

Omakotitalon lämmitysjärjestelmän uusiminen

Viljami Poikolainen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015

Rakennustekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Poikolainen, Viljami	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 04.05.2015
	Sivumäärä 70	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Omakotitalon lämmitysjärjestelmän uusiminen		
Koulutusohjelma Rakennustekniikka		
Työn ohjaaja(t) Lähdesmäki, Pekka		
Toimeksiantaja(t) Sundvall, Maija		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kokonaispinta-alaltaan 200 m²:n omakotitaloon parhaiten soveltuva lämmitysjärjestelmä. Lämmitysmuodoista vertailtaviksi valittiin klapi-, hake-, pelletti-, kevytöljy-, aurinko- ja lämpöpumppulämmitys.</p> <p>Vaihtoehtoja vertailtiin investointi- ja käyttökustannusten osalta järjestelmien käytettävyys huomioiden. Omakotitaloon laskettiin työhön liittyen myös lämmitystehon tarve ja lämmitysenergian kulutus.</p> <p>Kohteena olevaan omakotitaloon parhaiten soveltuvaksi lämmitysjärjestelmäksi osoittautui itsetuotettuun klapiin pohjautuva järjestelmä, johon käyttäjä voi tulevaisuudessa liittää lämmitystyötä vähentäviä laitteita kuten aurinkokeräimiä tai lisälämmivesivaraajan.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Lämmitysjärjestelmä, puulämmitys, klapilämmitys, kevytöljylämmitys, pellettilämmitys, aurinkolämmitys, hakelämmitys, lämpöpumppulämmitys, maalämpö		
Muut tiedot		



Author(s) Poikolainen, Viljami	Type of publication Bachelor's thesis	Date 04.05.2015
		Language: Finnish
	Number of pages 70	Permission for web publication: x
Title of publication Renewal of heating system in detached house		
Degree programme Civil engineering		
Tutor(s) Lähdesmäki, Pekka		
Assigned by Sundvall, Maija		
Abstract <p>The aim of this thesis was to find out the best suitable heating system for a detached house with a total of 200 square meters in area. The forms of heating chosen for the comparison based on systems using chopped wood, wood chips, pellet, light oil, sun and heat pump heating.</p> <p>The alternatives were compared with each other. In the cost comparison of the investment and use, the usability of each system was taken in account. In the thesis, also the need for the heating efficiency and the building's heating energy consumption was calculated for the detached house.</p> <p>The system utilizing logs made by the users themselves was chosen as the best alternative for the heating system of the detached house. A system update in the future is possible in order to decrease work needed for heating. The devices used to decrease time needed for heating are e.g. solar water heaters or an additional accumulator tank.</p>		
Keywords/tags (subjects) Heating system, log boiler, oil boiler, pellet boiler, sun heating, wood chip boiler, heat pump		
Miscellaneous		

Sisältö

1 Työn lähtökohdat	4
1.1 Tausta	4
1.2 Tavoitteet	4
1.3 Rajaukset	5
2 Kohteen kuvaus	6
3 Klapikattilat	12
3.1 Yleistä	12
3.2 Yläpalokattila	13
3.3 Alapalokattila	14
3.4 Käänteispalokattila	15
4 Hakelämmitys	17
4.1 Yleistä	17
4.2 Hakepoltin	18
4.3 Syöttöjärjestelmä	19
5 Puupellettilämmitys	21
6 Kevytöljylämmitys	24
7 Aurinkolämmitys	25
8 Maalämpö	27
9 Rakennuksen laskennallinen lämpöenergiankulutus	29
10 Rakennuksen tehontarve	34
11 Vertailu	36
12 Johtopäätökset	44
13 Pohdinta	46
Liitteet	50
Liite 1. Maanpaineseinän rakenneleikkaus ja U-arvo	50
Liite 2. Ulkoseinän rakenneleikkaus ja U-arvo	51
Liite 3. Yläpohjan rakenneleikkaus ja U-arvo	52
Liite 4. Alapohjan rakenneleikkaus ja U-arvo	53
Liite 5. Kiinteistön E-luvun laskennan lähtötiedot ja tulokset	54

Liite 6. Kiinteistön energiaselvitys	58
Liite 7. Kiinteistön energiatodistus	60
Liite 8. Järjestelmien arvioidut huoltokustannukset käyttöiän aikana	66
Liite 9. Lämmittämiseen asukkaalta kuluva arvioitu aika	67

Kuviot

Kuvio 1. Kohteena oleva omakotitalo	6
Kuvio 2. Etna Duo-kaksoiskattila	7
Kuvio 3. Lämmitysverkon kiertovesipumppu.....	8
Kuvio 4. Reflex N200-paisuntasäiliö	9
Kuvio 5. Öljysäiliö	10
Kuvio 6. Öljysäiliön täyttöyhteet.....	10
Kuvio 7. Kiinteistön savupiippu	11
Kuvio 8. Yläpalokattilan rakenneleikkaus.....	13
Kuvio 9. Alapalokattilan rakenneleikkaus	14
Kuvio 10. Käänteispalokattilan rakenneleikkaus.....	16
Kuvio 11. Hakepoltin	18
Kuvio 12. Yksiruuvinen syöttöjärjestelmä	19
Kuvio 13. Kaksiruuvinen syöttöjärjestelmä	20
Kuvio 14. Pellettikattilan rakenneleikkaus	22
Kuvio 15. Pellettilämmitysjärjestelmä.....	23
Kuvio 16. Tasokeräimen toimintaperiaate.....	26
Kuvio 17. Tyhjiökeräimen toimintaperiaate.....	27
Kuvio 18. Maalämpöpumpun toimintaperiaate	28
Kuvio 19. Järjestelmien investointikustannukset.....	37
Kuvio 20. Lämmityksen polttoaineiden hinnat	39
Kuvio 21. Lämmityksen kokonaiskustannukset	40
Kuvio 22. Järjestelmien huoltokustannukset vuodessa	41
Kuvio 23. Järjestelmien tasaerät	42
Kuvio 24. Lämmittämiseen asukkaalta kuluva arvioitu aika vuodessa	43

Taulukot

Taulukko 1. Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia kuukausittain.....	30
Taulukko 2. Vuotoilman tarvitsema lämpöenergia.....	31
Taulukko 3. Rakennuksen lämpöenergian kulutus	34
Taulukko 4. Järjestelmien hinnat	38
Taulukko 5. Polttoaineiden laskentatiedot	39
Taulukko 6. Järjestelmien vertailuarvot.....	42

1 Työn lähtökohdat

1.1 Tausta

Lämmitysenergian osuus on noin kolmannes maamme energian kulutuksesta, joten lämmityslaitteistojen energiatehokkuudella on huomattava merkitys myös kansantaloudellisesti (Rakennusten lämmitys 2006). Nykypäivänä pyritään mahdollisimman energiatehokkaaseen rakennuksen lämmöntuotantoon. Lämmitys halutaan toteuttaa entistä taloudellisemmin, vaivattomammin, raaka-aineita ja ympäristöä säästäen. Lämmitysjärjestelmän huolellisella valinnalla voidaan saada merkittäviä säästöjä investointikustannusten osalta ja koko laitteiston elinkaaren ajalta pienentyneiden käyttökustannusten osalta.

Omakotitaloasujien lämmitystapavalintoja vuonna 2010 kartoittaneessa kyselytutkimuksessa todettiin investointi- ja käyttökustannusten vaikuttavan kaikkien järjestelmien valintaan. Investointikustannukset painottuvat öljyn, sähkön ja pelletin valinnassa ja käyttökustannukset kaukolämmön, puulämmityksen ja maalämmön valinnassa. (Rouvinen 2010.)

1.2 Tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla eri lämmitysjärjestelmiä ja valita kohteena olevaan vuonna 1988 rakennettuun omakotitaloon käytännöllinen, kustannustehokas ja luotettava järjestelmä. Valinnassa pyrittiin huomioimaan myös ympäristöystävällisyys. Muutos oli ajankohtainen, koska nykyisen kaksoislämmityskattilan ohjeellinen käyttöikä oli loppumassa. Käyttöiän loppumisesta kertoivat myös heikentynyt hyötysuhde ja huonontunut lämmitysteho.

Omakotitaloon mahdollisiksi ensisijaisiksi lämmitysmuodoiksi valittiin klapi-, hake-, pelletti-, öljy-, aurinko- tai lämpöpumppulämmitys. Ensisijaisille lämmitysjärjestelmille valittiin myös varajärjestelmä, joka toimii poikkeusoloissa ensisijaisen järjestelmän ollessa kykenemätön toimimaan. Opinnäytetyössä laskettiin eri järjestelmien investointi- ja käyttökustannukset sekä huomioitiin järjestelmien käytettävyys. Myös kohteena olevan omakotitalon teoreettinen lämmitystehontarve ja energiankulutus selvitettiin.

1.3 Rajaukset

Työssä ei otettu huomioon lämmönjakojärjestelmän uusimista, vaan kohteessa oleva vesikiertoinen patteri/lattialämmitys säilyy muutoin uuden järjestelmän rinnalla. Myös kohteeseen asennettu lämminvesivaraaja säilytetään. Syynä tähän ratkaisuun on lämmönjakojärjestelmän ja varaajan käyttöiät, jotka ovat pidempiä kuin muiden järjestelmän osien. Varajärjestelmien käyttökustannuksia ei sisällytetty vertailuun, ainoastaan niiden investointikustannukset otettiin huomioon.

Laitteistojen asennuskustannuksia ei otettu työssä huomioon täysimittaisina, sillä tilaajalla on käytössään laitteet ja välineet asennustöiden suorittamiseen suurelta osin ilman ulkopuolista asentajaa. Luvanvaraisiin töihin kuten sähköasennuksiin ja öljylämmityslaitteistojen asennuksiin on käytettävä riittävän pätevyyden omaavia asentajia. Kaukolämpöä ei otettu vertailuun mukaan, sillä Konneveden kunnan kaukolämpöverkosto ei tällä hetkellä ulotu taajaman ulkopuolelle.

2 Kohteen kuvaus

Opinnäytetyön kohde on Konnevedellä noin kolmen kilometrin päässä kirkonkylän keskustasta, taajaman ulkopuolella sijaitseva omakotitalo. Kiinteistö on kaksikerroksinen puu/harkkorunkoinen rinnetalo (ks. kuvio 1). Kohde on rakennettu vuonna 1988 ja nykyinen lämmitysjärjestelmä on asennettu rakentamisen yhteydessä. Rakennuksen kokonaisala on 201,5 m² ja huoneistoala 160 m². Kokonaistilavuus on noin 400 m³.



Kuvio 1. Kohteena oleva omakotitalo

Nykyinen lämmityskattila on 25 kilowatin öljy/puu kaksoiskattila Etna Duo (ks. kuvio 2). Öljypoltin on Bentone B10FUV, jossa tehoalue on 14–38 kW. Öljysäiliö on sijoitettu sisätiloihin, vetoisuudeltaan säiliö on 1000 litraa. Lämminvesivaraaja on 1900 litran Arimax-kanttivaraaja, joka on eristetty 50 mm:n kivivillalla. Lämmönjakojärjestelmä on 2-putkinen patterijärjestelmä, jonka lisäksi kosteissa tiloissa on vesikiertoinen lattialämmitys. Lämmin käyttövesi lämmitetään varaajassa olevalla lämminvesikierukalla tai käytettäessä öljylämmitystä vesi lämmitetään kattilassa olevalla kierukalla.



Kuvio 2. Etna Duo-kaksoiskattila

Kiinteistöön ei ole asennettu automaattista säätöjärjestelmää sisätilojen lämpötilan ohjaamiseen, vaan säätö tapahtuu patteritermostaatein sekä kiertovesipumpun manuaalisella kierrosnopeuden muuttamisella tai sammuttamalla pumppu kokonaan (ks. kuvio 3).



Kuvio 3. Lämmitysverkon kiertovesipumppu

Järjestelmän käyttöaikana on uusittu seuraavia lämmitykseen liittyviä laitteita:

- Paisuntasäiliö v. 1990 ja uudestaan v. 2014
- Kiertovesipumppu v. 2000 ja uudestaan v. 2014
- Öljysäiliö, ylitäytön estin ja sulkulaitteet v. 2003
- Öljypoltin v. 2004
- Lataustermostaatti v. 2015

Kuviossa 4-6 on esitetty osa järjestelmän uusituista laitteista.



Kuvio 4. Reflex N200-paisuntasäiliö



Kuvio 5. Öljysäiliö



Kuvio 6. Öljysäiliön täyttöyhteet

Lämmitysjärjestelmän uusimisen lisäksi kohteessa on tehtävä joitakin rakenteellisia ja taloteknisiä muutoksia: savupiippuun (ks. kuvio 7) on asennettava piipun suojahattu, lämminvesivaraajan kivivillaeristys on uusittava ja alakerrassa sijaitsevaa pannuhuonetta on mahdollisesti laajennettava riippuen järjestelmän valinnasta.



Kuvio 7. Kiinteistön savupiippu

3 Klapikattilat

3.1 Yleistä

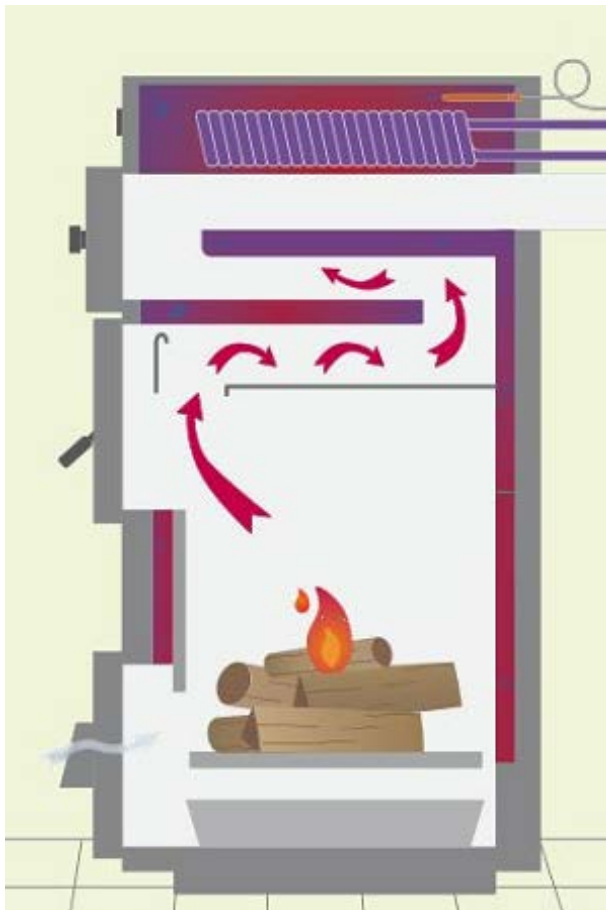
Klapikattiloissa käytetään polttoaineena noin 25–50 cm:n polttopuita, jotka syötetään kattilaan käsin ja poltetaan panosluonteisesti. Klapikattilan yhteyteen on asennettava lämminvesivaraaja, jotta kattilan tuottama energia voidaan varastoida ja palaminen voi jatkua täydellä teholla koko lämmityksen ajan. Tämä mahdollistaa puun puhtaan palamisen korkeassa lämpötilassa, jolloin kattilan hyötysuhde on parempi ja päästöt ovat puhtaampia. (Pikkelämmitys 2013.)

Puulämmitys on lähes hiilidioksidineutraali päästöjen osalta, sillä puu kasvaessaan sitoo hiilidioksidia yhtä paljon, kuin sen polttaminen vapauttaa sitä. Puun jalostamisessa poltettaviksi klapeiksi käytetään yleensä uusiutumattomia energialähteitä. Tästä seuraa se, ettei puulämmitys ole kokonaisuudessaan täysin hiilidioksidineutraalia päästöjen osalta. Haitallisia päästöjä ovat pienhiukkaset, hiilimonoksidi ja hiilivedyt, joita syntyy varsinkin poltettaessa puuta liian pienellä ilmamäärällä tai polttopuun ollessa kosteaa. Puun rikki- ja typpisisältö on alhainen, joten näistä muodostuvat päästöt ovat vähäisiä. Puulämmityksessä syntyvät päästöt ovat lähipäästöjä ja niiden vaikutukset ilmanlaatuun ovat lähinnä paikallisia. (Alakangas, Erkkilä & Oravainen 2008, 43–48.)

Klapikattilat jaetaan palotavan mukaan ylä-, ala- ja käänteispalokattiloihin. Nämä kattilat eroavat toisistaan niin rakenteen kuin käyttötavankin osalta. Kaikki kattilatyypit vaativat rinnalleen lämminvesivaraajan, paisuntasäiliön, varaajan latauspumpun, painevaroventtiilin sekä ylikuumentumisen estävän laitteiston. (Pikkelämmitys 2013.)

3.2 Yläpalokattila

Yläpalokattila on rakenteeltaan yksinkertaisin klapikattiloista ja tämän vuoksi hankintahinnaltaan usein edullisin. Yläpalokattilassa koko varastopesässä sijaitseva polttoaine palaa yhtäaikaaisesti ja palamisolosuhteet vaihtuvat polttoaineen palaessa koko ajan. Tämän vuoksi palamisilmojen ohjaus on vaikeaa jatkuvasti muuttuvien olosuhteiden vuoksi. Juuri palamisilmojen ja palotilavuuden muutoksien vuoksi yläpalokattilan hyötysuhde on klapikattiloista heikoin. Yläpalokattilan rakenneleikkaus näkyy kuviossa 8.

