Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

Diplomityö

Öljylämmityksen korvaaminen uusiutuvilla energialähteillä Etelä-Savossa

Replacing oil heating with renewable energy sources in South Savo

Työn tarkastaja: Tapio Ranta

Työn ohjaajat: Mika Laihanen ja Antti Karhunen

Lappeenranta 23.2.2021

Rasmus Naukkarinen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT
School of Energy Systems
Energiatekniikan koulutusohjelma

Rasmus Naukkarinen

Öljylämmityksen korvaaminen uusiutuvilla energialähteillä Etelä-Savossa

Diplomityö 2021
159 sivua, 29 kuvaa ja 27 taulukkoa
Tarkastaja: Professori Tapio Ranta
Ohjaajat: Mika Laihanen ja Antti Karhunen

Hakusanat: Uusiutuva energia, öljylämmitys, pellettilämmitys, hakelämmitys, maalämpöpumppu

Tämän työn päätavoitteina oli selvittää öljyn käytön nykytilanne rakennusten lämmityksessä Etelä-Savossa sekä tarkastella öljylämmityksen korvaamisen kannattavuutta tapaustarkastelun kohteina olleille omakotitalolle ja koulurakennukselle. Työssä tarkastellut uusiutuvat lämmitysjärjestelmät olivat pellettilämmitys, hakelämmitys ja maalämpöpumppu.

Öljylämmitteisten rakennusten tarkkaa määrää on vaikea selvittää yksityishenkilöiden tietosuojan takia. Asuinrakennusten ja asuinrakennuksista erillisten pientalojen määrä on öljylämmitteisistä rakennuksista selvästi suurin. Öljylämmitteisten pientalojen määrä on myös vähentynyt verrattain hitaasti.

Omakotitalon tapauksessa vain pellettilämmitys oli selkeästi kannattava. Maalämpöpumppu olisi kannattava, jos saatavilla olevat tuet ja öljylämmityksen uusinta otetaan huomioon. Omakotitalokohteeseen tarjottu hakelämpökontti ei ollut kannattava, mutta se oli myös tarpeettoman suuri pienrakennukselle. Vanhaan kattilahuoneeseen sijoitettuna hakelämmitys voisi olla kannattava, etenkin tuet ja öljylämmityksen uusinta huomioiden.

Koulurakennuksen tapauksessa hakelämmitys oli kannattavin ja pellettilämmitys toiseksi kannattavin. Kaikki tarkastellut uusiutuvat lämmitysjärjestelmät olivat kuitenkin selkeästi kannattavia, jopa skenaariossa, jossa polttoöljyn hinta laskee vuosittain. Päästölaskelmassa havaittiin, että öljylämmityksen vaihdolla uusiutuvaan lämmitysjärjestelmään saavutetaan huomattavat hiilidioksidipäästövähennykset.

Tuloksista voidaan päätellä, että uusiutuvat lämmitysjärjestelmät ovat sitä kannattavampia, mitä suurempi kohde on kyseessä. Öljylämmitysten korvaamisessa tukitoimet ovat myös erityisen tärkeitä, sillä ainoastaan pellettilämmitys oli selkeästi kannattava omakotitalon tapauksessa. Tuet ovat erityisen merkittäviä siksi, että maalämpöpumppu, jonka kannattavuudelle tuet ovat hyvin tärkeitä, on ollut selkeästi muita vaihtoehtoja suositumpi. Maalämpöpumppujen suosiosta voidaan myös päätellä, etteivät kustannukset välttämättä ole tärkein tekijä lämmitysjärjestelmää valitessa.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT
School of Energy Systems
Degree Programme in Energy Technology

Rasmus Naukkarinen

Master's Thesis 2021
159 pages, 29 figures and 27 tables
Examiner: Professor Tapio Ranta
Supervisors: Mika Laihanen and Antti Karhunen

Keywords: Renewable energy, oil heating, pellet heating, wood chip heating, ground source heat pump

The main objectives of this thesis were to analyse the status of oil heating in South Savo and to study the profitability of replacing oil heating with renewable alternatives. The two studied cases were a single-family home and a school building. The examined renewable heating systems in this thesis were pellet heating, wood chip heating and a ground source heat pump.

It is difficult to estimate the actual number of oil-heated buildings in South Savo due to privacy laws. However, it is clear that residential buildings, especially single-family homes, form the largest group of oil heated buildings. The number of oil heated single-family homes has also decreased relatively slowly.

In the case of the examined single-family home, it was found that only wood pellet heating would be profitable. The ground source heat pump was profitable if the available subsidies and the replacement of the oil heating equipment were taken into consideration. The offered wood chip heating container was too large for the examined house and thus, not profitable. However, a wood chip boiler could be profitable if the existing boiler room is utilised, especially taking into account the available subsidies and the replacement of the oil heating equipment.

In the case of the school building, wood chip heating was the most profitable option followed by pellet heating. All three renewable heating options were markedly profitable, however, even when the price of light fuel oil was assumed to decrease annually. Significant greenhouse gas emission reductions can be achieved by switching from oil heating to a renewable heating system.

The results indicate that the larger the building, the more profitable the renewable heating systems are. Subsidies and other support measures have great importance in replacing oil heating systems since only the pellet heating system was clearly profitable in the case of the single-family home. Different support measures are especially important considering that ground source heat pumps, which were only profitable with subsidies, have been much more popular than the other renewable options. The popularity of ground source heat pumps despite the higher costs also indicates that other factors may be more important than costs in heating system selection.

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä **2**

Abstract **3**

Sisällysluettelo **4**

Symboli- ja lyhenneluettelo **6**

1 Johdanto **9**

2 Energia- ja ilmastopoliittiset tavoitteet **12**
2.1 EU:n tavoitteet 2020 ja 2030 mennessä ... 13
2.2 Energia- ja ilmastotiekartta ... 16
2.3 Edellisen ja nykyisen hallituksen tavoitteet ... 17
2.4 Hiilivapaa Etelä-Savo ... 20

3 Öljyn käyttökohteiden nykytilanne Etelä-Savossa **21**
3.1 Rakennusten lämmitys ... 21
3.2 Koko Suomi verrattuna Etelä-Savoon ... 25

4 Uusiutuvat lämmitysjärjestelmät **29**
4.1 Pellettilämmitys ... 29
4.2 Maalämpöpumput ... 38
4.3 Hakelämmitys ... 44
4.4 Kaukolämpö ... 51
4.5 Päälämmitystä tukevat lämmitysjärjestelmät ... 55
4.5.1 Aurinkolämmitysjärjestelmä ... 55
4.5.2 Ilma-vesilämpöpumput ... 58
4.5.3 Ilmalämpöpumput ... 60
4.5.4 Poistoilmalämpöpumput ... 62

5 Kannustimet ja tukimekanismit **64**
5.1 Energia-avustus ... 64
5.2 Kotitalousvähennys ... 72
5.3 Energiatuki ... 74
5.4 Maaseudun kehittämisohjelma ... 79
5.5 Polttoaineiden verotus ... 82
5.6 Biopolttoaineiden jakeluvelvoite ... 85

6 Tukitoimien vaikutus uusiutuvan energian käyttöön **87**
6.1 Tavoitteet ja tulokset ... 87
6.2 Tukitoimien vertailu ... 89
6.3 Tukitoimet jatkossa ... 92

7 Tapaustarkastelu: omakotitalo **94**
7.1 Korvaava energiantuottojärjestelmä ... 95

7.1.1 Pellettilämmitys 95
7.1.2 Maalämpöpumppujärjestelmä 96
7.1.3 Hakelämmitys 97
7.2 Kustannuslaskelma 99
7.2.1 Investointi- ja työkustannukset 100
7.2.2 Polttoaine-, huolto- ja käyttökustannukset 101
7.2.3 Lämmitysjärjestelmien ominaiskustannukset 105
7.2.4 Ominaiskustannusten herkkyysanalyysi 111
7.2.5 Kannattavuustarkastelu nykyarvomenetelmällä 114
7.2.6 Skenaariotarkastelu ja tukien vaikutus 116
7.3 Päästölaskelma 121
7.3.1 Hiilidioksidipäästöt 122
7.3.2 Muut päästöt 123

8 Tapaustarkastelu: kyläkoulu 126
8.1 Korvaava energiantuottojärjestelmä 126
8.1.1 Maalämpöpumppujärjestelmä 126
8.1.2 Pellettilämmitys 127
8.1.3 Hakelämmitys 128
8.2 Kustannuslaskelma 129
8.2.1 Investointi- ja työkustannukset 129
8.2.2 Polttoaine-, huolto- ja käyttökustannukset 129
8.2.3 Lämmitysjärjestelmien ominaiskustannukset 131
8.2.4 Ominaiskustannusten herkkyysanalyysi 135
8.2.5 Kannattavuustarkastelu nykyarvomenetelmällä 138
8.2.6 Skenaariotarkastelu ja tukien vaikutus 140
8.3 Päästölaskelma 145
8.3.1 Hiilidioksidipäästöt 145
8.3.2 Muut päästöt 145

9 Muut tekijät 147

10 Johtopäätökset 150

11 Yhteenveto 155

Lähdeluettelo 160

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Roomalaiset aakkoset

I	investointikustannus	€
m	massa	kg, t
S	annuiteettikustannus	€

Dimensiottomat luvut

a_n	annuiteettitekijä	-
i	korkokanta	-

Yläindeksit

n	käyttöikä	a

Alaindeksit

n	käyttöikä	a
t	aika	a

Lyhenteet

ARA	Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus
CCS	carbon capture and storage, hiilidioksidin talteenotto ja varastointi
CHP	combined heat and power, sähkön ja lämmön yhteistuotanto
CO_2	hiilidioksidi

ELY	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristö
EPA	Environmental Protection Agency, Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto
ESE	Etelä-Savon Energia
EU	Euroopan unioni
HE	hallituksen esitys
kW	kilowatti
MJ	megajoule
Mtoe	megaöljyekvivalenttitonni
NCF	net cash flows, nettokassavirrat
NO	typpioksidi
NO_x	typen oksidit
NPV	net present value, nettonykyarvo
PM	particulate matter, hiukkaset
ppm	parts per million
RED	renewable energy directive, uusiutuvan energian direktiivi
RIL	Suomen Rakennusinsinöörien Liitto
SO_2	rikkidioksidi
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö

TJ	terajoule
TWh	terawattitunti
UVLP	ilma-vesilämpöpumppu
VNA	valtioneuvoston asetus
VOC	volatile organic compound, haihtuvat orgaaniset yhdisteet

1 JOHDANTO

Öljyllä on perinteisesti ollut suuri rooli rakennusten lämmityksessä Suomessa. Vielä 1970-luvulla kevyen polttoöljyn osuus rakennusten lämmityksessä käytetystä energiasta oli kaikista energialähteistä suurin; tällöin yli puolet asuin- ja palvelurakennusten lämmityksessä käytetystä energiasta tuotettiin kevyellä ja raskaalla polttoöljyllä (Tilastokeskus 2020a). Vuosien varrella sen käyttö on kuitenkin hiipunut ja vuonna 2018 kevyen polttoöljyn osuus oli enää 7,5 prosenttia (Tilastokeskus 2020a). Samanaikaisesti uusiutuvien energialähteiden käyttö rakennusten lämmityksessä on lisääntynyt huomattavasti. Lämpöpumpuista maalämpöpumppujen määrä on yli kaksinkertaistunut 2010-luvulla (Tilastokeskus 2020b), ja lämpöpumppujen osuus asuin- ja palvelurakennusten energiankulutuksesta vuonna 2018 oli jo öljyä suurempi, 8,4 prosenttia (Tilastokeskus 2020a). Kaukolämmön, joka ohitti kevyen polttoöljyn 1980-luvun lopulla, osuus oli vuonna 2018 suurin, 40,8 prosenttia (Tilastokeskus 2020a). Uusiutuvan energian kasvu näkyy myös kaukolämmön tuotannossa – vuonna 2019 kaukolämmöstä 42 prosenttia tuotettiin uusiutuvalla energialla, minkä lisäksi 10 prosenttia kaukolämmöstä oli hukkalämpöä, kun vuonna 2010 uusiutuvan energian osuus oli 17,5 prosenttia ja hukkalämmön osuus 2,5 prosenttia (Energiateollisuus 2020).

Tapahtunut muutos ei ole sattumaa, vaan se on teknologisen kehityksen lisäksi saavutettu eri ohjauskeinojen, kuten tukien ja verojen avulla. Ohjauskeinoilla on edistetty ilmastonmuutoksen hidastamiseksi asetettujen tavoitteiden saavuttamista. Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi uusiutuvalle energialle ja kasvihuonekaasupäästövähennyksille on sekä kansallisia että EU:n asettamia tavoitteita. Näistä kansalliset tavoitteet, etenkin nykyisen, vuonna 2019 valtaan astuneen hallituksen asettamat tavoitteet, ovat erittäin kunnianhimoisia. Tavoitteiden koventuessa tarve päästä eroon fossiilisia polttoaineita käyttävistä lämmitysjärjestelmistä syvenee entisestään. Vaikka öljyn käyttö rakennusten lämmityksessä on vähentynytkin, ei öljylämmitysten poistuminen ole edennyt kaikkialla niin nopeasti kuin olisi haluttu tai odotettu. Erityisesti vanhojen öljylämmityskohteiden siirtyminen uusiutuviin lämmitysjärjestelmiin on ollut hidasta.

Tämän työn tavoitteena onkin tutkia öljyn käyttökohteiden korvaamista uusiutuvilla vaihtoehdoilla Etelä-Savossa. Työssä keskitytään öljyn käyttöön rakennusten lämmityksessä, ja öljyn käyttökohteista työkoneet ja liikenne ovat rajattu tarkastelun ulkopuolelle. Työ on osa Hiilivapaa Etelä-Savo-hanketta, jonka tavoitteena on löytää keinoja hiilidioksidivapaan Etelä-Savon tavoitteiden saavuttamiseksi mahdollisimman kustannustehokkaasti.

Työn tavoitteena on analysoida Etelä-Savon nykyisiä öljynkäyttökohteita, potentiaalisia öljyn korvaavia energiamuotoja ja selvittää sekä tukien, ohjauskeinojen että muiden tekijöiden vaikutusta öljylämmittäjien halukkuuteen investoida korvaaviin lämmitysjärjestelmiin. Öljynkäyttökohteiden, öljylämmityksen korvaavien lämmitysjärjestelmien ja tukien analysointi tehdään kirjallisuuslähteiden perusteella. Työn tärkein tavoite on analysoida öljylämmityksen korvaamisen kustannuksia ja kannattavuutta, vaihtoehtoisten lämmitysjärjestelmien kilpailukykyä sekä lämmitysjärjestelmän vaihdolla saavutettavia päästövähennyksiä kahdelle Etelä-Savossa sijaitsevalle tapaustarkastelun kohteelle. Tapaustarkastelun kohteet ovat Mikkelissä sijaitseva koulurakennus ja omakotitalo. Kohteisiin pyydetään tarjoukset korvaavista lämmitysjärjestelmistä, jotka tässä työssä ovat hakelämmitys, pellettilämmitys ja maalämpöpumppu. Yrityksiltä pyydetään arviot uuden lämmitysjärjestelmän investointi-, työ-, asennus-, huolto- sekä polttoainekustannuksille. Loput laskennassa käytettävät arvot selvitetään kirjallisuudesta.

