2012 öljynkulutuksen hinta. Tästä vähennettiin vielä lämpöpumpun vuonna 2012 käyttämän sähköenergian hinta. Sähkön hintana käytettiin Pohjois-Suomen keskimääräistä sähkön hintaa, joka oli 0,118 €/kWh. Näistä laskettiin vuosittaiseksi nettotuotoksi 3185 euroa.

5.3.2 Talon Holma

Vuotuiset nettotuotot saatiin kertomalla savukaasuista ja aurinkopaneeleista saatava vuotuisen energiamäärän keskiarvo sähkön hinnalla. Tässä tapauksessa käytettiin Pohjois-Suomen keskimääräistä sähkön hintaa, joka oli 0,118 euroa per kilowattitunti. Sähkön hinta sisältää myyntihinnan sekä siirtohinnan. Talon Holman vuotuiset nettotuotot yhteensä olivat 889 euroa.

5.3.3 Talon Kurikka

Talon Kurikasta oli lähtötietona pelkästään vuotuinen sähkönkulutus ja lämmitysjärjestelmän hankintameno. Tässä laskelmassa talon Kurikan sähkönkulutusta verrattiin saman kokoisen ja vastaavassa käytössä olevan tavanomaisen täysin sähkölämmitteisen vertailutalon sähkönkulutukseen. Tavanomaisen sähkölämmitteinen talo kuluttaa sähköä 170 kilowattituntia neliötä kohden vuodessa (20). Tästä talon lämmitykseen ja käyttöveden lämmittämiseen menee 74 prosenttia

(21). Talo Kurikan pienempi vuotuinen sähkönkulutus selittyy kokonaan lämmitykseen käytettävän sähkön pienemmällä määrällä. Erotus on suoraan hybridi-lämmitysjärjestelmäinvestoinnin vuotuinen nettotuotto, joka on 1509 euroa. Sähkön hintana käytettiin Vattenfallin tammikuun 2014 hintaa, joka oli yhteensä 0,1396 euroa per kilowattitunti. Sähkön hinta sisältää myyntihinnan sekä siirtöhinnan.

5.4 Kannattavuus takaisinmaksuajan menetelmällä

Kunkin kohteen kannattavuus laskettiin kaavalla 1 (17).

5.4.1 Talo Siponen

Hankintameno oli 33 790 euroa ja vuotuiset nettotuotot olivat 3185 euroa.

$$Takaisinmaksuaika = \frac{33790}{3185} = 10,61$$

Talo Siposen takaisinmaksuajaksi saatiin 10,61 vuotta.

5.4.2 Talo Holma

Hankintameno oli 15 600 euroa ja vuotuiset nettotuotot olivat 889 euroa.

$$Takaisinmaksuaika = \frac{15600}{889} = 17,55$$

Talo Holman takaisinmaksuajaksi saatiin 17,55 vuotta.

5.4.3 Talo Kurikka

Hankintameno 11 700 euroa ja vuotuiset nettotuotot olivat 1509 euroa.

$$Takaisinmaksuaika = \frac{11700}{1509} = 7,75$$

Talo Kurikan takaisinmaksuajaksi saatiin 7,75 vuotta.

5.5 Kannattavuus sisäisen korkokannan menetelmällä

Sisäinen korkokanta laskettiin kaavalla 2 (18). Laskenta suoritettiin taulukkona, jossa jokaiselle käyttöajan vuodelle laskettiin erikseen nykyhetkeen diskontattu nettoarvo, minkä jälkeen nämä vuosittaiset nettoarvot laskettiin yhteen. Taulukon avulla iteroimalla haettiin korkokanta, jolla investoinnin nettonykyarvoksi saatiin lähes nolla. Pitoajan oletettiin olevan 15 vuotta ja jäännösarvon 2 000 euroa.

5.5.1 Talo Siponen

Hankintameno oli 33 790 euroa ja nettotuotto 3844 euroa (Taulukko 3).

TAULUKKO 3. Talo Siposen investoinnin nettonykyarvo

vuosi	H	kustannukset	vuosituotto	nettotuotto	JA	NAn
0	-33790					-33790
1		0	3844	3844		3563,55
2		0	3844	3844		3303,56
3		0	3844	3844		3062,54
4		0	3844	3844		2839,10
5		0	3844	3844		2631,96
6		0	3844	3844		2439,94
7		0	3844	3844		2261,93
8		0	3844	3844		2096,90
9		0	3844	3844		1943,91
10		0	3844	3844		1802,09
11		0	3844	3844		1670,61
12		0	3844	3844		1548,73
13		0	3844	3844		1435,74
14		0	3844	3844		1330,99
15		0	3844	3844	2000	1875,86
yhteensä						17,41

Sisäisellä korkokannalla 7,87 % saatiin investoinnin nettonykyarvoksi lähes nolla. Jos vaadittu korkokanta on pienempi kuin 7.87 %, investointi on kannattava.