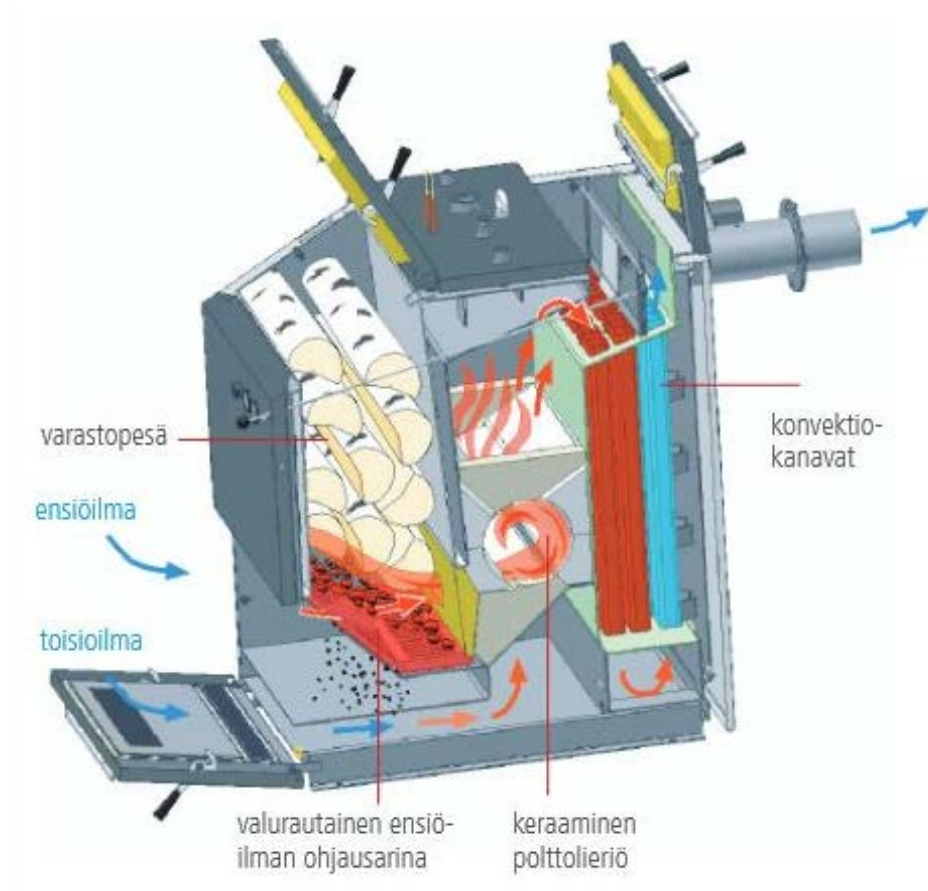


**Kuvio 8. Yläpalokattilan rakenneleikkaus
(Jäsپی-puukattilat 2013)**

Hyötysuhdetta voidaan parantaa sytyttämällä vain varastopesän päällimmäiset puut, jolloin tuli etenee hitaammin alaspäin kohti arinaa. Päältä sytyttäminen parantaa kattilan hyötysuhdetta, mutta ei korjaa ongelmia ensiö- ja toisioilman suhteissa tai palamistilan koossa. Yläpalokattilassa polttoaineen lisäys tulisi tapahtua pienissä erissä, säännöllisin väliajoin. Tällöin lämmitystyö vaatii asukkaalta eniten työtä ja sitoutumista lämmityksen seuraamiseen. (Mäkelä 1995, 5.)

3.3 Alapalokattila

Alapalokattilassa polttoaineen palaminen on johdettu savukaasumurin tai hormin vedon avulla erilliseen palotilaan, jolloin koko varastopesän polttoaine ei osallistu palamistapahtumaan kerralla. Puun kaasuuntuminen tapahtuu varastopesän alaosassa, josta palamiskaasut johdetaan omaan palotilaansa. Alapalokattilan rakenneleikkaus näkyy kuviossa 9.



**Kuvio 9. Alapalokattilan rakenneleikkaus
(Ariterm 2010)**

Palamiskaasut palavat toisioilman avulla lähes kokonaan, jolloin kattilan hyötysuhde paranee verrattuna yläpalokattiloihin. Polttoaineen palaessa loppuun varastopesästä valuu uutta polttoainetta arinalle. Jotta palotilassa saavutetaan riittävän korkea lämpötila, on palotilan seinämät vuorattu usein keraamisilla tiilillä ja polttoaineesta irtaavien happojen vuoksi varastopesä on valmistettava haponkestävästä materiaalista. Tämän vuoksi alapalokattilan rakenne on monimutkaisempi ja hankintahinnaltaan yläpalokattilaa kalliimpi. (Mäkelä 1995, 5-6.)

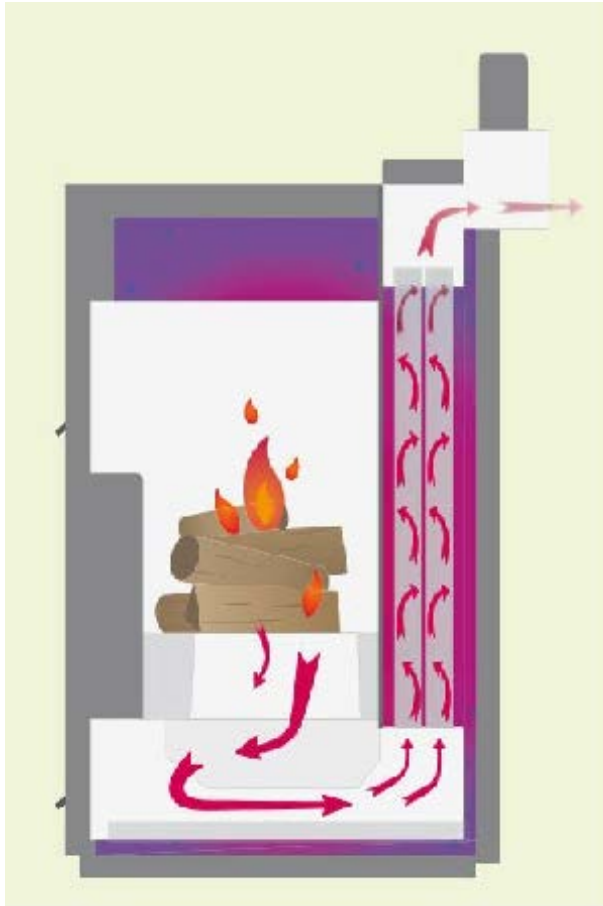
Alapalokattilan tyypillinen ongelma on varastopesän polttopuiden ”holvaantuminen”, jolloin palamisprosessi pysähtyy tai leviää varastopesän puihin. Syynä tähän voivat olla polttopuut, jotka eivät ole tasalaatuisia, tai puut on ladottu huolimattomasti varastopesään. Myös riittämätön veto hormissa tai varastopesän täyttöluukun tiivisteiden vuotaminen aiheuttaa palamisen leviämisen varastopesään.

Alapalokattilan rakenteesta johtuviksi eduiksi voidaan lukea polttoaineen esilämmitys ja hyvä hyötysuhde. (Alapalokattila 2014.)

3.4 Käänteispalokattila

Käänteispalokattilan palotapa on hyvin samankaltainen verrattuna alapalokattilaan, ja sitä pidetäänkin kehittyneempänä versiona alapalokattilasta.

Käänteispalokattilan rakenneleikkaus näkyy kuviossa 10.



**Kuvio 10. Käänteispalokattilan rakenneleikkaus
(Jäsپی-puukattilat 2013)**

Käänteispalokattilassa ensiöilma imetään varastopesän läpi ja palaminen tapahtuu keraamisen arinan läpi, jonne sekundaari-ilma syötetään omaa ilmanavaa pitkin. Käänteispalokattilan korkea hyötysuhde saavutetaan hallitummalla palamisolosuhteiden säädöllä. Arinan läpi tapahtuva palaminen vaatii arinalta suuren lämpötilankeston, jonka vuoksi usein käänteispalokattilan arinat ovat keraamisia. (Käänteispalokattila 2014.)

Käänteispalokattiloiden yleistyminen Suomessa on ollut korkean hankintahinnan vuoksi hitaampaa kuin esimerkiksi Keski-Euroopassa, jossa käänteispalotekniikan kehittäminen on ollut välttämätöntä tiukempien päästömääräyksien takia. Päästöjä on pienennetty kehittämällä jatkuvia palamistapahtuman mittaus- ja säätölaitteita,

parantamalla palotilojen ja kaksinkertaisten luukkujen muurausta. (Keskuslämmityskattiloiden historiaa 2014.)

4 Hakelämmitys

4.1 Yleistä

Hakelämmitysjärjestelmä muodostuu kattilasta, hakepolttimesta, polttoaineen syöttöjärjestelmästä, polttoainesiilosta sekä turvalaitteista. Järjestelmä toimii automaattisesti termostaattien avulla, jolloin asukkaan tehtäväksi jää vain järjestelmän puhdistaminen ja polttoainesiilon täyttäminen. Kattilaan tai varaajaan sijoitettu termostaatti käynnistää polttoaineen syötön, kun lämmitysveden lämpötila laskee riittävästi. Hake syötetään syöttöruuvia pitkin kattilassa olevaan polttimeen, jossa hake palaa palamisilmapuhaltimien avulla. Lämpötilan noustua riittävästi syöttöjärjestelmä pysähtyy ja syöttää jatkossa vain palotapahtuman ylläpitämiseen vaadittavan polttoaineen. Tällöin polttimessa säilyy tuli jatkuvasti, eikä käsin tapahtuvaa sytyttämistä tarvita. (Mäkelä 1995, 6-7.)

Hake on puusta koneellisesti tuotettua lastua, jonka palakoko on tyypillisesti 5-50 mm. Haketukseen soveltuvat rangat, oksat, kokopuu, latvukset ja kannot. Myös puhtaasta jätepuusta voidaan tuottaa lämmitykseen soveltuvaa haketta. (Biopolttoaineet n.d.)

Polttoaineena hakekattiloissa voidaan useissa tapauksissa käyttää hakkeen lisäksi turvetta, sahanpurua, kutterilastua, olkipellettejä ja viljaa (Mäkelä 1995, 6-7).

4.2 Hakepoltin

Hakepoltin on yleensä valmistettu teräksestä tai valuraudasta ja se voi olla keraamisesti vuorattu. Poltin koostuu kattilan sisään menevästä poltinpäästä ja kattilan ulkopuolelle jäävästä palamisilmapuhaltimesta. Palamiseen tarvittava ensiö- ja toisioilma johdetaan polttimen sisä- ja ulkovaippojen välissä palotilaan. Ensiöilma puhalletaan polttimen pohjassa olevien reikien kautta ja toisioilma polttimen päältä ja sivuilta. Hakekattilaksi soveltuvat kaikki kattilat, jotka on varustettu erillisellä hakepoltinluukulla. Hakepolttimen savukaasujen lämpötila voi laskea kastepisteen alapuolelle, ja savupiippuun voi tiivistyä vettä. Tämän vuoksi on suositeltavaa käyttää haponkestävää sisäpiippua. (Mäkelä 1995, 6-7.)

Hakepolttimen rakenne näkyy kuviossa 11.

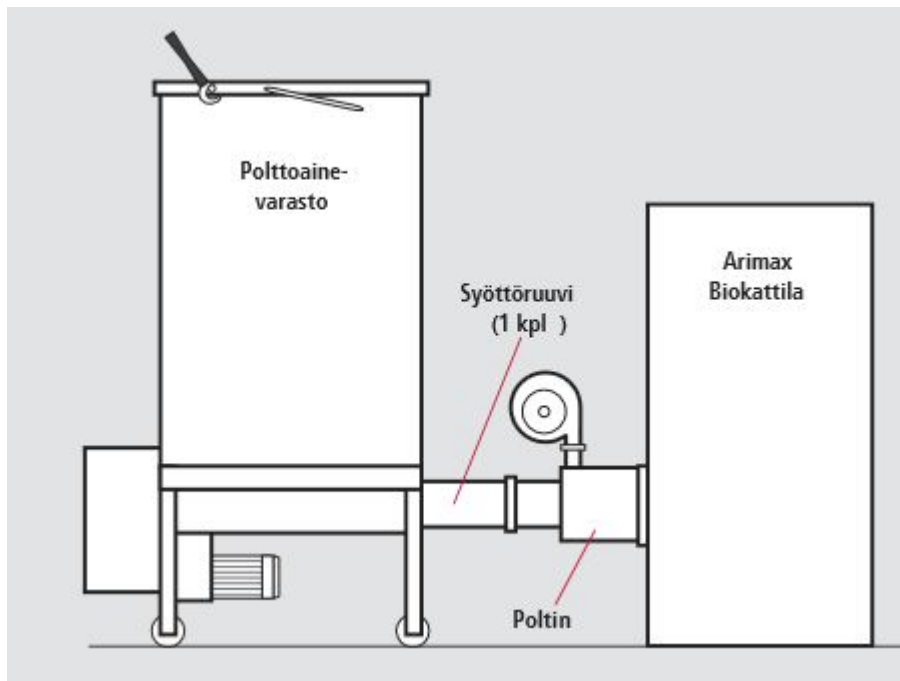


Kuvio 11. Hakepoltin

(Ala-talkkari n.d)

4.3 Syöttöjärjestelmä

Hakkeen syöttöjärjestelmänä voidaan käyttää, joko yksi- tai kaksiruuvista syöttöjärjestelmää. Yksiruuvista syöttöjärjestelmää suositetaan pienissä kattilahuoneeseen sijoitettavissa polttoainevarastoissa, jotka on mahdollista sijoittaa siten että polttoainevarastosta on suora yhteys polttimeen. Yksiruuvisissa syöttöjärjestelmissä polttoainevarasto on varustettu ilmatiivillä kannella, jolla pyritään estämään tulen leviäminen syöttöruuvia pitkin polttoainevarastoon. Syöttöjärjestelmä voidaan varustaa myös muilla palon estävillä laitteilla, kuten vesisuuttimilla ja syöttöruuvin tyhjentävällä automatiikalla. Yksiruuvisen syöttöjärjestelmän rakenne selviää kuviosta 12.

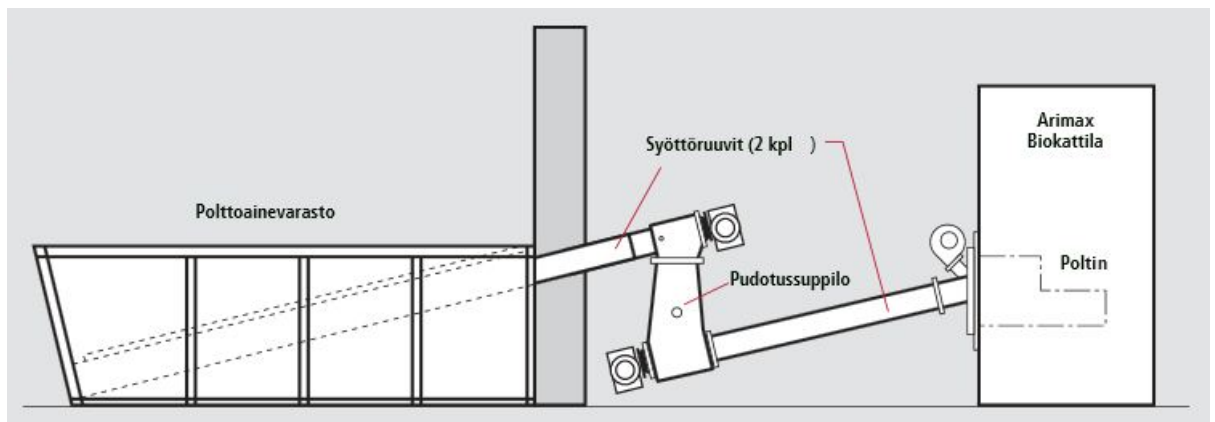


Kuvio 12. Yksiruuvinen syöttöjärjestelmä

(Syöttöruuvit ja niiden valinta n.d)

Kaksiruuvinen järjestelmä mahdollistaa polttoainevaraston vapaamman sijoittelun, koska syöttöruuvien liitoskohta on yleensä varustettu kääntyvällä laipalla.

Kaksiruuvinen syöttöjärjestelmä sisältää myös ruuvien väliin tulevan pudotussuppilon, joka katkaisee mahdollisen palon etenemisen syöttöruuvien kautta polttoainevarastoon. Pudotussuppilo on mahdollista varustaa sulkusyöttimellä, jossa sähkömoottorilla pyörivä roottori sulkee syöttöruuvien yhteyden ilmatiiviisti. Kaksiruuvisessa syöttöjärjestelmässä käytetään myös muita palon estäviä laitteita kuten vesisuuttimia. Kaksiruuvinen järjestelmä mahdollistaa myös kannettoman, avoimen polttoainevaraston käytön. Kaksiruuvisen syöttöjärjestelmän rakenne selviää kuvista 13.



Kuvio 13. Kaksiruuvinen syöttöjärjestelmä
(Syöttöruuvit ja niiden valinta n.d)

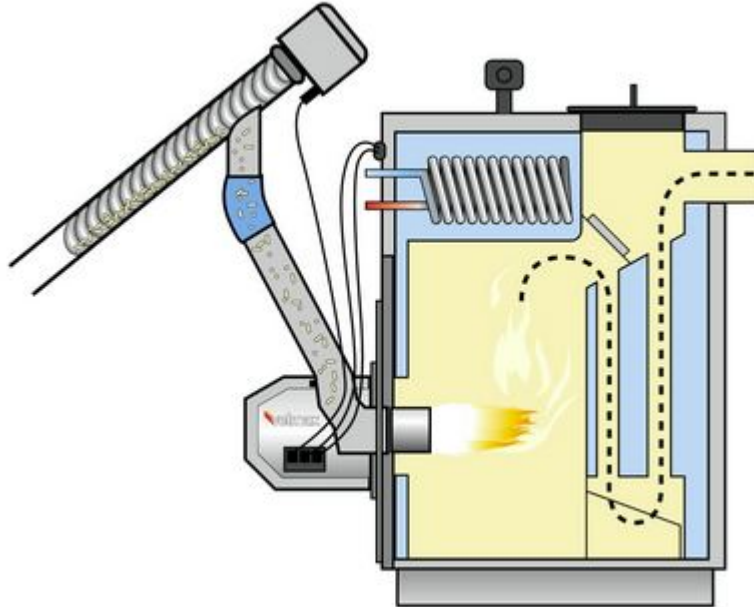
Hakkeen polttolaitokset on suositeltavaa varustaa vähintään kahdella toisistaan riippumattomalla takatulen estävällä turvalaitteella. Turvalaitteet on tärkeää suunnitella siten että ne toimivat myös sähkökatkokkien aikana. Esimerkiksi vesisuuttimilla varustetussa sammutusjärjestelmässä tulisi olla kalvopaisunta-astia, joka säilyttää paineen sammutusjärjestelmässä vesipumppujen sammuttua. (Kiinteän polttoaineen lämmityskattiloiden turvallisuus 2009, 6-7.)

5 Puupellettilämmitys

Puupelletit ovat puunjalostusteollisuuden sivutuotteista puristettuja sylinterin muotoisia kappaleita. Niiden valmistukseen käytettäviä sivutuotteita ovat esimerkiksi sahanpuru ja kutteripuru. Pellettien käsittelyn parantamiseksi puristeeseen lisätään myös luonnonmukaisia sideaineita, jotka parantavat esimerkiksi pellettien koossa pysymistä. (Puupellettilämmitys 2006.)