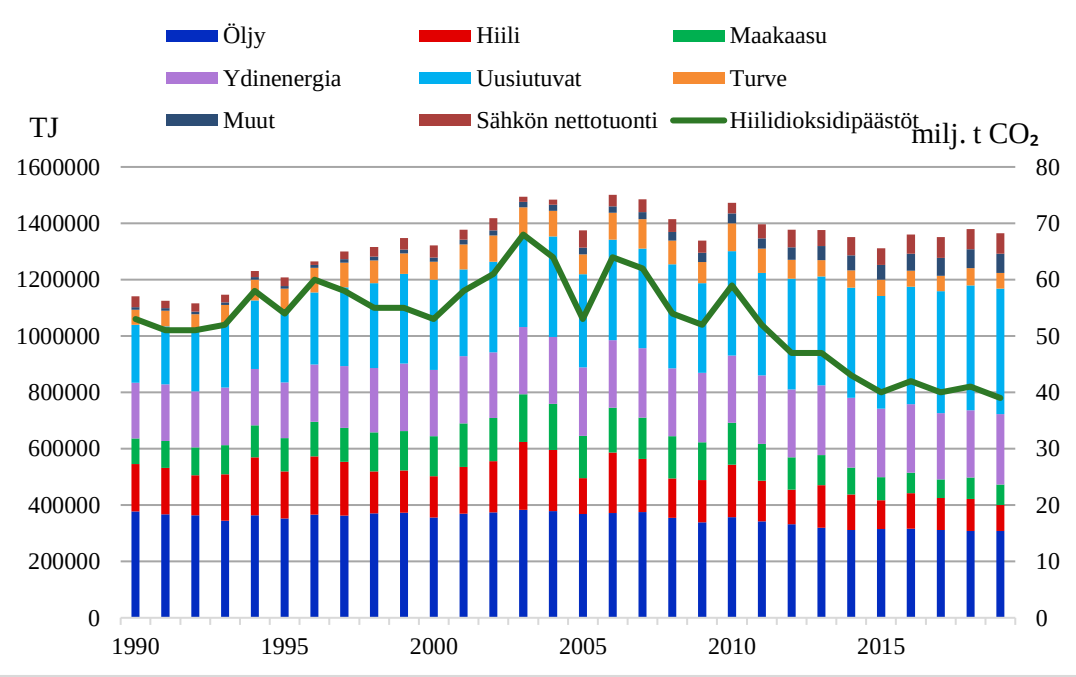
Työn kirjallisuusosassa käydään ensin läpi kansalliset ja EU:n asettamat ilmasto- ja energiatavoitteet. Ilmasto- ja energiatavoitteista käydään läpi EU:n tavoitteet vuosille 2020 ja 2030, vuonna 2014 valmistunut energia- ja ilmastotiekartta sekä edellisen että nykyisen hallituksen tavoitteet. Edellisen, vuosina 2015-2019 vallassa olleen hallituksen, ja nykyisen hallituksen tavoitteiden osalta erityistä huomiota kiinnitetään öljynkäyttöön ja rakennusten lämmitykseen liittyviin tavoitteisiin, päätöksiin ja tukitoimiin. Ilmasto- ja energiatavoitteiden jälkeen työn kolmannessa luvussa käydään läpi öljynkäytön nykytilannetta rakennusten lämmityksessä Etelä-Savossa. Öljynkäytön nykytilanteen tarkastelun jälkeen neljännessä luvussa esitellään sekä öljylämmityksen korvaavia

uusiutuvia lämmitysjärjestelmiä että päälämmitysjärjestelmän tukena toimivia uusiutuvia lämmitysjärjestelmiä. Lämmitysjärjestelmien esittelyn jälkeen viidennessä luvussa käydään läpi uusiutuville lämmitysjärjestelmille käytössä olevia kannustimia ja tukimenetelmiä. Kuudennessa luvussa vertaillaan tukimenetelmiä niiden tavoitteiden, tulosten ja tehokkuuden kannalta, sekä tarkastellaan niiden tulevaisuutta.

Työn varsinaisessa laskentaosuudessa lasketaan ominaiskustannukset, kannattavuus ja takaisinmaksuaika öljylämmityksen korvaaville lämmitysjärjestelmille. Laskentaosuudessa tarkastellaan myös lähtöarvojen, kuten öljyn hinnan, investointikustannusten ja käyttökustannusten vaikutusta laskennan lopputulokseen. Kustannuslaskelman jälkeen työssä lasketaan lämmitysjärjestelmän vaihdolla saavutetut päästövähennykset. Lopuksi työssä pohditaan kustannusten lisäksi muita lämmitysjärjestelmän vaihtoon vaikuttavia tekijöitä.

2 ENERGIA- JA ILMASTOPOLIITTISET TAVOITTEET

Ilmastonmuutos ja sen aiheuttamat vaikutukset, kuten lämpötilan nousu ovat olleet viime vuosina yksi tärkeimmistä yhteiskunnallisen keskustelun aiheista Suomessa. Ilmastonmuutoksen käsittely ei kuitenkaan ole jäänyt vain puheen tasolle, vaan sen hidastamiseksi on solmittu sopimuksia ja asetettu tavoitteita, joiden saavuttamiseksi on puolestaan tehty käytännön toimenpiteitä. Nämä sopimukset ja tavoitteet tähtäävät kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen, joka voidaan saavuttaa parantamalla energiatehokkuutta ja korvaamalla fossiilisia polttoaineita energiantuotannossa uusiutuvilla energialähteillä. Yksi fossiilisista polttoaineista, joiden käyttöä halutaan vähentää, on öljy, jota käytetään eniten liikenteessä, työkoneissa ja rakennusten lämmityksessä (Huttunen 2017, 32). Öljyn käytön vähentäminen on erityisen tärkeää, sillä sen osuus energiankokonaiskulutuksesta Suomessa oli puupolttoaineiden jälkeen vuonna 2019 toiseksi suurin, 22,6 prosenttia (Tilastokeskus 2020c).



Kuva 1. Energian kokonaiskulutus ja hiilidioksidipäästöt 1990-2019 (Tilastokeskus 2020c).

Öljyn korkea osuus näkyy luonnollisesti myös sen aiheuttamissa päästöissä; öljyn osuus rakennusten erillislämmityksen taakanjakosektorille, eli maakohtaiselle, päästökauppajärjestelmän ulkopuolelle jäävälle sektorille kohdistuvista päästöistä on kaikista lämmitysvaihtoehdoista suurin, noin 12 prosenttia (Ympäristöministeriö 2017, 63). Öljylämmitteisten rakennusten määrä on kuitenkin laskenut viime vuosina; kun vuonna 2011 öljylämmitteisten pientalojen määrä Suomessa oli noin 183 000 (Laihanen & Karhunen 2019), oli vuonna 2019 niiden määrä enää noin 150 000 (Lämmitysenergia Yhdistys 2020). Vaikka öljylämmitteisten rakennusten määrä on siis laskenutkin, on öljylämmityksen osuus päästöistä yhä huomattava.

Tässä luvussa tarkastellaankin sekä nykyisen, vuonna 2019 valtaan astuneen hallituksen, että edellisen hallituksen tekemiä öljyn käyttöön liittyviä päätöksiä ja tavoitteita. Tämän lisäksi luvussa käsitellään yleisesti päästöjen vähentämiseen ja uusiutuvaan energiaan liittyviä kansallisia ja kansainvälisiä tavoitteita. Luvussa käydään esitellään myös lyhyesti Hiilivapaa Etelä-Savo-hanke.

2.1 EU:n tavoitteet 2020 ja 2030 mennessä

Euroopan unioni on ollut jo pidemmän aikaa aktiivinen unionin yhteisen energia- ja ilmastopolitiikan luomisessa. Ensimmäiset, yhteiset ilmastotavoitteet asetettiin vuodelle 2020 vuonna 2007 Eurooppa-neuvoston toimesta. Neuvoston luomassa paketissa unionille asetettiin yhteiseksi tavoitteeksi vähentää päästöjä 20 prosentilla, nostaa uusiutuvan energian osuus 20 prosenttiin ja parantaa energiatehokkuutta 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä. Kasvihuonekaasupäästövähennyksiä verrataan vuoden 1990 tasoon ja ne toteutetaan suurimmaksi osaksi päästökauppajärjestelmän kautta. Päästökaupan ulkopuoliset päästövähennykset sen sijaan jaettiin unionin jäsenille bruttokansantuotteen perusteella väliltä ±20 prosenttia. Päästövähennykset siis jakautuvat päästökauppasektorille ja sen ulkopuoliselle, maakohtaiselle niin sanotulle taakanjakosektorille. Suomen velvollisuudeksi tuli vähentää päästökaupan ulkopuolisia päästöjä 16 prosentilla. Myös uusiutuvan energian osuuden kasvattaminen jaettiin jäsenvaltioiden kesken. Suomen velvoitteeksi tuli nostaa uusiutuvan energian osuus 38

prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Liikenteen osalta EU:n tavoitteena on kasvattaa uusiutuvan energian osuus 10 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä, mutta Suomessa päätettiin asettaa tavoitteeksi 20 prosenttia. (Huttunen 2017, 11; 20-21; 30.)

Vuoden 2020 tavoitteiden saavuttaminen on Suomen osalta edennyt erinomaisesti. Uusiutuvan energian osuus Suomen energiantuotannosta oli 39 prosenttia jo vuonna 2014, kun Suomen tavoitteeksi oli asetettu 38 prosenttia vuoteen 2020 mennessä (Huttunen 2017, 30). Uusiutuvan energian osuus on jatkanut kasvuaan, ja vuonna 2018 sen osuus oli 41 prosenttia (Tilastokeskus 2019a). Myös liikenteelle asetettu 10 prosentin tavoite saavutettiin jo vuonna 2014 (Huttunen 2017, 30). Liikenteen uusiutuvan energian tavoitteiden saavuttamisessa auttaa vuonna 2007 säädetty laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä. Laki 446/2007 velvoittaa liikennepolttoaineiden jakelijoita toimittamaan biopolttoaineita kulutukseen lain vaatiman määrän verran (L 13.4.2007/446, §5). Lain velvoittama prosenttiosuus lasketaan biopolttoaineiden energiasisällön osuudesta jakelijan toimittamien polttoaineiden kokonaisenergiasisällöstä (L 13.4.2007/446, §5). Vuonna 2019 tämä jakeluvelvoite on 18 prosenttia ja vuonna 2020 20 prosenttia (L 13.4.2007/446, §5). Jakeluvelvoite saavuttaa huippunsa vuonna 2029, jolloin vaadittu biopolttoaineiden osuus on 30 prosenttia (L 13.4.2007/446, §5). Päästökaupan ulkopuolisille päästöille Suomelle asetettu tavoite oli 16 prosenttia vuoteen 2020 mennessä. Jokaisella jäsenvaltiolla on lineaarinen tavoitepolku vuodesta 2013 vuoteen 2020 tavoitteen saavuttamiseksi (Huttunen 2017, 30). Tavoitepolun kolmena ensimmäisenä vuonna Suomen päästökaupan ulkopuoliset päästöt jäivät asetetun päästörajan alle (Huttunen 2017, 30). Tämä on kuitenkin osittain ollut heikon taloustilanteen ja lämpimän sään ansiota (Huttunen 2017, 30). Vuosina 2016 ja 2018 Suomen päästökaupan ulkopuoliset päästöt ylittivät tavoitepolun asettaman päästörajan (Tilastokeskus 2019b). Aikaisempien vuosien alitukset kuitenkin kompensoivat näiden vuosien ylitykset (Tilastokeskus 2019b).

EU on asettanut tavoitteita myös vuodelle 2030. Vuoden 2018 joulukuussa astui voimaan uudistettu uusiutuvan energian direktiivi, RED II (Euroopan komissio 2019). Uudistetussa direktiivissä päätettiin nostaa unionin yhteinen tavoite uusiutuvan energian

osuudelle 32 prosenttiin vuonna 2030 (Euroopan komissio 2019), kun aikaisempi ehdotus oli 27 prosenttia (Huttunen 2017, 24). Uusiutuvan energian direktiivissä on myös asetettu erillinen tavoite liikenteelle. Direktiivin mukaan uusiutuvan energian osuus liikenteessä käytetystä energiasta täytyy olla 14 prosenttia vuoteen 2030 mennessä (Euroopan komissio 2019). Toisin kuin vuoden 2020 tavoitteet, direktiivi ei sisällä sitovia maakohtaisia tavoitteita uusiutuvan energian osuudelle loppukulutuksesta (Grönlund 2019). Ainoa jäsenvaltioiden maakohtainen velvoite uusiutuvan energian osuuden suhteen on pitää se vuoden 2020 tavoitteiden tasolla, eli Suomen tapauksessa 38 prosentissa (Grönlund 2019). Myös energiatehokkuuden direktiiviä uudistettiin. Uudistetussa energiatehokkuuden direktiivissä vuoden 2030 tavoitteeksi asetettiin 32,5 prosentin energiatehokkuuden parannus (2018/2002/EU, 211), kun aikaisempi ehdotus oli 27 prosenttia (Huttunen 2017, 24). Uudistettu direktiivi velvoittaa jäsenvaltioita saavuttamaan kaudella 2021-2030 kumulatiivisen loppukäytön energiasäästön, joka vastaa 0,8 prosentin vuosittaista säästöä loppuenergian käytöstä (2018/2002/EU, 212). Käytännössä tämä tavoite tarkoittaa, ettei EU:n primäärienergian kulutus saa olla suurempi kuin 1273 Mtoe ja loppukulutus suurempi kuin 956 Mtoe (2018/2002/EU, 211). Vuoden 2020 EU:n energiatehokkuuden tavoitetta ei olla saavuttamassa (Huttunen 2019), joten vuoden 2030 tavoitetta voidaan pitää haastavana.

Direktiivi sisältää kuitenkin uusiakin tavoitteita. Nyt uusiutuvan energian osuutta lämmityksessä ja jäähdytyksessä halutaan lisätä, minkä takia jäsenvaltioilla on velvoite kasvattaa uusiutuvan energian osuutta näillä osa-alueilla määrätyn prosenttiyksikön verran vuodessa vuoteen 2030 saakka (2018/2001/EU, 122). Kasvua verrataan vuonna 2020 saavutettuun tasoon ja kasvua tarkkaillaan kahden eri kauden, vuosien 2021-2025 ja vuosien 2026-2030 aikana (2018/2001/EU, 122). Kausien aikana saavutetun keskiarvon täytyy olla vähintään yhtä suuri kuin velvoitettu vuosittainen kasvu (2018/2001/EU, 122). Suomessa vaadittu kasvu uusiutuvan energian osuudelle lämmityksessä ja jäähdytyksessä on 0,55 prosenttia vuodessa (Huttunen 2019).

2.2 Energia- ja ilmastotiekartta

Energia- ja ilmastotiekartta 2050 on Jyrki Kataisen johtaman hallituksen asettaman komitean vuonna 2014 julkaisema raportti, jossa pohditaan keinoja vähähiilisen yhteiskunnan saavuttamiseksi. Tiekartan tehtävänä on toimia strategisen tason ohjeena hiilineutraalin yhteiskunnan saavuttamiseksi. Tiekartassa linjattu tavoite on kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 80-95 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi tiekartassa esitetään erilaisia keinoja, kuten uusiutuvan energian osuuden lisääminen energiateollisuudessa, biopolttoaineiden käyttö liikenteessä, autovalmistajille asetettavat raja-arvot ja liikennekulttuuria muuttava kaupunkisuunnittelu. Rakennusten ja rakentamisen osalta tarvittavia toimia ovat älyjärjestelmät, nollaenergiarakentaminen vuoden 2020 jälkeen ja energiatehokkuus korjausrakentamisessa. Myös muita toimia tarvitaan, esimerkiksi jätteiden hyödyntämistä energiantuotannossa, jätteiden kierrätystä ja ennaltaehkäisyä sekä maatalousbiomassan hyödyntämistä energiantuotannossa. (Vapaavuori et al. 2014, 9; 12.)

Edellä mainitut toimenpiteet eivät kuitenkaan yksinään ole riittäviä 80-95 prosentin päästövähennyksen saavuttamiseksi; päästötavoitteisiin päästään kaikissa tarkastelluissa skenaarioissa vain, jos oletukset teknologian kehityksestä toteutuvat. Erityisen tärkeä päästövähennyksien saavuttamisen kannalta on hiilidioksidin talteenotto- ja varastointiteknologia, CCS. Myös ydinvoimakapasiteetin kehitys ja puuperäisen biomassan kestävyyskriteerit vaikuttavat päästövähennystavoitteiden saavuttamiseen merkittävästi. (Vapaavuori et al. 2014, 19.)