5.5.2 Talo Holma

Hankintameno oli 15 600 euroa ja nettotuotto 889 euroa (Taulukko 4).

TAULUKKO 4. Talo Holman investoinnin nettonykyarvo

vuosi	H	kustannukset	vuosituotto	nettotuotto	JA	Nan
0	-15600					-15600
1		0	889	889		888,91
2		0	889	889		888,82
3		0	889	889		888,73
4		0	889	889		888,64
5		0	889	889		888,56
6		0	889	889		888,47
7		0	889	889		888,38
8		0	889	889		888,29
9		0	889	889		888,20
10		0	889	889		888,11
11		0	889	889		888,02
12		0	889	889		887,93
13		0	889	889		887,85
14		0	889	889		887,76
15		0	889	889	2000	2884,67
yhteensä						-278,66

Investoinnin nettonykyarvoksi saatiin -278,66, kun käytettiin sisäistä korkokantaa 0,01 %. Investointi ei ole kannattava.

5.5.3 Talo Kurikka

Hankintameno oli 11 700 euroa ja nettotuotto 1509 euroa (Taulukko 5).

TAULUKKO 5. Talo Kurikan investoinnin nettonykyarvo

vuosi	H	kustannukset	vuosituotto	nettotuotto	JA	NAn
0	-11700					-11700
1		0	1509	1509		1368,09
2		0	1509	1509		1240,33
3		0	1509	1509		1124,51
4		0	1509	1509		1019,50
5		0	1509	1509		924,30
6		0	1509	1509		837,98
7		0	1509	1509		759,73
8		0	1509	1509		688,79
9		0	1509	1509		624,47
10		0	1509	1509		566,15
11		0	1509	1509		513,29
12		0	1509	1509		465,35
13		0	1509	1509		421,90
14		0	1509	1509		382,50
15		0	1509	1509	2000	806,40
yhteensä						43,29

Sisäisellä korkokannalla 10,3 % saatiin investoinnin nettonykyarvoksi lähes nolla. Jos vaadittu korkokanta on pienempi kuin 10,3 %, investointi on kannattava.

5.6 Kannattavuus nykyarvomenetelmällä

Nykyarvomenetelmä laskettiin kaavalla 3 (19). Laskenta suoritettiin taulukkona, jossa jokaiselle käyttöajan vuodelle laskettiin erikseen nykyhetkeen diskontattu nettoarvo, minkä jälkeen nämä vuosittaiset nettoarvot laskettiin yhteen. Tuottovaatimukseksi asetettiin 5 %. Pitoajan oletettiin olevan 15 vuotta ja jäännösarvon oletettiin olevan 2000 euroa.

5.6.1 Talo Siponen

Hankintameno oli 33 790 euroa ja nettotuotto 3844 euroa (Taulukko 6).

TAULUKKO 6. Talo Siposen investoinnin nettonykyarvo 5 %:n tuottovaatimuksella

vuosi	H	kustannukse	vuosituotto	nettotuotto	JA	Nan
0	-33790					-33790
1		0	3844	3844		3660,95
2		0	3844	3844		3486,62
3		0	3844	3844		3320,59
4		0	3844	3844		3162,47
5		0	3844	3844		3011,87
6		0	3844	3844		2868,45
7		0	3844	3844		2731,86
8		0	3844	3844		2601,77
9		0	3844	3844		2477,88
10		0	3844	3844		2359,88
11		0	3844	3844		2247,51
12		0	3844	3844		2140,48
13		0	3844	3844		2038,56
14		0	3844	3844		1941,48
15		0	3844	3844	2000	2811,06
yhteensä						7071,44

Nettotuottojen summaksi saatiin 7071,44. Tulos oli positiivinen, joten investointi on ollut kannattava nykyarvomenetelmän mukaan, kun tuottovaatimuksena oli 5 %.

5.6.2 Talo Holma

Hankintameno oli 15 600 euroa ja nettotuotto 889 euroa (Taulukko 7).