Pellettilämmitysjärjestelmässä kattilaan on asennettu pellettipoltin, johon siirtokuljetin siirtää pellettejä automaattisesti siilosta lämmitystarpeen mukaan. Pellettipoltin voi olla kattilaan joko kiinteästi asennettu tai irrotettava. Pellettien kuljetukseen voidaan käyttää ruuvikuljetinta tai pneumaattista kuljetinta. Ruuvikuljetin on yleisempi ratkaisu, mutta pneumaattista kuljetinta käyttäessä pellettisiilo voi sijaita jopa 25 metrin päässä pellettikattilasta. Pneumaattista kuljetinta käytettäessä siilosta ei tarvita suoraa yhteyttä kattilaan, vaan siirtoputket ovat joustavia ja mahdollistavat siirrot esimerkiksi rakenteiden sisällä. Siirtokuljettimet on maadoitettava mahdollisten pölyräjähdysten vuoksi. (Kokkonen 2012.)

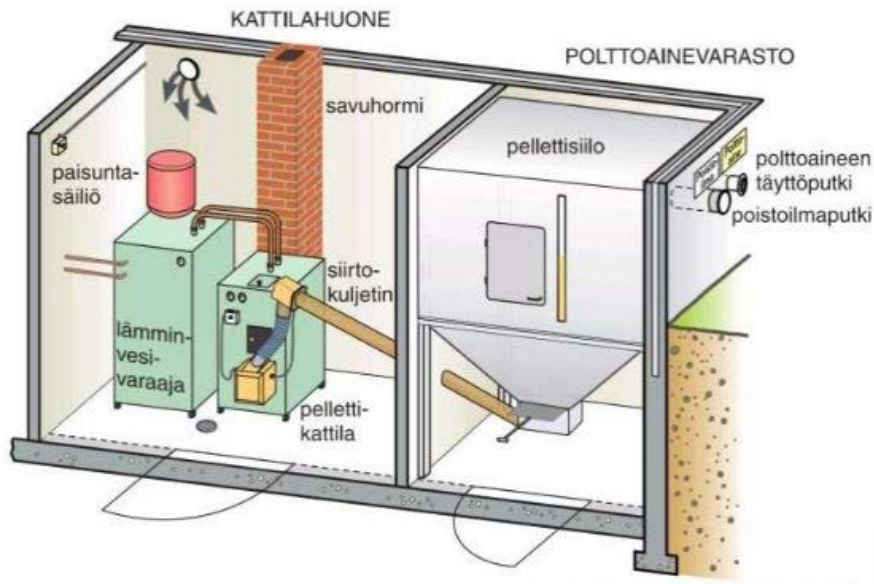
Pellettikattilan rakenneleikkaus näkyy kuviossa 14.



**Kuvio 14. Pellettikattilan rakenneleikkaus
(Pellettilämmityslaitteisto n.d)**

Pellettisiilon sijoittamisessa on otettava huomioon paloturvallisuus sekä täytön ja huollon vaivattomuus. EI 30- tai EI 60-luokkaisin rakenneosin osastoituun kattilahuoneeseen sijoitettuna siilon tulee olla tiiviskantinen erillinen terässäiliö, jonka vetoisuus on enintään 0,5 m³. EI 60-luokkaisin ja vähintään A2-s1, d0-luokan tarvikkeista tehdyin rakenneosin osastoituun kattilahuoneeseen saa sijoittaa 2 m³ kiinteää polttoainetta tiiviskantisessa terässäiliössä erilliseen syöttöhuoneeseen sijoitettuna, joka on erotettu kattilahuoneesta pölyn leviämisen estävällä seinällä. Tätä isommat siilot on sijoitettava omaan osastoituun tilaansa. Osastoidussa tilassa on otettava huomioon se, ettei pellettien syöttölaitteisto vaaranna osastointia. (E9 Kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen paloturvallisuus, ohjeet 2005.)

Pellettilämmitysjärjestelmän osat selviävät kuviosta 15.



**Kuvio 15. Pellettilämmitysjärjestelmä
(Vihola 2012)**

Puupellettejä on mahdollista ostaa pienissä erissä säkeissä tai isoina erinä säiliöautolla toimitettuna. Tavallisimmat pakkauskoost ovat piensäkeillä 16 kg tai 20 kg, suursäkeillä 500 kg tai 1000 kg ja säiliöautolla pienin toimituserä on yleisesti 3000 kg. Pellettien hinta on edullisin irtotavarana ostettuna ja kallein piensäkeissä. Pellettien hankintatapa riippuu lämmitysjärjestelmän siilon tai muun varastotilan koosta. Isoon yli kuuden kuutiometrin siiloon pelletit kannattaa ostaa irtotavarana, jolloin pelletit puhalletaan siiloon säiliöautosta. Pienempiä siiloja käyttävän on kannattavinta ostaa pelletit säkeissä, joista siilon täyttäminen tehdään pääosin käsityönä. Säkkien varastointiin riittää katettu ulkovarasto, johon on mahdollista sijoittaa esimerkiksi koko lämmityskauteen tarvittavat pelletit säkeissä. Pellettisäkit on myös eristettävä maapohjan kosteudelta esimerkiksi kuljetuslavoin. (Kokkonen 2012.)

6 Kevytöljylämmitys

Öljylämmitysjärjestelmän keskeisiä osia ovat öljylämmityskattila, öljypoltin, öljysäiliö sekä öljynsiirtoputkisto. Öljylämmityksessä säiliössä oleva öljy siirretään polttimelle putkistoa pitkin polttimessa olevan pumpun avulla. Pumppu paineistaa öljyn ja suuttaa sen esilämmittimen ja suuttimen läpi polttimen palopäähän, jossa öljysumu sytytetään sytytyskärkien välille syntyvällä valokaarella. Sytytysvaiheen jälkeen palaava öljy ylläpitää palotapahtumaa eikä sähköistä sytytystä enää tarvita. Paloon tarvittava ilma puhalletaan palopäähän polttimessa olevan puhaltimen avulla. (Kevytöljylämmitys 2005, 5-7.)

Polttimen käynnistystä ja sammumista ohjaa kattilaan asennettu termostaatti. Termostaatti kytkee polttimelle virran, kun kattilan veden lämpötila laskee säädetyn arvon alapuolelle ja katkaisee virran, kun lämpötila on noussut riittävästi. Polttimessa oleva automatiikka ohjaa polttimen käynnistystä, sytytystä ja valvoo palotapahtumaa optisella tunnistimella. Palotapahtuman sammussa polttimen automatiikka pysäyttää polttimen toiminnot ja poltin menee häiriötilaan. (Kevytöljylämmitys 2005, 9.)

Öljylämmityksen etuja ovat järjestelmän vaivattomuus ja laitteiston varmuus. Käyttäjän huolehdittavaksi jää lämmitysöljyn tilaaminen, kattilan ja hormin nuohous vuoden välein ja polttimen huolto noin kahden vuoden välein. Lisäksi öljysäiliö tulisi puhdistaa 5-10 vuoden välein, jolloin välttyään ylimääräisiltä suodattimien ja suuttimien tukkeutumisilta. (Lämmitysjärjestelmän huolto 2013.)

Nyky aikaisten öljylämmityskattiloiden hyötysuhde on noin 90 – 95 %. Korkeiden hyötysuhteiden takia kattilasta poistuvien savukaasujen lämpötila on laskenut jopa 100 °C asteeseen ja aiheuttanut vesihöyryn kondensoitumista savuhormiin. Öljyn poltossa muodostuu myös rikkipäästöjä, jotka muuttavat kondenssiveden happamaksi. Tämän vuoksi öljykattiloissa on suositeltavaa käyttää haponkestävää savupiippua.

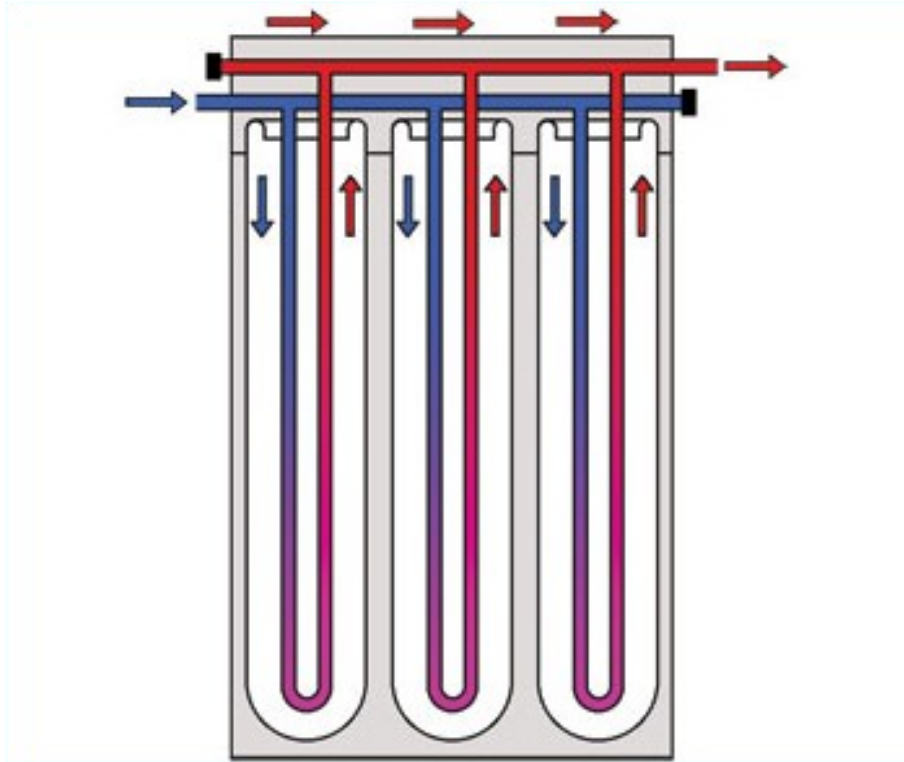
Myös vanhojen tiilisavupiippujen putkitus haponkestävillä putkiosilla on yleistä. (Teräspankivuuoraus savuhormiin on tulipalon ennalta ehkäisyä n.d.)

7 Aurinkolämmitys

Aurinkolämmitys soveltuu pientaloissa lämpimän käyttöveden tuottamiseen sekä lisälämmön lähteeksi rakennuksen lämmittämisessä. Koko rakennuksen lämmitysenergian tuottaminen aurinkokeräimillä vaatisi suuria keräinpinta-aloja sekä energia-
varaajan, joka soveltuisi kausivarastointiin. Arviolta 4-6 m² aurinkokeräinten pinta-
alalla saadaan tuotettua kesäaikaan lähes koko pientalon lämpimän käyttöveden
tarve riippuen vedenkulutuksesta sekä rakennuksen sijainnista. Noin 10-20 m² aurin-
kolämmitysjärjestelmällä saadaan tuotettua vuodessa 20-30 % pientalon lämmitys-
energian tarpeesta. Käytettäessä aurinkokeräimiä huonetilojen lämmitykseen on
suositeltavaa käyttää matalan lämpötilan lämmönjakojärjestelmää, kuten esimerkiksi
lattialämmitystä. (Aurinkolämmitys 1992, 1-3.)

Auringosta saatava energia voidaan kerätä lämmitysjärjestelmän käyttöön esimerkik-
si nestekiertoisilla tasokeräimillä tai tyhjiöputkikeräimillä. Tasokeräimessä kiertävä
neste lämmitetään mustan absorptiolevyn avulla, josta lämmitetty neste siirtyy läm-
minvesivaraajan lämmönsiirtimelle. Siirtimessä neste luovuttaa lämpöenergiansa
esimerkiksi rakennuksen lämmitysveteen. Tasokeräimen pinta on myös pinnoitettu
selektiivisellä levyllä tai lasilla, joka estää lämpösäteilyn heijastumista keräimestä
ulkoilmaan. (Aurinkolämmitys 1992, 2.)

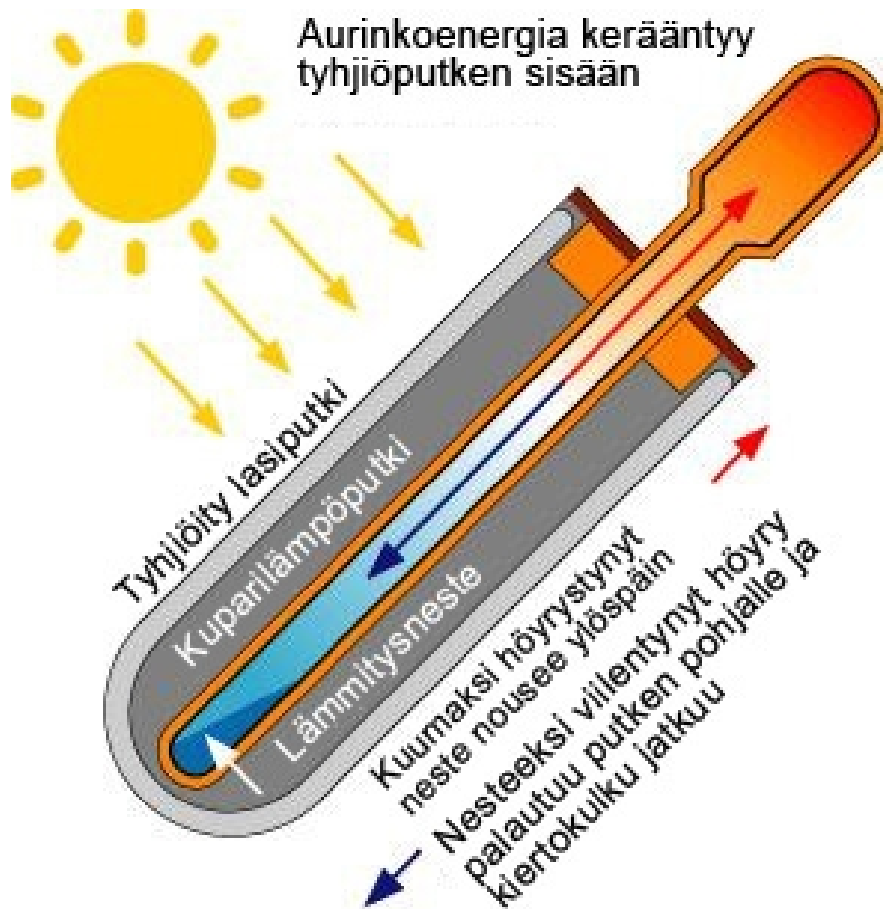
Tasokeräimen toimintaperiaate selviää kuviosta 16.



**Kuvio 16. Tasokeräimen toimintaperiaate
(Aurinkolämpöjärjestelmän toimintaperiaate n.d)**

Tyhjiöputkikeräin koostuu monesta vierekkäin asennetusta putkesta, jotka sisältävät kaksi sisäkkäistä lasipintaa. Auringon säteet läpäisevät ensimmäisen lasipinnan, jossa putkien väliin muodostettu tyhjiö eristää lämmön putken sisälle. Lämpö siirtyy sisemmän putken sisällä olevaan kupariputkeen, jossa oleva lämmönsiirtoneste kaasuuntuu lämmön vaikutuksesta ja kohoaa ylöspäin putken yläosaa kohti. Putken päädissä kaasuuntunut neste luovuttaa lämpöenergiansa toiselle siirtonesteelle ja jäähtyessään kaasu muuttuu takaisin nesteeksi ja painuu takaisin kupariputken pohjalle. Keräimen yläosassa kiertävä siirtoneste siirtää lämpöenergian varaajaan, josta energia hyödynnetään rakennuksen lämmitysjärjestelmässä. (Nova aurinkokeräimet 2015.)

Tyhjiökeräimen toimintaperiaate selviää kuviosta 17.



Kuvio 17. Tyhjiökeräimen toimintaperiaate

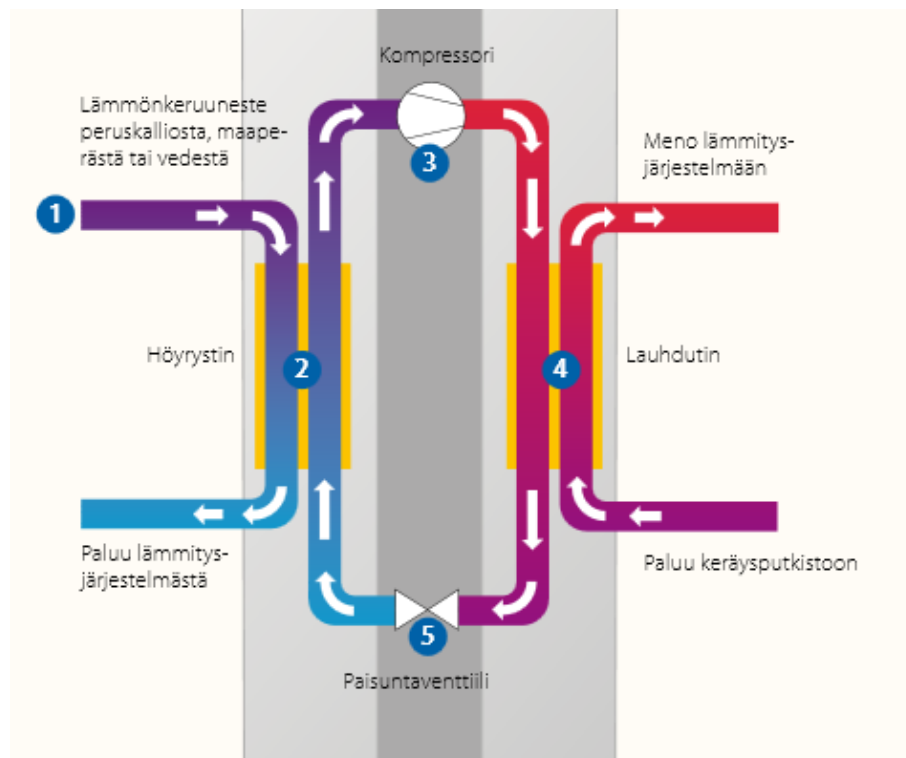
(Gree aurinkokeräimet n.d)

8 Maalämpö

Maalämpöjärjestelmässä hyödynnetään auringon energiaa, joka on varastoitunut maaperään, kallioon tai vesistöihin. Toimintaperiaatteena on lämpöenergian siirtäminen alhaisemmasta lämpötilasta korkeampaan lämpötilaan esimerkiksi rakennuk-

sen ulkopuolelta rakennuksen sisäpuolelle. Maahan tai vesistöön varastoitunut energia siirretään nesteen ja putkiston avulla maalämpöyksikön höyrystimelle, jossa nesteen sisältämä lämpöenergia siirtyy höyrystyvään kylmäaineeseen. Kompressor siirtää kylmäainetta yksikössä ja nostaa painetta, jolloin kylmäaineen olomuodon muutos höyrystä nesteeksi luovuttaa lämpöenergiaa lauhduttimen avulla lämmitysverkostoon. Maalämpöpumpun toiminnan edellytys on järjestelmän ulkopuolisen energian käyttö kompressorin pyörittämiseen. Käyttöveden lämmitykseen lämpöpumput käyttävät erillisiä vastuksia tai tulistuksen jäähdytintä, jossa kompressorin puristuksessa ulkopuolisen energian ansiosta kuumeneva kylmäaine luovuttaa osan energiansa käyttöveden lämmitykseen. (Lämpöpumput 2002, 2-3.)