Rakennusten ja rakentamisen osalta tiekartta mainitsee korjausrakentamisen tärkeyden kasvavan jatkossa. Tiekartan mukaan korjausrakentamisessa voidaan tarvittaessa ottaa käyttöön ohjauskeinoja energiatehokkuusmahdollisuuksien hyödyntämiseksi. Myös uusiutuvan energian osuutta rakennusten lämmityksessä halutaan luonnollisesti lisätä. Tiekartan laatimisen aikoihin uusiutuvan energian osuus rakennusten lämmitysjärjestelmien tuottamasta energiasta, pois lukien kaukolämpö, oli noin 60 prosenttia. Rakennusten öljylämmitysten osalta tiekartta ei suosittele uusia toimia, vaan

toteaa, että öljylämmitysjärjestelmät poistuvat käytöstä jo nykyisillä toimilla. (Vapaavuori et al. 2014, 40; 45.)

2.3 Edellisen ja nykyisen hallituksen tavoitteet

Sekä nykyinen, vuonna 2019 nimitetty Sanna Marinin johtama, että sitä edeltänyt, Juha Sipilän johtama hallitus, ovat hallitusohjelmissaan asettaneet kunnianhimoisia ilmastotavoitteita. Juha Sipilän hallitusohjelmassa biotalous ja puhtaat ratkaisut olivat merkittävässä roolissa. Yksi edellisen hallituksen kärkihankkeista oli ”Hiilettömään, puhtaaseen ja uusiutuvaan energiaan kustannustehokkaasti”. Tämä hanke piti sisällään useita energia- ja ilmastotavoitteita. Hankkeen tavoitteisiin kuuluivat muun muassa uusiutuvan energian osuuden nostaminen yli 50 prosenttiin 2020-luvulla, hiilen käytöstä poistaminen ja tuontiöljyn määrän puolittaminen 2020-luvulla, liikenteen biopolttoaineiden osuuden nostaminen 40 prosenttiin 2030 mennessä, tuontiöljyn korvaamiseen uusiutuvilla energiamuodoilla kannustaminen rakennusten lämmityksessä ja hiilineutraalien vaihtoehtojen käytön tukeminen julkisella sektorilla. (Huttunen 2017, 25-26.)

Öljyn osalta, kuten jo mainittiin, edellisen hallituksen luoma kansallinen energia- ja ilmastostrategia tavoittelee suuria vähennyksiä. Tavoitteena on tuodun öljyn määrän puolittaminen 2020-luvulla. Öljyä kuluu eniten liikenteessä, työkoneissa ja rakennusten lämmityksessä (Huttunen 2017, 32). Vaikka myös rakennusten lämmityksessä ja työkonekäytössä öljyn määrää pyritään vähentämään, kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa suurimmat vähennykset saavutetaan liikenteessä (Huttunen 2017, 36). Kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa suunnitellaan bionesteen sekoitusvelvoitteen käyttöönottoa myös rakennusten lämmitykselle ja työkoneille (Huttunen 2017, 52-53). Velvoite olisi kuitenkin pienempi kuin liikenteelle, 10 prosenttia (Huttunen 2017, 52-53).

Vaikka Sipilän hallituksen ilmasto- ja energiatavoitteet olivat kunnianhimoisia, nykyisen hallituksen hallitusohjelmaan kirjatut tavoitteet ovat entistäkin korkeammalla. Kun energia- ja ilmastotiekartan tavoitteena oli luoda tavoitepolku hiilineutraaliin

yhteiskuntaan vuoteen 2050 mennessä, tavoittelee nykyinen hallitus hiilineutraaliutta jo vuoteen 2035 mennessä ja hiilinegatiivisuutta pian sen saavuttamisen jälkeen. Marinin hallitus ei tavoittele pelkästään hiilineutraaliutta, vaan tavoitteena on myös tehdä Suomesta maailman ensimmäinen fossiilivapaa yhteiskunta. Fossiilivapauden saavuttamiseksi hallitusohjelmaan on listattu erilaisia keinoja. Näihin keinoihin kuuluvat muun muassa teollisuuden energiaveron palautusjärjestelmän poistaminen, II veroluokan sähköveron alentaminen, merituulivoimaloiden kiinteistöveron madaltaminen ja sähkön varastoinnin kaksinkertaisen verotuksen poistaminen pumppuvoimaloilta ja pienemmiltä akuilta. Tämän lisäksi tukitoimia kohdistetaan enemmän investointi- ja demonstraatiohankkeisiin tuotantotuen sijaan. Kivihiilen käytön lopettamista energiantuotannossa nopeutetaan tukemalla ennen vuotta 2026 siitä luopuvien voimalaitosten korvausinvestointeja. (Valtioneuvosto 2019a.)

Tämän työn kannalta relevantein osa nykyisen hallituksen ilmastopolitiikkaa on öljyn suhteen tehdyt linjaukset. Lämmityksessä käytetystä öljystä hallitus haluaa luopua hiljalleen 2030-luvun alkuun mennessä. Valtion ja kuntien omistamissa kiinteistöissä öljystä on tavoitteena luopua jo vuoteen 2024 mennessä. Yksityisten öljynkäyttäjien öljystä luopumiseen kannustamiseksi hallitus haluaa aloittaa erillisen toimenpideohjelman 2020-luvun aikana. Lämmitysöljyn lisäksi hallitus on tehnyt muitakin linjauksia asumisen ja rakentamisen suhteen. Asumisen ja rakentamisen hiilijalanjäljen pienentämiseksi hallitus haluaa perustaa energia-avustusjärjestelmän, joka tukisi erityisesti taloyhtiöitä energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävissä toimenpiteissä. Sen lisäksi sähköautojen latausinfrastruktuurin rakentamistuelle annettaisiin korotettua tukea. Myös kotitalousvähennys, joka pienenee vuoden 2020 alussa (Valtioneuvosto 2019b), saattaisi kokea muutoksia. Energiaremonttien suunnittelukustannuksien sisällyttämistä kotitalousvähennyksen piiriin selvitetään, samoin sitä, josko fossiilista lämmitysjärjestelmistä luopuville sovellettaisiin korotettua vähennysprosenttia. (Valtioneuvosto 2019a.)

Siitä huolimatta, että Sipilän hallituksen luomassa ilmasto- ja energiastrategiassa mainitaan tuontiöljyn korvaamiseen uusiutuvilla energiamuodoilla kannustaminen

rakennusten lämmityksessä, eivät kannustimet lisääntyneet tai parantuneet viime vuosina, vaan pikemminkin päinvastoin. Energia-avustus, jota käsitellään tarkemmin luvussa viisi, oli pientaloille myönnetty harkinnanvarainen investointituki, jota myönnettiin laitehankintoihin, jotka paransivat energiataloutta, pienensivät energiankulutusta tai ottivat käyttöön uusiutuvan lämmitysjärjestelmän. Energia-avustusten myöntäminen kuitenkin lopetettiin vuodesta 2017 alkaen (ARA 2016). Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen (ARA), jonka vastuulla avustusten myöntäminen oli, ylitarkastajan mukaan syynä energia-avustuksen lopettamiseen oli valtion huono taloudellinen tilanne (Pietiläinen 2016). Energia-avustuksen lisäksi toista, lämmitysjärjestelmän vaihtamiseen käytettyä kannustinta, kotitalousvähennystä, on pienennetty. Toisin kuin energia-avustus, kotivähennys ei poistunut käytöstä, mutta sen maksimimäärä pieneni vuoden 2020 alusta lähtien nykyisen hallituksen toimesta (Valtioneuvosto 2019b). Myös kotitalousvähennyksen määrän laskun taustalla ovat taloudelliset syyt (Valtioneuvosto 2019c). Energia- ja ilmastotiekartassa mainittiin, että öljylämmitykset poistuvat käytöstä jo itsestäänkin toimilla, joihin energia- ja ilmastotiekartan kirjoittamisen aikaan kuuluivat energia-avustus ja enimmäismäärältään suurempi kotitalousvähennys. Öljylämmityksistä halutaan siis eroon, mutta niiden poistumista edesauttavia tukitoimia on karsittu tai heikennetty. Nykyinen hallitus on kuitenkin reagoinut tilanteeseen, ja työn kirjoittamisen aikaan kävikin ilmi, että energia-avustusten myöntäminen öljylämmityksestä luopuville rakennuksille käynnistyy uudestaan vuonna 2020 ja jatkuu vuoden 2022 syksyyn asti, tai kunnes avustuksille myönnetyt määrärahat loppuvat (ELY-keskus 2020). Tämän lisäksi, kuten mainittiin, hallitus aikoi selvittää, josko fossiilisista lämmitysjärjestelmistä luopuvat voisivat saada korotettua kotitalousvähennystä. Aikaisemmista tuista energia-avustuksen poistuminen ja nyt kotitalousvähennyksen pienentäminen johtuivat rahan puutteesta. Nyt vaikuttaisi selkeästi siltä, että tahtoa päästä eroon fossiilisia polttoaineita käyttävistä lämmitysjärjestelmistä on entistä enemmän, joten erilaisia tukitoimia ja -ohjelmia voidaan odottaa jatkossakin EU:n vuodelle 2030 asettamien tavoitteiden uusiutuvan energian osuudesta rakennusten lämmityksessä ja jäähdytyksessä, sekä hallituksen omien, erittäin kunnianhimoisten tavoitteiden saavuttamiseksi.

2.4 Hiilivapaa Etelä-Savo

Tämä työ on osa Hiilivapaa Etelä-Savo-hanketta. Hankkeen tavoitteena on selvittää kustannus- ja päästötehokkaimmat keinot hiilineutraaliuden saavuttamiseksi Etelä-Savossa. Hankkeessa tarkastellaan päästöjen vähentämisen aluetaloudellisia vaikutuksia ja toteutetaan talous- ja päästölaskelmia seutukunnittain. Hankkeessa on muun muassa luotu energiatase Etelä-Savon alueelle ja tarkasteltu metsänkäytön vaikutusta hiilitasapainoon. Yksi hankkeen tärkeimmistä tavoitteista on asettaa ajalliset tavoitteet energiantuotannolle, -käytölle ja hiilensidonnalle sekä luoda mittarit, joilla näiden saavuttamista voidaan seurata.

Tämän työn tavoitteena on selvittää öljylämmityksen korvaamista uusiutuvilla energiamuodoilla. Öljyä käytetään eniten liikenteessä, työkoneissa ja rakennusten lämmityksessä. Öljyn käyttökohteista tässä työssä keskitytään rakennusten lämmitykseen. Vanhojen öljylämmityskohteiden siirtyminen uusiutuviin vaihtoehtoihin on edistynyt verrattain hitaasti, joten on tärkeää selvittää eri vaihtoehtojen hyviä ja huonoja puolia, ihmisten investointihalukkuuteen vaikuttavia tekijöitä sekä lisätä tietoisuutta öljylämmityksen korvaavista lämmitysmuodoista.

3 ÖLJYN KÄYTTÖKOHTEIDEN NYKYTILANNE ETELÄ-SAVOSSA

Rakennusten lämmityksessä on tapahtunut viime vuosina paljon muutoksia. Joidenkin lämmitysmuotojen, kuten öljylämmityksen, suosio on hiipunut runsaasti, kun taas esimerkiksi lämpöpumppujen määrä on kasvanut vuosi vuodelta suuremmaksi. Tässä luvussa tarkastellaan öljylämmitteisten rakennusten nykytilannetta Etelä-Savossa. Öljylämmitteisten rakennusten lisäksi luvussa tarkastellaan myös muiden lämmitysjärjestelmien nykytilaa ja lämmitysjärjestelmien viimeaikaista kehitystä koko Suomen mittakaavassa.

3.1 Rakennusten lämmitys

Etelä-Savon maakuntaan kuuluvat Enonkoski, Heinävesi, Hirvensalmi, Joroinen, Juva, Kangasniemi, Mikkeli, Mäntyharju, Pertunmaa, Pieksämäki, Puumala, Rantasalmi, Savonlinna ja Sulkava. Vuonna 2017 näissä kunnissa oli yhteensä 58 544 rakennusta (Tilastokeskus 2018a). Samana vuonna öljyä käyttäviä kohteita Etelä-Savossa oli 9769 (Laihanen & Karhunen 2019), eli 16,7 prosenttia kaikista kohteista. Taulukkoon 1 on jaoteltu kunnittain rakennusten määrä (Tilastokeskus 2018a), öljyä käyttävien kohteiden määrä (Laihanen & Karhunen 2019), käytetty öljyn määrä (Laihanen & Karhunen 2019) ja öljynkäyttökohteiden prosentuaalinen osuus kaikista kiinteistöistä. Kesämökit on jätetty rakennusten määrästä pois, sillä vain yhdellä prosentilla mökeistä Suomessa oli vuonna 2015 vesi- tai ilmakeskuslämmitys (FCG 2016)

Taulukko 1. Etelä-Savon kuntien öljyn käyttö rakennusten lämmityksessä (Tilastokeskus 2018a) (Laihanen & Karhunen 2019).

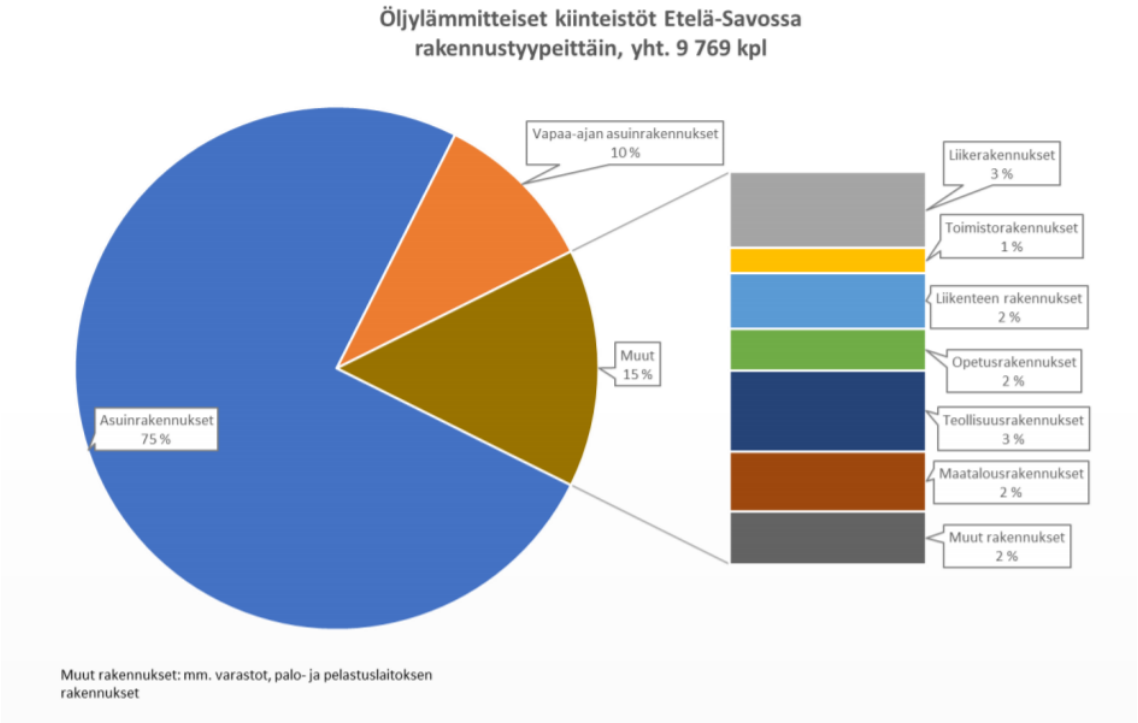
	Käytetty öljy [GWh]	Rakennusten lukumäärä	Öljynkäyttökohteet	Öljynkäyttökohteiden osuus [%]
Enonkoski	7,5	874	82	9,4
Heinävesi	20	2197	245	11,2
Hirvensalmi	13,2	1403	219	15,6
Joroinen	40,2	2381	446	18,7
Juva	41	3157	439	13,9
Kangasniemi	33,1	2971	403	13,6
Mikkeli	151,1	16694	3093	18,5
Mäntyharju	33,2	3143	661	21,0
Pertunmaa	12,7	1168	223	19,1
Pieksämäki	70,6	6967	1263	18,1
Puumala	16,1	1572	227	14,4
Rantasalmi	26,7	2051	256	12,5
Savonlinna	136,3	12336	1954	15,8
Sulkava	22,9	1630	258	15,8
Yhteensä	624,6	58544	9769	16,7

Kuten voisi odottaa, väkiluvultaan suurimmissa kunnissa, Pieksämäellä, Mikkelissä ja Savonlinnassa on eniten öljynkäyttökohteita. Näistä kahdessa, Mikkelissä ja Pieksämäellä on myös prosentuaalisesti paljon öljynkäyttökohteita, Mikkelissä 18,5 prosenttia ja Pieksämäellä 18,1 prosenttia. Prosentuaalisesti eniten öljylämmitteisiä rakennuksia oli pienemmissä kunnissa, Mäntyharjulla, Pertunmaalla ja Joroisissa, joista eniten öljylämmitteisiä rakennuksia oli Mäntyharjulla, 21 prosenttia kaikista rakennuksista. Vähiten öljylämmitteisiä kohteita suhteessa kaikkiin rakennuksiin oli Enonkoskella, 9,4 prosenttia.

