

PIENTALON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SANEERAUS – TALOUDELLISIA JA YMPÄRISTÖLLISIÄ NÄKÖKOHTIA

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Ympäristötekniikan suuntautumisvaihtoehto
Opinnäytetyö
Kevät 2010
Ville Nikkilä

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniikka

NIKKILÄ, VILLE:

Pientalon lämmitysjärjestelmän saneeraus
– taloudellisia ja ympäristöllisiä näkö-
kohtia

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 57 sivua, 4 liitesivua

Kevät 2010

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli koota materiaalia pientalojen lämmitysjärjestelmien saneeraamisesta. Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Lahden ammattikorkeakoulun kanssa, tarkoituksena tuottaa energiatehokkuuteen liittyvää kurssimateriaalia energiatehokkuuteen liittyen.

Aineiston pohjalta tehtiin kahden pientalon lämmitysjärjestelmien saneeraussuunnitelmat. Lisäksi suoritettiin laskelmat pientalojen tukilämmitysjärjestelmien saneeraamisten vaikutuksista koko Suomen kasvihuonekaasupäästöihin. Työn toteuttamisessa hyödynnettiin olemassa olevia kansallisia ja kansainvälisiä julkaisuja pientalojen lämmitysjärjestelmistä ja niiden ympäristövaikutuksista.

Pientalojen pää- ja tukilämmitysjärjestelmien saneeraamisilla voidaan saavuttaa suhteellisen suuria kansallisesti ja globaalisesti merkittäviä kasvihuonekaasupäästövähennyksiä. Pientalojen lämmitysjärjestelmien soveltuvuuksiin liittyvien monitahoisten tulkintojen ja vakiintumattomien käytäntöjen vuoksi pientalojen lämmitysjärjestelmien saneeraussuunnitelmien tekeminen on erittäin haasteellista ja vaativaa. Samalla eri energiamuotojen kustannusten sekä valtion myöntämien energia-avustusten vaihteluiden vuoksi alan kehityksen ennustaminen on mahdotonta.

Huomionarvoista olisi luoda periaatemallit ja kansalliset standardit pientalojen lämmitysjärjestelmien toiminnoille. Näin eri lämmitysjärjestelmien vertailu ja soveltuvuuden arviointi olisi helpompaa sekä alan asiantuntijoille että yksittäisille kuluttajille.

Avainsanat: energiatehokkuus, hiilidioksidi, uusiutuva energia, lämmitysjärjestelmä

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Environmental Technology

NIKKILÄ, VILLE: a Renovation for private housing heating system - economical and environmental effects

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 57 pages, 4 appendices

Spring 2010

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's thesis was to gather material about the renovation of private housing heating systems. The study was made in collaboration with the Faculty of Technology of Lahti University of Applied Sciences, in the purpose of producing course material about energy efficiency related to private houses.

Based on this material, renovation plans for two houses were made. Also, a calculation of how the renovation of an additional heating system affects the overall production of greenhouse gases in Finland. The existing Finnish and international publications about heating systems in private housing and their effects in environment were used.

By renovating the additional heating system, relatively great reduction can be achieved in greenhouse gas emission both in Finnish and global levels. Due to the multifaceted renditions and unestablished conventions in private house heating systems, renovation planning is very challenging. It is also next to impossible to predict the development in the field, because of the differing of the expense in different energy forms and government funding. It would be noteworthy to create national standards for the private house heating system solutions. This way comparing different heating solutions could be made easier for both experts in the field and consumers alike.

Keywords: Energy efficiency, carbon dioxide, heating system

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	SUOMALAISTEN PIENTALOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT	3
2.1	Tutkimuksen taustaa	3
2.2	Pientalojen lämmitysjärjestelmien kehitys	4
2.3	Suomalaisten rakennusten lämmitysenergian tarve	8
2.4	Pientalojen käyttöveden lämmitys	8
3	PIENTALOJEN LÄMMITYS JA YMPÄRISTÖ	10
3.1	Ilmastopimukset	10
3.2	Energiantuotannon ympäristövaikutukset	11
3.3	Puunpolton pienhiukkaspäästöt	12
4	ENERGIAN TUOTANTO JA KULUTUS SUOMESSA	13
4.1	Energian tuotanto Suomessa	13
4.2	Energian kulutus Suomessa	14
4.3	Rakennusten lämmitysenergian osuus kokonaisenergiakulutuksesta	15
5	PIENTALON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TOIMINTA	17
5.1	Energiamuoto	17
5.2	Lämmönkehityslaitteet	17
5.3	Lämmön varastointi	18
5.4	Lämmönjakojärjestelmä	18
5.5	Säätö- ja ohjauslaitteet	19
6	PIENTALOJEN PÄÄLÄMMITYSJÄRJESTELMIEN ESITTELY	20
6.1	Halko- pilke- ja hakekattilat	20
6.2	Savupiippuvaraajat	21
6.3	Pellettilämmitys	21
6.4	Suora sähkölämmitys	22
6.5	Lämpöpumput	23
6.5.1	Maalämpöpumppu	25
6.5.2	Ilma-vesilämpöpumppu	29
6.5.3	Poistoilmalämpöpumppu	29
7	PIENTALOJEN TUKILÄMMITYSJÄRJESTELMIEN ESITTELY	31
7.1	Aurinkolämpö	31

7.2	Ilmalämpöpumppu	33
7.3	Tulisijat ja kamiinat	35
8	VANHAN RAKENNUKSEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SANEERAAMINEN	36
8.1	Suoran sähkölämmityksen saneeraaminen	37
8.2	Öljylämmityksen saneeraaminen	38
8.3	Energia-avustukset pientalon lämmitysjärjestelmän saneeraamiselle	39
9	PIENTALOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN SANEERAAMINEN – CASE KOHTEET	41
9.1	Case 1: Suoran sähkölämmitteisen talon tukilämmitysjärjestelmän saneeraaminen	41
9.1.1	Vaihtoehtojen tarkastelu	42
9.1.2	Yhteenveto kohteesta Case 1	44
9.2	Case 2: Öljylämmitteisen talon päälämmitysjärjestelmän saneeraaminen	45
9.2.1	Vaihtoehtojen tarkastelu	45
9.2.2	Yhteenveto kohteesta Case 2	47
10	PIENTALOJEN TUKILÄMMITYSJÄRJESTELMIEN SANEERAMINEN	48
11	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	50
	LÄHTEET	52
	LIITTEET	58

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia suomalaisten pientalojen lämmitysjärjestelmien saneeraamisten taloudellisia ja ympäristöllisiä näkökohtia. Tarkoituksena oli selvittää, miten pientalojen energiatehokkuutta voidaan parantaa lämmitysjärjestelmien saneeraamisten kautta. Samalla opinnäytetyössä perehdyttiin suomalaisten pientalojen tukilämmitysjärjestelmien saneeraamisten vaikutuksiin koko maan kasvihuonekaasupäästöille.

Opinnäytetyöhön kerättiin tietoa lämmitysenergian tuotannosta, erilaisista tuotantovaihtoehdoista ja pientalojen lämmitysjärjestelmien nykyisestä tilasta. Opinnäytetyö tehtiin kesäkuun 2009 ja toukokuun 2010 välisenä ajanjaksona yhteistyössä Lahden ammattikorkeakoulun kanssa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa materiaalia kurssiaineiston pohjaksi. Opinnäytetyön ohjaajana toimi Lehtori Sakari Autio Lahden ammattikorkeakoulusta.

Työ jakautuu johdannon jälkeen kolmeen osa-alueeseen. Ensimmäinen osa (luvut 2-4) esittelee lämmitysenergian teoriassa, sen yleisimmät tuotantomuodot sekä siihen kohdistuvan lainsäädännön. Tiedot on koottu olemassa olevista kansallisista ja kansainvälisistä julkaisuista.

Toinen osa (luvut 5-9) käsittelee pientalojen lämmitysjärjestelmien toimintaa ja niiden saneeraamismahdollisuuksia. Saman osion lopussa on esimerkkikohteina kahden erilaisen omakotitalon lämmitysjärjestelmien saneeraussuunnitelmat. Toisen osion tiedot on koottu olemassa olevasta kirjallisuudesta, tehdyistä haastatteluista sekä suoritetuista mittauksista ja laskelmista.

Kolmas osa (luvut 10-11) käsittää pohdinnan ja johtopäätöksen lisäksi laskelmat Suomen pientalojen tukilämmitysjärjestelmien saneeraamisten vaikutuksista koko maan kasvihuonekaasupäästöihin. Kolmannen osion tiedot on koottu olemassa olevista kansallisista ja kansainvälisistä julkaisuista.

Opinnäytetyön tarkoituksena on osoittaa, että pientalojen lämmitysjärjestelmien saneeraamisilla voidaan saada kansallisesti ja globaalisti ympäristönäkökohdiltaan merkittävää hyötyä suhteellisen pienillä kustannuksilla. Tutkimuksen tarkoituksena ei ole selvittää sitä, onko esimerkiksi maalämpöpumppu parempi kuin ilma-vesilämpöpumppu, aurinkokeräin tai pellettilämmitys. Tavoitteena on tuottaa kattava opintomateriaali, joka osaltaan edistää kaikkien kestävien ja kotimaisten uusiutuvien energialähteiden käyttöä, ja selvittää, miten jokaiseen saneerattavaan pientaloon löydetään kuhunkin tilanteeseen sopiva uusiutuviin energialähteisiin perustuva lämmitysratkaisu.

2 SUOMALAISTEN PIENTALOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

Luvussa 2 perehdytään tutkimuksen taustaan, käsitellään pientalojen lämmityksen tarvetta ja sen historiaa sekä suomalaisten pientalojen lämmitysenergian käyttökohteita.

2.1 Tutkimuksen taustaa

Suomen kokonaisenergian kulutus on moninkertaistunut lyhyessä ajassa, ja samalla ennen niin runsaasta ja huokeasta energiasta on tullut pulaa. Pula on nostanut energian hinnan uudelle tasolle, ja hintojen ennustetaan tulevaisuudessakin yhä vain nousevan. Samaan aikaan energiankulutuksen kasvun kanssa on uudeksi huolenaiheeksi noussut ilmastonmuutos, jonka yhdeksi aiheuttajaksi tiedetään fossiilisten polttoaineiden palaessaan tuottamaa hiilidioksidia (CO₂) (Perälä 2009, 3). Ilmastonmuutoksen vuoksi energiataloutemme on suuren murroksen kynnyksellä pyrkiessämme kohti hiilineutraalia energijärjestelmää. Suomen energiapoliittisena visiona on siirtyä energiatalouteen, jossa uusiutuvan energian osuus olisi vuoden 2050 mennessä noin 60 prosenttia, mikäli energian kokonaiskäytön kasvu saadaan pysäytettyä ja käännettyä laskuun. (Motiva 2008, 3.)

Nykyisin suurin osa Suomen sähköenergiasta tuotetaan keskitetyissä suurissa energiantuotantolaitoksissa. Valtaosa energiasta tuotetaan vesivoimalla, kivihiihellä tai ydinvoimalla. Kyseisien menetelmien rajat ovat tulleet tai ovat tulossa vastaan. Valjastamatonta vesivoimaa ei juuri enää ole, kivihiihellä tuotetun energian määrää pyritään koko ajan laskemaan kasvihuonekaasupäästöjen takia, tuuli- ja aurinkoenergian valjastaminen ei ole edennyt suunnitellulla tavalla eikä lisäydinvoiman rakentaminenkaan ole ainakaan vielä ratkaisu kasvavaan energiantarpeeseen (Perälä 2009, 11). Energiatalouden ongelmat yhdessä ilmastonmuutoksen kanssa ovatkin kasvattaneet kiinnostusta lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä sähkön- ja lämmöntuotannossa. Samaan aikaan metsäteollisuuden rakennemuutos on leikannut bioenergian tuotantoa ja korostanut tarvetta lisätä muita uusiutuvia energialähteitä. (Tynkkynen 2010, 2.)

Vuonna 2007 Suomen energian kulutus vastasi noin 27 miljoonan öljytonnin sisältämää energiaa (Perälä 2009, 19). Tästä energiamäärästä kaikkien rakennusten lämmitykseen kului noin kuuden miljoonan öljytonnin energiamäärä (Perälä 2009, 19). Pientalojen lämmittämiseen tästä kului noin 15 prosenttia kaikesta Suomessa käytetystä energiasta. Yksittäisen asunnon omasta energiankulutuksesta lämmitys käsittää yleisesti yli puolet (Motiva 2009i, 4). Arviolta noin 30 prosenttia Suomen kasvihuonekaasupäästöistä aiheutuu kaikkien rakennusten lämmityksestä, 15 prosenttia pientalojen lämmityksestä (Perälä 2009, 19). Kevään 2010 tietojen mukaan Suomessa on noin 1 038 000 kappaletta vakituksessa asuinkäytössä olevaa pientaloa ja vapaa-ajankäytössä olevia pientaloja noin 470 000 kappaletta.

Energian hinnan nousu, huoli energian riittävydestä sekä yleisestä ympäristön tilasta ja ilmastonmuutoksesta on saanut monet rakentajat ja kiinteistöjensä saneeraajat etsimään uusia lämmitysratkaisuja (Perälä 2009, 3). Samalla monet ovat havainneet, että lämmitysmenetelmän valinta ei ole yksinkertainen asia (Tala & Von Bell 2005). Markkinoiden kasvaessa on sinne ilmestynyt vauhdilla satoja erilaisia uusiutuviin energiamuotoihin soveltuvia lämmitysjärjestelmiä, jotka omalta osaltaan soveltuvat pientaloille. Käytännössä on kuitenkin havaittu, että lämmitysjärjestelmien saneeraajilla ei ole tietoa uusiutuvien lämmönlähteiden ominaisuuksista, laitteiden ja käytön kustannuksista, hankinta- ja asennustavoista ja -kanavista (Motiva 2009i, 4). Toisaalta eri energiamuotojen hintasuhteet voivat muuttua, ja ilmaston lämpeneminen saattaa muuttaa lämmitysjärjestelmän soveltuvuutta (Tala & Von Bell 2005). Tämän seurauksena ei osata valita paitsi ilmastonmuutoksen hillitsemisen, mutta useasti myös käyttäjän kannalta edullisinta vaihtoehtoa. Oikean valinnan merkitystä korostaa se tieto, että lämmitystaparatkaisu vaikuttaa käyttöönottohetkestä myös kasvihuonekaasupäästöihin 20–30 vuoden ajan (Motiva 2009i, 4).

2.2 Pientalojen lämmitysjärjestelmien kehitys

Pientalojen lämmitysmuodot ovat vuosien kuluessa vaihdelleet merkittävästi. Vielä 1900-luvun alkupuolella käytössä olivat vain puulämmitys ja myöhemmin hiili ja koksi. Öljylämmitys alkoi yleistyä vasta 1960-luvulla ja sähkölämmitys sitäkin

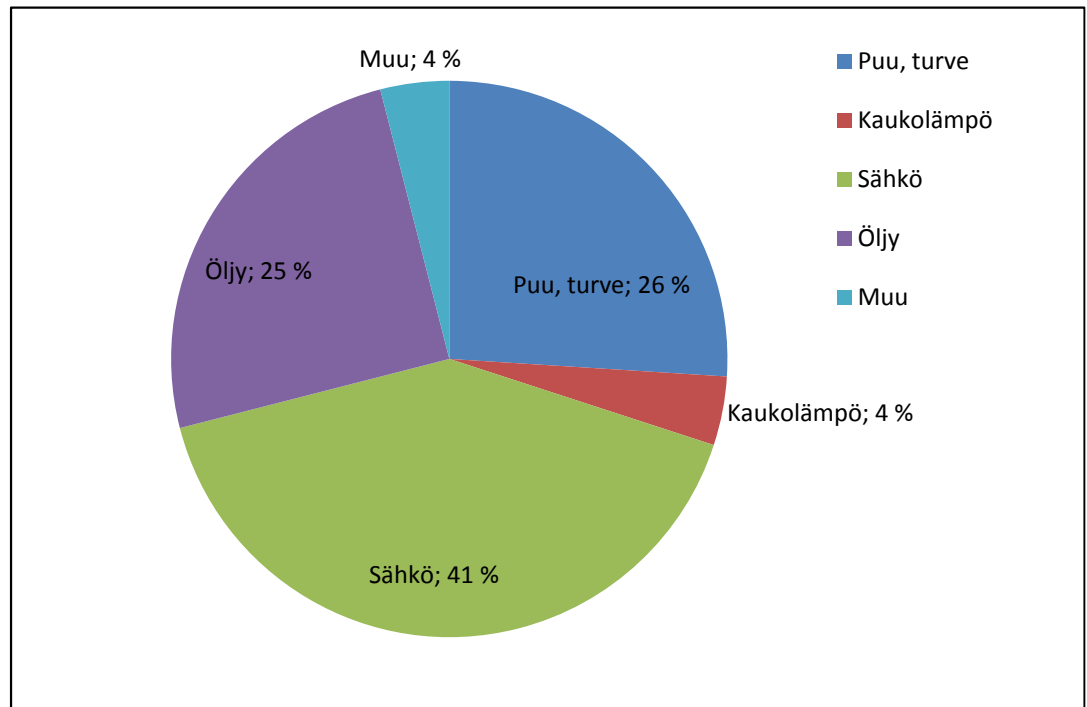
myöhemmin. Viime vuosikymmeninä on pientalorakentajan ulottuville tullut aivan uusia vaihtoehtoja, kuten maalämpö ja ilmalämpöpumput, aurinko, hake ja pelletit. (Tala & Von Bell 2005.)