Maalämpöpumpun toimintaperiaate selviää kuviosta 18.



Kuvio 18. Maalämpöpumpun toimintaperiaate
(Danfoss lämpöpumput n.d)

Yleisesti lämpöpumppu tuottaa 2,5–3,5-kertaisesti lämpöenergiaa verrattuna lämpöpumpun sähköenergian kulutukseen. Tätä suhdetta kutsutaan lämpökertoimeksi.

Lämpökerroin on suurimmillaan, kun liuospiirin lämpötila on korkea ja lauhdutuspiirin lämpötila on matala. Maalämpöpumppu toimii tehokkaimmin matalalämpöisessä lämmönjakojärjestelmässä esimerkiksi lattialämmitysjärjestelmässä ja silloin, kun käyttöveden kulutus on pientä. (Maalämpöpumppu 2014.)

Lämpökertoimen määrittämisessä tuloksiin vaikuttavat suuresti liuospiirin ja lauhdutuspiirin lämpötilat sekä kiertovesipumppujen kuluttama energia. Tämän vuoksi on kehitetty mittaustavat määrittävät standardit EN 14511 ja EN 14825. Näiden välillä on eroja mittaustavoissa, joten tuloksissa on myös eroja. Laitteita vertaillessa onkin kiinnitettävä huomiota siihen, minkä standardin mukaan tulokset on mitattu. Suurin ero näiden kesken on se, että EN 14825 standardin mukaan mitattu tulos kertoo koko lämmityskauden hyötysuhteen. (COP vs. SCOP- hyötysuhteiden erot n.d.)

9 Rakennuksen laskennallinen lämpöenergiankulutus

Kohteena olevalle kokonaisalaltaan 200 m²:n rakennukselle laskettiin likimääräinen vuotuinen lämmitysenergian kulutus, jonka avulla voidaan vertailla lämmitysmuotojen kustannuksia. Energian kulutus laskettiin Suomen rakennusmääräyskokoelman osan D5, ohjeet 2012 mukaisesti. Rakenteiden läpi johtuvan lämpöenergian laskenta on kuvattu oheisessa laskentaesimerkissä sekä taulukossa 1.

$$Q_{\text{joht}} = \Sigma H * (T_s - T_u) * \Delta t / 1000$$

Q_{joht} = kWh (Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia)

ΣH = W/K (Rakenneosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö)

T_s = °C (Sisäilman lämpötila)

T_u = °C (Ulkoilman lämpötila)

Δt = h (Ajanjakson pituus)

Taulukko 1. Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia kuukausittain

Kuukausi	Ajanjakson pituus (h)	Ulkoilman keskilämpötila (°C)	Alapohjan alapuolisen maan lämpötila (°C)	Alapohjan läpi johtuva energia (kWh)	Ilmaan rajoittuvien rakenteiden läpi johtuva energia (kWh)	Rakenteiden läpi johtuva energia (kWh)
Tammikuu	744	-10,6	7	252	2692	2944
Helmikuu	672	-12,2	6	244	2555	2798
Maaliskuu	744	-2,58	5	288	2009	2297
Huhtikuu	720	0,2	4	296	1715	2011
Toukokuu	744	10,3	4	306	912	1218
Kesäkuu	720	14,9	5	279	503	782
Heinäkuu	744	15	7	252	511	763
Elokuu	744	14,8	8	234	528	762
Syyskuu	720	7,97	9	209	1074	1283
Lokakuu	744	1,73	10	198	1642	1840
Marraskuu	720	-0,59	10	192	1780	1972
Joulukuu	744	-6,9	9	216	2377	2593

Rakennuksen vaipan epätiivetyksien kautta virtaavan vuotoilman lämmittämiseen tarvittavan energian laskenta on esitetty seuraavassa laskentaesimerkissä ja taulukossa 2.

$$q_{v,vuotoilma} = q_{50} / (3600 * x) * A_{vaippa} = 4 / (3600 * 35) * 310 = \quad \quad \quad \mathbf{0,0098 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$q_{v,vuotoilma} = \text{m}^3/\text{s} \text{ (Vuotoilmavirta)}$$

$$q_{50} = \text{m}^3/(\text{h} * \text{m}^2) \text{ (Rakennusvaipan ilmanvuotoluku)}$$

$x =$ kerroin (1krs=35, 2krs=24, 3-4krs=20, ≥ 5 krs=15) (Vain maan yläpuoliset kerrokset)

$$A_{vaippa} = \text{m}^2 \text{ (Rakennusvaipan pinta-ala, alapohja mukaan luettuna)}$$

$$H_{vuotoilma} = \rho_i * c_{pi} * q_{v,vuotoilma} = 1,2 * 1000 * 0,0098 =$$

$$\mathbf{11,76 \text{ W/K}}$$

$$H_{vuotoilma} = \text{W/K} \text{ (Vuotoilman ominaislämpöhäviö)}$$

$$\rho_i = 1,2 \text{ kg/m}^3 \text{ (Ilman tiheys)}$$

$$c_{pi} = 1000 \text{ Ws/(kgK)} \text{ (Ilman ominaislämpökapasiteetti)}$$

$$Q_{vuotoilma} = H_{vuotoilma} * (T_s - T_u) * \Delta t / 1000$$

$$Q_{vuotoilma} = \text{kWh} \text{ (Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia)}$$

$$T_s = \text{°C} \text{ (Sisäilman lämpötila)}$$

$$T_u = \text{°C} \text{ (Ulkoilman lämpötila)}$$

$$\Delta t = h \text{ (Ajanjakson pituus)}$$

Taulukko 2. Vuotoilman tarvitsema lämpöenergia

Kuukausi	Ajanjakson pituus (h)	Ulkoilman keskilämpötila (°C)	Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia (kWh)
Tammikuu	744	-10,6	276
Helmikuu	672	-12,2	262
Maaliskuu	744	-2,6	206
Huhtikuu	720	0,2	176
Toukokuu	744	10,3	94
Kesäkuu	720	14,9	52
Heinäkuu	744	15,0	52
Elokuu	744	14,8	54
Syyskuu	720	8,0	110
Lokakuu	744	1,7	169
Marraskuu	720	-0,6	183
Joulukuu	744	-6,9	244

Rakennuksen asukkaan kuluttaman lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan energian laskenta selviää oheisesta laskentaesimerkistä.

$$V_{\text{lkv}} = V_{\text{lkv, omin, henk}} * n * \Delta t / 1000 = 50 * 1 * 365 / 1000 \quad \mathbf{18,3 \text{ m}^3}$$

$V_{\text{lkv}} = \text{m}^3$ (Lämpimän käyttöveden kulutus)

$V_{\text{lkv, omin, henk}} = \text{dm}^3$ (Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus henkilöä kohti vuorokaudessa)

$n =$ Henkilöiden lukumäärä

$\Delta t = V_{\text{rk}}$ (Ajanjakson pituus)

$$Q_{\text{lkv,netto}} = \rho_v * c_{\text{pv}} * V_{\text{lkv}} * (T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}}) / 3600 = \quad \mathbf{1065 \text{ kWh}}$$

$Q_{\text{lkv,netto}} = \text{kWh}$ (Käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia)

$\rho_v = 1000 \text{ kg/m}^3$ (Veden tiheys)

$c_{\text{pv}} = 4,2 \text{ kJ/kgK}$ (Veden ominaislämpökapasiteetti)

$T_{\text{lkv}} = \text{°C}$ (Lämpimän käyttöveden lämpötila)

$T_{\text{kv}} = \text{°C}$ (Kylmän käyttöveden lämpötila)

Rakennuksen sisällä olevien henkilöiden luovuttama lämpöenergia on laskettu oleskeluajan ja lämmöntuottotehon perusteella. Laskenta on kuvattu oheisessa laskentaesimerkissä.

$$\text{henk} = \Phi_{\text{henk}} * n * \Delta t_{\text{oleskelu}} / 1000 = 85 * 1 * 5256 / 1000 \quad \mathbf{446,8 \text{ kWh}}$$

$Q_{\text{henk}} = \text{kWh}$ (Henkilöiden luovuttama lämpöenergia)

$\Phi_{\text{henk}} = 85 \text{ W/hlö}$ (Yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho)

$n =$ Henkilöiden lukumäärä

$\Delta t_{\text{oleskelu}} = h$ (Oleskeluaika)

Rakennuksen valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva lämpöenergia on laskettu seuraavassa laskentaesimerkissä.

$$Q_{\text{säh}} = Q_{\text{säh, omin}} * A_{\text{br}} = 32 * 174 = \mathbf{5568 \text{ kWh}}$$

$Q_{\text{säh}}$ = kWh (Valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva lämpökuorma energia)

$Q_{\text{säh, omin}}$ = kWh/brm² (Valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva vuotuinen lämpökuorma energia)

A_{br} = brm² (Rakennuksen bruttoala)

Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva vuotuinen säteilyenergia on laskettu oheisessa laskentaesimerkissä. Kyseisessä rakennuksessa ikkunapinta-alaa on noin 14,6 m². Ikkunapinta-ala jakaantuu ilmansuunnille seuraavasti: koillinen 5,2 m², kaakko 1,7 m², lounas 7,7 m².

$$Q_{\text{aur}} = \sum g_{\text{säteily, pystypinta}} * F_{\text{läpäisy}} * A_{\text{ikk}} * g = \mathbf{6005 \text{ kWh}}$$

$$((446,7 * (1,66 + 1,92 + 1,66)) + (700,8 * (1,66)) + (689,2 * (1,92 + 2,4 + 1,92 + 1,44)) * 0,75 * 0,9 * 0,7) =$$

Q_{aur} = kWh (Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia)

$g_{\text{säteily, pystypinta}}$ = kWh/(m²kk) (Pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti)

$F_{\text{läpäisy}}$ = (Säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin)

A_{br} = brm² (Rakennuksen bruttoala)

A_{ikk} = m² (Ikkuna-aukon pinta-ala)

g = Valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin

Rakennuksen yhteenlaskettu arvioitu lämpöenergian kulutus on noin 12000 kWh vuodessa, mikä vastaa noin 13 pinomotin puun vuosikulutusta 60 % hyötysuhteella poltettuna tai 1,5 m³ polttoöljyä 80 % hyötysuhteella poltettuna. Laskettu kulutus vastaa asukkaan arvioimaa puun tai öljyn vuosikulutusta kohtuullisen tarkasti, joten lämpöenergian laskennan tuloksen voidaan olettaa olevan riittävän tarkka. Rakennuksen lämpöenergian kulutuksen tulokset näkyvät taulukossa 3.

Taulukko 3. Rakennuksen lämpöenergian kulutus

Kuukausi	Rakenteiden läpi johtuva energia (kWh)	Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia (kWh)	Yhteensä (kWh)	Käyttöveden lämmitystarve (kWh)	Henkilöiden luovuttama lämpöenergia (kWh)	Valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva lämpökuorma energia (kWh)	Auringon säteilyenergia (kWh)	Yhteensä vuodessa (kWh/a)
Tammikuu	2944	276	3220	1065	447	5568	6005	12186
Helmi	2798	262	3061					
Maaliskuu	2297	206	2503					
Huhtikuu	2011	176	2187					
Toukokuu	1218	94	1311					
Kesäkuu	782	52	833					
Heinäkuu	763	52	816					
Elokuu	762	54	816					
Syyskuu	1283	110	1394					
Lokakuu	1840	169	2008					
Marraskuu	1972	183	2154					
Joulukuu	2593	244	2837					

10 Rakennuksen tehontarve

Kohteena olevan kokonaisalaltaan 200 m²:n rakennuksen lämmitystehontarve määritettiin Suomen rakennusmääräyskokoelman osan D5, ohjeet 2012 mukaisesti. Laskennasta saatu tulos kuvaa tarvittavaa jatkuvaa lämmitystehoja, jolloin tulosta ei voida käyttää varaavan järjestelmän mitoituksessa. Rakennusmääräyskokoelman osan D5 ohjeiden mukaan varaavan järjestelmän tehontarve on suurempi, sillä vuorokaudessa tarvittava lämpöenergia tuotetaan ja varastoidaan vain muutaman tunnin kestävällä lämmityksellä.

Huonelämmityksen tehontarpeen laskenta on kuvattu oheisessa laskentaesimerkissä. Huonelämmityksen tehontarpeeseen sisältyy rakenteiden läpi johtuvan energian häviöt sekä vuotoilman lämmitykseen tarvittava teho.

$$\Phi_{\text{huonelämmitys}} = \Phi_{\text{joht}} + \Phi_{\text{vuotoilma}} = (24,2 \cdot (21-7)) + (114,5 \cdot (21-(-32))) + (21,8 \cdot (21-(-32))) = \mathbf{7563 \text{ W}}$$

$$\Phi_{\text{huonelämmitys}} = W \text{ (Huonelämmityksen tehontarve)}$$

$$\Phi_{\text{joht}} = \Sigma H \cdot (T_s - T_{u,\text{mit}}) \text{ (W, Tilojen johtumishäviö)}$$

$$\Phi_{\text{vuotoilma}} = H_{\text{vuotoilma}} \cdot (T_s - T_{u,\text{mit}}) \text{ (W, Vuotoilman lämmitysteho tilassa)}$$

Huonelämmityksen tehontarve huoneneiliöille jaettuna on $47,3 \text{ W/m}^2$ ja lämmitettävälle tilavuudelle jaettuna $18,9 \text{ W/m}^3$.

Käyttöveden tehontarve on laskettu seuraavassa laskentaesimerkissä. Laskenta ilmoittaa kuinka paljon tehoa tarvitaan tietyllä määrällä virtaavan veden lämmitykseen alkulämpötilasta loppulämpötilaan. Laskenta ei ole kuvaava, kun lämminkäyttövesi tuotetaan varaajalla, mikä on yleinen käytäntö asuinrakennuksissa. Lämpimän käyttöveden kulutus ei myöskään ole jatkuvaa kulutusta, vaan kulutuksessa on selviä kulutushuippuja. Tällöin vaadittu teho on huomattavasti pienempi, koska kulutushuippujen välissä on aikaa lämmittää käyttövesi pienemmällä teholla. Yleensä pientalon käyttöveden lämmitykseen riittää esimerkiksi 6 kW sähköinen lämminvesivaraaja $0,3 \text{ m}^3$:n vesitilavuudella.

$$\Phi_{\text{lkv}} = \rho_v * c_{\text{pv}} * q_{\text{v, lk}} * (T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}}) = 1000 * 4,2 * 0,0002 * 50 =$$

42 kW

$$\Phi_{\text{lkv}} = \text{kW (Käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho)}$$

$$\rho_v = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ (Veden tiheys)}$$

$$c_{\text{pv}} = 4,2 \text{ kJ/kgK (Veden ominaislämpökapasiteetti)}$$

$$q_{\text{v, lk}} = \text{m}^3/\text{s (Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama)}$$

$$T_{\text{lkv}} = \text{°C (Lämpimän käyttöveden lämpötila)}$$

$$T_{\text{kv}} = \text{°C (Kylmän käyttöveden lämpötila)}$$

Rakennuksen jatkuvan lämmitystehon tarpeen laskenta on kuvattu oheisessa laskentaesimerkissä. Laskelman tulokseksi saatiin 55 kW , joka ei mielestäni ole kuvaava arvio, sillä lämpimän käyttöveden tuottamiseen tarvittava teho on jo pelkästään 42 kW . Todellisempi arvo olisi mielestäni tilojen lämmitykseen tarvittava teho, johon lisätään esimerkiksi 6 kW lämpimän käyttöveden lämmitykseen. Tällöin rakennuksen jatkuvan lämmitystehon tarve olisi noin 15 kW . Tämä arvo on myös lähempänä nykyistä järjestelmää, jossa rakennus sekä käyttövesi on lämmitetty noin 20 kW :n öljypolttimella ja kattilalla, jonka vesitilavuus on noin $0,2 \text{ m}^3$.

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D5 ohjeissa vuodelta 1985 on otettu kantaa käyttöveden lämmityslaitteiston mitoitukseen seuraavasti:

Jos käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho on yli 20 % rakennuksen kokonaislämmitystehontarpeesta, mutta järjestelmän varauskyky on riittävä, otetaan käyttöveden lämmityksen tarvitsemasta tehosta huomioon vain 20 %. Järjestelmän varauskykyä voidaan pitää riittävänä, jos varaajan koko tai kattilan vesitilavuus on yli 150 l. (D5 Rakennuksen lämmityksen tehon- ja energiatarpeen laskenta, ohjeet 1985, 5.)