Taulukon 1 luvut Etelä-Savon öljynkäyttökohteista eivät kuitenkaan ole täysin tarkkoja; osa öljylämmitteisistä rakennuksista on jo vaihtanut lämmitysjärjestelmää, eikä kohteiden analysointi onnistu täysin yksityishenkilöiden tietosuojan takia (Laihanen & Karhunen 2019). Asiantuntija-arvion mukaan öljylämmitteisiä rakennuksia on Etelä-Savossa noin 6000-7000 (Laihanen & Karhunen 2019). Myös Tilastokeskuksen tietokannan mukaan (2018b), joka tilastoi rakennuksia käyttötarkoituksen, lämmitysaineen, vuoden ja alueen perusteella, öljylämmitteisten rakennusten määrä Etelä-Savossa on matalampi. Kyseisen tietokannan mukaan esimerkiksi Mikkelissä vuonna 2017 oli 2803 öljy- tai kaasulämmitteistä rakennusta, Savonlinnassa 1732, Pieksämäellä 1095 kappaletta ja

Etelä-Savossa yhteensä 8163 kappaletta (Tilastokeskus 2018b). Tilastokeskuksen lukuja käyttäen prosentuaalisesti eniten öljylämmitteisiä rakennuksia olisi Mikkelissä, 16,8 prosenttia, ja toiseksi eniten Pieksämäellä, 15,7 prosenttia (Tilastokeskus 2018b). Koko Etelä-Savossa öljylämmitteisten rakennusten osuus olisi 13,9 prosenttia (Tilastokeskus 2018b). Tilastokeskuksen tietokantaan eivät sisälly ei-vakituisesti asutut vapaa-ajan asunnot, kuten kesämökit tai maatalousrakennukset (Tilastokeskus 2018b). Onkin siis selvää, että täysin tarkkoja tietoja kaikkien öljylämmitteisten rakennusten määrästä Etelä-Savon alueella ei ole saatavilla.

Lukumäärän lisäksi öljylämmitteisiä kohteita voidaan analysoida ja jaotella myös muilla perusteilla, kuten rakennustyypin ja lämmitystehon perusteella. Kuvassa 2 on esitetty öljylämmitteisten rakennusten jakautuminen rakennustyypeittäin Etelä-Savossa vuonna 2017.



Kuva 2. Öljylämmitteiset kiinteistöt Etelä-Savossa vuonna 2017 rakennustyypeittäin lajiteltuna (Laihanen & Karhunen 2019).

Kuten kuvasta nähdään, suurin osa öljylämmitteisistä rakennuksista on asuinrakennuksia, eli kerrostaloja, erillisiä pientaloja tai rivi- ja ketjutaloja. Tilastokeskuksen (2018c) mukaan Etelä-Savossa oli 8163 öljy- tai kaasulämmitteistä rakennusta vuonna 2017, joista ylivoimaisesti suurin osa, 5864 kappaletta, oli erillisiä pientaloja, kun taasen rivi- ja ketjutalojen sekä asuinkerrostalojen osuus oli pienempi, 763 ja 373 kappaletta vuonna 2017 (Tilastokeskus 2018c). Asuinrakennusten osuus öljylämmitteisistä rakennuksista olisi siis Tilastokeskuksen tilastojen mukaan 86 prosenttia. Muita rakennuksia, kuten liikenne- tai teollisuusrakennuksia oli yhteensä 1163 kappaletta (Tilastokeskus 2018c). Vuonna 2019 Etelä-Savossa oli Tilastokeskuksen tietokannan mukaan 7976 öljy- tai kaasulämmitteistä rakennusta, joista 5773 oli erillisiä pientaloja, 733 rivi- tai ketjutaloja ja 342 asuinkerrostaloja (Tilastokeskus 2020d).

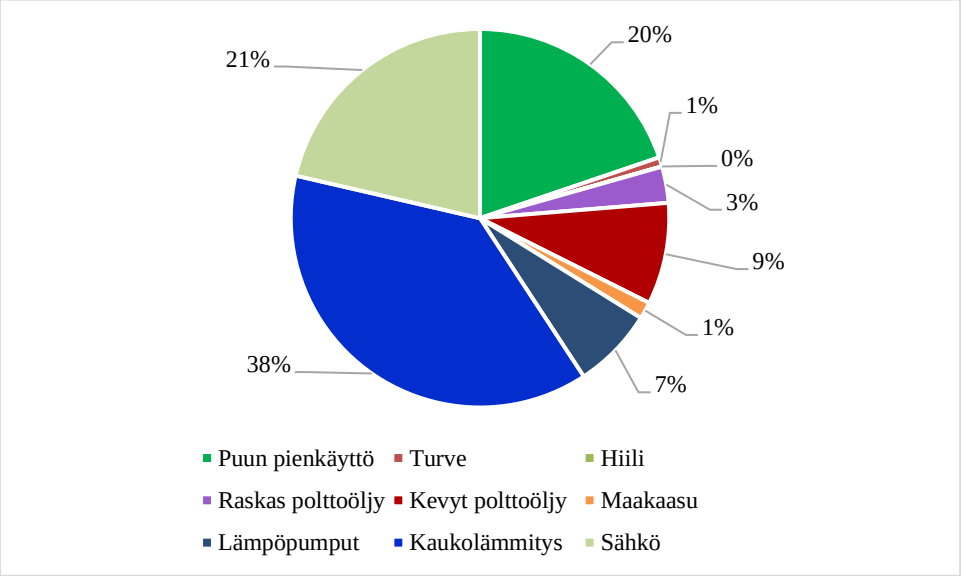
Rakennustyypin lisäksi kohteita voi luokitella myös lämpötehon mukaan. Suureen kokoluokkaan, 500-900 kW, kuuluvia kohteita oli Etelä-Savossa vuonna 2017 noin 50 kappaletta ja ne sijaitsivat Pertunmaalla, Mikkelissä, Juvassa, Sulkavassa, Savonlinnassa, Kangasniemessä ja Puumalassa. Keskimmäiseen kokoluokkaan, 100-500 kW, kuuluvia kohteita oli vuonna 2017 noin 100 kappaletta ja niitä oli jokaisessa kunnassa. (Laihanen & Karhunen 2019.)

Vaikka suuremmassa kohteessa öljyä kuluu huomattavasti enemmän kuin erillisessä pientalossa, suurin potentiaali hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen on juuri öljylämmitteisissä pientaloissa, niiden suuren määrän takia. Jos esimerkiksi oletettaisiin keskimääräisen vuotuisen öljynkulutuksen olevan 2000 litraa pientaloissa ja oletettaisiin öljylämmitteisten pientalojen määrän olevan Tilastokeskuksen (2020d) vuoden 2018 tiedon mukaan 5846 kappaletta, niin pelkästään erillisten pientalojen kulutus yhteensä olisi 11,7 miljoonaa litraa vuodessa, eli 58 prosenttia kaikesta Etelä-Savossa lämmitykseen käytetystä polttoöljystä. Erillisten pientalojen merkitys kasvaa entisestään, kun tarkastellaan, miten eri öljylämmitteisten rakennustyyppien määrä Etelä-Savossa on muuttunut. Vuosina 2005-2018 öljy- tai kaasulämmitteisten erillisten pientalojen määrä laski Etelä-Savossa vain 3,4 prosenttia, mikä oli toisiksi hitaimmin kaikista rakennustyypeistä (Tilastokeskus 2020d). Pientalojen osuus öljylämmitteisten

rakennuksien määrästä on kasvanut kahdella prosentilla vuosina 2005-2018 (Tilastokeskus 2020d). Kaikista rakennustyypeistä öljylämmitteisten varastorakennuksien määrä on vähentynyt hitaimmin – niiden määrä on jopa lisääntynyt viidellä prosentilla vuosina 2005-2018 (Tilastokeskus 2020d). Kun siis mietitään öljyn käytön vähentämistä ja siihen johtavia toimenpiteitä, olisi tärkeää kohdistaa näitä toimenpiteitä erityisesti pientalokantaan, mikä mahdollisesti onkin ollut syynä energia-avustusten jakamisen uudelleen käynnistämisessä. Tämän lisäksi hallituksen tavoitteissa on jo muutenkin öljylämmityksestä pois siirtyminen valtion ja kunnan omistamissa rakennuksissa, joten huomion siirtyminen seuraavaksi asuinrakennuksiin olisi luonnollinen seuraava askel. Yrityksillä ja maatiloilla sen sijaan on mahdollisuus, kuten luvussa viisi käydään läpi, saada investointitukea lämmitysjärjestelmän vaihtoon.

3.2 Koko Suomi verrattuna Etelä-Savoon

Suomessa oli vuonna 2019 noin 150 000 öljylämmitteistä pientaloa. Yhteensä erillistaloja oli Suomessa 1 163 106 vuonna 2019 (Tilastokeskus 2020d), jolloin öljylämmitteisten talojen osuus oli siis 12,9 prosenttia. Tilastokeskuksen mukaan (2020d) Etelä-Savossa oli vuonna 2019 yhteensä 44 815 pientaloa, joista 5773, eli 12,9 prosenttia oli öljy- tai kaasulämmitteisiä. Suomen maakaasuverkko ei kata Etelä-Savon aluetta (Motiva 2011a, 27), joten kaikkien Etelä-Savon öljy- tai kaasulämmitteisten pientalojen voisi olettaa olevan öljylämmitteisiä. Öljylämmitteisen pientalokannan suhteen Etelä-Savon tilanne vaikuttaisi siis olevan samalla tasolla kuin koko maassa keskimäärin. Kuten aikaisemmin käytiin läpi, tilastot rakennusten lämmitysjärjestelmistä eivät kuitenkaan ole tarkkoja. Kuvassa 3 on esitetty energialähteiden osuudet Suomessa kaikkien rakennusten lämmityksessä käytetystä energiasta vuonna 2017.



Kuva 3. Energialähteiden osuudet rakennusten lämmityksessä 2017 (Tilastokeskus 2018d).

Kuten kuvasta nähdään, puun pienkäyttö, sähkö ja kaukolämmitys muodostavat suurimman osan rakennusten lämmityksessä käytetystä energiasta. Kevyen polttoöljyn osuus on neljänneksi suurin, mutta sen osuus on pieni verrattuna kolmeen suurimpaan energialähteeseen. Tarkemmin energialähteiden osuudet ovat esitetty taulukoissa 2 ja 3. Taulukossa 2 on energialähteiden prosenttiosuudet asuin- ja palvelurakennusten lämmityksessä vuosina 2000-2017.

Taulukko 2. Energialähteiden prosenttiosuudet asuin- ja palvelurakennusten lämmityksessä vuosina 2000-2017 (Tilastokeskus 2018e).

Vuosi	Puun pienkäyttö %	Turve %	Hiili %	Raskas polttoöljy %	Kevyt polttoöljy %	Maakaasu %	Lämpöpumput %	Kaukolämmitys %	Sähkö %
2000	20,26	0,24	0,02	0,76	21,13	1,01	0,70	41,56	14,32
2001	20,62	0,24	0,02	0,77	20,20	1,01	0,72	41,76	14,66
2002	20,84	0,24	0,01	0,77	19,36	1,08	0,70	42,12	14,87
2003	20,68	0,24	0,01	0,76	18,49	1,05	0,71	43,27	14,79
2004	21,11	0,24	0,01	0,76	18,27	1,11	0,80	42,55	15,14
2005	21,49	0,24	0,01	0,73	17,74	1,13	0,99	42,31	15,36
2006	21,64	0,24	0,01	0,74	17,13	1,15	1,30	42,51	15,29
2007	21,87	0,24	0,00	0,72	16,39	1,18	1,63	42,78	15,19
2008	22,77	0,15	0,01	0,72	11,93	1,13	2,62	40,82	19,86
2009	22,37	0,14	0,01	0,72	11,47	1,08	3,37	41,29	19,54
2010	22,36	0,14	0,01	0,72	11,36	1,09	3,50	41,04	19,78
2011	21,71	0,12	0,01	0,70	10,07	1,09	4,60	40,63	21,07
2012	21,63	0,11	0,01	0,71	9,95	0,99	5,54	40,82	20,25
2013	20,97	0,10	0,01	0,68	9,17	1,01	6,02	41,37	20,66
2014	21,21	0,10	0,00	0,68	8,95	0,91	6,63	40,77	20,74
2015	21,06	0,10	0,00	0,66	8,49	0,90	6,76	40,54	21,49
2016	20,83	0,09	0,00	0,64	8,21	0,83	7,56	40,47	21,36
2017	20,38	0,09	0,00	0,59	7,87	0,83	8,12	40,56	21,55

Energialähteiden osuudet ovat muuttuneet huomattavasti vuosituhannen alusta. Kaukolämpöä käytetään eniten ja sen osuus on pysynyt melko samansuuruisena vuosituhannen vaihteesta. Fossiilista polttoaineista hiilen, turpeen, maakaasun ja raskaan polttoöljyn osuudet ovat koko ajan olleet alhaisia ja laskeneet jo entisestään. Kevyen polttoöljyn osuus taasen on laskenut huomattavasti, 21,1 prosentista noin 7,9 prosenttiin. Sen lasku on ollut melko tasaista, paitsi vuonna 2007, jolloin sen osuus laski 4,5 prosenttia. Uusiutuvista lämmitysmuodoista puun pienkäytön osuus on pysynyt melko samoissa lukemissa; sen osuus vuonna 2017 oli 20,4 prosenttia. Lämmitysmuotojen osuuksista eniten ovat kasvaneet sähkölämmityksen ja lämpöpumppujen osuudet. Lämpöpumppujen osuus oli 8,12 prosenttia vuonna 2017, yli 11 kertaa suurempi kuin vuonna 2000. Sähkölämmityksen osuus oli jo vuonna 2000 melko suuri, 14,3 prosenttia, ja vuonna 2017 se oli kasvanut jo 21,6 prosenttiin. Huomattavaa on, että vuonna 2007, jolloin kevyen polttoöljyn osuus laski 4,5 prosenttia, sähkölämmityksen osuus kasvoi 4,7 prosenttia, kun muina vuosina sen kasvu on ollut tasaisempaa. Taulukossa 3 on sen sijaan esitetty energialähteiden osuus kaikkien rakennusten lämmityksessä vuosina 2000-2017.

Taulukko 3. Energialähteiden osuudet kaikkien rakennusten lämmityksessä vuosina 2000-2017 (Tilastokeskus 2018d).