1900-luvun alkupuolella, uunilämmityksen aikana joka huoneeseen tarvittiin uuni. Koska ilmanvaihto oli painovoimainen, lämmintä ilmaa ei voitu siirtää kunnolla tilasta toiseen. Ikkunoiden edessä ja lattialla oli aina kylmää, katonrajassa lämmintä. Vasta vesikeskuslämmitys mahdollisti lämmön helpon siirtämisen lämmönlähteestä joka huoneeseen. Lämpöpatterit voitiin sijoittaa ikkunoiden alle, jolloin huonosti tiivistetyistä ikkunoista hohkaava kylmä ilma sekoittui patterin lämmittämään ilmaan, mikä pienensi vedon tunnetta. (Tala & Von Bell 2005.)

Neljäsosassa Suomen pientaloista on öljylämmitys, joista suuri osa on asennettu 60- ja 90-lukujen välisenä aikana (Motiva 2009i, 4). Öljylämmitteisten talojen suuren lukumäärän selittää osittain se, että lämmitysöljy oli vielä 1960-luvulla erittäin halpaa. Litran kevyttä polttoöljyä sai kuudella pennillä. Öljylämmityksen ylläpitäminen oli vielä helppoa, joten kyseisellä vuosikymmenellä suurin osa uusista pientaloista sai lämmitysjärjestelmäkseen öljylämmityksen. Tänä päivänä perinteisen öljylämmityksen saa uusista taloista enää perin harva. Suurimmaksi syyksi voi erotella lämmitysöljyn radikaalin hinnan nousun. Vuonna 2008 öljyn litrahinta ylittikin hetkellisesti jo euron litralta. (Perälä 2009, 9.)

Nykyään suurimmassa osassa suomalaisista pientaloista on suoraan sähkölämmitykseen perustuva lämmitysjärjestelmä. Sähkölämmitysjärjestelmien yleisyyden taustalla on Suomen rakennuskannan verrattain nuori ikä. Yli puolet koko maan rakennuskannasta on rakennettu vuoden 1970 jälkeen, jolloin sähkölämmityksen rakentaminen päälämmitysjärjestelmäksi on ollut yleinen käytäntö (Motiva 2009c, 31). Viimeisen 20 vuoden aikana kaukolämmön osuus pientalojen päälämmönlähteenä on yleistynyt huomattavasti. Pääsääntöisesti kaukolämpöverkot sijoittuvat suurten asutuskeskittymien alueelle ja niiden välittömään läheisyyteen.

Seuraavassa kuviossa 1 on esitetty suomalaisten pientalojen lämmitysjärjestelmien prosentuaalinen jakautuminen.



KUVIO 1. Pientalojen lämmitysjärjestelmien jakautuminen (Motiva, 2010e)

Uusiutuviin energialähteisiin perustuvien lämmitysjärjestelmien käyttö niin uudis- kuin saneerausrakentamisen kohteissa on yleistynyt sitä mukaa kun lämmitysenergian hinnat ovat nousseet ja tietoisuus uusiutuvasta energiasta sekä ilmastomuutoksesta on lisääntynyt kuluttajien keskuudessa. Vaikka markkinaosuus on kasvanut, on niiden osuus edelleen marginaalinen perinteisten lämmitysmuotojen rinnalla. Erilaisiin uusiutuviin energialähteisiin perustuvien pientalojen lämmitysjärjestelmien markkinat ovat kuitenkin suuret. Suomessa on tällä hetkellä (vuonna 2010) lähes 300 000 öljyllä ja runsaat 700 000 sähköllä lämpiävää pientaloa. (Suomen lämpöpumppuyhdistys ry 2010a.)

Uusiutuviin energialähteisiin perustuvista lämmitysjärjestelmistä markkinaosuuttaan ovat eniten kasvattaneet erilaiset lämpöpumput. Lämpöpumppujen markkinat ovat kasvaneet noin 30 prosentin kasvuvauhdilla vuosittain, keskittyen kuitenkin valtaosin ilmalämpöpumppujen ja maalämpöpumppujen myyntiin. Samalla lämpöpumppujen avulla saatava energiahyöty on kasvanut huomattavasti. Suomen yhteenlaskettu sähkönkulutus oli jo vuonna 2003 olemassa olevien lämpöpumppujen kanssa 1000 gigawattituntia pienempi kuin se olisi ollut ilman niitä. (Motiva 2009e, 31.) Kun vuonna 1994 erityyppisiä lämpöpumppuja asennettiin yhteensä alle 300 kappaletta, vuonna 2004 myytiin 12 100 erilaista lämpöpumppua (Motiva

2009f, 31). Pelkästään vuonna 2006 arvioitiin toimitettujen laitteiden määräksi 30 000 kappaletta (Motiva 2008, 3). Vuoden 2008 tietojen mukaan maahan on asennettu noin 200 000 pumppua (Tynkkynen 2010, 2).

Savuhormivaraajat, erilaiset puukattilat ja pellettilämmitys ovat kasvattaneet markkinaosuuttaan, mutta ovat edelleen vain harvojen rakentajien ja saneeraajien valintoja pientalon lämmitysjärjestelmäksi. Pellettien kohdalla asia herättää pientä ihmetystä, koska valtaosan Suomen 300 000 öljylämmitteisestä kiinteistöstä voisi muuttaa pelleteillä lämmitettäväksi. Mahdollisuuksia pellettien käytön lisäämiseen meillä olisi runsaasti. Suomessa on kohtuulliseen laajaa pellettien tuotantoa, mutta jopa kolme neljäsosaa Suomen pellettituotannosta viedään Ruotsiin. Polttoöljylle määrätty kova vero on Ruotsissa lisännyt pellettilämmityksen, niin kuin muidenkin uusiutuvaan energiaan perustuvien lämmitysjärjestelmien suosiota. (Perälä 2009, 16.) Aurinkolämmityksen osuutta on syönyt vielä suhteellisen suuret markkinahinnat, mutta viime vuosina niidenkin markkinoilla on näkynyt kasvua, kohdistuen lähinnä uudisrakentamisen kohteisiin ja vapaa-ajan asuntoihin.

Kun tarkastellaan uusiutuviin energialähteisiin perustuvien pientalojen lämmitysjärjestelmien kansainvälisiä markkinoita, voidaan todeta, että kaikista EU:n maista Suomen markkinat ovat kasvaneet kaikkein voimakkaimmin. Suurimmat markkinat löytyvät kuitenkin Ruotsista, jossa perinteet uusiutuvan energian hyödyntämiseen ovat syvemmällä maan energiapolitiikassa. (Motiva 2008, 3.) Esimerkkinä Suomen ja Ruotsin uusiutuvaan energiaan perustuvien lämmitysjärjestelmien markkinoista kertoo erilaisten lämpöpumppujen kappalemäärät kyseisissä maissa. Suomessa oli vuonna 2006 noin 110 000 erilaista lämpöpumppua, jotka tuottivat yhteensä lähes 3 terawattituntia lämpöä (Suomen lämpöpumppuyhdistys ry 2010a). Ruotsissa vastaavat luvut olivat samana vuonna 700 000 pumppua, joilla tuotettiin uusiutuvaa energiaa 14 terawattituntia talojen ja käyttöveden lämmitykseen, ja määrän oletetaan kaksinkertaistuvan. Ruotsin sekä öljyn että sähkön lämmitykseen käyttö on ollut vahvasti laskusuunnassa jo viimeiset parikymmentä vuotta ja samalla uusiutuvan energian käyttö lisääntynyt. (Suomen lämpöpumppuyhdistys Ry 2010).

Liitteessä 1 on kuvattu lämpöpumppumarkkinoiden kasvu Suomessa vuosina 2005-2008.

2.3 Suomalaisen rakennuksen lämmitysenergian tarve

Suomalaisten rakennusten lämmitystarve määräytyy ulkoilman lämpötilan mukaan. Teoreettisen tarkastelun lähtökohtana on se, että rakennukset tarvitsevat lämmitystä vain niinä vuorokausina, joiden aikana keskimääräinen ulkolämpötila alittaa 10 astetta. Keskimäärin tällaisia vuorokausia kertyy Etelä-Suomessa vuosittain noin 250 ja tunteja noin 4000 (Perälä 2009, 65). Vuotuinen lämpötilan keskiarvo on lounaisimmassa Suomessa 6,5 °C (Suomen ilmatieteen laitos 2010b). Pientalojen lämmitysjärjestelmien tuottamaa lämpöä tarvitaan asuintilojen lisäksi märkätilojen, puolilämpimien tilojen ja käyttöveden lämmitykseen (Motiva 2010c).

Seuraavassa taulukossa 1 on esitetty pientalojen lämmitysenergian prosentuaalinen jakautuminen.

Taulukko 1.

Lämmitysenergian kohde	Prosentuaalinen osuus
Tilojen lämmitys	40 – 60 %
Huoneisto- ja kiinteistösähkö	20 – 30 %
Käyttöveden lämmitys	20 – 40 %
Tuloilman esilämmitys	5 – 15 %

Pientalojen lämmitysenergian tarve (Motiva 2010c)

2.4 Pientalojen käyttöveden lämmitys

Arviolta noin 20-40 % pientalon vuotuisesta lämmitysenergian kulutuksesta kuluu käyttöveden lämmitykseen. Käyttöveden lämmitykseen kuluu noin 800-1200 ki-

lowattituntia asukasta kohti vuodessa, joka on noin viidennes kunkin henkilökohtaisesta energiankulutuksesta kotona. (Adato Energia Oy 2009.)

Suomen rakentamismääräyskokoelman LVI ja energiatehokkuutta käsittelevässä osiossa ”D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot” todetaan, että vesikalusteesta tulevan kuuman veden pitää olla vähintään 55-asteista, mutta ei yli 65-asteista (Valtion säädöstietopankki 2007, 8). Käyttöveden lämpötilan on oltava vähintään +55 C, jotta bakteerit ja muut terveysriskit saadaan poistettua, ja enintään +65 C henkilökohtaiseen hygieniaan tarkoitetuissa vesikalusteissa (Adato Energia Oy 2009).

3 PIENTALOJEN LÄMMITYS JA YMPÄRISTÖ

Suomen pientaloista noin 700 000 saa lämmitykseensä tarvittavan energian alueellisista sähköverkoista. Energian tuottaminen kuluttaa aina luonnonvaroja ja aiheuttaa haittoja ympäristölle. Keskitetty energiantuotanto on myös yksi suurimmista kasvihuonekaasujen tuottajista niin kansallisesti kuin globaalisti tarkasteluna. Ilmastopimukset liittyvät olennaisin osin kansallisten ja globaalien kasvihuonekaasupäästöjen hallintaan. Seuraavassa luvussa 3 esitellään lyhyesti Suomea koskevia ilmastopimuksia, niiden taustaa ja tavoitteita. Samalla esitellään lyhyesti uusiutuvan energian käsite sekä niiden rooli ilmasto- ja energiastrategiassa sekä energiantuotannon yleisimmät ja parhaiten tunnetut ympäristövaikutukset.

3.1 Ilmastopimukset

YK:n ilmastomuutosta koskeva puitesopimus (UNFCCC) eli ilmastopimus hyväksyttiin vuonna 1992, ja se tuli voimaan vuonna 1994. Suomi ratifioi sopimuksen vuonna 1994. Ilmastopimuksen perimmäinen tavoite on ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuuksien vakauttaminen sellaiselle tasolle, ettei ihmisen toiminta vaikuta haitallisesti ilmastojärjestelmään. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2008b.)

Ilmastopimusta täsmentävä Kioton pöytäkirja hyväksyttiin vuonna 1997, ja se tuli voimaan 2005. Suomi ratifioi Kioton pöytäkirjan muiden Euroopan unionin jäsenmaiden kanssa vuonna 2002. Kioton pöytäkirja velvoittaa kehittyneitä maita vähentämään kuuden kasvihuonekaasun (hiilidioksidi, metaani, di-typpioksidi, fluorihilivedyt, perfluorihilivedyt ja rikkiheksafluoridi) päästöjä yhteensä 5,2 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuosina 2008–2012. (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2008a.)

Euroopan unionin joulukuussa 2008 asettaman RES-direktiivin ilmasto- ja energiapaketti asettaa unionille yksipuolisen tavoitteen vähentää kasvihuonepäästöjään 20 prosenttia vuoden 1990 tasoon verrattuna vuoteen 2020 mennessä, nostaa uusiutuvan energian osuus 20 prosenttiin ja lisätä energiatehokkuutta 20 prosentilla.

EU on myös sitoutunut nostamaan päästövähennystavoitettaan 30 prosenttiin jos kansainvälisellä tasolla saadaan aikaan kattava ilmastopimus ja muut teollisuusmaat sitoutuvat vastaavanlaisiin päästövähennystavoitteisiin. (European Commission 2010.)

3.2 Energiantuotannon ympäristövaikutukset

Energian tuottaminen kuluttaa aina luonnonvaroja ja aiheuttaa haittoja ympäristölle. Keskitetyn energiantuotannon yleisimmät ja parhaiten tunnetut ympäristövaikutukset voidaan ryhmitellä seuraavasti: Kemialliset päästöt voimistavat kasvihuoneilmiötä, otsonikatoa ja happamoitumista. Vesistöihin johdettu hukkalämpö muuttaa ekosysteemien tasapainoa. Tilantarve syrjäyttää luonnon omia habitatteja. Säteily, melu ja maisemahaitat vaurioittavat ympäristöä. (Valtion opetushallituksen verkkopalvelu 2008.)

Keskitetyn energiantuotannon merkittävimpana ympäristövaikutuksena voidaan tällä hetkellä pitää suuria kasvihuonekaasupäästöjä jotka muodostuvat tuotantoprosessien yhteydessä (polttolaitokset). Kasvihuonekaasut aiheuttavat ilmaston lämpenemistä haittaamalla auringon lämpösäteilyn pääsyä ilmakehästä takaisin avaruuteen. (Suomen tilastokeskus Oy 2010a.)

Opinnäytetyössä keskitytään tarkastelemaan vain hiilidioksidin (CO₂) osaan lämmitysenergian tuotannon ympäristövaikutuksista. Suomen keskitetyn energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöt hiilestä, maakaasusta ja turpeesta vuonna 2009 olivat 12,7 miljoonaa tonnia hiilidioksidia, noin viisi prosenttia enemmän kuin edellisvuonna (Energieollisuus 2009). Arviolta noin 30 prosenttia Suomen energiantuotannon kasvihuonekaasupäästöistä aiheutuu kaikkien rakennusten lämmityksestä, 15 prosenttia pientalojen lämmityksestä (Perälä 2009, 19).

3.3 Puunpolton pienhiukkaspäästöt

Puunpoltoa suositaan kotimaisuuden ja ilmastoystävällisyyden vuoksi. Kuten kaikessa palamisessa, puunpoltossa vapautuu vesihöyryn ja hiilidioksidin lisäksi pienhiukkasia (Adato Energia 2009). Puunpolton pienhiukkaspäästöjä syntyy, jos palaminen tapahtuu kituen tai polttoaine on huonolaatuista. Pienhiukkaspäästöjä voidaan vähentää kehittämällä polttolaitteita ja palamisen sekä polttoaineiden laatua (Motiva 2007). Polttopuiden savukaasuissa on pienhiukkasten lisäksi terveydelle haitallisia aromaattisia hiilivetyjä ja PAH-yhdisteitä, joita ei ainakaan vielä voida omakotitalojen savuhormeista kohtuullisin kustannuksin suodattaa pois (Perälä 2009, 11). Pienhiukkaset aiheuttavat hengitysoireita ja allergioita. Pienhiukkasongelmat ovat pahimmillaan tiheästi asutuilla aluilla, missä liikenteen aiheuttamat pienhiukkaspäästöt lisäävät räsitystä (Perälä 2009, 11).