Tämän ohjeen perusteella käyttöveden lämmitykseen tarvittavien laitteiden tehontarve olisi 9,3 kW. Tällöin koko rakennuksen lämmitystehon tarve olisi noin 18 kW.

$$\Phi_{\text{lämmitys}} = \Phi_{\text{huonelämmitys}}/\eta_{\text{huonelämmitys}} + \Phi_{\text{lkv}}/\eta_{\text{lkv}}$$

$$= 7563/0,9 + 42000/0,9 =$$

55070 W

$\Phi_{\text{lämmitys}} = W$ (Rakennuksen lämmitystehontarve)

$\Phi_{\text{huonelämmitys}} = W$ (Huonelämmityksen tehontarve)

$\eta_{\text{huonelämmitys}} =$ Huonelämmitysjärjestelmän hyötysuhde
mitoitusolosuhteissa

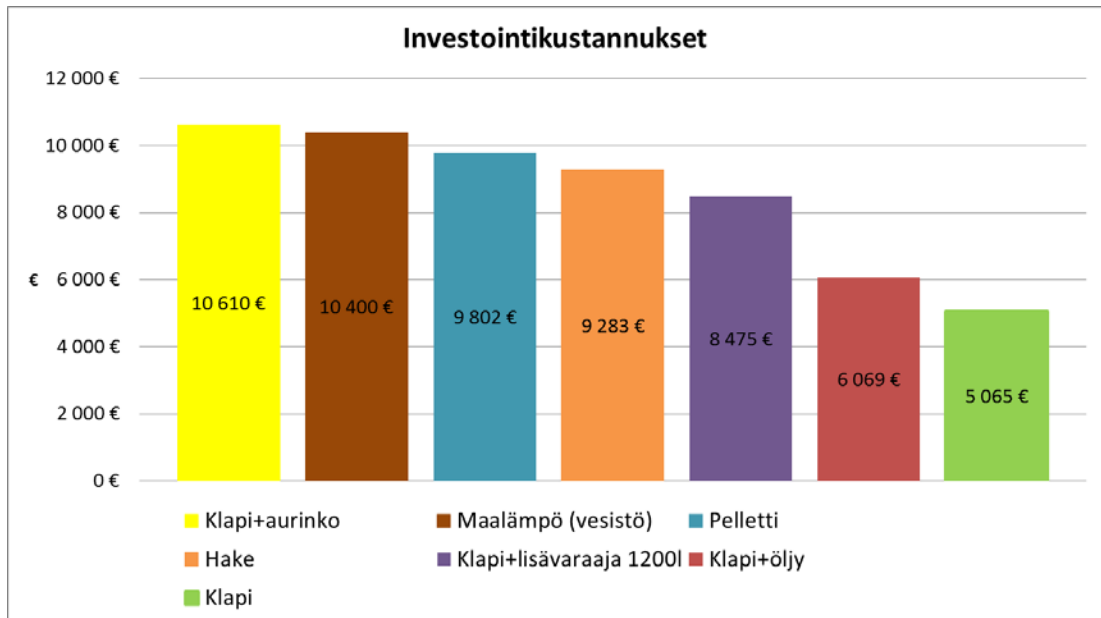
$\Phi_{\text{lkv}} = W$ (Käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho)

$\eta_{\text{lkv}} =$ Käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde
mitoitusolosuhteissa

11 Vertailu

Kohteena olevaan omakotitaloon parhaiten soveltuva lämmitysjärjestelmä selvitetiin vertailemalla eri järjestelmien investointikustannuksia, lämmitys- ja käyttökustannuksia ja annuiteettieriä. Järjestelmien takaisinmaksuaikojen tulokset muodostuivat epäkäytännöllisiksi tässä vertailussa, johtuen klapijärjestelmän alhaisista lämmityskustannuksista ja muita järjestelmiä alhaisemmasta hankintahinnasta. Lämmitysjärjestelmän käytön vaivattomuutta vertailtiin arvioimalla asukkaalta eri lämmitysjärjestelmien käyttöön kuluva aika. Vertailtavat järjestelmät sekä niiden investointikustannukset selviävät kuvioista 19 sekä taulukosta 4. Investointikustannuksiin on

laskettu lämmityksen varajärjestelmien hankintakustannukset, mutta lämmityskustannuksissa varajärjestelmiä ei oteta huomioon.



Kuvio 19. Järjestelmien investointikustannukset

Taulukosta käy ilmi, että investointikustannuksiltaan edullisimpia vaihtoehtoja ovat klapi- ja öljykattila 6069 € ja klapikattila 5065 €. Investointikustannukset on laskettu huhtikuun 2015 hintatietojen mukaan.

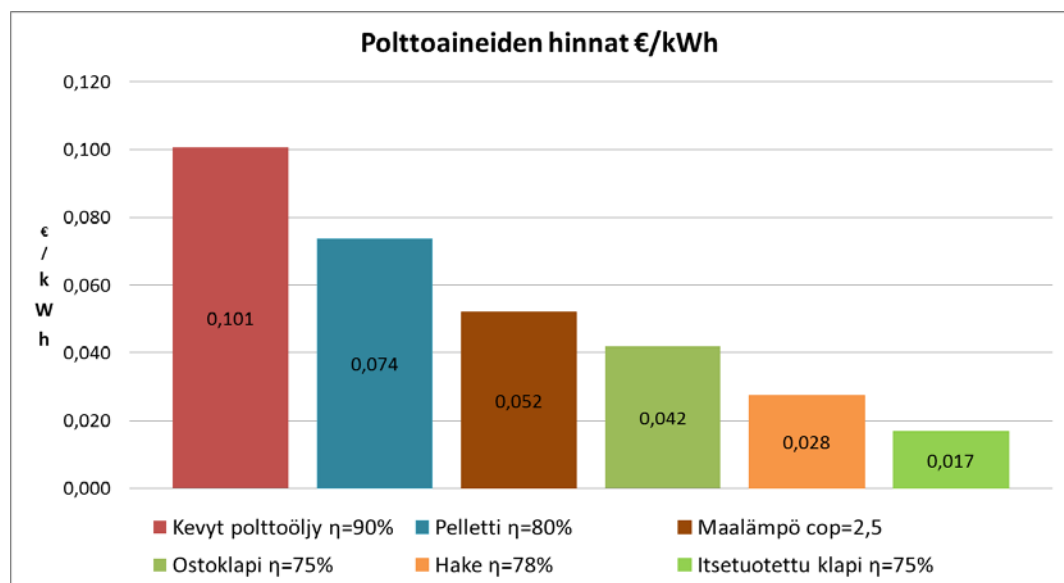
Taulukko 4. Järjestelmien hinnat

<u>Klapi+aurinko</u>	Hinta
Käänteispalokattila (Jäspi Econature 40 kW) Latauspumppupaketti (Termovar) Aurinkokeräimet+varusteet Lämmönsiirtokierukka Tarvikkeet Yhteensä:	3 650 € 399 € 5 821 € 490 € 250 € 10 610 €
<u>Maalämpö (vesistö)</u>	Hinta
Maalämpöpumppu (Bosch Compress 5000 LW 9kW) Lämmönkeruupiirin tarvikkeet (Vesistö) Maanrakennustyöt+läpiviennit Lämpöjohtopiirin tarvikkeet Asennustyöt Yhteensä:	5 500 € 2 200 € 1 200 € 500 € 1 000 € 10 400 €
<u>Pelletti</u>	Hinta
Pellettikattila (Ariterm Biomatic 20+, sis. Poltin+3x6kW) Syöttölaitteet (Ariterm Depo/Feedo sarja) Tilamuutokset + sillo Tarvikkeet Yhteensä:	7 018 € 2 034 € 500 € 250 € 9 802 €
<u>Hake</u>	Hinta
Hakekattila (Arimax 240KST 40 kW) Latauspumppupaketti (Termovar) Sähkölämmityselementit (2x6kw Lämpöparoni VB6010) Poltin+säiliö (Veto Talkkari 450/20 kW) Kiehuunanestventtiili (Jäspi) Tarvikkeet Tilamuutokset Yhteensä:	4 216 € 399 € 710 € 3 313 € 145 € 250 € 250 € 9 283 €
<u>Klapi+lisävaraaja 1200l</u>	Hinta
Käänteispalokattila (Jäspi Econature 40 kW) Latauspumppupaketti (Termovar) Sähkölämmityselementit (2x6kw Jäspi Elbox) Lisävaraaja (Jäspi Ovali 1,2 EPK) Lisäpaisuntasäiliö (Reflex N200) Tarvikkeet Tilamuutokset Yhteensä:	3 650 € 399 € 766 € 2 785 € 375 € 250 € 250 € 8 475 €
<u>Klapi+öljy</u>	Hinta
Kaksoiskattila (Jäspi Tupla 2S) Latauspumppupaketti (Termovar) Haponkestävä sisäpiippu Öljypoltin (Oilon oilpro 3L) Kiehuunanestventtiili (Jäspi) Tarvikkeet Yhteensä:	3 350 € 399 € 1 000 € 925 € 145 € 250 € 6 069 €
<u>Klapi</u>	Hinta
Käänteispalokattila (Jäspi Econature 40 kW) Latauspumppupaketti (Termovar) Sähkölämmityselementit (2x6kw Jäspi Elbox) Tarvikkeet Yhteensä:	3 650 € 399 € 766 € 250 € 5 065 €

Eri lämmitysjärjestelmissä käytettävien polttoaineiden hinnat suhteessa tuotettuun energiaan ja hyötysuhteeseen selviävät taulukosta 5 sekä kuviosta 20. Taulukon 5 polttoaineiden hinnat on kerätty huhtikuussa 2015 seuraavasti: kevyt polttoöljy Nesteen polttoöljyn tilauslaskuri, pelletti Vapon tilauslaskuri, sähkö Energiaviraston sähkön kokonaishintatilasto, hake Metsäkeskuksen halkoliiteri.com-palvelu, itsetuotettu klapi on kiinteistön asukkaan arvio itsetuotetun pinomotin tuotantokustannuksista. Taulukossa käytetyt hyötysuhteet ja polttoaineiden lämpöarvot on saatu Rakennustieto Oy:n LVI 10–10437 ohjetiedostosta.

Taulukko 5. Polttoaineiden laskentatiedot

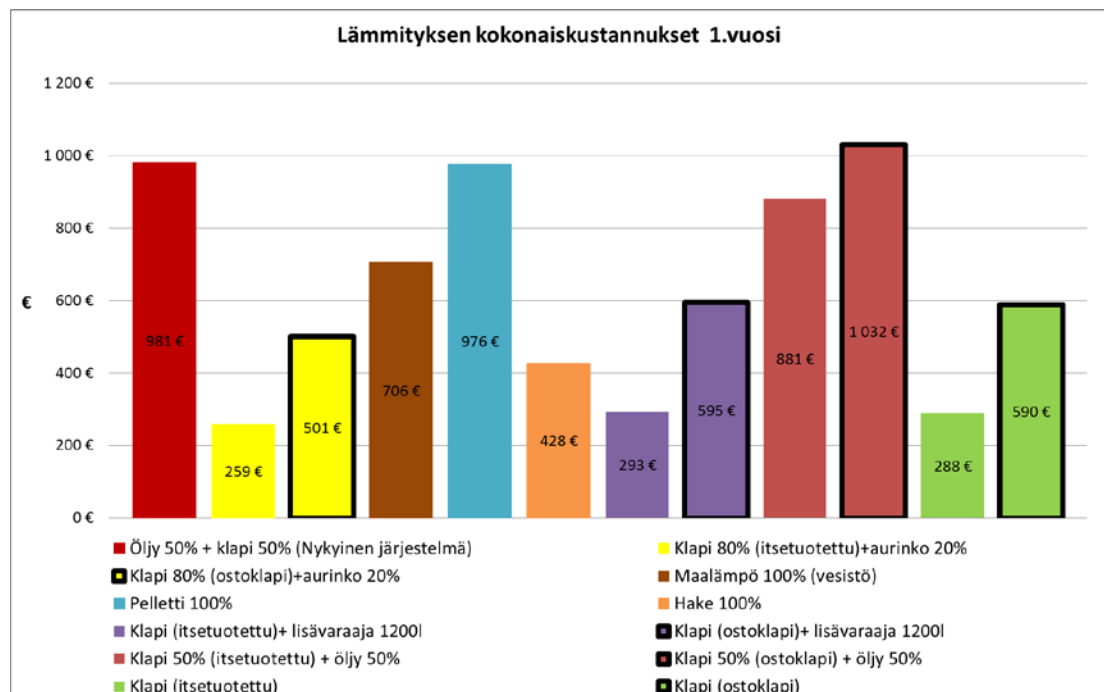
Polttoaine	Kosteus	Yksikkö	Tehollinen lämpöarvo (kWh/yks)	Kattilan hyötysuhde	Energiamäärä	€/yksikkö	€/kWh
Kevyt polttoöljy $\eta=80\%$		m ³	10000	0,8	8000	905,36	0,113
Kevyt polttoöljy $\eta=90\%$		m ³	10000	0,9	9000	905,36	0,101
Pelletti $\eta=80\%$	10 %	m ³	3150	0,8	2520	185,814	0,074
Hake $\eta=78\%$	35 %	i-m ³	930	0,78	725,4	20	0,028
Itsetuotettu klapi $\eta=75\%$	30 %	p-m ³	1590	0,75	1192,5	20	0,017
Itsetuotettu klapi $\eta=60\%$	30 %	p-m ³	1590	0,6	954,0	20	0,021
Ostoklapi $\eta=75\%$	30 %	p-m ³	1590	0,75	1192,5	50	0,042
Maalämpö cop=2,5		kWh	1	2,5	2,5	0,13	0,052



Kuvio 20. Lämmityksen polttoaineiden hinnat

Kuviosta 20 käy ilmi, että tuotetun lämmitysenergian hinta on korkein käytettäessä kevyttä polttoöljyä ja halvin itsetuotetuilla klapeilla. Maalämmöllä tuotettu lämmitysenergia sijoittuu hinnaltaan vertailun keskiarvoksi.

Eri järjestelmien arvioidut lämmityskustannukset näkyvät kuviossa 21. Lämmityksen kustannuksiin on sisällytetty järjestelmien arvioidut huoltokustannukset, jotka on esitetty kuviossa 22.

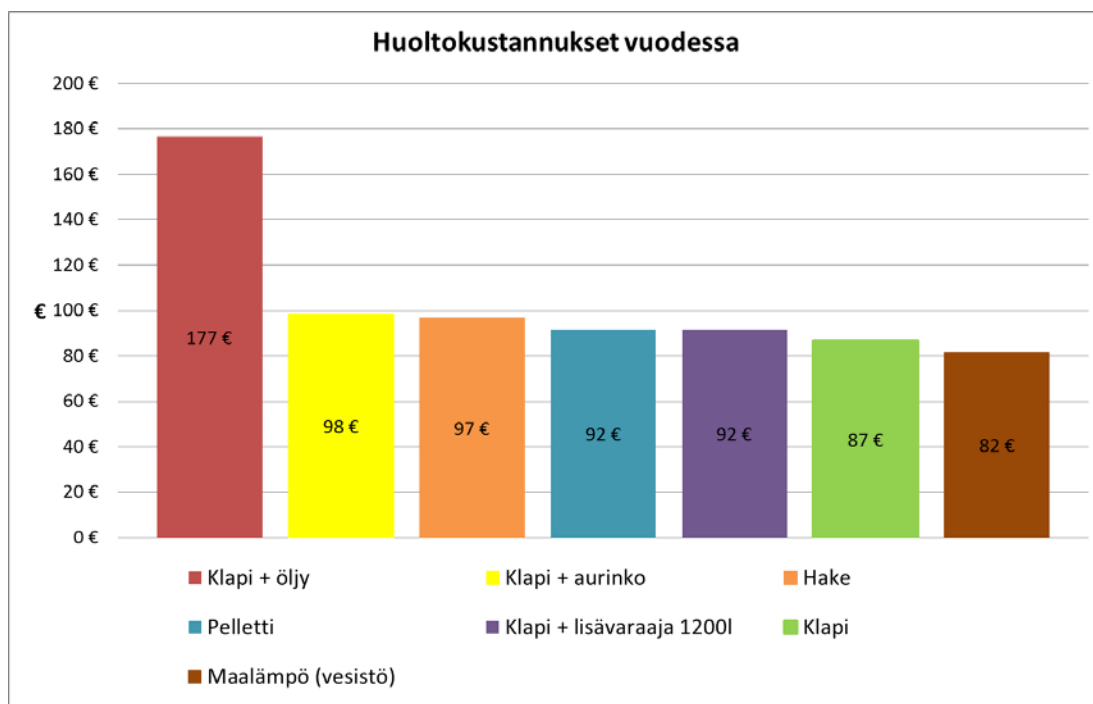


Kuvio 21. Lämmityksen kokonaiskustannukset

Kuviossa 21 on ensimmäisenä arvioitu kohteen nykyisen järjestelmän vuosikustannukset. Nykyisen järjestelmän kustannuksia arvioidessa on käytetty heikompia hyötysuhteita johtuen kaksoiskattilan iästä. Käytetyt hyötysuhteet näkyvät taulukossa 5. Kahta tai useampaa polttoainetta hyödyntävien lämmitysjärjestelmien lämmityskustannukset riippuvat käytettyjen polttoaineiden käyttösuhteesta. Laskennassa käytetyt suhteet on ilmoitettu prosenttiosuuksina kuviossa 21.

Kalleimmaksi tässä vertailussa osoittautui öljy/klapijärjestelmä, jossa polttoaineena käytetään ulkopuoliselta ostettuja klapeja ja kevyttä polttoöljyä. Tällöin arvioidut

vuotuiset lämmityskustannukset olivat 1032 €. Kustannuksiltaan edullisimmat olivat klapijärjestelmä ja klapiin ja auringon yhdistelmä. Klapiin ja aurinkolämmityksen vuotuiset lämmityskustannukset olivat 29 € edullisemmat kuin pelkän klapijärjestelmän.



Kuvio 22. Järjestelmien huoltokustannukset vuodessa

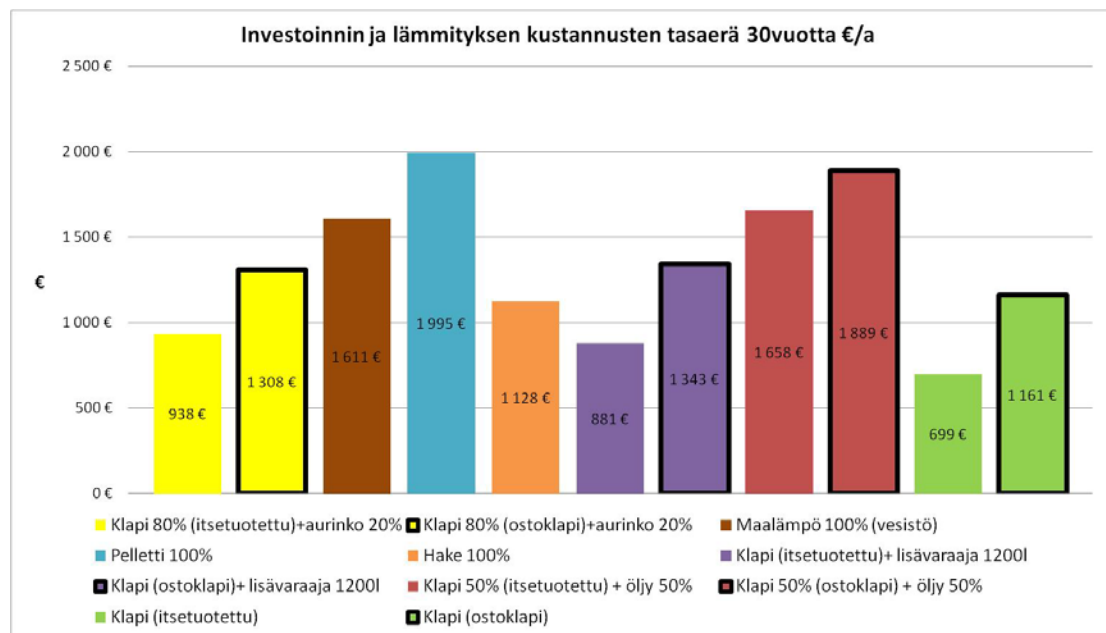
Huoltokustannusten yksityiskohtainen erittely löytyy liitteestä 8. Klapiin ja kevyen polttoöljyn yhdistelmän muita järjestelmiä korkeammat huoltokustannukset (177 € vuodessa) selittyvät suurimmilla menoerillä, joita ovat öljypolttimen vaihto, ammattilaisen suorittamat säännölliset polttimen säätötoimenpiteet ja nuohous. Huoltokustannuksiltaan edullisimmaksi osoittautui maalämpö, 82 € vuodessa.