Vuosi	Puun pienkäyttö %	Turve %	Hiili %	Raskas polttoöljy %	Kevyt polttoöljy %	Maakaasu %	Lämpöpumput %	Kaukolämpö %	Sähkö %
2000	18,92	0,66	0,15	4,33	20,67	1,65	0,58	37,97	15,07
2001	19,27	0,69	0,11	4,38	19,70	1,64	0,60	38,17	15,44
2002	19,50	0,71	0,10	4,39	18,84	1,72	0,58	38,54	15,62
2003	19,46	0,73	0,06	4,30	18,09	1,67	0,59	39,52	15,57
2004	19,84	0,77	0,07	4,27	17,85	1,75	0,67	38,90	15,88
2005	20,18	0,73	0,06	4,29	17,34	1,76	0,82	38,76	16,05
2006	20,39	0,71	0,06	4,19	16,74	1,78	1,08	39,04	16,01
2007	20,60	0,78	0,06	4,11	16,03	1,84	1,36	39,29	15,93
2008	21,41	0,76	0,07	3,84	12,27	1,73	2,21	37,84	19,88
2009	21,04	0,80	0,06	3,79	11,87	1,75	2,82	38,28	19,59
2010	21,12	0,85	0,05	3,68	11,81	1,70	2,94	38,04	19,80
2011	20,59	0,78	0,06	3,53	10,68	1,69	3,88	37,93	20,86
2012	20,65	0,80	0,05	3,41	10,63	1,62	4,66	37,94	20,24
2013	20,51	0,78	0,04	3,31	9,85	1,60	5,09	38,30	20,53
2014	20,40	0,80	0,03	3,14	9,27	1,50	5,77	37,80	21,28
2015	20,40	0,80	0,03	3,14	9,27	1,50	5,77	37,80	21,28
2016	20,20	0,82	0,03	3,17	8,99	1,44	6,44	37,70	21,21
2017	19,79	0,79	0,03	3,10	8,69	1,45	6,93	37,85	21,38

Kun kaikki rakennukset otetaan huomioon, uusiutuvien energialähteiden osuus on hieman pienempi ja vastaavasti fossiilisten polttoaineiden osuus hieman suurempi. Suurimmat, muutaman prosentin suuruiset erot verrattuna asuin- ja palvelurakennuksiin ovat raskaan polttoöljyn ja kaukolämmön osuuksissa. Kaikki rakennukset huomioon ottaen öljyn käyttö on hiukan suurempaa; kevyen polttoöljyn käyttö on laskenut vähemmän ja raskaan polttoöljyn käyttö on useamman prosenttiyksikön korkeampi kuin vain asuin- ja palvelurakennukset huomioon ottaen. Koko Suomessa öljyn käyttö rakennusten lämmityksessä on siis vähentynyt huomattavasti, mutta kevyen polttoöljyn käyttö on edelleen merkittävää.

4 UUSIUTUVAT LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

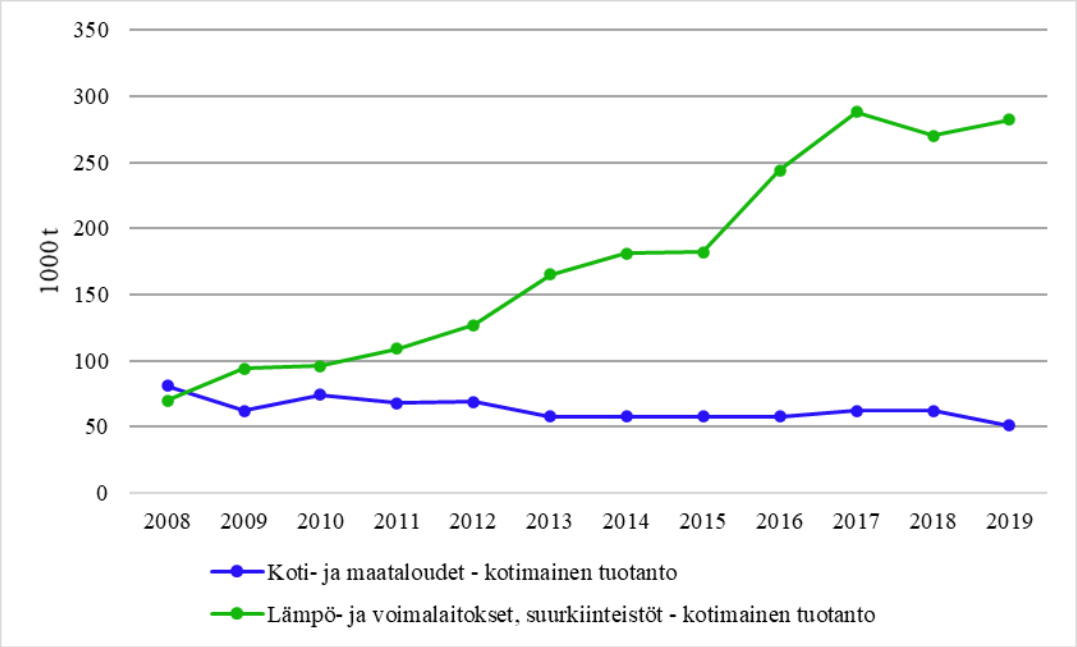
Uusiutuvia lämmitysjärjestelmiä on toimintatavoiltaan monia erilaisia. Aurinkolämmitysjärjestelmä hyödyntää suoraan auringonsäteilyä, kun lämpöpumput sen sijaan hyödyntävät maahan, ilmaan tai veteen varastoitunutta auringonsäteilyä. Valittavana on myös biomassan polttoon perustuvia järjestelmiä. Tässä luvussa käydään läpi korvaavia, uusiutuvia vaihtoehtoja öljylämmitykselle. Luvussa keskitytään öljylämmityksen kokonaan korvaaviin lämmitysjärjestelmiin, eli maalämpöpumppuihin, pelletti- ja hakekattiloihin sekä kaukolämpöön, mutta käydään läpi myös päälämmitysjärjestelmää tukevia uusiutuvia vaihtoehtoja, kuten aurinkolämmitysjärjestelmää tai muita lämpöpumppumalleja.

4.1 Pellettilämmitys

Puupelleteillä tarkoitetaan mekaanisen metsäteollisuuden sivutuotteista, kuten kuivasta sahanpurusta, hiontapölystä tai kutterinlastusta valmistettuja pieniä, sylinterinmuotoisia puupolttoainepuristeita (Alakangas et al. 2016, 95). Jos pelletit valmistetaan tuoreesta biomassasta, täytyy ne kuivata ennen pelletointia (Alakangas et al. 2016, 95). Pelletoinnin etuja esimerkiksi hakkeeseen nähden ovat korkeampi energiatiheys, matalampi kosteusprosentti, vähäinen tuhkan osuus ja polttoaineen ominaisuuksien tasaisuus (Ranta 2017). Pelletit eivät myöskään jäädy tai homehdu, ja ne vievät vain kolmasosan hakkeen tarvitsemasta tilasta, joten niiden varastointi on huomattavasti helpompaa (Ranta 2017).

Kuvassa 4 on esitetty pellettien kotimaisen tuotannon toimitukset vuosina 2008-2019. Kuten kuvasta voidaan havaita, puupellettien kysyntä on kasvanut viime vuosina. Vuonna 2018 puupellettejä tuotettiin Suomessa 385 000 tonnia, mikä on kaikkien aikojen korkein lukema ja viidesosan enemmän kuin vuonna 2017 (Luonnonvarakeskus 2019a). Tuonnin määrä oli 95 000 tonnia, mikä oli myös kaikkien aikojen ennätyslukema (Luonnonvarakeskus 2019a). Vuonna 2019 tuotanto supistui 363 000 tonniin, mutta tuonti nousi uuteen ennätykseen, 101 000 tonniin (Luonnonvarakeskus 2020a). Vaikka puupellettien kysyntä on kasvanut, sen suosio pientalojen ja maatilojen lämmityksessä on

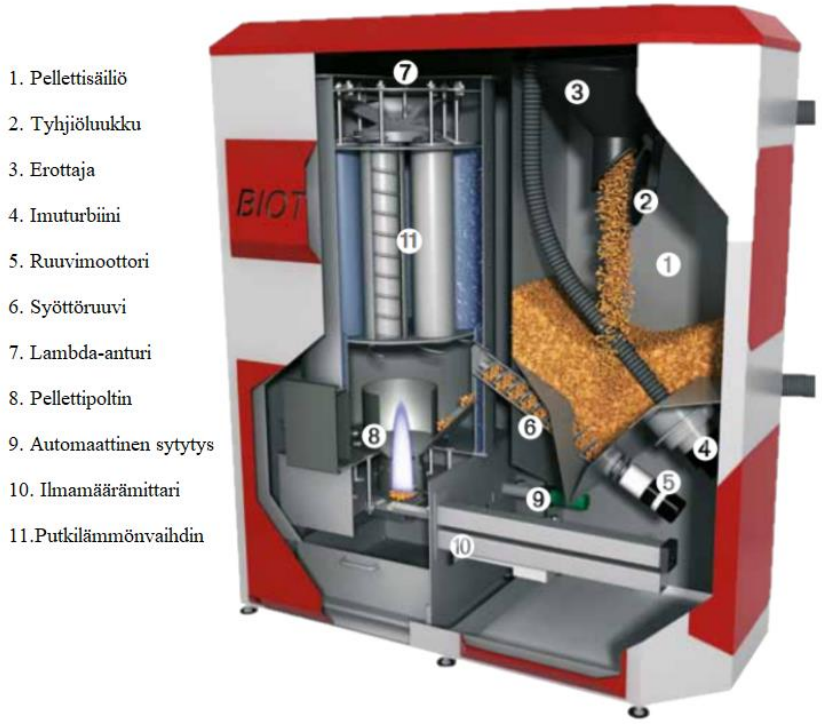
pysynyt paikallaan. Vuosina 2013-2016 kotimaisen tuotannon toimitukset koti- ja maatalouksiin pysyivät 58 000 tonnissa. Seuraavina kahtena vuotena toimitukset nousivat 62 000 tonniin, mutta vuonna 2019 toimitukset laskivat 51 000 tonniin. Lämpö- ja voimalaitoskäytössä pelletin suosio on sen sijaan kasvanut huomattavasti. Kuten kuvasta nähdään, ainoa vuosi, jolloin kotimaisen tuotannon toimitukset lämpö- ja voimalaitoksiin laskivat, oli vuosi 2018. Toimitusten huippu saavutettiin vuonna 2017, jolloin niiden määrä oli 288 000 tonnia. Toisin kuin koti- ja maatalouksien toimitukset, lämpö- ja voimalaitoksien toimitukset lisääntyivät taas vuonna 2019, jolloin niiden määrä oli 282 000 tonnia. On kuitenkin syytä ottaa huomioon, ettei kasvaneen tuonnin käytön jakautumisesta ole tarkempaa tietoa. Pellettilämmittäjien määrä Suomessa pientalot ja suuremmat kohteet huomioiden on Bioenergia ry:n (2020) mukaan noin 30 000 kappaletta, kun vuonna 2010 julkaistun artikkelin (Haapanen 2010) mukaan pellettiä käyttäviä pientaloja oli 23 000, joten pellettien käyttö pientaloissa ei ole edennyt erityisen suuresti, vaikka tuonnin jakautumisesta ei olekaan tarkempaa tietoa.



Kuva 4. Puupellettien kotimaisen tuotannon toimitukset 2001-2018 (Luonnonvarakeskus 2020b).

Pellettilämmitysjärjestelmään kuuluvat kattila, poltin, ohjauskeskus ja etäohjaus, pellettivarasto, piippu, kiertovesipumppu, paisuntasäiliö, patteri- tai lattialämmitys,

tuleva vesi sekä kattilavesi (Rantala 2014, 45). Kuvassa 5 on esitetty erään pellettikattilan rakenne. Yleensä modernit pellettikattilat ovat tuliputkikattiloita (Obernberger & Thek 2010, 198).



Kuva 5. Pellettikattilan rakenne (Biofutures 2013).

Poltin voi sijaita joko kattilan ulkopuolella tai se voidaan integroida kattilaan. Pellettikattiloissa, joissa on ulkoinen poltin, palaminen tapahtuu kattilan ulkopuolella ja ainoastaan savukaasut menevät kattilan sisään. Ulkoista poltinta käyttäessä on mahdollista muuntaa olemassa oleva öljykattila pellettikattilaksi. Öljykattilan muuntaminen pellettikattilaksi pellettipolttimen avulla saattaa kuitenkin johtaa korkeampiin päästöihin ja tihentyneeseen puhdistustarpeeseen verrattuna pelleteille optimoituihin kattiloihin. Jos pellettipolttimen sijaan käytetään stokeripoltinta, voidaan polttoaineena käyttää myös haketta tai turvetta. (Obernberger & Thek 2010, 180-181.)

Pellettipolttimet voidaan jakaa syöttötavan perusteella ylä-, ala- tai vaakasyöttöisiin polttimiin (Obernberger & Thek 2010, 183). Alasyöttöisessä polttimessa polttoaine

syötetään ensin vaakasuoraan syöttöruuvilla retortin alaosaan, josta se työnnetään ylöspäin (Obernberger & Thek 2010, 184). Alasyöttöisissä polttimissa primääri-ilma syötetään tulipesään sivusta retortin läpi, jonka jälkeen se nousee ylöspäin (Obernberger & Thek 2010, 184). Myös liekki palaa pystysuunnassa alasyöttöisissä kattiloissa (Obernberger & Thek 2010, 184). Palaminen on alasyöttöisissä kattiloissa kontrolloitua ja polttoaine palaa hyvin loppuun (Döring 2013, 145). Toisin kuin alasyöttöisissä polttimissa, vaakasyöttöisissä polttimissa syöttöruuvi siirtää polttoainetta vain sivusuunnassa (Obernberger & Thek 2010, 185). Vaakasyöttöisissä kattiloissa primääri-ilma syötetään sekä pedin ala- että yläpuolelta, ja liekki palaa vaakasuunnassa (Obernberger & Thek 2010, 185). Vaakasyöttöiset pellettikattilat eivät kuitenkaan ole kovin yleisiä (Obernberger & Thek 2010, 185). Yläsyöttöisissä kattiloissa syöttöruuvi siirtää polttoaineen pudotusputkeen, josta pelletit putoavat pedille (Obernberger & Thek 2010, 186). Yläpäästä syötetyissä kattiloissa primääri-ilma syötetään arinan alapuolelta, josta se virtaa ylöspäin pedin läpi (Obernberger & Thek 2010, 186). Kuten pohjasta syötetyissä kattiloissa, liekki palaa pystysuunnassa (Obernberger & Thek 2010, 186). Kuvan 5 pellettikattila esittääkin juuri yläpäästä syötettävää kattilaa. Yläpäästä syötettävissä kattiloissa polttoaineen syöttöä voidaan säätää tarkasti tarvittavan lämmön perusteella, jolloin vain tarvittava määrä pellettejä syötetään kattilaan (Obernberger & Thek 2010, 186). Putoavat pelletit voivat kuitenkin johtaa korkeampiin pienhiukkaspäästöihin ja palamattomien kiinteiden aineiden määrän kasvuun (Obernberger & Thek 2010, 186).

Pellettien siirtojärjestelmät voidaan jakaa kahteen ryhmään; pneumaattisiin siirtojärjestelmiin ja siirtoruuveihin (Obernberger & Thek 2010, 188). Näistä yleisempiä ovat siirtoruuvit, jotka voidaan jakaa jäykkiin ja joustaviin siirtoruuveihin (Motiva 2012a). Joustavia siirtoruuveja käytettäessä pellettivaraston ja polttimen ei tarvitse olla samassa tasossa (Obernberger & Thek 2010, 189). Jäykkä siirtoruuvi ei ole mukautuva, mutta sen käytöstä on paljon kokemusta ja se on hyvin lujatekoinen (Obernberger & Thek 2010, 188). Kumpikaan siirtoruuvijärjestelmistä ei ole erityisen äänekäs käytössä (Obernberger & Thek 2010, 188). Pneumaattiset, eli imusiirtojärjestelmät sen sijaan

pystyvät siirtämään pellettejä paljon siirtoruuveja kauempaa, jopa 20-25 metrin päästä kattilahuoneesta (Motiva 2012a). Tämän lisäksi imusiirtojärjestelmää voidaan käyttää, vaikka kattilahuoneeseen ei olisi suoraa yhteyttä (Motiva 2012a). Pneumaattisten järjestelmien heikkouksiin kuuluvat kovempi ääni ja pölyn kerääntyminen (Obernberger & Thek 2010, 190). Liian suuret pelletit voivat myös johtaa imusiirtoputken tukkeutumiseen (Obernberger & Thek 2010, 190). Siirtoruuvien ja imusiirtojärjestelmien energiantarve on kuitenkin suunnilleen yhtä suuri (Obernberger & Thek 2010, 190).