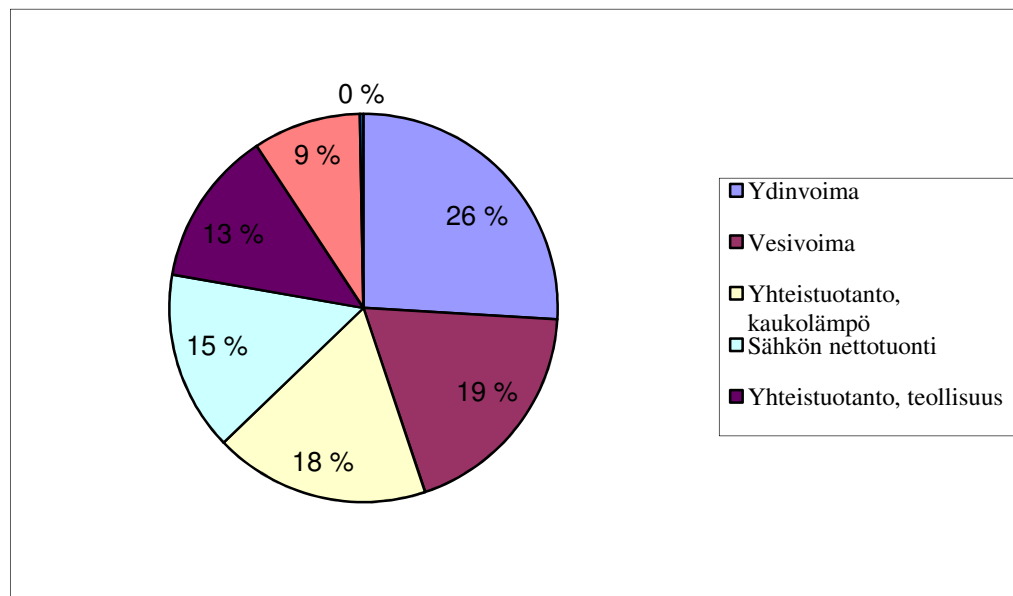
4 ENERGIAN TUOTANTO JA KULUTUS SUOMESSA

Yli 700 000 suomalaista pientaloa saa lämmitykseen tarvittavan energian kansallisista sähkö- tai kaukolämpöverkoista. Luvussa 4 käsitellään energian kulutusta Suomessa, sen tuotantomuotojen jakaumia, kulutushuippuja ja kehitystä.

4.1 Energian tuotanto Suomessa

Valtaosa Suomen keskitetystä energiantuotannosta kohdistuu ydinvoiman, kivihiihen, öljyn, turpeen, maakaasun ja jätteiden käyttöön energianmuotona. Paikkakuntakohtaisesti energiamuodon osuus vaihtelee huomattavasti.

Seuraavassa kuviossa 2 on esitetty sähköntuotantomuotojen prosentuaalinen jakauma vuonna 2008.



KUVIO 2. Sähkön tuotantomuotojen prosentuaalinen jakautuminen vuonna 2008. (Motiva 2010e)

Uusiutuvan energian käyttöä pyritään Suomen ilmasto- ja energiastrategian tavoitteiden mukaisesti lisäämään nykyisestä. Tavoitteena on, että niiden osuus Suomen energiantuotannossa kasvaisi 9,5 prosenttia vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä, jolloin niiden osuus Suomen energiankulutuksesta olisi 38 prosenttia.

Vuonna 2005 uusiutuvan energian osuus Suomen primäärienergian tuotannosta oli noin 28,5 %. (Motiva 2010g.)

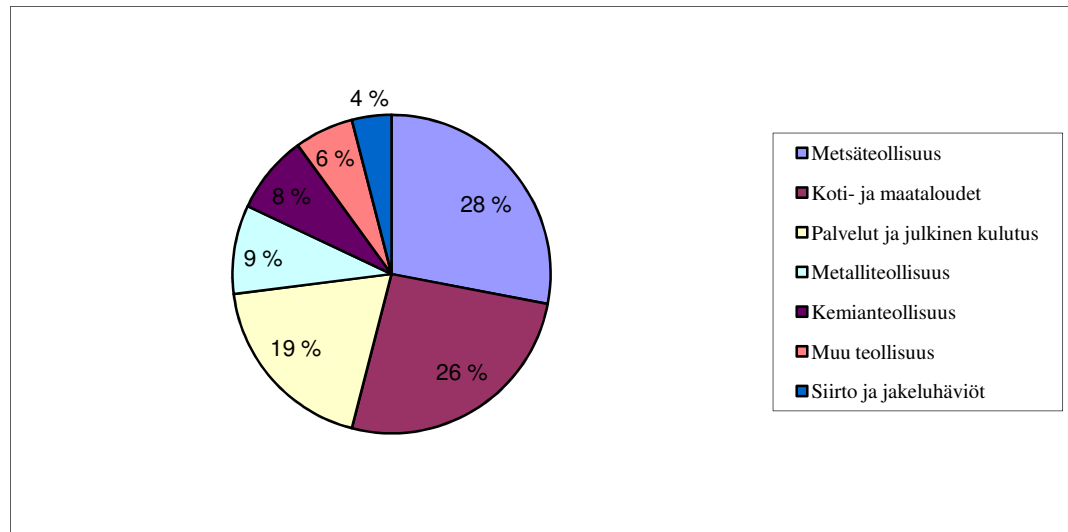
Uusiutuvaksi energiaksi määritellään aurinko-, tuuli-, vesi- ja bioenergia, maalämpö sekä aalloista ja vuoroveden liikkeistä saatava energia. Bioenergiaa ovat puolestaan puuperäiset polttoaineet, peltobiomassat, biokaasu ja kierrätyspolttoaineiden biohajoava osa. Aalto- ja vuorovesienergian tuotannolle ei Suomessa ole sopivia olosuhteita, eikä niillä siten ole merkitystä energiantuotannossamme. (Motiva 2010g.)

4.2 Energian kulutus Suomessa

Viime vuosikymmenien aikana sähkönkulutus on kasvanut tasaisesti yleisen kehityksen ja talouskasvun mukana. Suomen kokonaissähkön kulutus on noussut vuosien 1970 ja 2008 välillä noin 20 terawattitunnista melkein 90 terawattituntiin ja saman ajanjakson aikana kotitalouksien osuus sähkönkulutuksesta on noussut reilusta kahdesta terawattitunnista melkein 20:n terawattituntiin (Motiva 2010f). Viime vuosina energian loppukäytössä on kuitenkin näkynyt lievää taantumista. Energian loppukäyttö laski vuonna 2008 1,9 prosenttia vuodesta 2007. Vuonna 2009 Suomi käytti sähköä 80,8 miljardia kilowattituntia, vähennys vuoteen 2008 oli 6,5 terawattituntia eli 7,4 prosenttia (Suomen tilastokeskus Oy 2010b). Vähennys selittyy lähinnä metsäteollisuuden rakennemuutoksella sekä suomalaista suurteollisuutta vuosina 2008 ja 2009 kohdanneella taantumalla.

Lämpötilojen suuret vaihtelut tekevät energiantuotannosta erittäin haasteellista. Kesäaikaan sähkönkulutus laskee radikaalisti, kun taas talvella energian tuottajien täytyy ylläpitää kapasiteettia kulutushuippuja varten. Suurimmat sähkönkulutuksen huiput ovat meillä sattuneet talvisaikaan kovimmilla pakkasilla. Korkein kulusarvo on tähän mennessä ollut 14 600 megawattia, eikä Suomen oma voimalkapasiteetti riitä tuottamaan näin suurta tehoa, vaan erotus on katettu tuontisähköllä. (Perälä 2009, 29.)

Seuraavassa kuviossa 3 on esitetty sähkönkulutuksen prosentuaalinen jakauma vuonna 2008.



KUVIO 3. Sähkön kulutuksen prosentuaalinen jakautuminen vuonna 2008

(Motiva 2009h)

4.3 Rakennusten lämmitysenergian osuus kokonaisenergiankulutuksesta

Suomalaisten rakennusten lämmitys käsitti 28 prosenttia kaikesta energian kulutuksesta vuonna 2008 (Motiva Energian loppukäyttö 2010). Pientalojen osuus on noin 15 prosenttia kaikesta energian kulutuksesta. Sähkölämmitteisen noin 150 m²:n kokoisen omakotitalon lämmitykseen kuluukin keskimäärin energiaa noin 20 000-30 000 kilowattituntia vuodessa (Perälä 2009, 19).

Perinteisten asuinrakennusten lisäksi Suomessa on lähes 470 000 vapaa-ajankäytössä olevaa asuinrakennusta. Vapaa-ajankäytössä olevissa asuinrakennuksissa polttopuu on vielä tällä hetkellä ylivoimaisesti tärkein energian lähde. Mökkien sähköistäminen, sähkölämmityksen yleistäminen ja varustetason kasvu ovat kuitenkin lisänneet mökkien sähkönkulutusta. Vuonna 2002 60 prosenttia mökeistä oli liitetty sähköverkkoon, minkä lisäksi arviolta noin 2 prosenttia käytti aurinkoenergiaa. Tiedot mökkien sähkönkulutuksesta ovat arvioita, sillä sähkölaitokset eivät erottele mökeille myytyä sähköä muusta sähköstä. Näiden arvioiden mukaan mökkien sähkönkulutus, mukaan lukien lämmitys, on hieman yli 1000 kilowattituntia vuodessa rakennusta kohti. (Motiva 2009g, 37.)

5 PIENTALON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TOIMINTA

Luvussa 5 esitellään pientalojen lämmitysjärjestelmien yleisimmät toimintaperiaatteet ja lämmitysmuotojen valintaa rajoittavat tekijät.

5.1 Energiamuoto

Lämmitysjärjestelmää valittaessa pohditaan yleensä vain energiamuodon valintaa. Energiamuoto on kuitenkin vain osa järjestelmän kokonaisuutta eikä sinällään vielä kerro sen soveltuvuutta kyseiselle kiinteistölle. Pientalojen lämmitysjärjestelmille sopivia lämmönlähteitä eli energiamuotoja ovat esimerkiksi puu, pelletti, kevyt polttoöljy, bioöljy, kaukolämpö, suora sähköenergia, aurinko, ilma tai maahan varastoitunut lämpöenergia (Motiva 2010d).

5.2 Lämmönkehityslaitteet

Useimmissa lämmitysjärjestelmissä tarvittava energia tuotetaan lämmönkehityslaitteessa, joka muuttaa taloon tuotavan lämpöenergian lähteen pientalossa hyödynnettäväksi lämmöksi (Motiva 2010d). Poikkeus on huonekohtainen sähkölämmitys, jossa lämpö tuotetaan lämmitettävässä huoneessa (Tala & Von Bell 2005).

Lämmönkehityslaitteita ovat esimerkiksi puu- tai öljykattila, kaukolämmönvaihdin ja maalämpöpumppu (Motiva 2010d). Myös kaukolämpö toimii vastaavalla tavalla, mutta siinä lämpö kehitetään keskitetysti ja siirretään kaukolämpöverkosta talon omaan lämmitysverkkoon (Tala & Von Bell 2005).

5.3 Lämmön varastointi

Lämpöä varastoidaan joko kustannussyiden takia tai sen vuoksi, että lämmön- tuoton teho ja tarvittava teho vaihtelevat. Lämpöä varastoidaan useimmiten läm- pimään veteen lämmitysvaraajassa tai talon rakenteisiin, yleensä betonilaattaan. Kustannussäästöjä haetaan esimerkiksi silloin, kun halvemman yösähkön aikana lämmitetään lattialämmityskaapeleilla betonilaatta tai kun lämmitysvaraajan vesi lämmitetään yön aikana. (Motiva 2010d.)

5.4 Lämmönjakojärjestelmä

Lämmönjakojärjestelmän tehtävänä on siirtää lämpöenergia huoneistossa sinne, missä sitä tarvitaan, ja luovuttaa se käyttökohteeseen (lämmin käyttövesi tai huoneilma). Lämmönsiirtoaineena käytetään joko lämmönjakoverkostossa kiertävää vettä tai ilmaa. Lämmönjakojärjestelmään kuuluvat siirtoputkistot ja siirtokanavat sekä huonetilojen ja tuloilman lämmityslaitteet. (Motiva 2010d.)

Lämmönjakojärjestelmään kuuluu olennaisena osana myös lämmönluovutus. Lämmönjakojärjestelmiä ovat esimerkiksi vesikierteinen patteriverkosto, sähköpatterit, lattialämmityspotkisto tai kaapelit ja ilmakanavat (Motiva 2010d). Vesi- keskuslämmityksessä on mahdollista lämmittää käyttövesi samalla kuin lämmitysvesikin (Tala & Von Bell 2005). Suljetut lämmittimet luovuttavat lämpöä pää- asiassa säteilemällä ja lämpöä siirtyy huonetilaan myös ohivirtaavan ilman myötä (Motiva 2010d).

Lämpöä voidaan jakaa myös siirtämällä lämmintä ilmaa kanavia pitkin huoneisiin. Myös lattialämmitys voidaan toteuttaa ilmalämmityksenä. Silloin lämmin ilma kiertää lattiaan rakennetuissa kanavissa ja lämmittää lattian. Varhaisimpien läm- mitysjärjestelmien ongelma olikin lämmönjako. (Tala & Von Bell 2005.)

5.5 Säätö- ja ohjauslaitteet

Aikoinaan eri huoneiden lämpötilaa pystyttiin säätämään vain tuulettamalla. Pitkään oli myös käytössä koko asunnon lämpötilan säätäminen yhdellä termostaatilla. Nykyään lämmönsäätö on aina huonekohtainen, oli päälämmitysjärjestelmä mikä tahansa. Joka huoneeseen säädetään juuri siihen tilaan sopiva lämpötila (Talla & Von Bell 2005). Säätö- ja ohjauslaitteilla huolehditaan siitä, että lämpöä tuotetaan aina sopiva määrä, ja että lämpöolosuhteet pysyvät haluttuina. Lisäksi niillä voidaan ajoittaa energiankäyttö edullisempaan ajankohtaan.

Talon lämmitystarve vaihtelee muun muassa ulkolämpötilan ja talon lämpökuormien mukaan. Säätö- ja ohjauslaitteiden tehtävänä on pitää sisäilman lämpötila halutulla tasolla. Säätö- ja ohjauslaitteita ovat esimerkiksi termostaatit, lämmitysverkostoon menevän veden lämpötilaa ulkolämpötilan mukaan säätävä säädin tai automaatiojärjestelmä, jolla voidaan lämmityksen ohjauksen lisäksi tehdä myös muita talotekniikan ohjauksia. (Motiva 2010d.)

6 PIENTALOJEN PÄÄLÄMMITYSJÄRJESTELMIEN ESITTELY

Luvussa 6 esitellään yleisimmät pientalojen päälämmitysjärjestelmät. Jokaisen lämmitysjärjestelmän kuvauksessa on keskitytty sen toimintaperiaatteeseen ja esitelty mahdolliset käyttökohteet pientalojen lämmitysjärjestelmien saneeraamiselle.

Liitteessä 2 on esitelty pää- ja tukilämmitysjärjestelmien saneeraamiskustannusten suuruusluokkia.

6.1 Halko- pilke- ja hakekattilat

Puukattiloissa käytetään polttoaineina (energiamuoto) pilkkeitä, halkoja ja haketta. Lämmönjakojärjestelmänä on yleensä joko vesikierteinen patteri- tai lattia- lämmitysverkko. Puulämmitysjärjestelmässä voi olla varaaja, johon kattilan kehittämä lämpö varastoidaan. Parhaimmillaan yksi lämmityskerta ja pesällinen polttoainetta riittää jopa vuorokaudeksi. Hyvän puukattilan hyötysuhde nimellisteholla on yli 80 prosenttia. Puukattilat jaetaan ala-, ylä- ja käänteispalokattiloihin. Pilkkeitä voidaan polttaa kaikissa kattiloissa, haketta vain sen polttoon suunnitelluissa kattiloissa. (Motiva 2009d.)

Puulämmitys vaati asukkailta enemmän työtä kuin muut lämmitystavat. Pientalon vuotuinen puupolttoaineen tarve on noin 20 pinokuutiometriä. Puulämmitystä harkittaessa on syytä miettiä etukäteen, mistä polttoainetta hankitaan ja missä sitä säilytetään talossa tai tontilla. Pilkettä ja haketta voidaan säilyttää lämmittämättömässä varastossa. (Motiva 2009d.)

Yleisesti hake-, pilke- ja halkokattiloiden käyttö päälämmitysjärjestelmänä kohdistuu uudisrakentamisen kohteisiin. On kuitenkin mahdollista muuttaa vanha vesikierteinen lämmitysjärjestelmä myös hake-, pilke- ja halkokattiloilla toimivaksi. Mahdollisia käyttökohteita saneerauksessa ovat vesikierteisen lämmönjakojärjestelmän omaavan kiinteistön lämmitysjärjestelmän uusiminen. Halko-, pilke- ja hakekattiloiden suurimmat suorat ympäristövaikutukset ovat puunpolton pien-

hiukkaspäästöt, joita on käsitelty tarkemmin tutkimuksen Puunpolton pienhiukkaspäästöt luvussa.

6.2 Savupiippuvaraajat

Savupiippuvaraajan toimintaperiaate perustuu puun (energiamuoto) polton palamisreaktion luovuttamaan lämpöön (hukkalämpö). Kun tulisijaa lämmitetään, siirtyy lämpöä suuria määriä savuhormiin. Savuhormin ympärillä on savupiippuvaraaja, jossa puunpoltossa muodostuvan savukaasun lämpö johtuu hormia ympäröivään vesitilaan, joka toimii yleisesti vesikierteisen lämmönjakojärjestelmän ja käyttöveden lämminvesivaraajana. (Savumax 2009.)