Taulukossa 6 on esitetty vertailtavien järjestelmien maksuerän laskentaan annuiteettimenetelmällä tarvittavat arvot.

Taulukko 6. Järjestelmien vertailuarvot

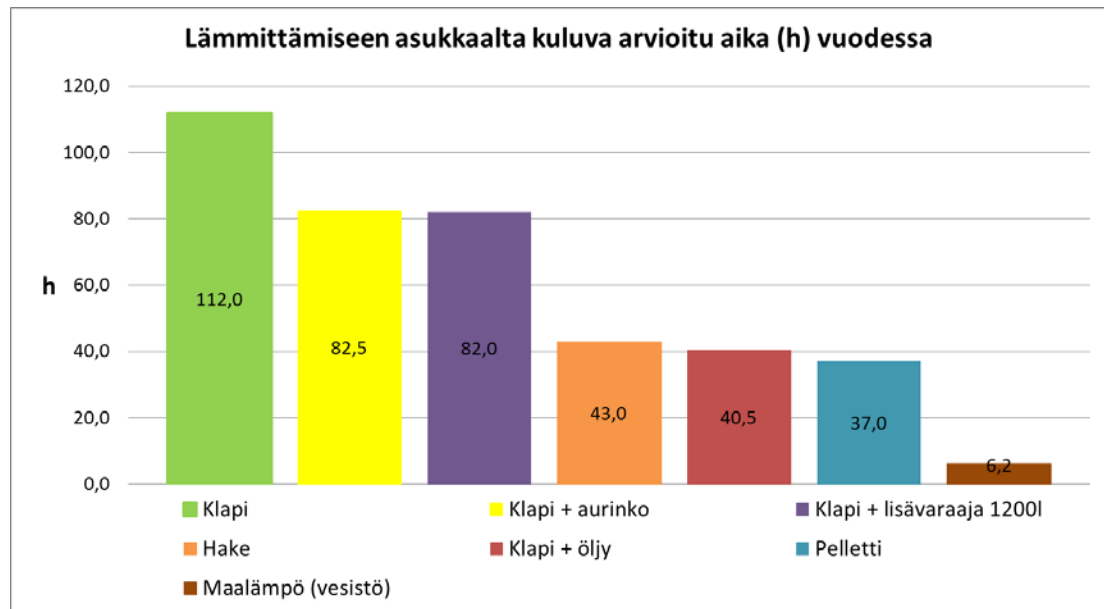
Lämmitysmuoto	Investointi- kustannukset	Huolto- kustannukset 1.vuosi	Rakennuksen lämmitys- energian kulutus (kWh/a)	Lämmityksen kokonais- kustannukset 1.vuosi	Käyttökä- (vuotta)	Investoinnin ja lämmityksen kokonais- kustannukset 30 vuotta (€)	Laskenta-korko	Investoinnin ja lämmityksen kustannusten tasaerä 30vuotta €/a	Tasaerän herkkyyden (öljy, pelletti ja sähkö +5%)	Lämmitystyon arvo maalämpöön verrattuna €/h
Öljy 50% + klapi 50% (Nykyinen järjestelmä)	0 €	177 €	12000	981 €	0	-	3,00 %	-	-	-
Klapi 50% (itsetuotettu) + öljy 50%	6 069 €	177 €		881 €	30	56 639 €		1 658 €	2,8 %	-1,4
Klapi 50% (ostoklapi) + öljy 50%	6 069 €	177 €		1 032 €	30	63 820 €		1 889 €	2,4 %	-8,1
Klapi (itsetuotettu)	5 065 €	87 €		288 €	30	25 992 €		699 €	0,0 %	8,6
Klapi (ostoklapi)	5 065 €	87 €		590 €	30	40 355 €		1 161 €	0,0 %	4,2
Klapi 80% (itsetuotettu)+aurinko 20%	10 610 €	98 €		259 €	30	38 091 €		938 €	0,0 %	8,8
Klapi 80% (ostoklapi)+aurinko 20%	10 610 €	98 €		501 €	30	49 581 €		1 308 €	0,0 %	4,0
Klapi (itsetuotettu)+ lisävaraaja 1200l	8 475 €	92 €		293 €	30	34 507 €		881 €	0,0 %	9,6
Klapi (ostoklapi)+ lisävaraaja 1200l	8 475 €	92 €		595 €	30	48 869 €		1 343 €	0,0 %	3,5
Hake 100%	9 283 €	97 €		428 €	30	42 872 €		1 128 €	0,0 %	13,1
Maalämpö 100% (vesistö)	10 400 €	82 €		706 €	30	58 816 €		1 611 €	3,0 %	-
Pelletti 100%	9 802 €	92 €		976 €	30	70 249 €		1 995 €	3,4 %	-12,5

Kuviossa 23 on annuiteettimenetelmällä laskettu investoinnin ja lämmityskustannusten tasaerälaskelman tulokset. Investointi- ja lämmityskustannukset on muutettu vuosittain tapahtuviksi maksueriksi, joissa on otettu huomioon laskentakorko.



Kuvio 23. Järjestelmien tasaerät

Kuviossa 24 olevassa diagrammissa on esitetty järjestelmäkohtainen asukkaalta lämmitykseen kuluva arvioitu aika vuodessa. Liitteessä 9 on eritelty asukkaan aikaa vaativat toimenpiteet, joiden yhteenlaskettu aika on esitetty diagrammissa.



Kuvio 24. Lämmittämiseen asukkaalta kuluva arvioitu aika vuodessa

Diagrammista käy ilmi, että klapi­lämmitys vaatii käyttäjältään eniten työaikaa, jopa 112 tuntia vuodessa. Kun aurinkolämmityksellä katetaan 20 % lämmityksestä, putoaa lämmitykseen vaadittu aika arviolta 30 tuntia vuodessa. Lähes samaan tulokseen päästään, jos klapijärjestelmän varauskapasiteettia kasvatetaan toisella lämminvesivaraajalla. Tällöin lämmityskertoja ei vaadita vuoden aikana niin montaa, koska energiaa voidaan varastoida kerralla jopa kahden päivän lämmitystarpeisiin. Maalämmön vaatima aika on selvästi vertailun alhaisin, noin 6 tuntia vuodessa.

Laskelmien todenmukaisuutta tarkasteltiin myös herkkyyshanalysillä, siinä tapauksessa, että polttoaineena käytettävän sähkön, pelletin ja kevytöljyn hinta nousisi 5 %. Herkkyyshanalysin tuloksena maalämmön, pelletin ja öljy/klapijärjestelmien tasamaksuerät nousisivat 2,4 – 3,4 prosenttia. Tulokset on esitetty taulukossa 6.

12 Johtopäätökset

Vertailusta käy ilmi, että itsetuotettua klapiä käyttävät järjestelmät ovat lämmityskustannuksiltaan selvästi muita järjestelmiä edullisempia. Vastaavasti klapi polttoaineena vaatii asukkaalta eniten aikaa lämmitykseen. Jos klapi lämmitykseen käytetty aika suhteutetaan saatuihin säästöihin verrattuna maalämpöjärjestelmään, tasaerälaskelmissa asukkaan tekemällä työllä saadaan hinnaksi noin 9 € tunnissa. Lisälämmitysinvestivaraajan tai auringon hyödyntämisellä lämmitystyölle laskettu arvo on noin 9 - 10 € tunnissa, sillä lämmitykseen tarvittava aika on alhaisempi. Jos polttopuut ostetaan ulkopuoliselta, lämmitykseen käytetyn ajan arvo putoaa noin puoleen. Haketta käytettäessä omalle lämmitystyölle voi laskea hinnaksi 13 € /tunti verrattuna maalämpöön. Pelletillä tai öljy/klapijärjestelmällä omalle työlle ei kerry arvoa maalämpöön verrattuna.

Suurimmat alkuinvestoinnit vaativat auringon hyödyntäminen ja maalämmitykseen siirtyminen. Auringon hyödyntämisellä ei tässä kohteessa saada merkittäviä hyötyjä lämmityskustannuksissa verrattuna pelkkään klapijärjestelmään, mutta asukkaan työmäärän vähentyminen varsinkin kesäaikaan on etu aurinkolämmityksessä. Lisävaraajan asentamisella saavutetaan sama hyöty työmäärän vähentymisessä ja lisäksi alkuinvestointi on hieman auringon hyödyntämistä alhaisempi. Lisävaraajan asentamisella menetetään asuintilaa rakennuksesta.

Maalämmitys ei lämmityskustannuksiltaan yllä klapijärjestelmien alhaisiin lukuihin, mutta maalämmön vaivattomuus on selkeästi kilpailijoita parempi. Maalämmitykseen siirtyminen vaatii suuria muutostöitä niin teknisessä tilassa kuin rakennuksen tontillakin, mutta vastaisuudessa lämpöpumpun käyttöä loputtua uuden pumpun asentaminen jo olemassa olevaan lämmönkeruupiiriin on huomattavasti vaivattomampaa. Lämpöpumpun hyötysuhteena käytettiin laskelmissa arvoa 2,5. Todellisuudessa arvo voi olla suurempi, jolloin maalämmön kannattavuus paranee. Arvioinnissa

käytetty arvo on kuitenkin hyvä lähtökohta arvioidessa lämpöpumpun hyötysuhdetta patteriverkoston kytkettynä, jossa lämmönjakoverkoston nesteen lämpötilan on oltava korkeampi kuin esimerkiksi lattialämmityksessä. Mitä korkeampi lämmönjakoverkoston vaadittu lämpötila on sitä heikompi on lämpöpumpusta saatava hyöty.

Kevyttä polttoöljyä käyttävän laitteiston asentaminen olisi myös yksinkertaista, sillä kiinteistöön on asennettu jo polttoöljyn säiliö ja vaatimusten mukaiset säiliön täytöyhteet. Nykyinen polttoöljyn siirron 2-putkijärjestelmä on myös mahdollisesti päivitettävä tulevaisuudessa 1-putkijärjestelmäksi, mikäli 1-putkijärjestelmä tulee vaatimukseksi käytettäessä kevyttä polttoöljyä lämmittämiseen. Kevyttä polttoöljyä käytettäessä savuhormi tulisi esimerkiksi putkittaa haponkestävällä sisäputkella, jottei muurattu hormi rapautuisi. Tämä olisi suositeltavaa myös haketta tai pellettiä käytettäessä. Kevyen polttonesteen, kuten myös muiden fossiilisten polttoaineiden hinta tulevaisuudessa tulee oletettavasti olemaan korkeampi kuin nyt.

Pellettijärjestelmä osoittautui kokonaiskustannusten tasaerälaskelmassa vertailun kalleimmaksi johtuen suurehkoista investointi- ja lämmityskustannuksista. Laite ei kuitenkaan sido asukasta kohtuuttomasti lämmitystyöhön ja laitteisto on melko toimintavarmaa. Huomioitavaa on myös se, että rakennuksen sisätiloihin sijoitettu polttoainesäiliö tarkoittaa pientä asuintilan menetystä. Pellettijärjestelmän käyttäjä on yleensä riippuvainen ulkopuolisista polttoaineen tuottajista, jolloin pelletin hinnan nousu tulevaisuudessa on todennäköistä.

Hakkeen käyttö lämmityksessä on pellettiä edullisempaa, mutta vaatii asukkaalta hieman enemmän työmäärää. Hakejärjestelmän toimintavarmuus on arviolta pellettijärjestelmän tasoinen, vaikkakin käytettäessä huonolaatuista haketta toimintahäiriöt yleistyvät. Hakkeen tasalaatuisuus on tärkeää laitteiston toimintavarmuuden kannalta.

Kaikki vertailussa olevat laitteet ovat riippuvaisia sähköstä, jolloin mikään järjestelmä ei omaa muita järjestelmiä parempaa toimintavarmuutta poikkeusoloissa esimerkiksi pitkän sähkökatkon aikana. Tosin muita järjestelmiä paitsi maalämmityksen

lämpöpumppua voidaan käyttää sähkökatkoksen aikana pienehköllä aggregaatilla, johon esimerkiksi lämminvesivaraajan latauspumpun tai aurinkokeräimen pumpun voi kytkeä. Lämpöpumppu on yleisesti kytkettävä 400 voltin järjestelmään, jolloin sen käyttäminen vaatii tehokkaampaa aggregaattia.

13 Pohdinta

Hakejärjestelmä on lämmityskustannuksiltaan klapijärjestelmiä hinnakkaampi, mutta hakkeen hintaan voisi vaikuttaa alentavasti esimerkiksi tilaamalla urakoitsija tekemään haketta kiinteistön omista puista. Myös traktorikäyttöisen hakkurin hankinta kiinteistön käyttöön voisi olla pohdinnan arvoista, sillä muu tarvittava konekanta asukkaan käytöstä löytyy. Tämän investoinnin kannattavuuteen ei tässä opinnäytetyössä kuitenkaan oteta kantaa. Hakejärjestelmän eduiksi voidaan lukea vertailussa kohtalaisen alhaiset lämmityskustannukset ja kohtalainen asukkaalta lämmitykseen vaadittu työmäärä. Myös klapien polttaminen on mahdollista hakekattilassa.

Klapien hyödyntäminen lämmitysjärjestelmässä olisi järkevää, sillä rakennuksessa on käytössä puulämmitteinen sauna ja lisälämmitykseen kamina. Tällöin klapeja on oltava asukkaan käytössä vaikka lämmitysjärjestelmässä niitä ei hyödynnettäisikään. Tällöin klapien tuottaminen myös rakennuksen lämmittämiseen olisi kannattavaa.

Laskelmien perusteella kannattavimmaksi järjestelmäksi osoittautui klapijärjestelmä, jossa polttoaineena käytetään itsetuotettuja klapeja. Järjestelmä ei ole käyttäjälleen vaivaton, mutta itsetuotettujen klapien käyttö näkyy selvästi pienemmissä lämmityskuluissa. Järjestelmän valinta ei myöskään sulje pois mahdollisuutta tulevaisuudessa lisätä järjestelmään aurinkokeräimiä helpottamaan lämmitystyötä. Harkinnan arvoisen vaihtoehto olisi myös valita klapiattila, johon olisi mahdollista tulevaisuudessa lisätä hakepoltinjärjestelmä eli stokeri. Tällöin lämmittämistä voitaisiin hoitaa klapeilla niin pitkään kuin asukkaalta tähän löytyy mielenkiintoa ja viitseliäisyyttä. Myöhemmin hakelämmitykseen siirtyminen ei vaatisi kattilan vaihtoa.

Lähteet

Alakangas, E. Erkkilä, E. & Oravainen, H. 2008. Tehokas ja ympäristöä säästävä tulisijalämmitys. Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen julkaisu. Viitattu 22.03.2015.

<http://www2.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/VTT-R-10553-08.pdf>

Alapalokattila. 2014. Motivan artikkeli. Viitattu 22.03.2015.

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitus_kiint_eistoissa/keskuslammituskattilat/alapalokattila

Ala-talkkari. N.d. Veto Turvehakemaatti tuotelehti. Viitattu 06.04.2015.

<http://ala-talkkari.fi/veto-turvehakemaatti/>

Ariterm 35+. 2010. Ariterm tuotelehti. Viitattu 22.03.2015.

<http://www.ariterm.fi/app/uploads/2014/01/Ariterm-35+-tuotelehti.pdf>

Aurinkolämmitys. 1992. RT-kortti. Rakennustieto Oy. LVI 11-10194.

Aurinkolämpöjärjestelmän toimintaperiaate. N.d. Energia auringosta Oy:n artikkeli aurinkolämpöjärjestelmistä. Viitattu 05.04.2015.

<http://www.energia-auringosta.fi/tuotteet/toimintaperiaate>

Biopolttoaineet. N.d. Euran Energia Oy:n artikkeli. Viitattu 22.03.2015.

<http://www.euranenergia.fi/biopolttoaineet>

COP vs. SCOP-hyötysuhteiden erot. N.d. Artikkel. Nilan verkkosivut. Viitattu 26.03.2015.

<http://www.nilan.fi/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot>

Danfoss lämpöpumput. N.d. Danfossin tuote-esite. Viitattu 08.04.2015.

http://www.uusiutuva.fi/Upload/Media/Danfoss_GeneralBroshure_FI%20%283%29.pdf

D5 Rakennuksen lämmityksen tehon- ja energiatarpeen laskenta, ohjeet. 1985. Suomen rakentamismääräyskokoelma, ympäristöministeriön asetus.

E9 Kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen paloturvallisuus, ohjeet. 2005. Suomen rakentamismääräyskokoelma, ympäristöministeriön asetus. Viitattu 01.04.2015.

<http://www.finlex.fi/data/normit/28202-E9su2005.pdf>

Gree aurinkokeräimet. N.d. Esite. Gree. Viitattu 05.04.2015.

<http://www.gree.fi/index.php?page=1022&lang=1>

Jäspi-puukattilat. 2013. Esite. Kaukora Oy.

Keskuslämmityskattiloiden historiaa. 2014. Artikkel. Motivan verkkosivut. Viitattu 25.03.2015

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiint_eistoissa/keskuslammityskattilat/keskuslammityskattiloiden_historiaa

Kevytöljylämmitys. 2005. RT-kortti. Rakennustieto Oy. LVI 11-10394.

Kiinteän polttoaineen lämmityskattiloiden turvallisuus. 2009. Turvatekniikan keskuksen laatima opas. Viitattu 08.04.2015.

http://www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet_ ja_ oppaat/Kattilaopas.pdf

Kokkonen, A. 2012. Puupelletti lämmittää puhtaasti ja tehokkaasti. 3.p. Motiva. Viitattu 27.03.2015.

www.motiva.fi/files/6059/Puupelletti_lammittaa_puhtaasti_ja_uusiutuvasti.pdf

Käänteispalokattila. 2014. Artikkel. Motivan verkkosivut. Viitattu 22.03.2015.

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiint_eistoissa/keskuslammityskattilat/kaanteispalokattila

Lämmitysjärjestelmän huolto. 2013. Artikkel. Öljyalan palvelukeskuksen verkkosivut. Viitattu 08.04.2015.

<http://www.oljylammitys.fi/oljylammittajan-arki/lammitysjarjestelman-huolto>

Lämpöpumput. 2002. RT-kortti. Rakennustieto Oy. LVI 11-10332.

Maalämpöpumppu. 2014. Artikkel. Motivan verkkosivut. Viitattu 26.03.2015.