TAULUKKO 7. Talo Holman investoinnin nettonykyarvo 5 %:n tuottovaatimuksella

vuosi	H	kustannukset	vuosituotto	nettotuotto	JA	Nan
0	-15600					-15600
1		0	889	889		846,67
2		0	889	889		806,35
3		0	889	889		767,95
4		0	889	889		731,38
5		0	889	889		696,55
6		0	889	889		663,39
7		0	889	889		631,80
8		0	889	889		601,71
9		0	889	889		573,06
10		0	889	889		545,77
11		0	889	889		519,78
12		0	889	889		495,03
13		0	889	889		471,46
14		0	889	889		449,01
15		0	889	889	2000	1389,66
						-5410,45

Nettotuottojen summaksi saatiin -5410,45. Tulos oli negatiivinen, joten investointi ei ole ollut kannattava nykyarvomenetelmän mukaan, kun tuottovaatimuksena oli 5 %.

5.6.3 Talo Kurikka

Hankintameno oli 11 700 euroa ja nettotuotto 1509 euroa (Taulukko 8).

TAULUKKO 8. Talo Kurikan investoinnin nettonykyarvo 5 %:n tuottovaatimuksella

vuosi	H	kustannukset	vuosituotto	nettotuotto	JA	Nan
0	-11700					-11700
1		0	1509	1509		1437,14
2		0	1509	1509		1368,71
3		0	1509	1509		1303,53
4		0	1509	1509		1241,46
5		0	1509	1509		1182,34
6		0	1509	1509		1126,04
7		0	1509	1509		1072,42
8		0	1509	1509		1021,35
9		0	1509	1509		972,71
10		0	1509	1509		926,40
11		0	1509	1509		882,28
12		0	1509	1509		840,27
13		0	1509	1509		800,25
14		0	1509	1509		762,15
15		0	1509	1509	2000	1687,89
yhTEensä						4924,94

Nettotuottojen summaksi saatiin 4924,94. Tulos oli positiivinen joten investointi on ollut kannattava nykyarvomenetelmän mukaan, kun tuottovaatimuksena oli 5 %.

6 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli selvittää, onko hybridilämmitysjärjestelmän investointi kannattavaa pientalokohteissa. Se selvitettiin tarkastelemalla kolmen omakotitalon hybridijärjestelmien investointikustannuksia ja talojen energiankulutuksia ja käyttökustannuksia ennen hybridijärjestelmien asennusta ja hybridijärjestelmien asennuksen jälkeen. Talot sijaitsevat Limingassa, Hailuodossa ja Haukiputaalla.

Järjestelmäinvestointien kannattavuudet laskettiin takaisinmaksuajan, sisäisen korkokannan ja nettonykyarvomenetelmän mukaisesti. Tulokset kannattavuuksista ovat suuntaa-antavia, koska lähtötietoina käytetyt säästöt eivät perustu tarkkoihin mittauksiin. Investointien takaisinmaksuajoiksi saatiin 8,79 ja 17,55 ja 7,75 vuotta. Investointien sisäisiksi korkokannoiksi saatiin 7,87, 0,01 ja 10,3 prosenttia. Nykyarvomenetelmässä käytettiin tuottovaatimuksena 5 % jolloin kaksi kolmesta investoinnista oli kannattavia.

Yhteenvetona voidaan todeta, että tutkituista kohteista talo Siponen ja talo Kurikka olivat selvästi kannattavia ja talo Holma ei ollut kannattava. Selkeästi kannattavista kohteista toinen oli sähkölämmitteinen uudisrakennus ja toinen öljylämmitteinen saneerauskohde.

Öljylämmitysjärjestelmän korvaaminen on näiden laskelmien mukaan kannattavaa nykyisellä lämmitysöljyn hinnalla (n. 1,15 e/l). Uudisrakennuksissa hybridilämmitysjärjestelmä on näiden laskelmien mukaan kannattava investointikohde, kun sitä verrataan täysin sähkölämmitteiseen asuinrakennukseen.