Pääsääntöisesti savupiippuvaraajien käyttö päälämmitysjärjestelmänä kohdistuu uudisrakentamisen kohteisiin. On kuitenkin mahdollista muuttaa vanha vesikierteinen lämmitysjärjestelmä myös savupiippuvaraajalla toimivaksi. Ongelmallista on yleensä koko savuhormin purkaminen varaajan asentamiseksi. Mahdollisia käyttökohteita pientalojen lämmitysjärjestelmien saneerauksessa ovat vesikierteisen lämmönjakojärjestelmän omaavan kiinteistön lämmitysjärjestelmän uusiminen. Savupiippuvaraajien suurimmat suorat ympäristövaikutukset kohdistuvat puunpolton pienhiukkaspäästöihin, joita on käsitelty tarkemmin tutkimuksen pientalojen lämmitys ja ympäristö kappaleessa.

6.3 Pellettilämmitys

Kovaksi pieneksi pötköksi puristetun puumassan eli pellettien (energiamuoto) raaka-aineena käytetään kutterinpurua, sahajauhoa ja hiontapölyä, jota saadaan puusepän- ja sahateollisuuden sivutuotteena. Pelletit puristetaan hienonnetusta puumassasta pieniksi, tiiviiksi sylintereiksi. Pelleteissä on puuenergiaa hyvin tiiviissä muodossa – yksi kuutio pellettejä sisältää saman energiamäärän kuin 300–330 litraa kevyttä polttoöljyä. (Motiva 2009h.)

Pellettilämmitysjärjestelmä koostuu kattilasta, polttimesta, siirtoruuvista ja varastosiilosta (Motiva 2009h). Lämmönjako tapahtuu vesikierteisesti joko patterien tai lattialämmityksen avulla (Wasenius 2007). Pelletit varastoidaan siiloon kattilahuoneen läheisyyteen. Siilon on oltava täysin kuiva, pölytiivis ja sähkötön. (Motiva 2009h.)

Eniten haasteita pellettilämmityksessä aiheuttavat siilo ja pellettien varastointi. Pelletit tarvitsevat kuivan varaston, joka on mahdollisesti myös palosuojattu varastoitavasta määrästä riippuen. Siilon on sijaittava syöttölaitteen ulottuvilla kattilasta. Suureen monen kuution siiloon mahtuu kerrallaan liki vuoden tarve. Siiloja rakennettaessa on huomioitava sen palosuojaus. (Wasenius 2007.) Pellettikattila vaatii säännöllisiä huoltotoimenpiteitä. Kattila nuohotaan ja tuhkat poistetaan säännöllisesti. Kattilan säädöistä sekä polttimen, palopesän ja kattilan puhdistuksesta huolehtiminen pitää myös palamisen hiukkaspäästöt pieninä. (Motiva 2009h.)

Pellettipoltin voidaan asentaa erityisesti pelletin polttoon suunniteltuun kattilaan, mutta myös useimpiin öljy- ja puukattiloihin (Motiva 2009h). Vanhan vesikierteisen lämmitysjärjestelmän voi muuttaa pelleteillä lämpiäväksi (Wasenius 2007).

Suomalaiseen pientaloon, jossa on neliöitä 130-150 m², tarvitaan vuoden lämmitystä ja lämmintä käyttövedettä varten noin viisi tonnia eli kahdeksan kuutiota puupellettejä (Motiva 2009g, 3). Pellettilämmityksen markkinaosuus suomalaisissa pientaloissa on vielä melko pieni, mutta on odotettavissa, että se kasvattaa suosioitaan (Motiva 2009h). Pellettilämmitysjärjestelmän suurimmat suorat ympäristövaikutukset kohdistuvat puunpolton pienhiukkaspäästöihin, joita on käsitelty tarkemmin tutkimuksen pientalojen lämmitys ja ympäristö kappaleessa.

6.4 Suora sähkölämmitys

Suora sähkölämmitys on omakotiasukkaalle yksinkertaisin vaihtoehto. Sähköpatterit on helppo asentaa taloon, ja sähköenergia muuntuu lämmöksi suoraan käyt-

töpaikalla. Tilantarve on vähäinen, pieni tila lämminvesivaraajalle riittää. (Perälä 2009, 16.)

Varaavassa sähkölämmityksessä hyödynnetään sähköenergian huokeampaa yöajan hintaa varaamalla öisin lämpöä joko vesivaraajaan tai betonilattiaan. Varattu energia pitää talon päivisin korkeamman sähköhinnan aikana lämpimänä. Normaalia suurempi vesivaraaja nostaa varaavan lämmityksen rakennuskustannukset suoraa järjestelmää kalliimmiksi. Varaavan lämmityksen kannattavuutta on nakeranut sähkön yö- ja päivähintojen välisen eron kapeneminen. (Perälä 2009, 16.)

Luvussa Pientalojen lämmitys ja ympäristö on käsitelty keskitetyn energiantuotannon ympäristövaikutuksia. Koska opinnäytetyön oletuksena lämmitysjärjestelmässä tarvittava energia otetaan sähköverkosta, ovat edellä mainitussa kappaleessa kuvatut ympäristövaikutukset suoran sähkölämmitteisen talon suurimmat suorat lämmitystä koskevat ympäristövaikutukset. Suoran sähkölämmityksen käyttökohteita ovat periaatteessa kaikki kiinteistöt, niin uudis- kuin saneerausrakentamisen kohteet.

6.5 Lämpöpumput

Luvussa 6.5 on esitetty lämpöpumppujen (maalämpöpumppu, ilma-vesilämpöpumppu ja poistoilmalämpöpumppu) toimintaperiaatteet pientalojen päälämmitysjärjestelmänä.

Lämpöpumpun toimintaperiaatteen esitteli jo ennen 1800-luvun puoliväliä englantilainen fyysikko William Thomson. Ensimmäiset lämpöpumput asennettiin rakennuksiin kuitenkin vasta 1920-luvulla. Ensimmäisen kerran lämpöpumput olivat laajamittaisessa käytössä toisen maailmansodan aikana hiilipulasta kärsineessä Sveitsissä. Ajan myötä lämpöpumput kuitenkin unohtuivat ja niistä kiinnostuttiin uudelleen vasta toisen öljykriisin aikana 1979–1980. Kiinnostus lopahti silloinkin öljyn hinnan laskettua, ja se on herännyt uudelleen vasta aivan viime vuosina. (Perälä 2009, 29.)

Lämpöpumpun voi luokitella osittain uusiutuvaksi energiantuottomuodoksi EU:n RES-direktiivin mukaan (Ohlström, 2010a). Lämpöpumpulla lämmittäminen on periaatteessa myös sähkölämmitystä, sillä pumppu ottaa toimimiseen tarvittavan energian yleisesti sähköverkosta (Perälä 2009, 16).

Lämpöpumppu toimii samalla periaatteella kuin jääkaappi tai pakastin, eli se kerää ja siirtää lämpöä kylmemmästä paikasta lämpimämpään (Perälä 2009, 29).

Lämpöpumpun höyrystimeen vapautunut ja voimakkaasti jäähtynyt kylmäaine kerää itseensä ulkotiloista lämpöä ja samalla höyrystyy. Kompressori puristaa kylmäaineen korkeaan paineeseen, jolloin se kuumenee lähes 100 asteen lämpötilaan. Kuumentunut paineistettu kylmäaine siirtyy lauhduttimeen ja luovuttaa keräämänsä lämmön käyttökohteeseen. Samalla kylmäaine jäähtyy ja tiivistyy taas nesteeksi. Nestemäinen, lämpönsä luovuttanut kylmäaine purkautuu paisuntaventtiilin kautta uudelleen höyrystimeen, sen paine alenee ja se jäähtyy. Kylmäaine alkaa uudelleen kerätä lämpöä itseensä ja kierto jatkuu. (Perälä 2009, 30.)

Lämpökertoimen arvo (COP) kertoo, miten moninkertaisen määrän lämpöä lämpöpumppu tuottaa itse kuluttamaansa energiamäärään verrattuna (Perälä 2009, 31). Lämpökertoimen suuruus riippuu lämmön keruu- ja luovutuslämpötiloista, ja sen teoreettisen arvon voi laskea kuviossa 4 esitetystä yhtälöstä:

$$\text{Lämpökerroin} = T_2 / (T_2 - T_1)$$

T1 = Kohteen lämpötila, josta lämpö kerätään

T2 = Kylmäaineen lauhtumislämpötila

KUVIO 4. Lämpökerroin (Perälä 2009, 32)

Yhtälössä oletetaan, että kompressorin ja lämpöpumpun muidenkin laitteiden hyötysuhde on 100 prosenttia. Lämpöpumppujen todelliset lämpökertoimien arvot ovat aina teoreettisesti laskettuja arvoja alempia. Käytännössä hyvänä lämmönkeruusuhteen arvona voidaan pitää arvoa 2.4-3.0. (Perälä 2009, 32.)

Esimerkkilaskelma lämpökertoimesta:

Ulkoilman lämpötila olkoot $-10\text{ °C} = 263\text{ K}$

Sisäkennon lämpötila $+50\text{ °C} = 323\text{ K}$. Lämpötilaero on siis $60\text{ °C} = 60\text{ K}$

Lämpöpumpun teoreettinen maksimitehokerroin, COP, on nyt $323/60 = 5,4$.

Lämpötilaeron pienentyessä COP suurenee.

Luku 5,4 ilmoittaa, kuinka moninkertaisena ilmalämpöpumppuun syötetty sähköenergia voi teoriassa tulla lämpönä ulos. Käytännössä COP-arvot ovat selvästi pienempiä.

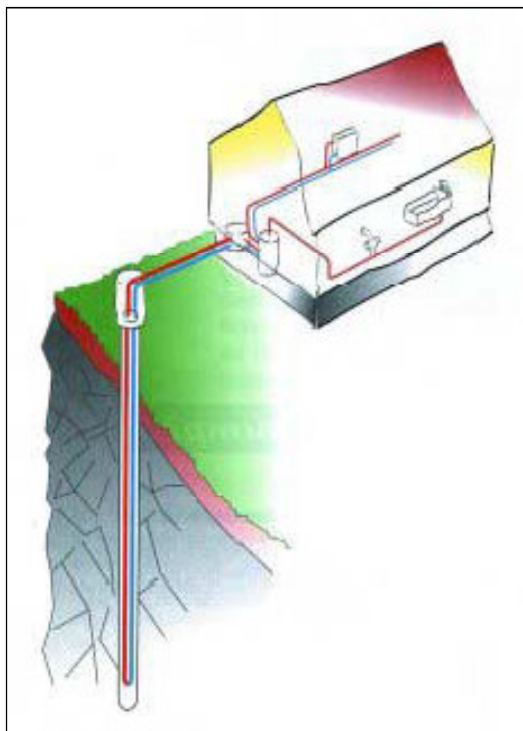
KUVIO 5. Lämpökerroin 2

6.5.1 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpun toimintaperiaate on samanlainen kuin muidenkin lämpöpumpujen. Maalämpö on maaperän tai veden massaan varastoitunutta auringon lämpöenergiaa (energiamuoto). Sitä kerätään maasta noin metrin syvyyteen asennetulla vaakaputkistolla tai porakaivoon asetetulla pystyputkistolla. Putkisto voidaan asentaa myös vesistöön. (Tala & Von Bell 2005.) Maalämpöjärjestelmällä tuota lämpöenergiaa voidaan käyttää rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen. Lämpöpumpun kompressorin avulla maaperästä saatu lämpöenergia nostetaan lämmityksessä tarvittavalle tasolle ja lämpö siirretään lämmitysjärjestelmään ja lämpimään käyttöveeseen. Auringon säteilyn tuottama maalämpö ulottuu Suomessa keskimäärin 10 metrin syvyyteen ja siten porakaivoista saatava lämpö on Suomenkin oloissa alkuperältään osittain geotermistä lämpöenergiaa. Suomen oloissa geotermisen lämpö tuottaa lähes 10 asteen lämpötilan jo 200 m:n syvyydessä. Paras putkistoratkaisu riippuu tontin koosta ja maaperän laadusta. Esimerkiksi vaakaputkisto tarvitsee keskimäärin 600–800 neliötä mieluiten savipohjaista tonttimaata. Porakaivo mahtuu pieneenkin tilaan, mutta on ratkaisuna hintavampi. (Tala & Von Bell 2005.)

Kallioperään keruuputkisto asennetaan pystysuoraan porattuun porareikään lämpökaivoksi. Ratkaisu on nykyisin yleinen, vaikka sen rakennuskustannukset ovat suurempia kuin vaakasuoraan asennettavilla keruupiireillä. Lämpökaivon etuja vaakapiireihin verrattuna ovat lähes kaksinkertainen energiansaanti putkimetriä kohti ja vähäinen tarvittava pinta-ala, routimattomuus ja helppo ilmastettavuus. (Tala & Von Bell 2005.)

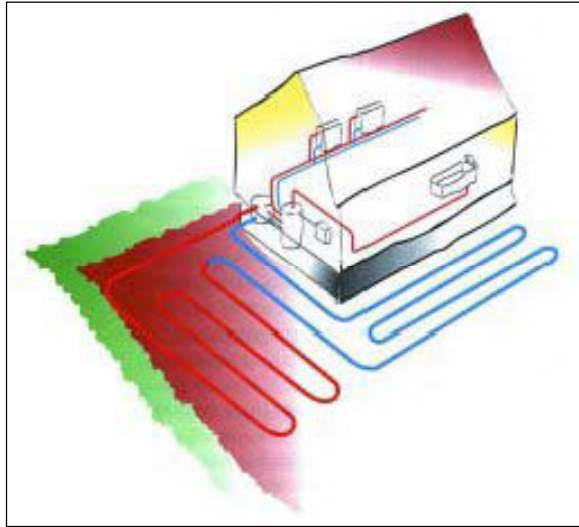
Seuraavassa kuviossa 6 on esitetty porakaivoa lämmönkeruujärjestelmänä käyttävän maalämpöpumpputjärjestelmän toimintaperiaate.



KUVIO 6. Porakaivoa lämmönkeruujärjestelmänä käyttävä maalämpöpumppu (Suomen lämpöpumppuyhdistys Ry 2010b)

Maaperään vaakasuoraan asennettava putkisto sopii suurille tonteille. Soraharjuja lukuun ottamatta lähes kaikki maalajit soveltuvat vaakaputkistolle. Maaperän kosteuspitoisuus ja lämmönjohtavuus ovat merkittäviä tekijöitä piiriä mitoitettaessa. (Tala & Von Bell 2005.)

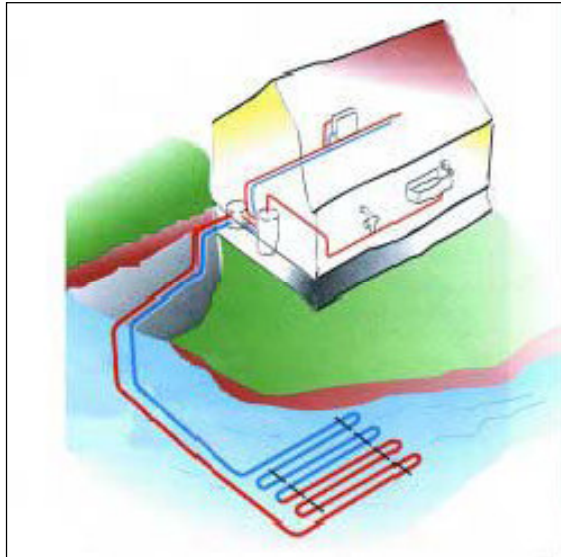
Seuraavassa kuviossa 7 on esitetty maaperään asennettavaan keruuputkistoa lämmönkeruujärjestelmänä käyttävän maalämpöpumpputjärjestelmän toimintaperiaate.



KUVIO 7. Keruuputkistoa lämmönkeruujärjestelmänä käyttävä maalämpöpumpputjärjestelmä (Suomen lämpöpumppuyhdistys Ry 2010b)

Veteen asennettava putkisto vaatii rannan, joka syvenee nopeasti vähintään kahteen kolmeen metriin. Putket kiinnitetään pohjaan vähintään kahden metrin syvyyteen. Vesistö voi olla meri, järvi tai lampi, ei mielellään virtaava joki. Hankkeelle on saatava vesialueen omistajan lupa. (Tala & Von Bell 2005.)

Seuraavassa kuviossa 8 on esitetty vesistöön asennettavaa keruuputkistoa lämmönkeruujärjestelmänä käyttävän maalämpöpumpputjärjestelmän toimintaperiaate.