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/maalampopumppu

Mäkelä, O. 1995. Klapikattiloiden käyttöominaisuudet. Maatalouden tutkimuskeskuksen tiedote, nro. 71. Viitattu 22.03.2015.

http://jukuri.mtt.fi/bitstream/handle/10024/443348/vtiedote71_95.pdf?sequence=1

Nova aurinkokeräimet. 2015. Tuote-esite. Nova.

Pellettilämmityslaitteisto. N.d. Artikkel. HT Energo Oy. Viitattu 01.04.2015.

<http://www.htenerco.fi/index.php/fi/pientalolaitteet>

Pilkelämmitys. 2013. Energiatehokas koti -hankkeen artikkel. Viitattu 22.03.2015.

http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/puulammitys/pilkelammitys

Puupellettilämmitys. 2006. RT-kortti. Rakennustieto Oy. LVI 11–10406.

Rakennusten lämmitys. 2006. RT-kortti. Rakennustieto Oy. LVI 10-10397.

Rouvinen, S. 2010. Omakotiasujien lämmitystapavalinnat. Itä-Suomen yliopiston infokortti nro 15.

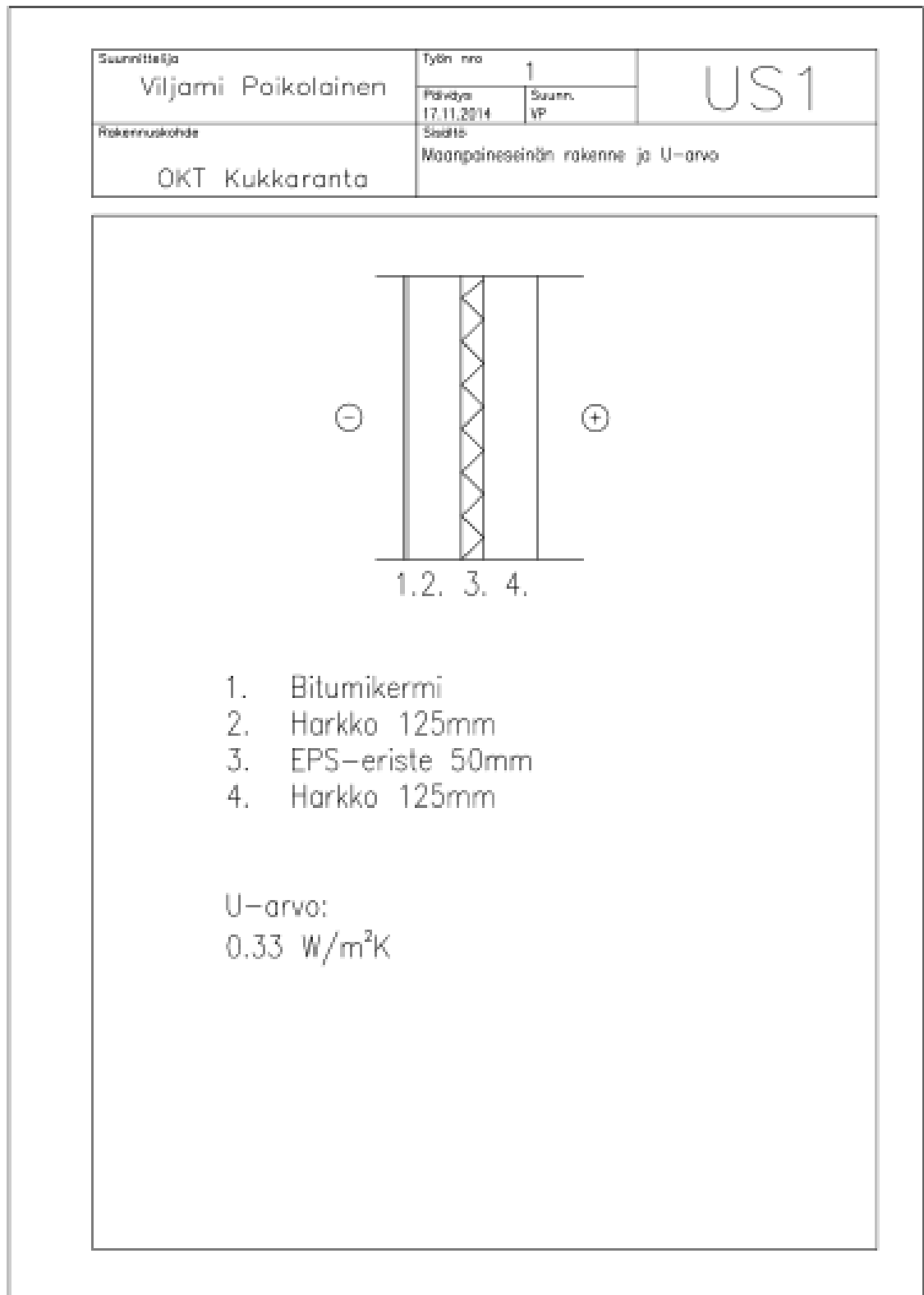
Syöttöruuvit ja niiden valinta. N.d. Aritermin valintaopas. Viitattu 22.03.2015.
<http://195.67.82.150/ariterm/Sy%5Bo%5Dtt%5Bo%5Druuvit%282%29.pdf>

Teräsputkivuoraus savuhormiin on tulipalon ennalta ehkäisyä. N.d. Artikkel. Ilmastointimega nouhousyrityksen verkkosivut. Viitattu 08.04.2015.
<http://www.ilmastointimega.fi/palo.shtml>

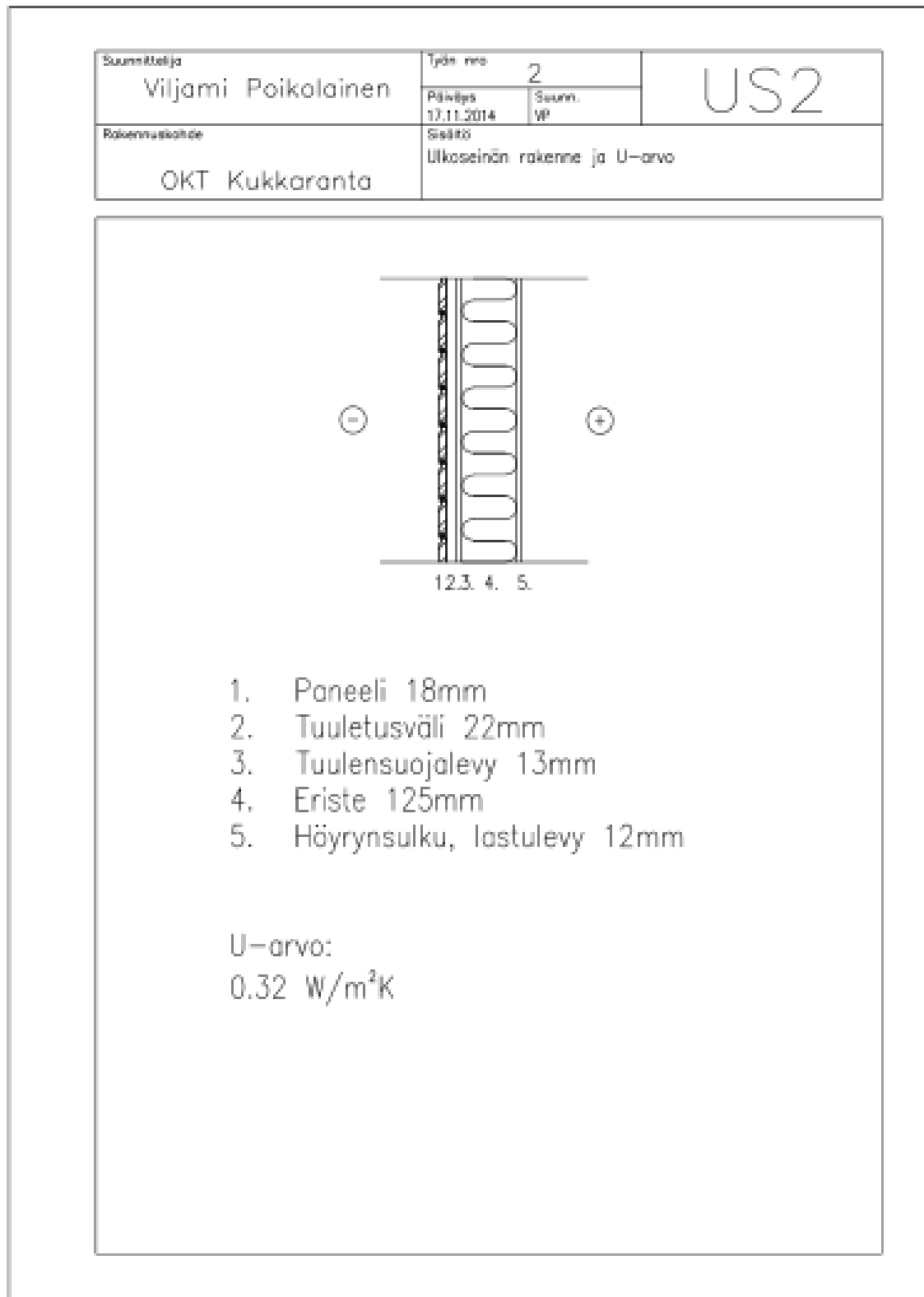
Vihola, V. 2012. Lämmitysjärjestelmän valinta. Tampereen teknillisen yliopiston esitys. Viitattu 05.04.2015.
http://neuvoo.fi/Portals/rane/files_materiaali/Ranen%20rakentajakoulu-L%C3%A4mmitys%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20valinta%207%2011%202012%20Vihola.pdf

Liitteet

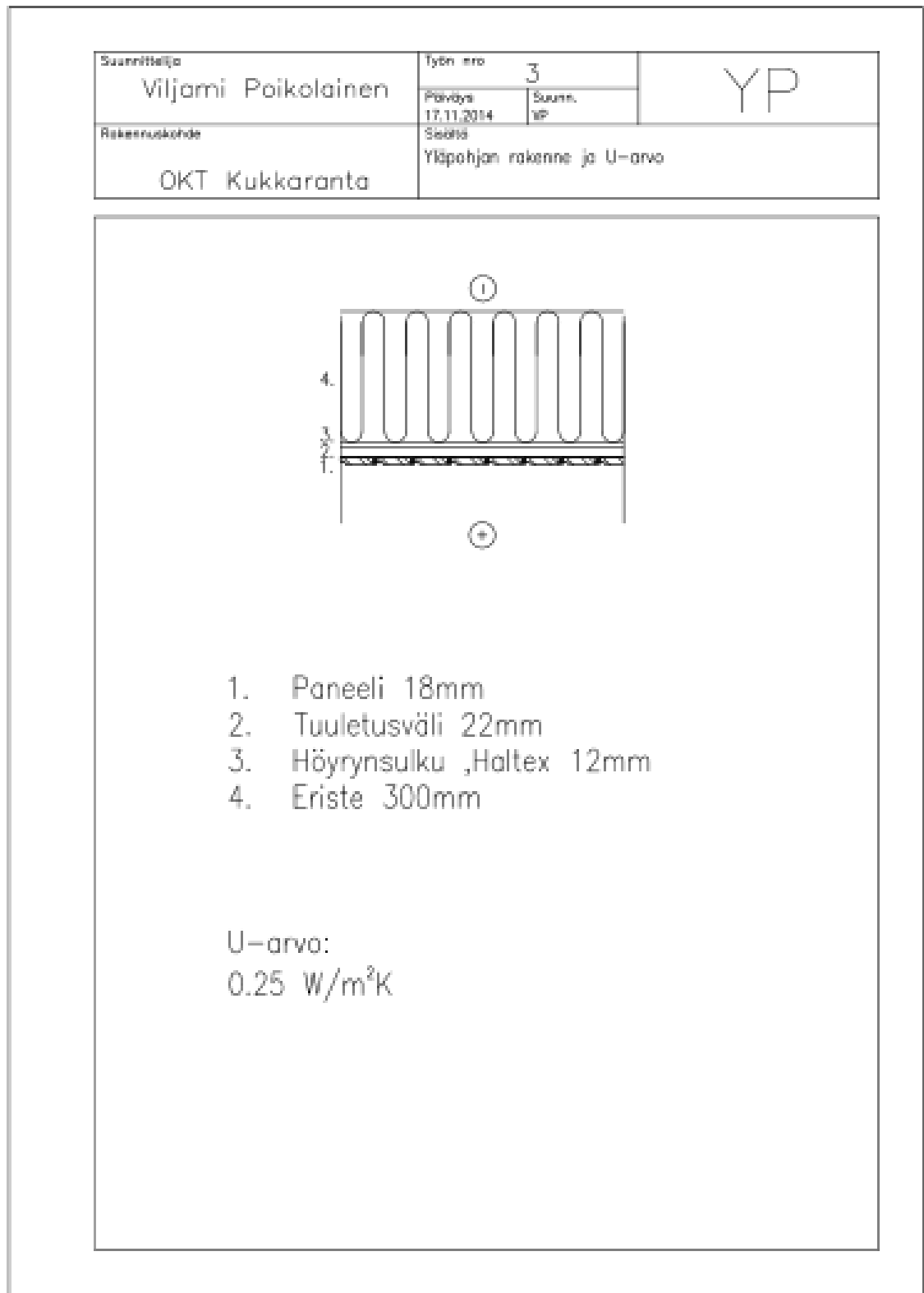
Liite 1. Maanpainesseinän rakenneleikkaus ja U-arvo



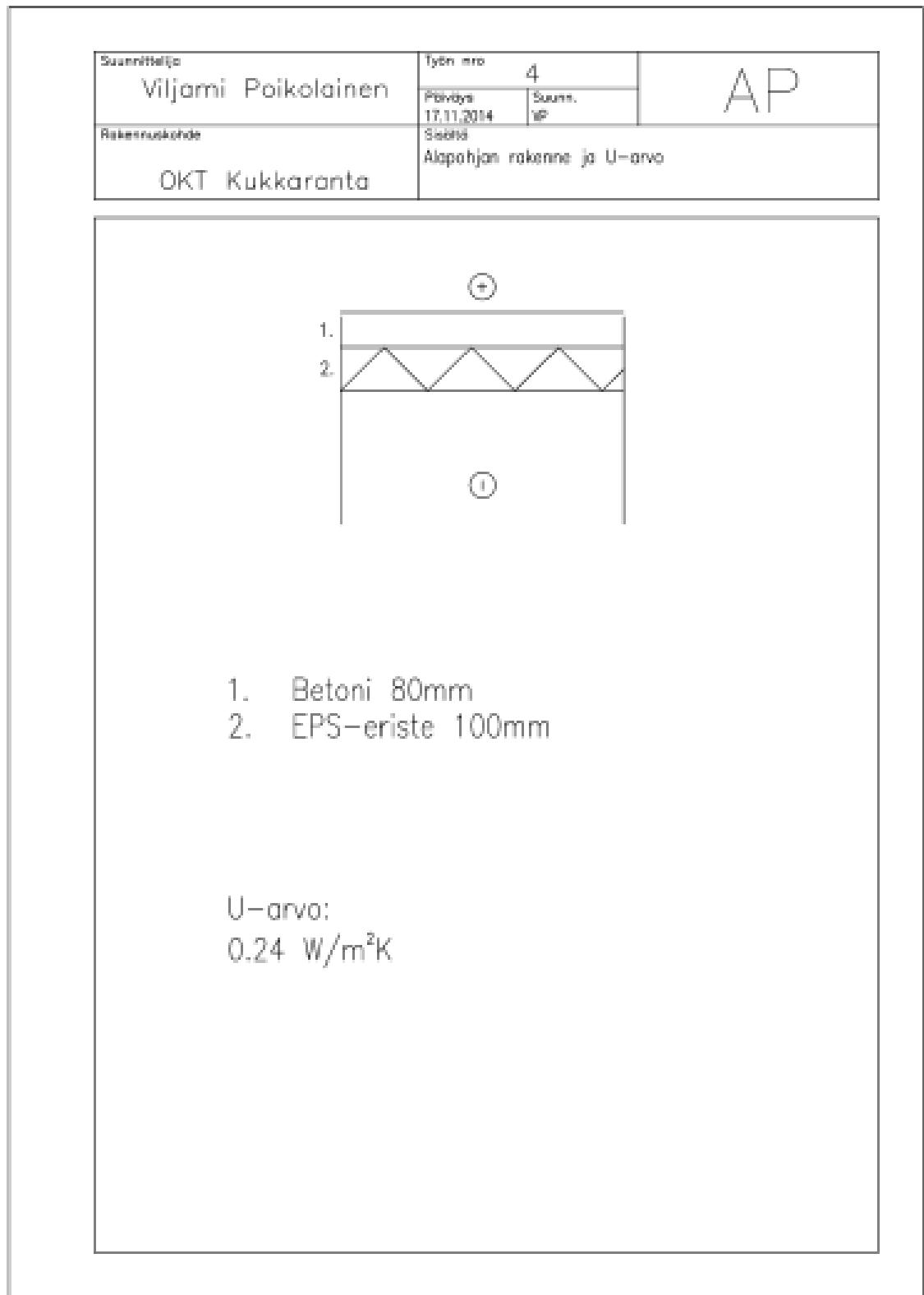
Liite 2. Ulkoseinän rakenneleikkaus ja U-arvo



Liite 3. Yläpohjan rakenneleikkaus ja U-arvo



Liite 4. Alapohjan rakenneleikkaus ja U-arvo



Liite 5. Kiinteistön E-luvun laskennan lähtötiedot ja tulokset

LAISKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Pää tiedot				
Rakennuskohde:	[REDACTED]			
Osoite 1:	[REDACTED]			
Osoite 2:	[REDACTED]			
Todistustunnus:				
Rakennustunnus:				
Rakennusluvan hakemisyvuosi:				
Valmistusvuosi:	1988			
Rakennuksen käyttötarkoitus:	Pientalo			
Pääsuunnittelija:				
Laskelman tekijä:	Polkolainen, Viljami			
Yritys:				
Tilaja:	Sundvall, Maija			
Päiväys:	13.04.2015			
Sijainti/paikkakunta:	Konnevesi-3			
Rakennusluokka:	1 Pientalo			
Kerroslukumäärä:	2			
Rakennusala (m ²):	435,6			
Rakennuksen ilmalaavuus (m ³):	400			
Maanpäällinen kerrosala (m ²):	95,6			
Lämmitetty nettoala Anetto (m ²):	159			
Lämpökapasiteetti Crak omin (Wh/m ² K):	110			
Asuntojen lukumäärä:	1			
Laskentamallin tila:	Lupa haettu			
Rakennuslupa hyväksytty (pvm):	-			
Käyttöönototarkastus suoritettu (pvm):	-			
Rakennneosot				
rakenneseosa:	Pinta-ala:	U-arvo:	g-arvo:	F-kerho ^A
	m ²	W/m ² K		Fksh ^B :
Ulkoseinä ulkoilmaa vasten	89,08	0,32		
Yläpohja ulkoilmaa vasten	100,8	0,29		
Alapohja (maanvastainen)	100,8	0,24		
Muu maanvastainen rakenneseosa	81,78	0,33		
Ikkunat lounaaseen	7,68	1,5	0,630	0,75
Ikkunat koilliseen	5,24	1,5	0,630	0,75
Ikkunat kaakkoon	1,66	1,5	0,630	0,75
Uiko-ovet	7,56	1,0		
Alapohjan alapuolinen maa	86vL, ssaajottettu hiekka tai sora			
Kylmäkierit				
Kylmäkierit:	Pituus:	Liekkonduktanssi:		
	m	W/mK		
10% muista häviöistä				
Ilmanvaihto				
Valpan ilmanvuodot:				
Ilmanvuotoluku q50:	4			
Ilmanvaihto:				
Kuvaus:	Painovoimainen ilmanvaihto			
LTO %:	0,0			
Ominaislämpöteho/SFP-luku (kW/m ² /s):	0,0			
Muu ilmanvaihtojärjestelmän sähköteho (W):	0,0			
Tuulilman lämpötilan asetusarvo:	0 astetta			
Jättilman lämpötila mitoitustilanteessa:	0 astetta			