LÄHTEET

1. Tala, Martti – Von Bell, Clas . Sopsisiko hybridilämmitys sinun taloosi?
Saatavissa:
<http://www.suomela.fi/sopsisikohybridilammyssinuntaloosi.aspx>.
Hakupäivä 15.4.2014.
2. Suomalaisen omakotilämmityksen suunnannäyttäjä. Jäspi
lämmityslaitteet. Saatavissa:
http://www.kaukora.fi/sites/default/files/kaukorafiles/esitteet/Yleisesite_0513_web.pdf. Hakupäivä 15.4.2014.
3. Paaso, Markku – Vänntilä, Jaakko. Guest House pilot Hybrid energy
system description 2013. Hybridiosaajat Oy.
4. Energiavaraaja G-Energy. Gebwell Oy. Saatavissa:
http://www.gebwell.fi/fi/document.cfm?doc=show&doc_id=370.
Hakupäivä 15.4.2014.
5. Ouman Plus Integroitu kotiautomaatiojärjestelmä. Saatavissa:
<http://www.kiinteistovalvonta.com/binary/file/-/fid/43>. Hakupäivä
15.4.2014.
6. Pumppuyksikkö. Ympäristö energia. Saatavissa: <http://www.y-energia.com/aurinkolampo/pumppuyksikko/pumppuyksikko.html>.
Hakupäivä 21.1.2014.
7. Lund, Peter. Aurinkokerääjät. Aurinkolämmitys jo tänään. Suomen
kolmannet aurinkoenergiapäivät 22-23.9.1981.
8. Elmo Hukka Mitat ja mallit. Finelmo. Saatavissa:
<http://www.finelmo.fi/hukka/mitat-ja-mallit.html>. Hakupäivä 26.3.2014.
9. Yläpalokattila. Bioenergiatieto.fi. Bioenergian verkkopalvelu. Saatavissa:
http://www.bioenergiatieto.fi/default/www/etusivu/energian_tuotanto/ener

- giatuotannon_tekniikka/polttotekniikka_kiinteille_polttoaineille/keskuslammituskattilat/ylapalokattila/. Hakupäivä 28.1.2014.
10. Alapalokattila. Bioenergiatieto.fi. Bioenergian verkkopalvelu. Saatavissa: http://www.bioenergiatieto.fi/default/www/etusivu/energian_tuotanto/energiatuotannon_tekniikka/polttotekniikka_kiinteille_polttoaineille/keskuslammituskattilat/alapalokattila/. Hakupäivä 28.1.2014.
11. Käänteispalokattila. Bioenergiatieto.fi. Bioenergian verkkopalvelu. Saatavissa: http://www.bioenergiatieto.fi/default/www/etusivu/energian_tuotanto/energiatuotannon_tekniikka/polttotekniikka_kiinteille_polttoaineille/keskuslammituskattilat/kaanteispalokattila/. Hakupäivä 28.1.2014.
12. Seppänen, Olli 1995. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä: Suomen LVI-liitto ry.
13. Ilma-vesilämpöpumppu. Senera. Saatavissa: http://www.senera.fi/Ilma_vesilampopumppu. Hakupäivä 15.4.2014.
14. Lämpöä tai jäähdytystä tarpeen mukaan. NIBE™ Split invertteri ilma/vesilämpöpumppu. Nibe. Saatavissa: http://www.taloon.info/pdf/nibe_split_esite.pdf. Hakupäivä 15.4.2014.
15. Der Kaminspezialist. Hoxter. Saatavissa: <http://www.linnatuli.com/assets/files/hoxter/hoxter-esite-FIN-2012-2013.pdf>. Hakupäivä 1.5.2014.
16. Neilimo, K. & Uusi-Rauva, E. 2007. Johdon laskentatoimi. 6. - 8. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.
17. 10.Kaavat. A?. Aalto University. Saatavissa: <https://wiki.aalto.fi/display/TU22/10.+Kaavat>. Hakupäivä 1.5.2014.
18. 10.8 Investoinnin sisäinen korkokanta. Vaasan yliopisto. Saatavissa: <http://lipas.uwasa.fi/~mla/orms1030avoin/tmp108.pdf>. Hakupäivä 1.5.2014.

19. Indeksiluvut. Haaga-Helia ammattikorkeakoulu. Saatavissa:
<http://myy.haaga-helia.fi/~nurju/Teaching/Talousmatematiikka/tmkaavat.pdf>. Hakupäivä 1.5.2014.
20. Energiakoulu omakotitalon rakentajille 1. Rakentaja.fi. Saatavissa:
http://www.rakentaja.fi/indexfr.aspx?s=/kuluttaja/motiva/energiakoulu1.htm#U2J-Avl_uSp. Hakupäivä 1.5.2014.
21. Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011. Tutkimusraportti 26.2.2013.
Saatavissa:
http://www.tem.fi/files/35856/Kotitalouksien_sahkonkaytto_2011_raportti.pdf. Hakupäivä 1.5.2014.