KUVIO 8. Vesistöä lämmönkeruujärjestelmänä käyttävä maalämpöpumppu (Suomen lämpöpumppuyhdistys Ry 2010b)

Lämpöpumppu lämmittää varaajaa, josta jaetaan lämpö tarvittavaan tarkoitukseen, joko käyttöveden (55 °C), talon lämmitykseen tai kumpaankin yhtä aikaa. Kaikissa maalämpöpumpuissa on erillisjärjestely, joka kuumentaa käyttöveden säännöllisesti 65-asteiseksi bakteerivaaran eliminoimiseksi. (Tala & Von Bell 2005.) Parhaimmalla hyötysuhteella lämpöpumppu toimii alhaisten lämpötilojen lämmönjakojärjestelmillä, vesikierteisen lattialämmityksen tai ilmalämmityksen kanssa. Myös lämpöpatteriverkosto on mahdollinen. Tällöin kuitenkin järjestelmän hyötysuhde laskee.

Mahdollisia käyttökohteita pientalojen lämmitysjärjestelmien saneeraamiselle ovat öljylämmitteisen kiinteistön lämmitysjärjestelmän saneeraaminen sekä suoran sähkölämmitteisen kiinteistön lämmitysjärjestelmän saneeraaminen. Maalämmön käyttöä saneerauskohteissa saattaa rajoittaa vesikierteisen lämmönjakojärjestelmän puuttuminen, tai se ettei maaperä sovellu lämmönkeruuseen.

Pientalojen lämmitys ja ympäristö luvussa on käsitelty keskitetyn energiantuotannon ympäristövaikutuksia, jotka ovat maalämpöpumppujen suurimmat suorat ympäristövaikutukset.

6.5.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu toimii samalla periaatteella kuin muutkin lämpöpumput. Ilma-vesilämpöpumpun kerää lämpöä ulkoilmasta (energiamuoto) ja luovuttaa sen suoraan lämminvesivaraajaan, josta vesi voidaan jakaa lämmönjakojärjestelmän avulla huonetiloihin (Perälä 2009, 73). Vaikka ilma-vesilämpöpumppu voidaan luokitella päälämmitysjärjestelmäksi, sillä ei yleisesti voida kattaa koko lämmöntuotantoa suomalaisessa pientalossa. Ulkoilmalämpötilan laskiessa ilma-vesilämpöpumpulla saatava lämmitysenergian määrä laskee ja aivan kovimmilla pakkasilla (noin -20 °C) sillä ei voida kattaa koko talon lämmitystarvetta, eli se vaatii rinnalleen jonkin varajärjestelmän. (Motiva 2010e, 18.)

Ilma-vesilämpöpumppujen käyttö päälämmitysjärjestelmänä kohdistuu uudisrakentamisen kohteisiin. On kuitenkin mahdollista muuttaa vanha vesikierteinen lämmitysjärjestelmä myös ilma-vesilämpöpumpulla toimivaksi. Mahdollisia käyttökohteita saneerauksessa ovat öljylämmitteisen kiinteistön lämmitysjärjestelmän uusiminen. Ilma-vesilämpöpumpun etuna verrattuna maalämpöpumppuun on halvempi hankintahinta sekä se, että se voidaan asentaa sellaisiin kohteisiin, joihin maalämpöpumpun asentaminen ei maaperän laadun tai tilakysymysten vuoksi ole mahdollista. Ilma-vesilämpöpumpun voi asentaa myös saneerauskohteisiin, varsinkin kiinteistöihin, joissa on olemassa vesikierteinen lämmönjakojärjestelmä. (Motiva 2010e, 18.)

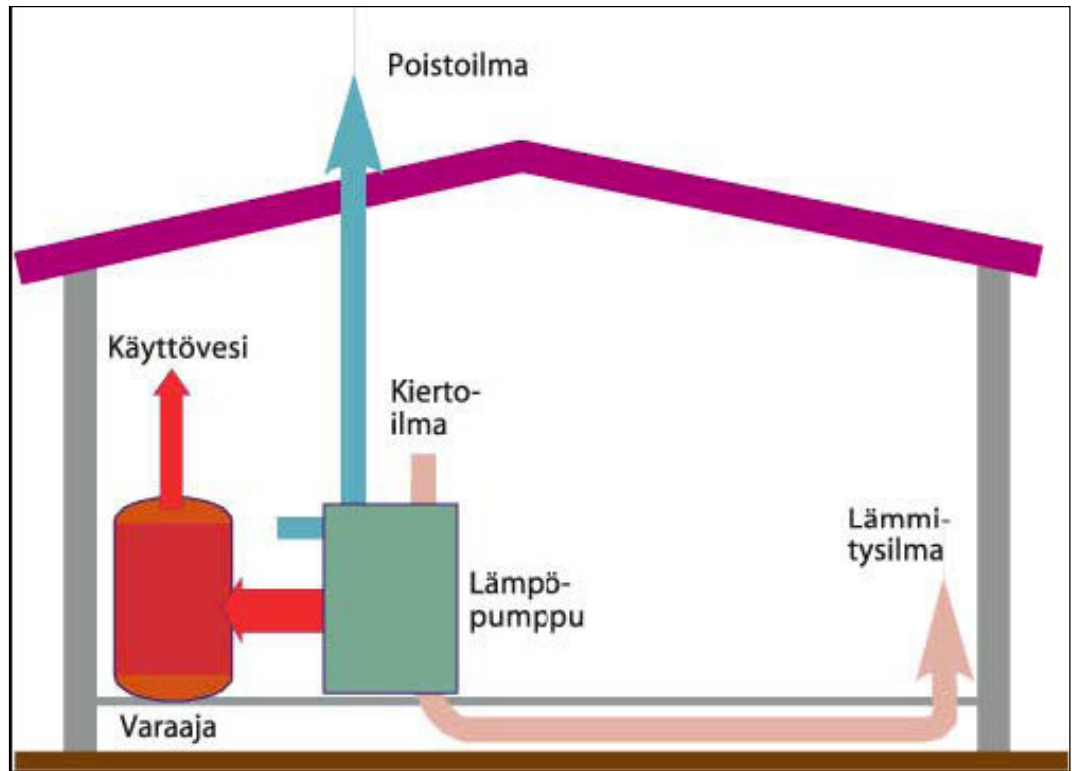
Pientalojen lämmitys ja ympäristö luvussa on käsitelty keskitetyn energiantuotannon ympäristövaikutuksia, jotka ovat ilma-vesilämpöpumppujen suurimmat suorat ympäristövaikutukset. Ilmalämpöpumppuja käsittelevässä kappaleessa on esitetty ilmalämpöpumppujen kylmäaineiden ympäristövaikutuksia.

6.5.3 Poistoilmalämpöpumppu

Poisto-ilmalämpöpumppu toimii samalla periaatteella kuin muutkin lämpöpumput. Poisto-ilmalämpöpumppu ottaa lämmitysenergiaa talosta poistettavasta ilmas-

ta (energiamuoto). Pumppu siirtää lämmön tuloilmaan, lämpimään käyttöveteen tai vesikierteiseen lämmitysjärjestelmään. (Motiva 2010e, 19.)

Seuraavassa kuviossa 9 on poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate.



KUVIO 9. Poistoilmalämpöpumppu (Suomen lämpöpumppuyhdistys Ry 2010c)

Poistoilmalämpöpumppu soveltuu hyvin pienikokoisen talon pälämmitysjärjestelmäksi, mutta vaatii toimiakseen koneellisen ilmastoinnin (Motiva Pientalojen lämmitysjärjestelmät 2009, 19). Poistoilmalämpöpumppu soveltuu pälämmitysjärjestelmäksi sellaisiin saneerauskohteisiin, joissa on olemassa oleva koneellinen ilmastointi.

Pientalojen lämmitys ja ympäristö luvussa on käsitelty keskitetyn energiantuotannon ympäristövaikutuksia, jotka ovat poistoilmalämpöpumppujen suurimmat suorat ympäristövaikutukset. Ilmalämpöpumppuja käsittelevässä luvussa on esitetty ilmalämpöpumppujen kylmäaineiden ympäristövaikutuksia.

7 PIENTALOJEN TUKILÄMMITYSJÄRJESTELMIEN ESITTELY

Lämmitysenergia koostuu varsinaisen päälämmitysjärjestelmän lisäksi tukilämmitysmuotojen energiantuotosta (Motiva 2009j, 4). Useimmat suomalaiset pientalot varustetaan jo rakennusvaiheessa varsinaisen päälämmitysjärjestelmän lisäksi tukilämmitysjärjestelmällä. Käytännössä kaikissa suomalaisissa pientaloissa on yhtenä tukilämmitysmuotona jonkinlainen tulisija (Adato Energia 2009). Tulisijojen lisäksi käytetään täydentävinä ratkaisuuina muun muassa tuloilman lämmitystä joko sähköllä tai vesikierrolla, ilmalämpöpumppua ja aurinkokerääjää (Tala & Von Bell 2005).

Seuraavassa luvussa esitellään yleisimmät pientalojen tukilämmitysjärjestelmät. Jokaisen lämmitysjärjestelmän kuvauksessa on keskitytty sen toimintaperiaatteen ja esitelty sen mahdollinen soveltuvuus pientalon tukilämmitysjärjestelmäksi.

Liitteessä 2 on esitelty pää- ja tukilämmitysjärjestelmien saneeraamiskustannusten suuruusluokkia.

7.1 Aurinkolämpö

Aurinkolämpöjärjestelmä koostuu lämmön talteenotosta (aurinkokeräin tai tyhjiöputkikeräin), varaajasta, pumppu- ja ohjausyksiköstä sekä putkistosta. Aurinkokeräimet ottavat auringon säteilyenergiaa (energiamuoto) putkistossa kiertävään jäätymättömään liuokseen, joka siirtää edelleen auringon lämmittämän nesteen varaajaan. (Motiva 2009i.)

Aurinkokeräimiä käytetään useimmiten käyttöveden lämmittämiseen, mutta niitä käytetään myös huoneiden lämmittämiseen. Yleisin tekninen ratkaisu on neste-kierteinen tasokeräin, jossa pumpun avulla kierrätetään vesi-glykoliseosta. Tyhjiöputkikeräimet ovat tasokeräimiä tehokkaampia, koska ne pystyvät hyödyntämään auringon hajasäteilyä tehokkaammin. Tyhjiöputkikeräin voi tuottaa noin 30 prosenttia enemmän energiaa neliötä kohden kuin tasokeräin. (Motiva 2009b.)

Keräinten ohella aurinkolämpöjärjestelmissä tarvittava tekniikka on luonteeltaan samanlaista kuin perinteinen LVI-tekniikka (Motiva 2009a).

Aurinkolämmön säteilyn määrä on vuodessa vaakatasolle Helsingissä n. 960 kWh/m², Jyväskylässä 870 kWh/m² ja Sodankylässä n. 850 kWh/m². (Oilon 2010). Talvisin sekä syksyisin keskimääräinen pilvisyys on jopa 65–85 %. (Suomen ilmatieteen laitos 2010b). Tunnin aikana maapallon pinnalle tulee auringon säteilyenergiaa enemmän kuin koko ihmiskunta kuluttaa energiaa vuodessa (Motiva 2009a).

Suomessa aurinkoenergialla voidaan tuottaa jopa puolet vuotuisesta lämpimän käyttöveden energiasta. Jos aurinkokerääjät on kytketty lämmitysjärjestelmään, voidaan aurinkolämmöllä tuottaa jopa 25–35 % lämmitystarpeesta. Matala- ja passiivenergiataloissa osuus on suurempi pienemmän lämmitystarpeen vuoksi. (Motiva 2009i). Aurinkolämmön pääasiallinen hyödyntämisaika on kevästä syksyyn. Keräimet sijoitetaan aurinkoiseen paikkaan esim. katolle, optimisuunnan ollessa kaakon ja lounaan välillä keräin kallistettuna 20–50 astetta vaakatasosta. (Oilon 2010.)

Tavallisimmat aurinkokerääjät ovat pinta-alaltaan 1 - 2 m². Yhden neliömetrin keräin tuottaa energiaa yleensä 250 - 400 kWh vuodessa. (Motiva 2009b.) Aurinkolämpöjärjestelmää hankittaessa kaupallisten ratkaisujen vaihtoehtona on laitteiston omatoiminen rakentaminen. Itse rakennettaessa voidaan saavuttaa noin 30–40 prosentin kustannussäästö (Motiva 2009b).

Aurinkosähköjärjestelmiä on perinteisesti käytetty siellä, missä verkkosähköä ei ole saatavilla. Tavallisimpia käyttökohteita ovat kesämökit, veneet, väyläloistot, linkkimastot ja saaristo- ja erämaakohteet. (Motiva 2009a.) Aurinkolämmitysjärjestelmä voidaan yhdistää kaikkiin päälämmitysmuotoihin ja erityisen hyvin se soveltuu sellaisen lämmitysjärjestelmän yhteyteen, jossa on vesivaraaja. Öljy- ja aurinkolämmön yhdistämiseksi on kehitetty tarkoitukseen sopiva öljykattila. Sähkölämmitteisessä talossa aurinkosähköllä voidaan lämmittää käyttövesi, ja jos talon lämmönjako on vesikierteinen, voidaan aurinkolämpöä käyttää myös huo-

neiden lämmittämiseen kytkemällä se lämminvesivaraajaan.

Taloissa, joissa on lattialämmitysjärjestelmä, saadaan enemmän energiaa aurinkolämpöjärjestelmästä, koska kiertävän nesteen lämpötila on matalampi kuin patterilämmitysjärjestelmässä. Kun aurinkolämpöjärjestelmää mitoitetaan, lähtökohtana on kesäkuukausien lämpöenergiakulutus, lähinnä käyttöveden tarve. Varaajan kapasiteetin tulisi riittää muutaman päivän kulutukseen. Puolet vuotuisesta lämpimän käyttöveden energiantarpeesta saadaan 5 - 8 m² keräinpinta-alalla. Huoneiden lämmitys mukaan luettuna tarvitaan 10 - 12 m² keräinpinta-alaa. Etelä-Suomessa tyhjiöputkikeräimen lämmöntuotto alkaa jo helmikuussa ja siitä saadaan lämpöä vielä marraskuussa. (Motiva 2009b.)

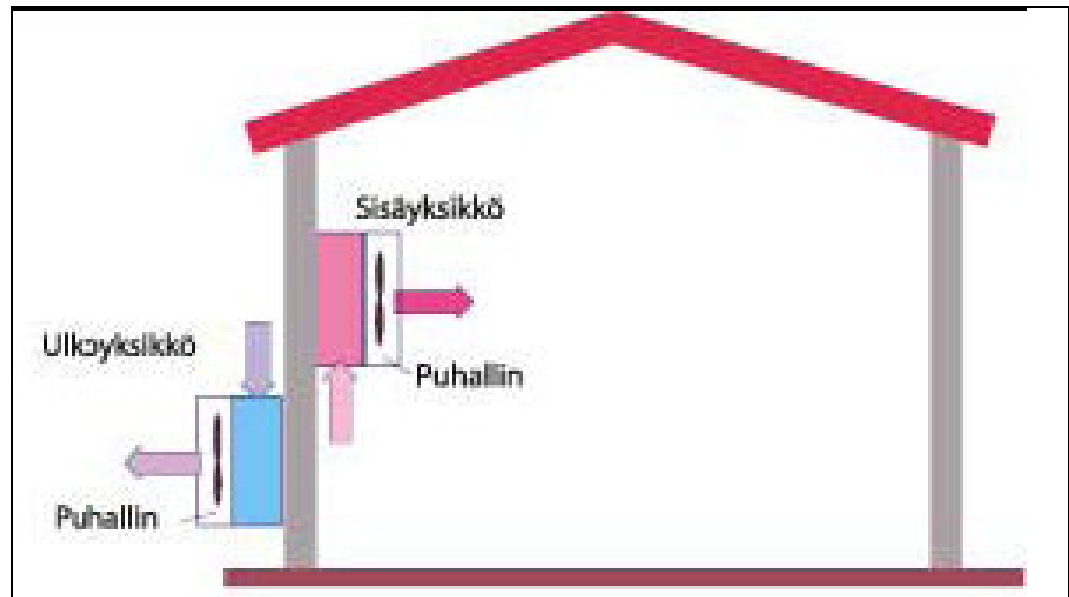
Aurinkolämmitysjärjestelmien ympäristövaikutukset ovat sidoksissa järjestelmissä käytettyjen materiaalien valmistusprosesseihin. Kyseinen aihealue on rajattu tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

7.2 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu toimii samalla periaatteella kuin muutkin lämpöpumput.

Ilmalämpöpumppu on laitteisto, jolla siirretään lämpöenergiaa ulko- ja sisäyksiön avulla. Sisätilan lämpötilaa säädellään siirtämällä lämpöä ulkoilmasta sisäilmaan ja tarvittaessa päinvastoin sisäilman jäähdyttämiseksi. Perustoimintaperiaate on samanlainen kuin esimerkiksi jääkaapilla. Tärkeimmät erot ovat puhaltimet, nelitieventtiili ja ulko- ja sisäyksiön ohjauselektronikka. (Perälä 2009, 30.)