LA SKENNAN LÄHTÖTIEDOT

Polstollimäärän suunnitteluarvo (L/s):	0
Polstollimäärän suunnitteluarvo ilman LTO-vaatimusta (L/s):	0
Tuloliman suhde polstollimavirtaan:	0.0
Lämpötilan nousu puhaltimessa:	0.0 astetta
IV-laitteissa automaattinen LTO:n polskytkentä asetuslämpötilan ylittyessä:	Ei
LTO:n ja jäikälämmityspatterin kuukausipöytälo:	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Lämmitysjärjestelmä

Käyttöveden lämmitys:

Kuucus	Lämmönsiirrin varaajassa
Käyttöveden varaajahäviöt (kWh/vuosi):	0
Käyttöveden kiertojohdon häviöt (kWh/vuosi):	0
Käyttöveden siirron hyötysuhde:	0.85
Käyttöveden mitoiluvirtaama (l/s):	0.2
Käyttöveden kiertojohdon ominaisteho (W/m ²):	0
Puukattilan osuus käyttöveden lämmityksestä:	1
Sähkölämmityksen hyötysuhde (käyttövesi):	1.0

Tilojen lämmitys:

Kuucus	Puu/öljy
Lämmityksen varaajahäviöt (kWh/vuosi):	3000
Häviöt lämmittämättömään tilaan (kWh/vuosi):	0
Lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde:	0.8
Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteet (kWh/m ²):	2
Varaavien tulisijojen lukumäärä:	0
Ilmalämpöpumppujen lukumäärä:	0
Puukattilan osuus tilojen lämmityksestä:	1
Sähkölämmityksen hyötysuhde (tilojen lämmitys):	1
Märkätilojen sähköisen lattialämmityksen osuus tilojen lämmityksestä:	0

Läpänkäyt ja tulokset

Lämmitystapa:	Puukattila energivaraajalla
Jäikälämmityspatteri:	Ei jäikälämmityspatteria
Oma sähköntuotanto (kWh/a):	0

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Pientalo (Erikkiset pientalot)			
Rakennuksen valmistusvuosi	1988	Lämmitetty nettoala	159	m ²
Rakennusvaihe				
Ilmanvuotoluku q50	4	m ³ /(h m ²)		
	A m ²	U W/(m ² K)	UxA W/K	Osuus lämpöhäviöstä %
Ulkoseinät	170.86	0.32	55.49	37.56
Yläpohja	100.80	0.25	25.20	17.06
Alapohja	100.80	0.24	24.19	16.37
Ikkunat	14.58	1.50	21.87	14.80
Ulko-ovet	7.56	1.00	7.56	5.12
Kylmäsiilit	-	-	13.43	9.09
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m ²	U W/(m ² K)	Q _{kohta-osa} -SRYO	
Lounas	7.68	1.50	0.70	
Koillinen	5.24	1.50	0.70	
Kaakko	1.66	1.50	0.70	
Luode	-	-	-	
Vaakataso	-	-	-	
Vaakataso (kattokupu)	-	-	-	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Painovoimainen ilmanvaihto			
	Ilmavirta tulo/polto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän 8FP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpöhäviösuhte	Jäähtymisenesto
Pääilmanvaihtokoneet	0.000 / 0.064	0.0	0.0	C
Erikkispolttot	-	-	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.000 / 0.064	0.0	-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:	0.0 %			
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Puuöljy / Lämmönsiirrin varaajassa			
	Tuoton hyötysuhde	Jaan ja luovutuk- sen hyötysuhde	Lämpö- kerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m ² vuos)
Tilojen ja lvan lämmitys LKV:n valmistus	0.73 0.73	80 % 85 %		2.38 0.00
(1) vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
(2) lämpöpumpujärjestelmässä voi otella lämpöpumpun vuoden keskimääräinen lämpökerroin				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varava tulisija ilmalämpöpumppu				
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotehtu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuos)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuos)		
Lämmin käyttövesi	455.00	26		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²
Henkilöt ja kuluttajalaitteet Valaistus	60 % 10 %	2.00	3.00	8.00

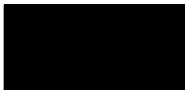



E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Pientalo (Erilliset pientalot)			
Rakennuksen valmistumisvuosi	1988			
Lämmitetty nettoala, m ²	159			
E-luku, kWhE/(m ² vuosi)	206 (> raja=162)			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon Kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWhE/vuosi	kWhE/(m ² vuosi)
Sähkö	4000	1.70	6801	42.8
Uusiutuva polttoaine (Puu)	51743	0.50	25872	162.7
YHTEENSÄ	56744		32672	206.5
Uusiutuva omavaraenergia, hyödyksikäytetty osuus				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		2.4	206.5	
Tuloilman lämmitys				
Lämpimän käyttöveden valmistus			31.1	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus				
Jäähdytysjärjestelmä				
Kuluttajalaitteet ja valaistus		22.8		
YHTEENSÄ		26.2	237.6	0
(1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen.				
Energian nettoarvo				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		23865	150	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)		0	0	
Lämpimän käyttöveden valmistus		4200	26	
Jäähdytys		0	0	
(2) sisäilma vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
(3) lähtöilma lämmönvaihtajan kautta				
Lämpökuormat				
		kWh/a	kWh/(m ² a)	
Aurinko		3188	20.05	
Ihmiset		1671	10.51	
Kuluttajalaitteet		2807	15.77	
Valaistus		1114	7.01	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöstä		0	0.00	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero		www.laskentapalvelut.fi, versio 1.3 (13.12.2014)		

Liite 6. Kiinteistön energiaselvitys

<h1>ENERGIASELVITYS</h1> <p>RakMk D3 2012 ja RakMk D5 2012</p>	
Kohde: [REDACTED]	
Osoite: [REDACTED]	
Käyttöveden lämmitysjärjestelmän kuvaus: Lämmönsiirrin varaajassa	
Tilojen lämmitysjärjestelmän kuvaus: Puuöljy	
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus: Painovoimainen ilmanvaihto	
Selvityksen antaja: Poikolainen, Viljami	Selvityksen tilaaja: Sundvall, Maija
Allekirjoitus:	
Selvityksen antamispäivä: 13.04.2015	
www.laskentapalvelut.fi, versio 1.3 (13.12.2014)	

ENERGIA SELVITYKSEN PÄÄTIEDOT (RakMk D3, kappale 6.)			
Rakennuskohde			
Osoite	[REDACTED]		
Rakennuksen käyttötarkoitus	Pientalo		
Rakennusvuosi	1988		
Lämmitetty nettoala	159	m ²	
Rakennuksen kokonaisenergian kulutus (E-luku)			
	Ostoenergia kWh/(m ² a)	E-luku kWh/(m ² a)	
Tilojen lämmitys (2)	285.24	145.48	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)	0.00	0.00	
Lämmin käyttövesi	42.57	21.29	
Sähkölämmit	22.78	38.72	
Jäähdytys	0.00	0.00	
Yhteensä	360.69	206.48	
<small>(2) sisäilma, ulkoilma, korvausilma ja lämmitysilmän lämpö.</small>			
<small>(3) lämmityspatterit, laakatu lämmityslaitteen lämpö.</small>			
	E-luku	206	kWh/(m ² a)
	E-luvun raja-arvo	162	kWh/(m ² a)
Todellinen ostoenergia			
	kWh/a	kWh/(m ² a)	
Tilojen lämmitys	53122	334.10	
Ilmanvaihdon lämmitys	0	0.00	
Lämmin käyttövesi	6769	42.57	
Sähkölämmit	3622	22.78	
Jäähdytys	0	0.00	
Yhteensä	63613	399.46	
<small>Laskettu sähkölaskun mukaisesti sähköllä.</small>			
<small>(E-luku laskennassa käytetty vähennys)</small>			
Energialaskennan lähtötiedot ja tulokset			
RakMk D3 2012 kohdan 5.3 mukaisesti erillisessä liitteessä.			
Keskitehollinen huoneilämpötila kohdan 2.2 mukaan ja tarvittava jäähdytysteho			
RakMk D3 2012 kohdan 2.2 mukaan.			
(muille kuin pientaloille erillisen laskelman mukaan)			
Rakennuksen lämpöhäviön määrityksenmukaisuus			
RakMk D3 2012 kohdan 2.4 mukaan erillisessä liitteessä.			
Rakennuksen lämmitysteho mitoituslaskelmissa			
	kW	W/m ²	
Tilojen lämmitys	16.06	101	
Ilmanvaihdon lämmitys (Sähkölämmityspatterit)	0.00	0	
Lämmin käyttövesi	41.98	264	
Jäähdytys	0.00	0	
Rakennuksen lämmitystehtotarve	64.55	406	
<small>Laskettu sähkölaskun mukaisesti mitoituksella.</small>			
<small>Lämpötilan käyttöveden tehotarve halkaisten mitoituksen mukaan.</small>			
Rakennuksen energiatodistus			
Energietodistusasetuksen 2013 mukaisesti erillisessä liitteessä.			
E-luokka:	D	(Energietodistusasetuksen 2013 mukaisesti)	
Laskentayökalun nimi ja versio numero			
Laskentayökalun nimi ja versio numero	www.laskentapalvelu.fi, versio 1.3 (13.12.2014)		

Liite 7. Kiinteistön energiatodistus

ENERGIATODISTUS																	
Rakennuksen nimi ja osoite:																	
Rakennustunnus:																	
Rakennuksen valmistusvuosi:	1883																
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	Pientalo																
Todistustunnus:																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Energiatohokkuusluokka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td style="text-align: center;"> Uudelleenarvioin määrittäen 2012  </td> </tr> <tr> <td>E</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F</td> <td></td> </tr> <tr> <td>G</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Energiatohokkuusluokka	A		B		C		D	Uudelleenarvioin määrittäen 2012 	E		F		G	
	Energiatohokkuusluokka																
A																	
B																	
C																	
D	Uudelleenarvioin määrittäen 2012 																
E																	
F																	
G																	
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)	206 kWh _e /m ² vuosi																
Todistuksen laatija:	Yritys:																
Poikolainen, Viljami																	
Allekirjoitus:																	
Todistuksen laattapäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:																
13.04.2016	13.04.2026																

Energiatodistus perustuu lakin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus													
Lämmitetty nettoala, m ²	159												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Puuöljy / Lämmönsiirrin varaajassa												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Painovoimainen ilmanvaihto												
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia									
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)			kWhE/(m ² vuosi)								
Sähkö	4000	25	1.70	42.8									
Puu	51743	325	0.50	162.7									
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	3622	22.8											
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				206									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokittelustelikko	Erilliset pientalot												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ... 79</td> <td>B: 80 ... 124</td> <td>C: 125 ... 161</td> </tr> <tr> <td>D: 162 ... 241</td> <td>E: 242 ... 371</td> <td>F: 372 ... 441</td> </tr> <tr> <td>G: 442 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ... 79	B: 80 ... 124	C: 125 ... 161	D: 162 ... 241	E: 242 ... 371	F: 372 ... 441	G: 442 ...		
A: ... 79	B: 80 ... 124	C: 125 ... 161											
D: 162 ... 241	E: 242 ... 371	F: 372 ... 441											
G: 442 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	D												
<p>E-luku perustuu rakennuksen teollisiin kuluihin ja energiamuotojen kerrotimeen. Kulutus on laskettu standardikäyttöön lämmitetyllä nettoalalla keuhon, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiakulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autoilämmityslaitteet, sulanapölyilmiytykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>													
ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET													
Keskusteltavat suositukset rakennuksen energiatehokkuutta parantaviksi toimenpiteiksi													
Tämä osio ei koske uudisrakennuksia													
<p>Suositukset on esitetty yksityiskohtaisemmin kohdassa "Toimenpiteiden ehdotukset energiatehokkuuden parantamiseksi".</p>													

**TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ENERGIATEHOKKUUDEN
PARANTAMISEKSI**

Tämä osio ei koske uudisrakennuksia

Huomioit - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Toimenpide-ehdotukset ja arvioitut säästöt

1				
2				
3				
	Lämpö, osloenergian säästö	Sähkö, osloenergian säästö	Jäähdytys, osloenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1				
2				
3				

Huomioit - ylä- ja alapohja

Toimenpide-ehdotukset ja arvioitut säästöt

1				
2				
3				
	Lämpö, osloenergian säästö	Sähkö, osloenergian säästö	Jäähdytys, osloenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1				
2				
3				

Huomioit - ilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Toimenpide-ehdotukset ja arvioitut säästöt

1				
2				
3				
	Lämpö, osloenergian säästö	Sähkö, osloenergian säästö	Jäähdytys, osloenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1				
2				
3				

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, osioenergian säästö	Sähkö, osioenergian säästö	Jäähdytys, osioenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² /vuosi
1				
2				
3				
Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillisilmmitykset ja muut järjestelmät				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, osioenergian säästö	Sähkö, osioenergian säästö	Jäähdytys, osioenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² /vuosi
1				
2				
3				
Buostuksle rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon				
Lisätietoja energiatehokkuudesta				
Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokäytössä www.motiva.fi				

LISÄMERKINTÖJÄ

Liite 8. Järjestelmien arvioidut huoltokustannukset käyttöiän aikana

Klapi + aurinko		kertaa/30v	Kustannus €/kerta,kpl	Kustannus €/a	Kustannus €/30v	Kustannuk- set yhteen- sä €/a	Kustannukset €/30v
Keraaminen arina Nuohous Paisunta-astia 200l Varaajan latauspumppu + keruupiirin pumppu Savukaasumuri Aurinkokeräimen lämmönsiirtoneste Anturit, termostaatit		1 30 1 1 1 1 1	200 € 50 € 400 € 500 € 150 € 100 € 100 €	7 € 50 € 13 € 17 € 5 € 3 € 3 €	200 € 1 500 € 400 € 500 € 150 € 100 € 100 €	98 €	2 950 €
Maalämpö (vesistö)		kertaa/30v	Kustannus €/kerta,kpl	Kustannus €/a	Kustannus €/30v	Kustannuk- set yhteen- sä €/a	Kustannukset €/30v
Kompressori Keruupiirin pumppu Anturit yms. automatiikan elektroniset osat		1 1 1	2 000 € 250 € 200 €	67 € 8 € 7 €	2 000 € 250 € 200 €	82 €	2 450 €
			0 € 0 € 0 €	0 € 0 € 0 €	0 € 0 € 0 €		
Pelletti		kertaa/30v	Kustannus €/kerta,kpl	Kustannus €/a	Kustannus €/30v	Kustannuk- set yhteen- sä €/a	Kustannukset €/30v
Syöttökourun moottori Nuohous Siirtoruuvi Polttimen puhallin Syöttömoottori Anturit yms. automatiikan elektroniset osat Paisunta-astia 50l		1 30 1 1 1 1 1	250 € 50 € 250 € 150 € 250 € 200 € 150 €	8 € 50 € 8 € 5 € 8 € 7 € 5 €	250 € 1 500 € 250 € 150 € 250 € 200 € 150 €	92 €	2 750 €
Hake		kertaa/30v	Kustannus €/kerta,kpl	Kustannus €/a	Kustannus €/30v	Kustannuk- set yhteen- sä €/a	Kustannukset €/30v
Palopää Nuohous Siirtoruuvi Polttimen puhallin Syöttömoottori Anturit yms. automatiikan elektroniset osat Paisunta-astia 50l		1 30 1 1 1 1 1	400 € 50 € 250 € 150 € 250 € 200 € 150 €	13 € 50 € 8 € 5 € 8 € 7 € 5 €	400 € 1 500 € 250 € 150 € 250 € 200 € 150 €	97 €	2 900 €
Klapi + lisävaraaja 1200l		kertaa/30v	Kustannus €/kerta,kpl	Kustannus €/a	Kustannus €/30v	Kustannuk- set yhteen- sä €/a	Kustannukset €/30v
Keraaminen arina Nuohous Paisunta-astia 300l Varaajan latauspumppu Savukaasumuri Anturit, termostaatit		1 30 1 1 1 1	200 € 50 € 550 € 250 € 150 € 100 €	7 € 50 € 18 € 8 € 5 € 3 €	200 € 1 500 € 550 € 250 € 150 € 100 €	92 €	2 750 €
				0 €	0 €		
Klapi + öljy		kertaa/30v	Kustannus €/kerta,kpl	Kustannus €/a	Kustannus €/30v	Kustannuk- set yhteen- sä €/a	Kustannukset €/30v
Valurauta-arina Nuohous Paisunta-astia 200l Varaajan latauspumppu Öljypoltin Öljypolttimen säätö Öljypolttimen suutin + suodatin Anturit, termostaatit		1 30 1 1 1 10 30 1	50 € 50 € 400 € 250 € 900 € 150 € 20 € 100 €	2 € 50 € 13 € 8 € 30 € 50 € 20 € 3 €	50 € 1 500 € 400 € 250 € 900 € 1 500 € 600 € 100 €	177 €	5 300 €
Klapi		kertaa/30v	Kustannus €/kerta,kpl	Kustannus €/a	Kustannus €/30v	Kustannuk- set yhteen- sä €/a	Kustannukset €/30v
Keraaminen arina Nuohous Paisunta-astia 200l Varaajan latauspumppu Savukaasumuri Anturit, termostaatit		1 30 1 1 1 1	200 € 50 € 400 € 250 € 150 € 100 €	7 € 50 € 13 € 8 € 5 € 3 €	200 € 1 500 € 400 € 250 € 150 € 100 €	87 €	2 600 €
				0 €	0 €		