Vaikka olemassa oleva lämmitysjärjestelmä sopisi muuten pellettilämmitykseen siirtymiseen, tarvitaan pellettipolttimen ja siirtojärjestelmän lisäksi myös varasto pelleteille. Pellettien varastoinnille on monenlaisia ratkaisuja. Omakotitaloissa ne voidaan varastoida esimerkiksi kattilahuoneeseen, maanalaiseen säiliöön, säkkisiiloon (Obernberger & Thek 2010, 118; 121-122), talon ulkopuolelle rakennettuun varastoon tai kattilahuoneen vieressä olevaan tilaan (Motiva 2012a). Maanalaisten säiliöiden etuna on luonnollisesti säästynyt tila, mutta niiden suurin heikkous on korkea investointikustannus (Obernberger & Thek 2010, 121-122). Kattilahuoneeseen sijoitettavan pienen pellettisiilon tilavuus on vain noin 150-500 litraa, minkä takia siitä käytetään myös nimitystä viikkosiilo (Motiva 2012a). Pienempi varasto kuitenkin heikentää pellettilämmityksen kannattavuutta omakotitalossa, sillä jokaisesta varaston täyttökerrasta peritään maksu (Oulun rakennusvalvonta 2013b). Pienille pellettilämmitysjärjestelmille sääntönä voidaankin pitää, että varastoon täytyy mahtua 1-1,5 kertaa vuotuinen polttoainetarve (Döring 2013, 139). Suurempi ja koko vuodelle mitoitettu, omakotitaloissa noin 7-8 kuutiometrin siilo, voi olla joko ulkona sijaitseva kylmä ja kuiva pellettisiilo tai kattilahuoneen lähellä oleva lämmin tai puolilämmin varasto (Motiva 2012a). Suuremmissa kohteissa, kuten kaukolämpövoimalaitoksissa, pellettien varasto on mitoitettu vain yhdestä kahteen viikkoon kestäväksi (Obernberger & Thek 2010, 126).

Tekniseltä kannalta pellettilämmitys sopii hyvin öljylämmityksen korvaajaksi. Olemassa olevan öljylämmityksen voisi muuntaa pellettikäyttöiseksi asentamalla ulkoisen pellettipolttimen. Vaikka poltin mahtuu kattilahuoneeseen, vaatii pellettisiilo noin 4-6 m^2

erillisen tilan (Oulun rakennusvalvonta 2013a). Lyhytaikainen varasto voisi toki mahtua kattilahuoneeseen, mutta kuten mainittiin, se ei ole kustannuksien ja ylimääräisen työn takia järkevä tai käytännöllinen ratkaisu. Jos vanha öljykattila on hyvässä kunnossa, voisi pellettilämmitykseen siirtyminen vaatia yksinkertaisimmillaan vain pellettipolttimen ja siirtoruuvin asentamisen sekä pellettisiilon rakentamisen. Öljylämmitteisissä taloissa on savuhormi valmiina, ja sitä voidaan yleensä käyttää muutoksia tekemättä pellettilämmityksen kanssa (Oulun rakennusvalvonta 2013b). Kustannuksista voi vielä säästää rakentamalla pellettisiilon itse; esimerkiksi Motiva (2016) on laatinut yksityiskohtaiset ohjeet pellettisiilon rakentamiseksi. Jos siis pellettisiilon rakentaa, jäisi kustannuksiksi vain poltin ja siirtoruuvi. Pellettikattiloissa, joissa poltin on integroitu kattilaan, on yleensä automatisoitu puhdistustekniikka ja ne tarvitsevat huoltoa vain 2-3 kertaa vuodessa (Motiva 2011a). Suurin osa pienistä pellettikattiloista (5-200 kW) onkin täysin automatisoituja aina syötöstä puhdistukseen asti (Döring 2013, 144), joten ne ovat helppokäyttöisiä. Kattilat, joissa on erillinen pellettipoltin, tarvitsevat huoltoa useammin, muutaman kerran kuukaudessa (Motiva 2011a). Huollossa palotila ja palopää harjataan puhtaaksi (Motiva 2012a). Tämän lisäksi ne puhdistetaan kerran vuodessa huolellisemmin, minkä lisäksi savukaasuimuri ja konvektio-osa puhdistetaan käsin (Motiva 2012a). Myös tuhkalaatikko täytyy tyhjentää muutaman kerran vuodessa (Motiva 2012a). Vaikka pellettikattilat siis ovatkin pitkälle automatisoituja, vaativat ne käyttäjältä jonkin verran työtä. Vaadittu työmäärä riippuu käytetystä lähteestä, mutta selvää on, että pellettilämmitys vaatii käyttäjältä enemmän työtä kuin öljylämmitys. Esimerkiksi lämmitysjärjestelmien ominaisuuksien vaikutuksia suomalaisten omakotitaloasujien lämmitysjärjestelmävalintoihin selvittäneessä tutkimuksessa (Rouvinen & Matero 2013) pellettilämmitykselle työmäärälle käytettiin arvoja 0,5 tai 2 tuntia kuukaudessa, kun vastaavat luvut öljylämmitykselle olivat 15 minuuttia tai 1 tunti kuukaudessa.

Pellettikattiloiden heikkous öljylämmitykseen verrattuna on korkeampi investointikustannus (Rouvinen & Matero 2013). Pellettilämmityksen investointikustannukset asennettuna vaihtelevat välillä 350-1500 €/kW (Rantala 2014,

71). Käyttökustannukset ovat pellettilämmitykselle kuitenkin huomattavasti pienemmät öljyn korkeiden polttoainekustannusten takia (Oulun rakennusvalvonta 2013b). Takaisinmaksuaika erään arvion mukaan pellettilämmitykseen siirtymiselle on noin 5-6 vuotta (Oulun rakennusvalvonta 2013a). Kuten luvussa viisi havaitaan, on kustannuksien suhteen pellettilämmityksen etuna öljyyn nähden polttoaineen halvemman hinnan lisäksi myös polttoaineen hinnan tasaisempi hintakehitys. Polttoöljyn hinta voi vaihdella suurestikin, ei pelkästään vuosien vaan myös kuukausien välillä, mikä aiheuttaa epävarmuutta käyttäjälle. Pellettien lisääntyneestä tuonnista huolimatta se on silti, toisin kuin polttoöljy, kotimainen polttoaine, joten sen käyttö nostaa Suomen omavaraisuutta. Öljylämmityksen kattila- ja vuosihyötysuhde ovat pellettilämmitystä korkeammat, mutta pellettilämmityksen hyötysuhteet taasen ovat hakelämmitystä korkeammat (Obernberger & Thek 2010, 318). Vaikka pellettejä on helpompi varastoida kuin haketta, ne tarvitsevat kuitenkin enemmän tilaa kuin kevyt polttoöljy, sillä niiden lämpöarvo on pienempi. Yksi kuutiometri kevyttä polttoöljyä vastaa noin 2-3 kuutiometriä pellettejä (Ranta 2017). Lupa-asioiden yksinkertaisuus on pellettikattiloiden etu maalämpöpumppuihin verrattuna. Pellettilämmitykseen siirtymiseen tarvitaan yleensä rakennuslupa ja yleisesti biokattiloiden kohdalla joissain tapauksissa myös toimenpidelupa, jos tarvitaan erillistä varastoa tai varastoaluetta (Rantala 2014, 80). Maankäyttö- ja rakennuslain 132/1999 mukaan rakennuslupa tarvitaan töihin, joilla voi olla vaikutusta rakennuksen käyttäjien turvallisuuteen tai terveyteen. Rakennuslupa tarvitaan myös, jos rakennuksen energiatehokkuus muuttuu merkittävästi rakennuksen teknisiin laitteistoihin tai rakennuksen vaippaan tehtyjen korjaus- tai muutostöiden myötä (L 5.2.1999/132, 125 §). Myös toimenpidelupaa tarvitaan, jos rakennuksen osan tai rakennuksen teknisiä järjestelmiä vaihdetaan siten, että rakennuksen energiatehokkuus muuttuu merkittävästi (L 5.2.1999/132, 126 §). Toimenpidelupaa tarvitaan myös rakennuksen julkisivun muuttamiseen ja muihin kuin rakennuslupaa tarvitseviin rakennuksen ulkoasua muuttaviin töihin (L 5.2.1999/132, 126 §), eli pellettilämmityksen tapauksessa mahdollisesti erillisen ulkona sijaitsevan varaston tai siilon rakentamiseen.

Kuten muidenkin puuperäisten polttoaineiden, pellettien etuna fossiilisiin polttoaineisiin nähden ovat huomattavasti pienemmät hiilidioksidipäästöt, sillä biomassan polttoa pidetään hiilineutraalina (Euroopan komissio 2006, 292). Poltossa syntyy kuitenkin muita päästöjä. Syntyvistä päästöistä suurimmat ovat pienhiukkas-, typpi- ja rikkipäästöt (Vakkilainen 2018a). Pienhiukkasia voi päästä ilmaan suoraan poltosta, mutta niitä voi muodostua myös ilmassa typen oksideista, rikin oksideista, VOC-yhdisteistä tai ammoniakista (Antikainen et al. 2007, 50). Pienhiukkaset voidaan luokitella niiden koon perusteella – PM10 tarkoittaa hiukkasia, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 10 mikrometriä ja vastaavasti PM2,5 hiukkasia, joiden halkaisija on alle 2,5 mikrometriä (Antikainen et al. 2007, 48). Näistä pienemmät, alle 2,5 mikrometrin hiukkaset, pystyvät tunkeutumaan keuhkorakkuloihin (Maynard & Ayres 2013, 252). Pienhiukkaset ovatkin vaarallisia ihmisille; niiden pitoisuus ilmassa on yhteydessä hengityselin-, sydän- ja verisuonisairauksiin (Antikainen et al. 2007, 48). Esimerkiksi vuonna 2016 EU-maissa alle 2,5 mikrometrin pienhiukkaset yhdistettiin noin 374 000 ennenaikaiseen kuolemaan (Euroopan ympäristövirasto 2019, 67). Yli 90 prosenttia puupellettien hiukkaspäästöistä on alle yhden mikrometrin kokoisia (Döring 2013 48). Ihmisten lisäksi pienhiukkaset vahingoittavat myös luontoa. Hiukkasten kemiallisesta koostumuksesta riippuen ne voivat myös muun muassa happamoittaa järviä ja puroja, vahingoittaa metsiä ja viljelykasveja sekä osallistua happosateen muodostumiseen (EPA 2018). Puuperäiset polttoaineet kuuluvat Suomessa tärkeimpiin hiukkaspäästöjen lähteisiin; 37 prosenttia Suomen kokonaispäästöistä syntyi puun pienpoltosta vuonna 2010 (Savolahti et al. 2015, 2). Pellettien poltossa syntyvät pienhiukkaspäästöt eivät ole kuitenkaan erityisen korkeat; automaattisyöttöisten pellettikattiloiden pienhiukkaspäästöjen voidaan arvioida olevan noin 20 mg/MJ (Savolahti et al. 2015, 3). Erään kattilavalmistajan mukaan hiukkaspäästöt ovat jopa alle 10 mg/MJ (KWB 2020). Pellettejä tai muuta biomassaa käyttävien kattiloiden hiukkaspäästöjä voidaan vähentää sähkösuodattimilla. Suurissa voimalaitoksissa käytettävien sähkösuodattimien erotusprosentti on erittäin korkea; yli 99,95 prosenttia yli viiden mikrometrin hiukkasille ja 96,5 prosenttia alle yhden mikrometrin hiukkasille (Euroopan komissio 2006, 64). Erään juuri pienille

pellettikattiloille kehitetyn suodattimen on raportoitu pystyvän suodattamaan 60-90 prosenttia poltossa syntyvistä hiukkasista (Döring 2013, 156).

Myös rikkipäästöt ovat haitallisia sekä ihmisille että luonnolle. Rikkipäästöistä rikkidioksidi voi vahingoittaa hengityselimistöä ja aiheuttaa hengitysvaikeuksia (EPA 2019). Rikin oksidit voivat myös korkeina pitoisuuksina vahingoittaa puiden ja kasvien lehdistöä ja vähentää niiden kasvua (EPA 2019). Rikkidioksidipäästöt ovat myös osallisina happosateiden (EPA 2019) ja savusumun muodostumisessa (Maynard & Ayres 2013, 256). Kehittyneiden maiden kaupungeissa syntyvät savusumut sisältävät kuitenkin typpidioksidia ja otsonia (Maynard & Ayres 2013, 257). Puupelletit, kuten muukaan puuperäinen biomassa, eivät sisällä käytännössä yhtään rikkiä, vain noin 0,05 prosenttia (Alakangas et al. 2016, 56; 97), minkä takia syntyvät rikkipäästöt ovat hyvin pienet. Esimerkiksi ilmanvaiheistuksen ja kuorman vaikutusta 25 kW:n pellettikattilaan seuranneessa tutkimuksessa rikkidioksidipäästöt jäivät tarkkuusalueen, 100 ppm, alapuolelle (Kaivosoja et al. 2013, 197). Samassa tutkimuksessa kevyen polttoöljyn rikkidioksidipäästöiksi mitattiin 22 ± 2,3 mg/MJ, eli pellettilämmityksen rikkipäästöt ovat öljylämmitystä selkeästi matalammat.

Poltossa syntyvät typpipäästöt ovat haitallisia sekä ihmisille että luonnolle. Typpidioksidin korkea pitoisuus ilmassa ärsyttää hengitysteitä ja voi pahentaa hengitystiesairauksia, kuten astmaa (EPA 2016). Ilmakehässä typen oksidit reagoivat muiden kemikaalien kanssa ja muodostavat happosateita (EPA 2016). Typen oksidit voivat myös muodostaa otsonia ja pienhiukkasia (EPA 2016). Typen oksidien muodostuminen voidaan jakaa polttoilman typen hapettumiseen (terminen NO), polttoaineen typen hapettumiseen ja nopeaan NO:hon (Raiko et al. 2002, 304-308). Termisen NO:n muodostuminen on merkityksetöntä, jos palamislämpötila pysyy alle 1400 °C:ssa (Raiko et al. 2002, 305). Pellettien poltossa tarvittava palamislämpötila on noin 900-1000 °C (Hansen et al. 2009, 37), eli termisen NO:n muodostumista ei käytännössä tapahdu. Nopean NO:n muodostumista tapahtuu eniten kylmässä ja ali-ilmaisessa poltossa (Raiko et al. 2002, 307). Normaalissa poltinpoltossa sen osuus NO-päästöistä on noin 5 prosenttia (Raiko et al. 2002). Suurin osa typpipäästöistä siis syntyy

polttoaineen typen hapettumisesta. Pelleteissä typen osuus kuiva-aineesta on 0,05-0,16 prosenttia (Alakangas et al. 2016, 97). Vaikka polttoaineen typen määrä on pieni verrattuna palamisilman typen määrään, se on huomattavasti reaktiivisempaa (Raiko et al. 2002, 308). Ilmanvaiheistuksen ja kuorman vaikutusta 25 kW:n pellettikattilan seuranneessa tutkimuksessa NO_x-päästöiksi saatiin noin 73 mg/MJ (Lamberg et al. 2011) (Kaivosoja et al. 2013). Saman tutkimuksen mukaan kevyen polttoöljyn NO_x-päästöiksi saatiin 85 ± 2 mg/MJ. Toisen lähteen mukaan pellettien polton NO_x-päästöt ovat noin 80 mg/MJ (Savolahti et al. 2019), eli typen oksidien osalta pelletti- ja öljylämmityksen välillä ei ole erityisen suurta eroa.