Seuraavassa kuviossa 10 on esitetty ilmalämpöpumpun toimintaperiaate.



KUVIO 10. Ilmalämpöpumppu (Suomen lämpöpumppuyhdistys Ry 2010c)

Ilmalämpöpumppu soveltuu periaatteessa minkä tahansa pientalon tukilämmitysmuodoksi. Pientalon mallista (kerrosten lukumäärä, avaria tiloja vai paljon käytäviä) riippuu ilmalämpöpumpusta saatava energiahyöty. Pitää kuitenkin muistaa, että ilmalämpöpumpun antama lämpösäteily liikkuu painovoimaisesti, joten se tulisi asentaa kiinteistössä sellaiseen paikkaan josta ilmalla on mahdollisimman laajat virtausmahdollisuudet.

Ilmalämpöpumppujen lämpöä siirtävät kylmäaineet ovat kaasuseoksia, joiden nesteytymislämpötilat on suunniteltu tukemaan asuntojen lämmitys- ja jäähdytystarpeita parhaalla mahdollisella tavalla. Osa vanhoista kylmäaineista on jo kiellettyjen aineiden listalla. Kiellettyjä aineita ei saa enää käyttää ilmalämpöpumppujen asennuksissa. Uudemmille kylmäaineille on odotettavissa rajoituksia vuonna 2012. Kaikkein uusimmat kylmäaineet aiheuttavat edeltäjiinsä verrattuna putkistosta karatessaan merkittävästi vähemmän haittaa otsonikehille. Silti synteettiset HFC-kylmäaineet ilmeisesti kielletään lähitulevaisuudessa (Perälä 2009, 50). Seuraava teknologian muutos johtaa mitä todennäköisimmin aivan tavallisen hiilidioksidin (CO₂) valjastamiseen hyötykäyttöön ilmalämpöpumpuissa. Hiilidioksidin käyttö sovelluksissa saattaa nostaa paineet erityisen korkealle hiilidioksidin nesteyttämiseksi. Tämä vaatii laitteiden vahvistamista kestämään korkeaa painetta. (Perälä 2009, 50.) Kylmäaineiden käsittelyä säätelee Suomessa ympäristölainsä-

däntö, jonka takia kylmäpiirin kytkentä- ja huoltotyöt kuuluvat tähän toimiluvan saaneille kylmälaiteasentajille (Suomen lämpöpumppuyhdistys ry 2009).

7.3 Tulisijat ja kamiinat

Tulisijojen käyttö tukilämmitysmuotona perustuu palamisreaktiossa vapautuvaan lämpöön. Tulisijat voivat olla joko lämpöä varaavia tai lämpöä varaamattomia.

Tulisijat sopivat lähtökohtaisesti kaikkiin suomalaisiin kiinteistömalleihin. Tapauskohtaisesti on tarkasteltava, pystyykö rakentamaan lämpöä varaavan tulisijan. Lähes jokaisessa suomalaisessa pientalossa sekä vapaa-ajankäytön asuinrakennuksessa on olemassa oleva tulisija tai kamiina tukilämmityskäytössä.

Tukilämmitysjärjestelmistä yleisin on puunpoltoon perustuva takka tai tulipesä. Puita polttamalla saadaankin hyödyksi noin 1000 kWh/pino-m³ (Motiva 2009j, 4). Parhaimmillaan pelkän tulisijan käyttö kattaa 10-20 prosenttia lämmitysenergian tarpeesta (Adato Energia Oy 2009). Pientalojen lämmitys ja ympäristö luvussa on käsitelty puunpolton pienhiukkaspäästöjä, jotka ovat tulisijojen ja kamiinoiden suurimmat suorat ympäristövaikutukset.

8 VANHAN RAKENNUKSEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SANEERAAMINEN

Kaikkia suomalaisia asuinrakennuksia pitää lämmittää tavalla tai toisella. Vaikka jotain tilaa ei käytettäisi aktiivisesti asumiseen, lämpöä tarvitaan esimerkiksi pitämään kosteus kurissa. Lämmitystapaa valittaessa on helppo kiinnittää huomiota vain energiansäästöön. Lämmitys rakennetaan kuitenkin asujaa ja rakennusta varten eikä vain energiansäästöjen takia. (Tala & Von Bell 2005.)

Huomioitavaa on se, että ei ole olemassa yhtä ainoaa lämmitystekniikkaa, joka olisi paras ratkaisu kaikkiin taloihin ja kaikkiin tilanteisiin. Lähtökohtaisesti jokaisen eri lämmitysjärjestelmän käyttöaika on kymmeniä vuosia, eikä kukaan meistä pysty ennustamaan tulevia tilanteita, kuten ilmastonmuutoksen vaikutuksia tai jonkin tietyn lämmönlähteen käyttökustannusten nousua. Esimerkiksi kustannusvertailussa pitää arvioida tulevia kuluja, ja niitä on vaikea ennustaa viimevuotisten kustannusten perusteella. (Tala & Von Bell 2005). Lämmitysmuodon valinta onkin yksi talonrakentajan ja -saneeraajan kauaskantoisimmista päätöksistä (Wasenius 2007).

Uudisrakentajalla lähes kaikki vaihtoehdot käytettävissä, mutta saneeraaja joutuu huomioimaan monet valmiit reunaehdot, kuten olemassa olevat tilat ja vanhan lämmönjakojärjestelmän. Sopivan lämmitysjärjestelmän löytäminen on kunkin rakennuksen omista lähtökohdista tapahtuvan sitkeän vertailun ja tarkastelun tulos. (Wasenius 2007.)

Kaikissa tarjolla olevissa lämmitystavoissa on hyviä ja huonoja puolia. Valintaperusteet määräytyvät lähinnä jokaisen henkilökohtaisten mieltymysten perusteella. Toinen arvostaa vaivattomuutta, toinen investointi- ja toinen käyttökustannuksia ja osa tekee valinnan ympäristövaikutusten perusteella. Vaivattomuus on yleinen lämmitysjärjestelmän valintaperuste. Siinä missä joku haluaa mahdollisimman vaivattoman ja automaattisesti säätävän lämmityksen, toinen puuhailee mielellään talon lämmityksen parissa. Kaikkein vaivattomin on suora tai varaava sähkölämmitys. Se toimii vuodesta toiseen ilman huoltoa. Asukkaan pitää vain säätää termostaatista haluttu lämpötila. Sähkölämmitys on myös rakennusvaiheessa mutka-

ton ja helppo asentaa, eikä se vaadi suuria teknisiä tiloja. Toinen ääripää on puulämpöön perustuva vesikeskuslämmitys. Rakennuksessa pitää olla pannuhuone ja pannuhuoneessa kattila, johon pitää lisätä puita usein. Polttopuille täytyy olla varastotilaa. Myös öljylämmitys ja lämpöpumput ovat vaivattomia lämmitysmuotoja. (Tala & Von Bell 2005.)

Lämmitysjärjestelmää valittaessa täytyy ottaa huomioon energiamuodon lisäksi monia muita tekijöitä. Energiamuoto - sähkö, öljy, puu tai aurinko - on vain osa kokonaisuutta. Energiamuodon lisäksi pitää valita lämmönkehitysmenetelmä, kuten kattila tai jokin muu menetelmä. Kolmas ratkaistava asia on lämmön varastointi ja jakelu koko asuntoon. Kun kaikki nämä seikat on ratkaistu, on valmiina vasta päälämmitysjärjestelmä. (Tala & Von Bell 2005.)

Kuten opinnäytetyössä on jo aikaisemmin käsitelty, useiden vanhojen rakennusten alkuperäiset lämmityslaitteet ovat aikoinaan varmasti olleet järkevä valinta, mutta olosuhteiden muututtua ne ovat myöhemmin muuttuneet rasitteeksi (Perälä 2009, 42). Lämmitysjärjestelmää saneerattaessa tulee pohtia, tulisiko vanhan talon lämmitysjärjestelmä uusittava kokonaan vai kannattaisiko kiinteistön nykyistä lämmitysjärjestelmää täydentää jollain tavalla. Paitsi taloudellisten näkökohtien mukaan lämmityslaitteiden käyttöarvoa voidaan arvostella myös niiden aiheuttamien päästöjen ja muiden ympäristövaikutusten sekä laitteiden käyttömukavuuden perusteella.

Taloudelliselta näkökulmalta voidaan yleisesti todeta, että mitä enemmän talo kuluttaa energiaa, sitä kannattavampaa on valita lämmitysjärjestelmä, jonka käyttökustannukset ovat pienet. Toisaalta taas pieneen ja vähän energiaa kuluttavaan taloon on taloudellisinta valita investointikustannuksiltaan edullinen lämmitysjärjestelmä.

8.1 Suoran sähkölämmityksen saneeraaminen

Suoran sähkölämmitteisen talon lämmitysjärjestelmän saneeraaminen liittyy yleisesti haluun pienentää lämmityksen ympäristövaikutuksia tai lämmityksen käyttö-

kustannuksia. Koska sähkölämmitteisissä taloissa on harvemmin vesikierteinen lämmönjakojärjestelmä lämmön siirtämistä varten, sulkee sen puuttuminen pois maalämmön, savuhormivaraajan ja pellettikattilan tarkasteltavien vaihtoehtojen listalta. Vesikierteisen lämmönjakojärjestelmän rakentaminen jälkeensä vanhaan rakennukseen vaatii suuria rakenteellisia muutoksia ja on pääsääntöisesti erittäin kallista. (Perälä 2009, 43.)

Sähkölämmitteisen talon lämmitysjärjestelmien saneeraamisissa keskitytäänkin yleisesti tukilämmitysjärjestelmien parantamiseen ja hyödyntämiseen. Kuten muuhinkin kohteisiin, myös suoraan sähkölämmitteiseen taloon on mahdollista asentaa ilmalämpöpumppu. Jos kiinteistössä on jo olemassa oleva koneellinen ilmanvaihto, on poistolämpöpumpun asentaminen mahdollinen ja kannattava vaihtoehto. Kiinteistön sijainnista riippuen on aurinkolämmityksen liittäminen järjestelmään myös tarkastelun kohteena.

8.2 Öljylämmityksen saneeraaminen

Öljylämmitystaloissa lämmitysjärjestelmän saneeraus tulee ajankohtaiseksi usein siinä vaiheessa kun lämmityskattila tai öljysäiliö vaatii uudistamista (Perälä 2009, 42). Toisaalta öljylämmitteisten talojen lämmitysjärjestelmiä saneerataan lämmitysöljyn radikaalin hinnan nousun takia sekä toisaalta lämmitysöljyn käytön ympäristövaikutusten vuoksi.

Öljylämmitysjärjestelmien riittävän hyvässä kunnossa oleva vanha vesikiertojärjestelmää voi kuitenkin hyödyntää edelleen monin eri vaihtoehtoin. Järjestelmän voi esimerkiksi muuttaa joko pellettilämmityksellä tai lämpöpumpulla toimivaksi. Lämpöpumpun asentaminen vaatii kiinteistön tontilta tilaa keruuputkistolle tai sopivan maaperän porakaihoa varten. Lämpöpumpun käyttö myös edellyttää, että menoveden lämpötila vanhassa kiertovesijärjestelmässä on noin 50-55 celsiusastetta. (Perälä 2009, 42.) Pellettilämmityksessä taas pitää huomioida pellettivaraston ja siilon sijoitus- ja tilantarve.

Vanhan öljylämmitteisen talon voi myös muuttaa suoralla sähkölämmityksellä toimivaksi. Osaltaan öljylämmitteisen talon energiatehokkuutta ja lämmityksen taloudellisuutta voidaan parantaa sekä ympäristövaikutuksia vähentää keskittymällä tukilämmitysjärjestelmien parantamiseen. Tehtäviä parannuksia ovat esimerkiksi aurinkolämmityksen tai ilmalämpöpumpun asentaminen.

8.3 Energia-avustukset pientalon lämmitysjärjestelmän saneeraamiselle

Valtiolta pyrkii antamallaan rakentamismääräyksillä ohjaamaan rakentajia tekemään uusista taloistaan vähemmän energiaa kuluttavia. Nykyisissä määräyksissä uudisrakennuksiin vaaditaan tietyn vähimmäistason mukainen lämpöeristys. Nykyisissä uudisrakennuksen kohteissa on oltava myös koneellinen ilmanvaihto, joka ottaa talteen ainakin osan poistoilman lämmöstä talteen. Vanhoja rakennuksia uudet määräykset eivät tietenkään koske, mutta niissäkin pyritään energia-avustuksilla ja verohelpotuksilla suosimaan energiansäästöinvestointeja mm. lämmöneristyksen parantamista ja lämmityslaitteiden uudistamista entistä energiatehokkaammiksi. Valtio tukee energiansäästöön tähtäviä rakennusten korjaustöitä suorilla energia-avustuksilla ja verotuksen yhteydessä myös kotitalousvähennyksillä. (Perälä 2009, 22.)

Vanhojen pientalojen lämmitysjärjestelmien saneeraamiseen voi hakea rakennuksen sijaintikunnasta valtion myöntämää energia-avustusta. Avustuksia voidaan myöntää ympärivuotisessa omassa asuinkäytössä olevin pientalojen omistajille laite- ja materiaali-investointeihin, joilla parannetaan asuntojen energiataloutta ja vähennetään energiankäytöstä aiheutuvia päästöjä sekä lisätään uusiutuvien energiamuotojen käyttöönottoa (Valtion asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen verkkopalvelu 2010). Avustusta voi hakea vuosittain huhtikuussa ja sitä voi saada korkeintaan 25 prosenttia hankinnan kustannuksista, huomioiden sen, että ilmalämpöpumpuihin energia-avustusta ei myönnetä (Perälä 2009, 91).

Asuntojen energiansäästöön tähtävien korjaustöiden työkustannuksista voi hakea verotuksen yhteydessä kotitalousvähennyksiä. Vähennyksen määrä on 60 prosenttia työkustannusten osuudesta vähennettynä 100 euron omavastuuosuudella. Kotita-

lousvähennyksen enimmäismäärä oli vuonna 2009 3000 euroa henkilöä kohden.
(Perälä 2009, 91.)

9 PIENTALOJEN LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN SANEERAAMINEN – CASE KOHTEET

Luvussa 9 on tarkasteltu kahden erilaisen Etelä-Suomessa sijaitsevan pientalon lämmitysjärjestelmän saneeraamista. Oheisessa taulukossa 2 on esitetty energiamuotojen vertailuhintoja laskutoimituksia varten.

Taulukko 2

Energiamuoto	Hinta snt/kWh
Kaukolämpö	6,19 snt/kWh
Pilke (koivu)	4,92 snt/kWh
Sähkö	8,4...12,51 snt/kWh
Öljy	5,7...6,5 snt/kWh
Pelletti	4,0...4,8 snt/kWh
Maalämpö	2,4...2,8 snt/kWh

Lämmitysmuotojen hinnat senttiä/kilowattitunti (Motiva 2010h; Wasenius 2007)

9.1 Case 1: Suoran sähkölämmitteisen talon tukilämmitysjärjestelmän saneeraaminen

Tarkasteltavana kohteena on tiilirakenteinen vuonna 1982 rakennettu omakotitalo. Talon asuinpinta-ala on 120 m², ja se sijaitsee yhdessä kerroksessa. Kiinteistössä on suora sähkölämmitys. Pesuhuonetta ja eteistä lämmittävät betonivaluun upotetut vesiputket. Kiinteistössä ei ole koneellista ilmanvaihtoa, ainoastaan poisto keittiöstä ja märkätiloista, eli kiinteistön ilmanvaihto on painovoimainen. Kohteessa on alkuperäinen lämpöä varaava takka, joka sijaitsee keskellä taloa. Talossa on myös puulämmitteinen sauna. Kiinteistö sijaitsee mäkialueen päällä, katon harjojen osoittaessa pohjoiseen ja etelään. Pihalla ei ole taloa varjostavia puita tai muita korkeita elementtejä. Talo on rakennettu kallion päälle. Kalliopinnan taso tontilla vaihtelee sijainnista riippuen syvyysvälillä 0,1 m - 2,0 m.

Talossa asui ennen neljähenkinen perhe, ja sähköä kului silloin 20 000...23 000 kilowattituntia vuodessa. Viime vuosina asukkaina on ollut kaksi aikuista, ja pienemmän asukasmäärän ja takan aktiivisen käytön vuoksi sähköä on kulunut vain 14 000...17 000 kilowattituntia vuodessa.

Vertailulaskelmassa oletetaan, että lämmitykseen kuluisi sähköä 8500 kilowattituntia vuodessa (50 prosenttia koko vuoden sähkönkulutuksesta) ja takassa poltettaisiin noin 5 m² halkoja vuodessa. Lämmityksen kustannukset ovat alkuvuoden 2010 hintatason (10 snt/kWh) mukaan noin 850 euroa vuodessa. Summa koostuu 8 500 kilowattitunnista sähköä. Polttopuille ei ole laskettu hintaa, koska kiinteistön haltijat saavat sen omasta metsästä. Laskelmassa oletetaan, että lämpimän käyttöveden osuus energiasta on noin 30 prosenttia. Pesuhuoneen ja eteisen lattialämmityksen energiankulutusta ei ole huomioitu vertailulaskelmissa..

Kiinteistöön uusitaan lämminvesivaraaja sekä lämmityspatterit. Samalla pohditaan päälämmitysjärjestelmän mahdollista muuttamista sekä tukilämmitysjärjestelmien käyttöön ottamista.

9.1.1 Vaihtoehtojen tarkastelu

Kohteen lämmitysjärjestelmän energiamuotona on tällä hetkellä sähkö ja lämmönjakojärjestelmänä sähköpatterit. Kohteen lämmönjakojärjestelmän muoto pidetään ennallaan. Vesikierteisen lämmönjakojärjestelmän puuttuminen sulkee seuraavat päälämmitysjärjestelmät pois tarkasteltavien vaihtoehtojen listalta:

- hake-, pilke-, halkokattilat
- pellettilämmitys
- savupiippuvaraajat
- maalämpöpumppu
- ilma-vesilämpöpumppu.

Koneellisen ilmastoinnin sekä vesikierteisen lämmönjakojärjestelmän puuttuminen sulkevat poistoilmapumpun pois tarkasteltavien vaihtoehtojen listalta. Vaihto-

ehtojen rajaamisen perusteella kohteen lämmitysjärjestelmän saneeraamisessa tullaan keskittymään tukilämmitysjärjestelmien kehittämiseen.

Nollavaihtoehdossa kiinteistön lämmityspatterit ja lämminvesivaraaja uusitaan. Lämmityskustannukset nollavaihtoehdossa ovat hiukan paremmat kuin aikaisemmin. Vaihtoehtona 1 esitetään nollavaihtoehdon toteuttamisen lisäksi ilmalämpöpumpun asentamista sähkölämmityksen rinnalle. Kohteeseen harkittavien ilmalämpöpumppujen tarjoushinnat ovat olleet 1200 ja 1400 euron välillä. Lisäksi sen asentamisesta ja käyttöönotosta kertyy kuluja noin 500 euroa. Kuten Ilmalämpöpumput -luvussa todettiin, pumpun toiminta-alue alkaa kun ulkolämpötila laskee alle +10 asteeseen ja lämmöntuotto jatkuu siihen saakka, että pakkasen ulkona laskee -15 asteeseen. Etelä-Suomessa kyseistä aikaa on vuosittain noin 4 000 tuntia. Keskimääräinen lämpöteho tällä välillä on noin 2 kilowattia, ja pumppu tuottaa vuosittain lämpöenergiaa 8 000 kilowattituntia. Jos pumpun keskimääräinen lämpökertoimen arvo on 2, pumppu käyttää itse energiaa 4 000 kilowattituntia ja tuottaa uusiutuvaa energiaa vuosittain 4 000 kilowattituntia.

Energian hinta siirtokustannuksineen on 10 snt/kWh, josta tulee 400 euroa/vuosi. Pumpun takaisinmaksuajaksi muodostuu silloin noin neljä vuotta. Pumpun takaisinmaksuaika on tässä kohtuullisen lyhyt, ja jos pumpun todennäköiseksi käyttöajaksi voidaan laskea kylmälaitteelle tavallinen 20 vuotta, pumppu ehtii hankkia tässä ajassa hintansa lähes viiteen kertaan. Uusiutuvaa energiaa pumppu tuottaisi elinikänsä aikana (lähtötietojen ja nykyisen sähkönkulutuksen perusteella) noin $20 * 4\,000\text{ kWh} = 80\,000\text{ kWh}$.

Vaihtoehtona 2 esitetään nollavaihtoehdon toteuttamisen lisäksi aurinkolämpöjärjestelmän asentamista sähkölämmityksen rinnalle. Kun aurinkolämpöjärjestelmää mitoitetaan, lähtökohtana on kesäkuukausien lämpöenergiakulutus, lähinnä käyttöveden tarve. Varaajan kapasiteetin tulisi riittää muutaman päivän kulutukseen. Kohteeseen suunnitellulla aurinkolämpöjärjestelmällä voitaisiin tuottaa noin puolet lämpimän käyttöveden valmistamiseen tarvittavasta energiasta. Lähdemateriaalin ja laskutoimitusten perusteella todettiin, että puolet kohteen vuotuisesta lämpimän käyttöveden energiantarpeesta saadaan 6 m²:n keräinpinta-alalla. Koska lämpimän käyttöveden osuus energiantarpeesta on noin 30 prosenttia, on aurinko-

keräimillä saavutettava hyöty noin 15 prosenttia vuotuisesta kokonaisenergiankulutuksesta eli noin 1 275 kilowattituntia vuodessa. Kohteeseen suunniteltu neljän neliömetrin järjestelmä maksaa asennettuna 2 000 euroa. Kohteessa on pohdittu mahdollisuutta rakentaa ja asentaa aurinkolämpöjärjestelmä kiinteistön haltijan toimesta, jolloin päädyttäisiin noin 30-40 prosentin säästöön investointikustannuksissa. Investointikustannuksiksi jäisi tuolloin noin 1 300 euroa.

Järjestelmällä saatu energiataloudellinen sekä taloudellinen hyöty olisivat 1 275 kilowattituntia ja noin 130 euroa vuodessa. Järjestelmän takaisinmaksuaika olisi suhteellisen pitkä, noin kymmenen vuotta. Liitteessä 3 on esitetty vertailulaskelmat tukilämmitysjärjestelmien välillä.

9.1.2 Yhteenveto kohteesta Case 1

Vaihtoehtojen tarkastelujen jälkeen järkevimmältä tuntuisi vaihtoehdon 1 toteuttaminen. Järjestelmä tuottaisi uusiutuvaa lämpöenergiaa noin 4000 kilowattituntia vuodessa, joka tekee Lahti Energia Oy:n kevään 2010 energian hinnoilla noin 400 euroa vuodessa. Järjestelmän teoreettinen käyttöikä on noin 20 vuotta, se vaatisi vähän huoltoa ja maksaisi itsensä takaisin noin neljässä vuodessa.

Lähdetietojen mukaan keskitetyssä energiantuotannossa muodostuu hiilidioksidia noin 250-380 g CO₂/kWh. Järjestelmä siis vähentäisi keskitetyssä energiantuotannossa muodostuvia hiilidioksidipäästöjä noin 1 000 000 - 1 520 000 g (1 000-1 520 kg) vuodessa. Kohteeseen suoritettavat laskelmat ovat teoreettisia ja suuntaa antavia, eikä niitä voi käyttää periaatemallina pientalon lämmitysjärjestelmän saneeraamiselle. Saneeraussuunnitelman kustannusarvioinnin epävarmuuteen vaikuttaa energia-avustusten myöntäminen aurinkolämmityksen asentamiseen, mutta ei ilmalämpöpumpun asentamiseen.

9.2 Case 2: Öljylämmitteisen talon päälämmitysjärjestelmän saneeraaminen

Korjattavana kohteena on 1962 rakennettu kaksikerroksinen omakotitalo. Talon asuinpinta-ala on 130 m². Kohteessa on öljylämmitys, jossa on kaksoispesäkattila öljylle ja puulle. Lämmitys on suoritettu pääsääntöisesti öljykattilaa hyödyntäen. Kohteessa on alakerrassa vesikierteinen lattialämmitys ja yläkerrassa sähkölämmityksellä toimivat patterit. Talon ilmavaihto on painovoimainen. Talossa on varaa-va takka, puulämmitteinen sauna ja keittiössä on säännöllisessä käytössä oleva puulämmitteinen leivinuuni. Talo on rakennettu maanvaraisten perustusten päälle. Kalliopinnan taso tontilla vaihtelee sijainnista riippuen syvyysvälillä – 0,1m - 4,0m.

Talossa asuu kaksi henkilöä ja öljyä on kulunut viime vuosina 1 700 - 2 000 litraa vuodessa ja takassa, leivinuunissa ja saunassa poltetaan halkoja 8 m² vuodessa. Lämmityksen energiakustannukset ovat alkuvuoden 2010 hintatason mukaan 1 600 euroa vuodessa. Summa koostuu 2 000 litrasta öljyä a 80 snt/L. Polttopuille ei ole laskettu hintaa, koska kiinteistön haltijat saavat sen omasta metsästä. Laskel-massa oletetaan, että lämpimän käyttöveden osuus energiasta on noin 30 prosenttia. Kohteen uutta lämmitysjärjestelmää suunniteltaessa keskitytään vain päälämmitysjärjestelmien tarkasteluun.

9.2.1 Vaihtoehtojen tarkastelu

Kohteen lämmitysjärjestelmän pääenergiamuotona on tällä hetkellä öljy ja läm-mönjakojärjestelmänä vesikierteinen lämmönjakojärjestelmä sekä sähköpatterit. Kohteen vesikierteinen lämmönjakojärjestelmä mahdollistaa seuraavat vaihtoeh-dot uudeksi päälämmitysjärjestelmäksi:

- hake-, pilke-, halkokattilat
- pellettilämmitys
- savupiippuvaraajat
- maalämpöpumppu
- ilma-vesilämpöpumppu.

Koneellisen ilmastoinnin puuttuminen sulkee poistoilmalämpöpumpun pois tarkasteltavien vaihtoehtojen joukosta. Koska kiinteistön savuhormi on hyvässä kunnossa, poistetaan savupiippuvaraaja pois tarkasteltavien vaihtoehtojen listalta. Savupiippuvaraajan rajaamiseen tarkasteltavien vaihtoehtojen ulkopuolelle vaikuttivat sen rakennuskustannukset sekä suuri polttopuun tarve lämmitysenergian muotona. Hake-, pilke- ja halkokattilat rajattiin tarkasteltavien vaihtoehtojen ulkopuolelle suuren polttopuun tarpeen myötä. Maalämpöpumppujen kohdalla tarkastellaan vain porakaivoa lämmönlähteenä. Lämmönkeruupiirin asentaminen tarkasteltavan kiinteistön tontille ei ole mahdollista suuren tilantarpeen vuoksi.

Nollavaihtoehtona on se, ettei tehdä mitään. Talon nykyinen öljylämmitys, öljykattila ja öljysäiliö ovat edelleenkin kunnossa. Niitä voidaan hyvin käyttää edelleen. Ympäristövaikutuksia voidaan pienentää siirtymällä bioöljyn käyttämiseen perinteisen lämmitysöljyn sijaan.

Vaihtoehtona 1 tarkastellaan nykyisen öljylämmitysjärjestelmän muuttamista pellettilämmitykseksi. Kiinteistössä on entuudestaan vesikierteinen lämmitysjärjestelmä, joka mahdollistaa pellettilämmityksen käyttöönottamisen. Vanha öljykattila korvataan uudella pellettikattilalla ja kohteeseen rakennetaan järjestelmälle sopiva pellettisiilo. Kiinteistöllä pihapiirissä on olemassa varastorakennus, jonka voi osittain ottaa käyttöön ja muuntaa paloturvalliseksi pellettien varastointia varten. Uuden pellettikattilan ja –siilon hankinta- ja rakennuskustannukset olisivat noin 12 000 euroa. Kiinteistön arvioitu vuosittainen pellettien tarve tilojen lämmitystä ja käyttöveden lämmitystä varten on noin viisi tonnia eli kahdeksan kuutiota pellettejä.

Vaihtoehtona 2 tarkastellaan nykyisen päälämmitysjärjestelmän muuttamista maalämpöpumpulla toimivaksi. Öljylämmityskattila ja säiliö puretaan maalämpöpumpun asennuksen yhteydessä. Maalämpöpumppu asennetaan porakaivomallina, ja asennuskustannuksia tulee noin 14 000 euroa. Vanha vesikierteinen lämmönjakojärjestelmä jätetään käyttöön.

Liitteessä 4 on esitetty vertailulaskelmat vaihtoehtojen 1 ja 2 välillä.

9.2.2 Yhteenveto kohteesta Case 2

Vaihtoehtojen tarkastelujen perusteella kummankin järjestelmän takaisinmaksuaika olisi yli kymmenen vuotta. Erot lämmitysjärjestelmien soveltuvuudesta kohteeseen ovat erittäin pienet ja molemmat aiheuttavat huomattavat vähennykset kiinteistön lämmöntuotannon hiilidioksidipäästöihin. Energiamuotojen kustannusten vaihteluiden vuoksi opinnäytetyössä ei oteta kantaa siihen, kumpi järjestelmä olisi parempi kyseiseen saneerauskohteeseen. Kohteeseen suoritettut laskelmat ovat teoreettisia ja suuntaa antavia, eikä niitä voi käyttää periaatemallina pientalon lämmitysjärjestelmän saneeraamiselle.

10 PIENTALOJEN TUKILÄMMITYSJÄRJESTELMIEN SANEERAMINEN

Luvussa 10 käsitellään pientalojen tukilämmitysjärjestelmien saneeraamisten vaikutuksia koko Suomen energiankulutukseen ja sitä kautta kertyviin kasvihuonekaasupäästövähennyksiin. Kappaleessa esitetyn teoreettisen laskelman pohjalla on oletus, että kaikkiin Suomen 1 038 000 pientaloon asennettaisiin aurinkolämmön keräinjärjestelmä, joka tuottaisi noin 50 prosenttia kiinteistön lämpimän käyttöveden tarpeesta. Kyseinen järjestelmä olisi kooltaan noin 4...6 m² ja maksaisi 2000 euroa kiinteistöä kohden. Lämmitysjärjestelmällä saataisiin tuotettua noin 500 kilowattituntia lämmintä käyttövettä vuodessa. Aurinkolämmön keräinjärjestelmän lisäksi kiinteistöihin asennettaisiin ilmalämpöpumppu joka kattaisi 30 prosenttia kiinteistön vuotuisesta lämmitysenergian tarpeesta. Järjestelmä maksaisi noin 1 500 euroa ja tuottaisi noin 3 000 kilowattituntia lämmitysenergiaa vuodessa. Oikein sijoitetulla ja käytetyllä tulisijalla voidaan saavuttaa 10 prosenttia kiinteistön vuotuisesta lämmitysenergian tarpeesta, joka vastaa noin 1000 kilowattitunnin vähennystä pientalon vuotuisen kokonaisenergiankulutukseen.

Taulukko 3

LÄHTÖTIEDOT	
Kiinteistöjä	1 038 000 kpl
Yhden kiinteistön vuosittain sähkönkulutus	20 000 kWh
Lämmitysenergian osuus sähkönkulutuksesta (= 50%)	10 000 kWh
Yhden kiinteistön lämpimän käyttöveden osuus lämmitysenergiasta (=10 %)	1000 kWh
Lämmitysenergian hinta (suora sähkö siirtokustannuksineen, Lahti Energia Oy kevät 2010)	10 snt/kWh

Lähtötiedot.

Järjestelmän asentaminen yhteen pientaloon aiheuttaisi 3500 euron investointikustannukset ja tuottaisi vuosittain noin 4 500 kilowattituntia lämmitysenergiaa vuo-

dessa. Asentaminen 1 038 000 suomalaiseen pientaloon kustantaisi ($1\,038\,000 * 3\,500$ euroa) 363 miljoonan euroa ja tuottaisi vuosittain ($1\,038\,000 * 4\,500$ kWh) 4 671 000 000 kilowattituntia (noin 4,6 GWh) lämmitysenergiaa vuodessa. Keskitetyssä energiantuotannossa muodostuu hiilidioksidia noin 250-380 g CO₂/kWh. Järjestelmä vähentäisi hiilidioksidipäästöjä noin 1 167 750 000 000 - 774 980 000 000g ($1\,167\,750\,000-1\,774\,980\,000$ kg) vuodessa, joka on noin 5-8 prosenttia Suomen vuotuisista energiantuotannon kokonaishiilidioksidipäästöistä.

Vuonna 2008 suomalaisissa pientaloissa olevat 200 000 lämpöpumppua tuottivat uusiutuvaa energiaa nettona 3,5 terawattituntia. Yksi Loviisan ydinreaktori tuottaa sähköä vuodessa vastaavan energiamäärän verran (Tynkkynen 2010, 2). Pelkästään lämpöpumppujen käytöllä on mahdollista lisätä uusiutuvan energian määrää 5-10 terawattituntia vuodessa, mikä on neljännes Suomen noin 30 terawattitunnin uusiutuvan energian lisäystavoitteesta. Tuohon määrään päästään vuoteen 2020 mennessä melkein pä jo nykyisellä 30 000 lämpöpumpun myyntivauhdilla (Suomen lämpöpumppuyhdistys Ry 2010a).