4.2 Maalämpöpumput

Maalämpöpumppu on lämpöpumppu, joka siirtää lämpöenergiaa maaperästä, kallioperästä tai vesistöstä rakennukseen (Rantala 2014, 50). Lämpöpumput noudattavat käänteistä Carnot'n kiertoprosessia, eli ne siirtävät lämpöenergiaa matalamman lämpötilan lämpövarastosta korkeamman lämpötilan lämpövarastoon (Sarbu & Sebarchievici 2013, 442). Lämpöpumput koostuvat höyrystimestä, kompressorista, lauhduttimesta ja paisuntaventtiilistä (Perälä R. & Perälä O. 2013, 28). Lämpöpumpun osat ovat yhdistetty putkilla, joissa kiertää kylmäainetta (Rantala 2014, 50). Höyrystimessä kylmäainepiiriin siirtyy lämpöenergiaa lämmönlähteestä, joka maalämpöpumpun tapauksessa on kallio, maaperä tai vesistö (Motiva 2012b). Kylmäaine kaasuuntuu, jonka jälkeen kompressori nostaa kylmäaineen painetta, jolloin myös kylmäaineen lämpötila kohoaa (Rantala 2014, 50). Kylmäaineen puristuksessa käytetään sähköenergiaa (Rantala 2014, 50). Puristuksen jälkeen kylmäaine siirtyy lauhduttimeen, jossa kylmäaineesta siirtyy lämpöenergiaa rakennuksen lämmitysjärjestelmään ja kylmäaine lauhtuu nesteeksi (Rantala 2014, 50). Tämän jälkeen kylmäaine siirtyy paisuntaventtiilin kautta takaisin höyrystimeen, jolloin sen paine ja lämpötila laskevat (Rantala 2014, 50). Lämpöpumppujen tehokkuutta kuvataan lämpökertoimella (COP), joka kertoo kuinka paljon lämpöä pumppu tuottaa verrattuna sen käyttämään sähköenergiaan (Motiva 2011a). Lämpökerroin ei kuitenkaan ota huomioon lämpötilojen

vaihtelua, minkä vuoksi käytössä on myös vuosilämpökerroin lämpöpumpun tehokkuuden arvioimiseen (Perälä R. & Perälä O. 2013, 32). Maalämpöpumpun vuosihyötysuhde on yleensä noin 2,5-3,5 kohteesta riippuen (Motiva 2019a). Vuosilämpökertoimet voidaan vielä jakaa vuosilämpökertoimiin, jotka ottavat huomioon vain talon lämmityksen (SCOP) ja vuosilämpökertoimiin, jotka huomioivat myös käyttöveden lämmityksen (SPF) (Thermia 2017).

Yleisin maalämpöratkaisu on porakaivosta pystysuoralla putkistolla lämpöä ottava maalämpöpumppu (Motiva 2012b). Porakaivojen syvyys on yleensä noin 100-200 metriä (Motiva 2011a, 17). Lämpöä voidaan ottaa maasta myös vaakasuoralla putkistolla, joka asennetaan noin 1-2 metrin syvyyteen (Sarbu & Sebarchievici 2013, 446). Vaakasuora putkisto voi tulla kyseeseen, jos käytetty tontti on suuri, mutta porakaivo on yleisin ratkaisu (Rantala 2014, 50-51). Vaakasuora putkisto voi olla myös edullisempi kuin porakaivo, mutta jos maalämpöpumppua halutaan käyttää myös viilennykseen, porakaivo on parempi vaihtoehto (Motiva 2012b).

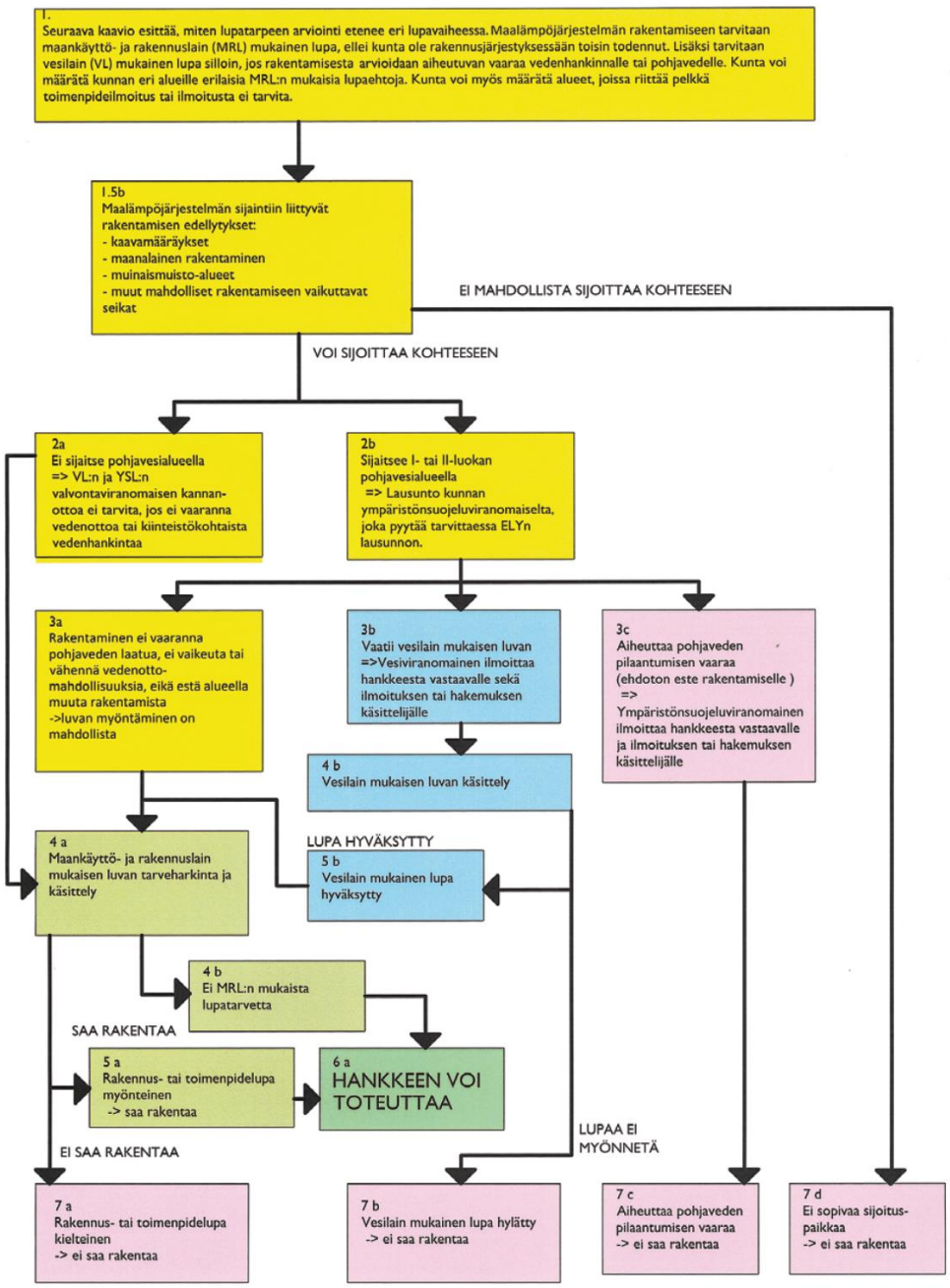
Maalämpöpumppu on rinnakkaislämmönlähteeksi soveltuvien ilmalämpöpumppujen jälkeen toiseksi suosituin lämpöpumpputyyppi Suomessa. Vaikka ilmalämpöpumppuja on ylivoimaisesti eniten kaikista lämpöpumpputyypeistä, noin 535 000 kappaletta vuonna 2018, on maalämpöpumppujen määrä kasvanut prosentuaalisesti enemmän kuin ilmalämpöpumppujen 2010-luvulla. Vuonna 2018 maalämpöpumppujen määrä asuin- ja palvelurakennuksissa oli 122 738, kun vielä vuonna 2010 niiden määrä oli yli puolet vähemmän – 47 190 kappaletta. (Tilastokeskus 2020b.)

Maalämpöpumppu on erittäin potentiaalinen korvaaja öljylämmitykselle. Öljylämmitysjärjestelmät ovat joko vesikiertoisia lattia- tai patterilämmitysjärjestelmiä (Oulun rakennusvalvonta 2013a). Näistä maalämpö soveltuu erityisen hyvin vesikiertoiseen lattialämmitykseen, sillä vesikiertoisessa lattialämmityksessä veden ei tarvitse olla yhtä lämmintä kuin patterilämmityksessä (Motiva 2019a). Jos korvattava öljylämmitys on vesikiertoinen patterilämmitysjärjestelmä, patterien kokoa täytyy mahdollisesti suurentaa (Rantala 2014, 51). Tämän lisäksi patterilämmitteisissä taloissa

maalämpöpumpun vuosihyötysuhde on huonompi (Motiva 2019a). Myös tuotetun lämpöenergian suhteen maalämpö pystyy korvaamaan öljylämmityksen pientalossa; jo osateholle, eli 60-80 prosentille, mitoitettu maalämpöpumppu pystyy kattamaan 95 prosenttia lämmityksestä (Motiva 2012b). Täysteholle mitoitettuna se voi kattaa pientalon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden kokonaan (Motiva 2012b). Osateholle mitoituksen etuja ovat nopeampi takaisinmaksuaika ja pidempi kompressorin käyttöaika, mutta täystehomitoitus on energiakulutuksen kannalta taloudellisempi ratkaisu, eikä tarvittava sulakekoko ole yhtä suuri kuin osatehomitoituksessa (Motiva 2019a). Useimmiten maalämpöpumppu mitoitetaan kuitenkin vähän suurinta lämmöntarvetta pienemmäksi ja loput tarvittavasta lämmöstä tuotetaan sähkövastuksilla tai muilla lämmitystavoilla (Perälä R. & Perälä O. 2013, 35). Tällöin voidaan valita hiukan pienempi, edullisempi pumppu ja pumppu voi toimia suuremman osan ajasta tehokkaimmalla toiminta-alueellaan kuin täysteholle mitoitettu pumppu (Perälä R. & Perälä O. 2013, 35). Maalämpöjärjestelmällä on mahdollista kattaa suurempienkin kohteiden, kuten teollisuusrakennuksen, rivitalon tai useamman kiinteistön lämmitys (Perälä R. & Perälä O. 2013, 36). Öljylämmityksen vaihto maalämpöjärjestelmään ei tuota ylimääräistä työtä tilojen suhteen, vaan maalämpöjärjestelmä mahtuu hyvin vanhaan kattilahuoneeseen tai jopa pienempään tilaan (Oulun rakennusvalvonta 2013a). Suuremmassa kohteessa, kuten rivitalossa, vanha sähköliittymä ei kuitenkaan välttämättä ole tarpeeksi suuri, vaan sähköliittymä täytyy vaihtaa suurempaan (Isosaari 2012, 102).

Ennen kuin maalämpöjärjestelmää voidaan alkaa rakentamaan, täytyy selvittää, mitä lupia sen rakentamiseksi tarvitaan, ja onko sen rakentaminen ylipäätään mahdollista. Maalämpöjärjestelmää ja sen vaatimaa lämmönkeruujärjestelmää suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon useita eri lakeja ja sen vaatima lupaprosessi onkin huomattavasti monitahoisempi kuin muiden uusiutuvien lämmitysjärjestelmien lupaprosessit. Maalämpöjärjestelmien rakentaminen muuttui luvanvaraiseksi vuonna 2011, kun valtioneuvoston asetus 283/2011 astui voimaan. Kyseisellä asetuksella muutettiin maankäyttö- ja rakennusasetusta 895/1999 niin, että lämpökaivon poraaminen tai lämmönkeruuputkiston rakentaminen maalämmön hyödyntämiseen vaati jatkossa

toimenpideluvan (VNA 17.3.2011/283, 62 §). Toimenpidelupaa ei kuitenkaan tarvita, jos rakentaminen perustuu oikeusvaikutteiseen kaavaan, katusuunnitelmaan tai maantielain perusteella hyväksyttyyn tiesuunnitelmaan (VNA 17.3.2011/283, 62 §). Maankäyttö- ja rakennuslakia muutettiin samalla tavalla vuonna 2012 lailla 958/2012 (L 21.12.2012/958, 126 a §). Maankäyttö- ja rakennuslakia päivitettiin uudestaan vuonna 2017 lailla 230/2017, jossa kunnille annettiin valtuus määrittää rakennusjärjestyksessä, ettei toimenpidelupaa tarvita, jos toimenpiteen arvioidaan olevan vähäinen (L 21.4.2017/230 126 a §). Toimenpidelupa ei kuitenkaan maalämmön tapauksessa ole välttämättä ainoa tarvittava lupa. Jos rakennuskohde sijaitsee I tai II-luokan pohjavesialueella, voi maalämpöjärjestelmän rakentaminen edellyttää vesilain mukaista lupaa (Juvonen & Lapinlampi 2013, 14). Luvantarve ylittyy yleensä, jos kohde sijaitsee tärkeällä tai muulla vedenhankintaan soveltuvalla pohjavesialueella (Juvonen & Lapinlampi 2013, 28). Lupia ei ole myönnetty vedenottamoiden tai vedenottoon hyvin soveltuvien alueiden lähipiirissä (Juvonen & Lapinlampi 2013, 29). Pohjavesialueella täytyy ottaa huomioon myös ympäristönsuojelulain (527/2014) pykälä 17, joka kieltää pohjaveden pilaamisen. Jos kohde sijaitsee pilaantuneen maa-aineksen tai pohjaveden lähettyvillä, ei vesilain mukaista lupaa todennäköisesti voitaisi siis myöntää ympäristönsuojelulain pohjaveden pilaamiskiellon takia. Kuvassa 6 on esitetty maalämmön vaatima lupaprosessi.



Kuva 6. Maalämpöjärjestelmän lupaprosessi (Juvonen & Lapinlampi 2013, 14).

Jo mainittujen lakien lisäksi voidaan maalämpöjärjestelmää rakentaessa joutua ottamaan huomioon muun muassa kiinteistönmuodostamislaki tai kemikaalilaki (Juvonen & Lapinlampi 2013, 17-18). Kiinteistönmuodostamislaki tulee kyseeseen, jos energiakaivo

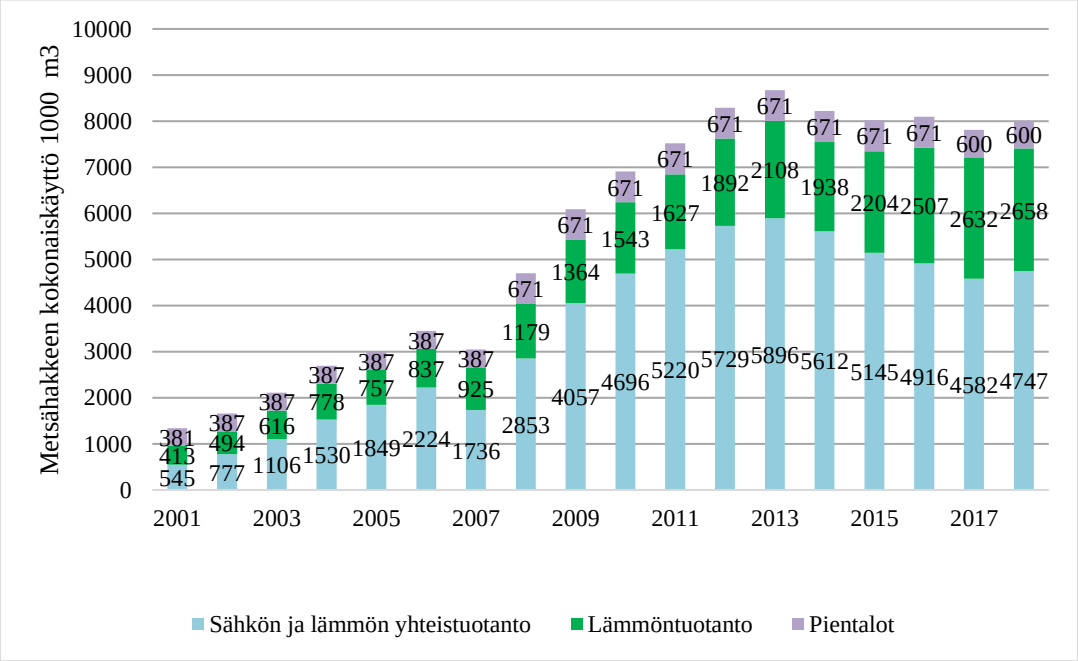
porataan naapurin suostumuksella vinoon toisen kiinteistön alueelle, jolloin on syytä perustaa rasite kiinteistönmuodostamislain perusteella (Juvonen & Lapinlampi 2013, 17). Jos lämmönkeruujärjestelmä sijoitetaan vesistöön, tarvitaan vesialueen omistajan ja lähinaapurien suostumus tai aluehallintoviraston myöntämä lupa (Rantala 2014, 81).