11 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli koota materiaalia pientalojen lämmitysjärjestelmien saneeraamisesta koulutusmateriaaliksi. Työssä keskityttiin öljy- ja sähkölämmitteisten talojen pää- ja tukilämmitysjärjestelmien taloudellisiin ja ympäristöllisiin näkökohtiin. Aineiston pohjalta tehtiin kahden pientalon lämmitysjärjestelmien saneeraussuunnitelmat. Lisäksi suoritettiin laskelmat pientalojen tukilämmitysjärjestelmien saneeraamisten vaikutuksista Suomen energiantuotannon hiilidioksidipäästöihin.

Pientalojen lämmitysjärjestelmien soveltuvuuksiin liittyvien monitahoisten tulkin-tojen ja vakiintumattomien käytäntöjen vuoksi pientalojen lämmitysjärjestelmien saneeraussuunnitelmien tekeminen on erittäin haasteellista ja vaativaa. Samalla eri energiamuotojen kustannusten sekä valtion myöntämien energia-avustusten vaihteluiden vuoksi alan kehityksen ennustaminen on mahdotonta. Standardien puuttumisen vuoksi ei ole olemassa vakiintunutta käytäntöä eri lämmitysjärjestelmien taloudellisuuden tai ympäristövaikutusten vertailemiseen. Näin ollen menetelmät riippuvat vertailua suorittavan tahon linjauksista. Tästä syystä esitetyt tulokset ovat suuntaa antavia eikä niitä voida pitää periaatemallina pientalojen lämmitys-järjestelmien saneeraamiselle. Tulokset esittävät kuitenkin sen, että pientalojen pää- ja tukilämmitysjärjestelmien saneeraamisilla voidaan saavuttaa kansallisesti ja globaalistikin suurta energiataloudellista hyötyä.

Pientalojen lämmitysjärjestelmien saneeraaminen on erittäin haasteellista. Lämmitysjärjestelmien soveltuvuuksista erilaisille pientaloille ei ole olemassa relevanttia tietoa. Suuri osa saneeraajille tarjolla olevista lähdemateriaaleista koostuu valmistajien ja jälleenmyyjien esitteistä, joiden antamaa tietosisältöä voi paikoittain pitää jopa arveluttavana. Samalla lämmitysjärjestelmien markkinat keskittyvät lähinnä energiamuodon kauppaamiseen. Kuitenkin energiamuoto on vain yksi tarkastelta-vista asioista kiinteistölle sopivaa lämmitysjärjestelmää valittaessa. Saneeraamis-kohteiden ollessa kyseessä oleellisia asioita ovat lämmönkehitys- ja lämmönjako-järjestelmien toimintaperiaatteet.

Tutkimuksessa esitettyjen laskelmien mukaan Suomen energiantuotannon kokonaishiilidioksidipäästöt alenisivat 5...8 prosenttia, jos maan kaikkiin pientaloihin asennettaisiin ilmalämpöpumppu, aurinkolämpökeräinjärjestelmä ja kiinteistön tulisijaa käytettäisiin säännöllisesti. Kyseistä laskelmaa tukee ruotsalaisen SIS Miljömärkning -yhdistyksen tiedoksianto, jonka mukaan koko Pohjoismaiden kokonaisenergiankulutus laskisi 43 prosenttia ja hiilidioksidipäästöt 36 prosenttia, jos kaikkiin omakotitaloihin asennettaisiin lämpöpumppu (Nibe 2010, 7).

Tulevaisuudessa huomionarvoista olisi luoda periaatemallit ja kansalliset standardit pientalojen lämmitysjärjestelmien toiminnoille. Näin eri lämmitysjärjestelmien vertailu ja soveltuvuuden arviointi olisi helpompaa sekä alan asiantuntijoille että yksittäisille kuluttajille. Samalla olisi mielenkiintoista perehtyä vertailemaan kahden eri päälämmitysjärjestelmän soveltuvuutta yhteen saneerauskohteeseen kohteeseen kerrallaan. Tutkimuksessa otettaisiin huomioon lämmitysjärjestelmien ympäristövaikutukset koko niiden elinkaaren aikana. Tärkeää olisi myös arvioida erilaisten uusiutuviin energialähteisiin perustuvien lämmitysjärjestelmien käytön vaikutuksia Suomen kokonaisenergiankulutuksen kulutushuippuihin.

LÄHTEET

KIRJALLISET LÄHTEET

Adato Energia Oy. 2009. Kodin energiaopas. Helsinki: Adato Energia Oy, Motiva Oy, Työtehoseuranta ry.

Erkkilä, V. 2003. Aurinkolämpöopas rakentajille ja suunnittelijoille. Jyväskylä: Gummerus.

Motiva Oy. 2009. Lämpöä puusta – puhtaasti ja uusiutuvasti. Helsinki: Motiva Oy.

Nibe Oy. 2009. Maalämpöpumput – laatua, turvallisuutta, taloudellisuutta. Helsinki: Nibe Oy.

Oilon Oy. 2009. Solarpro - aurinkokeräimet. Lahti: Oilon Oy.

Perälä, R. 2009. Lämpöpumput, Suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmästä. Helsinki: Alfamer Oy.

Rakennustietosäätiö. 2007. Rakennusten lämmitysjärjestelmät. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Tynkkynen, O. 2010. Lämpöässään asiakaslehti. Lapua: Suomen lämpöpumpputekniikka Oy.

SÄHKÖISET LÄHTEET

European Commission. 2010. The EU climate and energy package. European Commission [viitattu 2.6.2010]. Saatavissa:

http://ec.europa.eu/environment/climat/climate_action.htm

Ilmasto.org. 2009. Uusiutuva energia. Ilmasto.org [viitattu 11.3.2010]. Saatavissa: http://www.ilmasto.org/ilmastonmuutos/torjuminen/paastojen_vahentaminen_suomessa/uusiutuva_energia.html

Motiva. 2007. Puun pienpoltto. Motiva Oy [viitattu 24.3.2010]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/ajankohtaista/muut_tiedotteet/2007?1326_m=1337

Motiva. 2008. Energiaa uusiutuvasti. Motiva Oy [viitattu 12.3.2010]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/julkaisut/uusiutuva_energia/energiaa_uusiutuvasti.1027.shtml

Motiva. 2009a. Aurinkoenergia. Motiva Oy [viitattu 11.3.2010]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia

Motiva. 2009b. Aurinkolämpökeräimet. Motiva Oy [viitattu 11.3.2010]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/aurinkokeraimet

Motiva. 2009c. Ehdotus energiansäästön ja energiatehokkuuden toimenpiteiksi. Motiva Oy [viitattu 3.2.2010]. Saatavissa: www.motiva.fi/files/2714/Ehdotus_energiansaaston_ja_energiatehokkuuden_toimenpiteiksi.pdf

Motiva. 2009d. Hake-, pilke-, halkokattilat. Motiva Oy [viitattu 16.2.2010]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/hake-_pilke-_ja_halkokattilat

Motiva. 2009e. Katsaus energian ominaiskulutukseen. Motiva Oy [viitattu 11.3.2010]. Saatavissa: www.motiva.fi/files/2595/Katsaus_energian_ominaiskulutukseen.pdf

Motiva. 2009f. Lämmitysmuodot. Motiva Oy [viitattu 22.2.2010]. Saatavissa:

www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/hake-_pilke-_ja_halkokattilat

Motiva. 2009g. Lämpöä puusta puhtaasti ja uusiutuvasti - Pellettilämmitys. Motiva Oy [viitattu 9.3.2010]. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/julkaisut/uusiutuva_energia/lampoa_puusta_puhtaasti_ja_uusiutuvasti_-_pellettilammitys.1027.shtml

Motiva. 2009h. Pellettilämmitys. Motiva Oy [viitattu 11.3.2010]. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/pellettilammitys

Motiva. 2009i. Tukilämmitysjärjestelmät. Motiva Oy [viitattu 11.3.2010]. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/tukilammitysjarjestelmat

Motiva. 2009j. Tutki pientalosi energiankäyttö. Motiva Oy [viitattu 12.2.2010]. Saatavissa: www.motiva.fi/files/2262/Tee_se_itse_-_kotikatselmus.pdf

Motiva. 2010a. Energian loppukäyttö. Motiva Oy [viitattu 11.3.2010]. Saatavissa: www.motiva.fi/taustatietoa/energian kaytto_suomessa/energian_loppukaytto

Motiva. 2010b. Lämmitysjärjestelmän valinta. Motiva Oy [viitattu 20.2.2010]. Saatavissa:
www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/nain_lammitysjarjestelma_toimii

Motiva. 2010c. Mihin lämpöä tarvitaan. Motiva Oy [viitattu 3.2.2010]. Saatavissa: www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/mihin_lampoa_tarvitaan

Motiva. 2010d. Näin lämmitysjärjestelmä toimii. Motiva Oy [viitattu 7.2.2010]. Saatavissa:

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/nain_lammitysjarjestelma_toimii

Motiva. 2010e. Pientalon lämmitysjärjestelmät. Motiva Oy [viitattu 11.3.2010]. Saatavissa:
[sa:http://www.motiva.fi/julkaisut/pientalon_lammitysjarjestelmat.2193.shtml](http://www.motiva.fi/julkaisut/pientalon_lammitysjarjestelmat.2193.shtml)

Motiva. 2010f. Sähkön hankinta ja kulutus. Motiva Oy [viitattu 11.3.2010]. Saatavissa:
www.motiva.fi/taustatietoa/energiankaytto_suomessa/sahkon_hankinta_ja_kulutus

Motiva. 2010g. Uusiutuva energia. Motiva Oy [viitattu 27.3.2010]. Saatavissa:
www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/

Motiva. 2010h. Vertailu lämmitysmuotojen kustannuksista. Motiva Oy [viitattu 20.4.2010]. Saatavissa:
<http://lammitysjarjestelmat.hosting.ambientia.fi/tyyppitalovertailu.php>

Ohlström, M. 2010a. Ilmastopimukset. Elinkeinoelämän keskusliiton verkkopalvelu [viitattu 11.3.2010]. Saatavissa:
<http://www.ek.fi/www/fi/ilmasto/ilmastopimukset.php>

Ohlström, M. 2010b. Kööpenhaminan ilmastokokous. Elinkeinoelämän keskusliiton verkkopalvelu [viitattu 11.3.2010]. Saatavissa:
<http://www.ek.fi/www/fi/ilmasto/koopendamina/index.php>

Suomen energiateollisuus. 2010. Energiavuosi 2009. Suomen energiateollisuus [viitattu 20.3.2010]. Saatavissa:
<http://www.energia.fi/fi/ajankohtaista/lehdistotiedotteet/energiavuosi%202009%20sähkö.htm>

Suomen ilmatieteen laitos. 2010a. Ilmastonmuutos Suomessa. Suomen ilmatieteen laitos [viitattu 11.3.2010]. Saatavissa:

http://www.fmi.fi/ilmastonmuutos/suomessa_2.html

Suomen ilmatieteen laitos. 2010b. Sää Suomessa tilastotietoa. Suomen ilmatieteen laitos [viitattu 11.3.2010]. Saatavissa: http://www.fmi.fi/saa/tilastot_99.html

Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. 2009. Ilmalämpöpumppuasentajan pätevyyden osoittaminen. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry [viitattu 19.5.2010]. Saatavissa: http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=38&Itemid=49

Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. 2010a. Lämpöpumput. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry [viitattu 6.4.2010]. Saatavissa: http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=125&Itemid=83

Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. 2010b. Maalämpö. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry [viitattu 6.4.2010]. Saatavissa: http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=114

Suomen lämpöpumppuyhdistys ry. 2010c. Ulkoilmalämpöpumppu. Suomen lämpöpumppuyhdistys ry [viitattu 6.4.2010]. Saatavissa: http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=22&Itemid=116

Suomen tilastokeskus Oy. 2010a. Kasvihuonekaasut. Stat Oy [viitattu 30.3.2010]. Saatavissa: www.stat.fi/meta/kas/kasvihuonekaa.html

Suomen tilastokeskus Oy. 2010b. Suomen energian kulutus ja hiilidioksidipäästöt. Stat Oy [viitattu 2.3.2010]. Saatavissa: <http://www.stat.fi/til/ekul/tau.html>

Tala, M. & Von Bell, C 2005 .Kuinka valita pientalon lämmitysjärjestelmä. Suomela Oy [viitattu 3.2.2010]. Saatavissa: <http://www.suomela.fi/kuinka-valita-pientalon-lammitysmenetelma.aspx>

Valtion asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen verkkopalvelu. 2010. Energiaavustukset [verkkojulkaisu]. Valtion asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus [viitattu 20.4.2010]. Saatavissa: <http://www.ara.fi/default.asp?node=1263&lan>

Valtion opetushallituksen verkkopalvelu. 2008. Energian tuotanto. Valtion opetushallitus [viitattu 27.3.2010]. Saatavissa: http://www.edu.fi/teemat/keke/energia/tuotanto.html#ener_tuot_yva

Valtion säädöstietopankki. 2010. Suomen rakentamismääräyskokoelma 2007. Valtion säädöstietopankki [viitattu 16.3.2010]. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2008a. Kioton pöytäkirja. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 11.3.2010]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1885&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. 2008b. YK:n ilmastopöytäkirja. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 11.3.2010]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=564&lan=fi>

Wasenius, A. 2010. Ekolämpöä tupaan. Suomela Oy [viitattu 7.2.2010]. Saatavissa: www.suomela.fi/ekolampo-tupa.aspx

LIITTEET

LIITE 1. Suomessa myytyjen lämpöpumppujen lukumäärä 2005-2008

LIITE 2. Lämmitysjärjestelmien keskimääräiset kustannukset

LIITE 3. Tukilämmitysjärjestelmien vertailu

LIITE 4. Päälämmitysjärjestelmien vertailu

Suomessa myytyjen lämpöpumppujen lukumäärä 2005-2008

Malli	2005 kpl	2006 kpl	2007 kpl	2008 kpl
Maalämpöpumppu	3 500	4500	5 300	7500
Poistolämpöpumppu	1 900	2050	2 500	2200
Ilmalämpöpumppu	17 000	30 000	37 000	48 000
Ilma-, vesilämpöpumppu	7	400	550	2500
Yhteensä	22 407	36 950	45 350	60 200

Oheisessa taulukossa on kuvattu vuosina 2005-2008 Suomessa myytyjen lämpöpumppujen lukumäärä (Suomen lämpöpumppuyhdistys ry 2010a)

Lämmitysjärjestelmien keskimääräiset kustannukset.

Päälämmitysjärjestelmä	Hinta €
Huonekohtainen sähkölämmitys	5000...10 000
Vesikierteinen sähkölämmitys	7500...12 500
Poistoilmalämpöpumppu	7500...12 500
Öljylämmitys	10 000...15 000
Kaukolämpö	10 000...15 000
Ilma- vesilämpöpumppu	10 000...15 000
Pellettilämmitys	10 000...20 000
Maalämpö	12 000...20 000
Savuhormivaraajat	12 000...20 000

Tukilämmitysjärjestelmä	Hinta €
Ilmalämpöpumppu	1200...5000
Aurinkolämpö	2000...6000
Tulisijat ja kamiinat	1000...10 000

Taulukossa on esitetty lämmitysjärjestelmien keskimääräiset kustannukset (euroa) käsittäen: lämmöntuotto-, varastointi- ja lämmönjakojärjestelmät sekä liittymismaksut.

Tukilämmitysjärjestelmien vertailu

INVESTOINTIKUSTANNUKSET	ILMALÄMPÖPUMPPU	AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ
Ilmalämpöpumppu asennettuna	1 700	
Aurinkolämpöjärjestelmä asennettuna		2 000
Aurinkolämpöjärjestelmä itse asennettuna		1 300

POLTTOAINEKUSTANNUKSET	ILMALÄMPÖPUMPPU	AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄ
Sähkö €/kWh	0,1	
ENERGIASISÄLTÖ		
Cop-luku	2	
ENERGIAA KULUU VUODESSA LÄMMITYKSEEN		
Sähköä, kWh	4000	
ENERGIAHYÖTY VUODESSA	4000	1275
TAKAISINMAKSUAIKA, VUOTTA	5	10

Oheisessa taulukossa on kuvattu tukilämmitysjärjestelmien vertailu.

Päälämmitysjärjestelmien vertailu.

INVESTOINTIKUSTANNUKSET	MAALÄMPÖ	PELETTI
Maalämmitysjärjestelmä ja porakaivo asennettuna	14 000	
Pellettikattila ja siilo asennettuna		12 000

POLTTOAINEKUSTANNUKSET	MAALÄMPÖ	PELETTI
Sähkö €/kWh	0,1	
Pelletti €/kWh		0,05
Pelletti €/tonni		250
ENERGIASISÄLTÖ		
Cop-luku	2,5	
Pelletti, kWh/tonni		4700
ENERGIAA VUODESSA kWh	20 000	20 000
ENERGIAA KULUU VUODESSA LÄMMITYKSEEN		
Sähköä, kWh	8000	
Pellettiä, tonnia		4,5
POLTTOAINE MAKSAA YHTEENSÄ , EUROA VUOSI	800	1125

Oheisessa taulukossa on kuvattu päälämmitysjärjestelmien vertailu.