Muita vaihtoehtoja mahdollisesti hankalamman lupaprosessin lisäksi maalämmön huonoihin puoliin kuuluu korkea investointikustannus. Asennettuna maalämmön investointikustannus on noin 1500-2000 €/kW (Rantala 2014, 71). Maalämmön käyttökustannus on kuitenkin matala, noin 0,04 €/kWh (Rantala 2014, 71). Lämpöpumppuyksikön käyttöikä on noin 15-25 vuotta, mutta asennetut putkistot kestävät jopa 50 vuotta (Rantala 2014, 75). Maalämpöpumpun hyviin puoliin kuuluu sen helppokäyttöisyys. Toisin kuin öljy-, hake- tai pellettilämmityksen tapauksessa, maalämpöpumpun käyttäjän ei tarvitse tilata polttoainetta, tyhjentää tuhka-astiaa, puhdistaa kattilaa, huolehtia nuohouksesta tai polttoainevaraston siivouksesta.

Maalämpöpumppujen, kuten muidenkin uusiutuvien lämmitysjärjestelmien, suurin etu verrattuna öljylämmitykseen, ovat huomattavasti pienemmät hiilidioksidipäästöt. Maalämpöpumppua käytettäessä ei polteta polttoainetta, joten suoria hiilidioksidi-, hiukkas-, typen oksidi- tai rikkidioksidipäästöjä ei synny. Siitä huolimatta myös maalämpöpumpun käytössä syntyy päästöjä, sillä se käyttää sähköenergiaa, joten käytönaikaisten päästöjen suuruus riippuu sähkön alkuperästä. Sen hiilidioksidipäästöt ovat kuitenkin öljylämmitystä huomattavasti pienemmät, sillä vuosilämpökertoimen ollessa kolme se tarvitsee sähköä vain kolmasosan tuotettavasta lämpöenergiasta. Suomen sähköntuotannon keskimääräinen CO_2-päästökerroin (Motiva 2020a) on myös kevyen polttoöljyn päästökerrointa (Motiva 2012c) huomattavasti pienempi. Suomen sähköntuotannon keskimääräiset typen oksidien päästöt ja rikkipäästöt ovat kevyttä polttoöljyä korkeammat (Klemola 2018), mutta maalämpöpumpun korkean vuosihyötysuhteen ansiosta myös nämä päästöt olisivat öljylämmitystä matalammat, kuten luvuissa seitsemän ja kahdeksan havaitaan.

4.3 Hakelämmitys

Polttohakkeella tarkoitetaan kokopuusta, rangoista, metsätähteestä tai muusta puuaineksesta hakkurilla tehtyä polttoainetta (Alakangas et al. 2016, 66). Haketta käytetään polttoaineena rakennusten lämmityksessä, lämpölaitoksissa ja teollisuuden lämpö- sekä voimalaitoksissa (Alakangas et al. 2016, 67). Maatilakohteet ja alle 200 kW:n laitokset tarvitsevat yleensä karsitusta rangasta tehtyä haketta, mutta myös ylivuotisesta kokopuusta tehtyä haketta voidaan käyttää, jos hakkuri on tarpeeksi laadukas (Puhakka et al. 2001, 11). Vuonna 2018 metsähaketta käytettiin Suomessa yhteensä 8 miljoonaa kuutiometriä (Luonnonvarakeskus 2019b). Tästä 7,4 miljoonaa kuutiometriä käytettiin lämpö- ja voimalaitoksissa ja loput pientaloissa (Luonnonvarakeskus 2019b). Lämpö- ja voimalaitoskäytössä kasvua edellisvuodesta oli kolme prosenttia, josta sähkön ja lämmön yhteistuotannossa kasvua tapahtui neljän vuoden laskun jälkeen neljä prosenttia (Luonnonvarakeskus 2019b). Pientaloissa käytön määrä pysyi edellisvuoden tasolla (Luonnonvarakeskus 2019c). Maakunnista eniten metsähaketta käytettiin vuonna 2018 Uudellamaalla (Luonnonvarakeskus 2019d). Etelä-Savossa käytettiin metsähaketta 394 000 kuutiometriä vuonna 2018, josta 213 000 valmistettiin pienpuusta, 156 000 kuutiometriä hakkuutähteistä ja loput kannoista sekä runkopuusta (Luonnonvarakeskus 2019d). Metsähakkeen käyttö käyttökohteittain koko Suomessa vuosina 2001-2018 on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Metsähakkeen kokonaiskäyttö Suomessa käyttökohteittain vuosina 2001-2018 (Luonnonvarakeskus 2019c).

Kuten kuvasta havaitaan, metsähakkeen käytön huippu saavutettiin vuonna 2013, jonka jälkeen sen käyttö on laskenut. Eniten sen käyttö laski sähkön ja lämmön yhteistuotannossa, kun taas lämmöntuotannossa sen määrä on viime vuosina kasvanut Metsähakkeelle on vuodesta 2011 syöttötariffijärjestelmän käyttöönoton jälkeen maksettu tuotantotukea yhteistuotannossa, muttei lämmöntuotannossa (Naukkarinen 2017). Sen käyttöä on myös tuettu ennen syöttötariffijärjestelmän käyttöönottoa (Naukkarinen 2017). Metsähakkeelle maksetun tuotantotuen tarkoitus oli taata sen kilpailukyky yhteistuotannossa. Esimerkiksi vuonna 2015 metsähaketta käytettiin 16 TWh, josta tuetun tuotannon osuus oli 1,97 TWh (Naukkarinen 2017). Tuotantotuen lisäksi metsähakkeen kilpailukykyä on koetettu parantaa turpeen verotuksella (Naukkarinen 2017). Tukitoimet eivät kuitenkaan ole aina toimineet odotetusti, vaan kuten mainittiin, metsähakkeen käyttö on ollut laskusuhdanteessa yhteistuotannossa ja esimerkiksi turve oli kilpailukykyisempi polttoaine yhteistuotannossa vuonna 2015 ja kivihiili on paikoin ollut edullisempi (Naukkarinen 2017). Myös lämmöntuotannossa turve on ollut kilpailukykyisempi polttoaine (Naukkarinen 2017). Turpeen päästömaksut

ovat kuitenkin moninkertaistuneet ja nostaneet turpeen hintaa 52 prosentilla kahdessa vuodessa vuodesta 2017, minkä takia metsähake olikin turvetta edullisempi polttoaine vuonna 2019 (Energiateollisuus 2020). Turpeen hinnan kohoamisen lisäksi uusia metsähakevoimaloita hyväksytään syöttötariffijärjestelmään 1.2.2021 saakka ja jo hyväksytyille voimaloille maksetaan tukea 12 vuoden ajan siitä hetkestä, kun oikeus syöttötariffiin alkoi (Laukkanen 2020, 39). Fossiilisten polttoaineiden päästömaksujen kasvaessa voisi siis odottaa, että metsähakkeen käyttö voimalaitoksissa kasvaa entisestään. Pientalojen hakkeen käyttö taasen pysyi 671 000 kuutiometrissä vuosina 2008-2016, kunnes se laski 600 000 kuutiometriin. Pientalojen kohdalla hakkeella ei ole samanlaisia etuja kilpaileviin polttoaineisiin nähden kuin voimalaitoskäytössä, joten sen käytössä tuskin tulee tapahtumaan voimakasta kasvua. Metsähaketta käytetäänkin yleensä omakotitaloja suuremmissa kohteissa, esimerkiksi maatilojen lämmityksessä tai aluelämpökeskuksissa (Rakennustutkimus RTS Oy 2013).

Puuta käyttävät kattilat voidaan jakaa ylä-, ala- ja käänteispalokattiloihin (Motiva 2019b). Palamistavan lisäksi kattilat voidaan luokitella stokeri-, etupesä- tai kaksoispesäkattiloihin (Motiva 2020b). Yläpalokattilat ovat arinakattiloita, joissa koko polttoainepanos osallistuu samanaikaisesti palamiseen (Ariterm 2010). Kuten nuotiossa, koko polttoainekerros on tulessa ja palamiskaasut kulkeutuvat polttoainekerroksen läpi (Mäkelä 1995, 5). Polton alussa palaminen on epätäydellistä, koska palamisilma ei riitä täydelliseen palamiseen (Mäkelä 1995, 5). Alapalokattiloissa puolestaan polttoaine valuu arinalle varastopesästä sitä mukaa, kun polttoainetta palaa (Viirimäki 2008, 28). Palaminen on alapalokattiloissa kaksivaiheista; ensin arinan päällä oleva polttoaine kaasuuntuu ja sitten kaasut palavat loppuun kattilan jälkipolttopesässä (Viirimäki 2008, 28). Myös käänteispalokattilassa polttoaine valuu hiljalleen varastopesästä arinalle, mutta jälkipolttopesä sijaitsee arinan alapuolella ja alapaloperiaate saavutetaan savukaasupuhaltimella (Viirimäki 2008, 28). Stokerikattilalla tarkoitetaan stokeripolttimen sisältävää kattilaa. Stokerilla tarkoitetaan ruuvinsyöttölaitetta (Motiva 2019b), jota käytetään esimerkiksi hakkeen tai turpeen poltossa (Mäkelä 1995, 7). Stokeripolttimen laitteistoon kuuluvat polttoainesäiliö, syöttölaite, yleensä syöttöruuvi, ja

kiinteän polttoaineen poltin, joka työnnetään kattilaan luukusta tai kattilan tulenhoitoluukusta (Mäkelä 1995, 6-7). Stokeripoltin on toimintaperiaatteeltaan yläpaloinen ja tarvitsee savukaasupuhaltimen polttimen suuren virtausvastuksen takia (Mäkelä 1995, 7). Etupesäkattilassa polttoaine johdetaan ensiöilman kanssa arinalle, jossa se kaasuuntuu (Mäkelä 1995, 7). Tämän jälkeen epätäydellisesti palaneet kaasut siirretään tuliputken kautta kattilaan, jossa kaasut palavat loppuun (Mäkelä 1995, 7). Kaksoispesäkattiloissa voidaan sen sijaan käyttää kahta polttoainetta, kuten öljyä ja pellettejä, rinnakkain (Energiatehokas koti 2017).

Kuvailluista kattiloista haketta voidaan käyttää vain alapalokattiloissa ja stokerikattiloissa, jotka kuuluvat yläpalokattiloihin (Motiva 2019b). Osiensa suhteen hakelämmitysjärjestelmä vastaa jo kuvailtua pellettilämmitysjärjestelmää (Rantala 2014, 45), ja se sopii vesikiertoiseen lattia- tai patterilämmitysverkkoon (Motiva 2019b). Stokeripolttimen huonoihin puoliin kuuluvat hakesäiliön pieni tilavuus ja korkeat laatuvaatimukset käytettävälle polttoaineelle (Viirimäki 2008, 18). Stokeripoltin on kuitenkin varmatoiminen, edullinen ja pienikokoinen (Viirimäki 2008, 18). Stokeripoltinta käytettäessä hakkeen täytyy olla pienikokoista, tasalaatuista ja kosteusprosentiltaan alle 30 (Viirimäki 2008, 18). Parhaiten poltin toimii, kun kosteuspitoisuus on 20-25 prosenttia (Mäkelä 1995, 7). Kosteaa polttoainetta käyttäessä sekä poltin että kattila on mitoitettava noin 20 prosenttia suuremmaksi kuin kuivalle polttoaineelle (Viirimäki 2008, 17), mikä luonnollisesti nostaisi kustannuksia. Polttoaineen kuivaus taasen nostaa kokonaiskustannuksia, mutta vähentää käyttökustannuksia, sillä polttoainetta tarvitaan vähemmän. Polttoaineen kuivaus vähentää myös poltosta syntyviä päästöjä (Viirimäki 2008, 21). Alapalokattiloiden hyviin puoliin kuuluvat hyvä hyötysuhde, joka on parempi kuin yläpalokattiloilla, suuri varastopesä ja korkea palolämpötila, joka vähentää päästöjä ja polttoaineen kulutusta (Viirimäki 2008, 28). Se on kuitenkin kalliimpi ja vie enemmän tilaa kuin yläpalokattila (Mäkelä 1995, 5).

Kuten pelletitkin, hake tarvitsee luonnollisesti varastotilan. Maatiloille tarkoitetun hakelämmitysoppaan (Viirimäki 2008) mukaan hakevarastolle välttämättömiä ovat

ainoastaan betonilattia ja katto, muuten varastolle ei ole erityisiä vaatimuksia. Varasto voi sijaita esimerkiksi kattilahuoneen viereisessä huoneessa tai kattilahuoneen yläpuolella (Hargassner 2019). Kattilahuone ja varasto voidaan sijoittaa myös erilliseen rakennukseen (Hargassner 2019). Eräs ratkaisu hakelämmitykselle on lämpökontti, eli nimensä mukaisesti kontti, jossa on sekä varasto että kattilahuone (Hargassner 2019). Pienistä, 0,5-2,0 m^3:n syöttösäiliöistä, maksimissaan 0,5 m^3:n säiliöt voidaan sijoittaa kattilahuoneeseen ja 0,5-2,0 m^3 säiliöt syöttöhuoneeseen (Viirimäki 2008, 18). Alle 5 m^3:n siiloissa hake puretaan yleensä suoraan kattilaan ruuvipurkaimella, jolloin hakkeen laadun täytyy olla hyvin korkea (Puhakka et al. 2001, 34). Suuremmat, etukuormainsyöttöiset, 4,0-15 m^3:n säiliöt sijoitetaan joko ulos tai erilliseen syöttöhuoneeseen (Viirimäki 2008, 19). Tällaisessa siilossa voi olla joko lautas-, jousi-, kola- tai tankopurkain (Viirimäki 2008, 19). Tämän lisäksi on 20-500 m^3:n hakesiilo- ja tankopurkainjärjestelmiä, joissa haketus toteutetaan suoraan varastoon tai siiloon jousi- tai tankopurkaimen päälle (Viirimäki 2008, 19). Jos hakekattilan teho on yli 50 kilowattia, täytyy siilon ja varaston tilavuus yhteensä olla vähintään 150 m^3 (Puhakka et al. 2001, 34). Aiemmin mainitun lämpökontin hakesiilon tilavuus on yleensä 10-30 m^3, ja se voidaan täyttää joko etukuormaimella tai peräkärrystä kaatamalla, jos kyseessä on rinneratkaisu (Viirimäki 2008, 19).

Lämmitysmuotojen kustannukset luonnollisesti vaihtelevat tapauskohtaisesti ja työssä lasketaankin tarkasteltujen kohteiden kustannukset luvuissa seitsemän ja kahdeksan. Yleisesti ottaen, hakelämmityksen kustannukset ovat kuitenkin matalat. Suomen Rakennusinsinöörien Liiton (RIL) uusiutuvien lähienergioiden käyttöä käsittelevässä kirjassa (Rantala 2014) hakelämmityksen asennuksen ja arvonlisäveron sisältäviksi investointikustannuksiksi arvioidaan 200-500 €/kW. Kirjan mukaan hakelämmityksen investointikustannukset olisivat siis huomattavasti pienemmät kuin maalämpöpumpun, 1500-2000 €/kW, ja keskimäärin pienemmät kuin pellettilämmityksen, jonka kustannukset ovat 350-1500 €/kW (Rantala 2014, 71). Myös käyttökustannukset, olettaen, että huoltokustannukset ovat 5-10 prosenttia polttoainekustannuksista, ovat RIL:n kirjan mukaan hakelämmityksellä pienemmät kuin maalämpöpumppu- tai

pellettilämmityksellä. Hakelämmityksen käyttökustannukset ovat noin 0,025-0,035 €/kWh, kun vastaavat lukemat ovat 0,045-0,6 €/kWh pellettilämmitykselle ja 0,04 €/kWh maalämpöpumppujärjestelmälle (Rantala 2014, 71). Hake on myös käyttökustannuksiltaan huomattavasti edullisempi vaihtoehto kuin polttoöljy, jonka polttoainekustannukset ovat huomattavasti suuremmat (Viirimäki 2008, 7).

Hakelämmitys sopii hyvin öljylämmityksen korvaajaksi. Hakekattiloita löytyy eri kokoluokista aina 10 kW:sta lähtien (TwinHeat 2012). Melkeinpä kaikki hakekattiloiden jälleenmyyjät Suomessa, joilta pyydettiin tarjousta tämän työn tapaustarkasteluun, myyvät kuitenkin hakekattiloita, joiden tehot alkavat 20 kW:sta, joten hakekattiloiden myynti vaikuttaisi keskittyvän omakotitaloluokkaa suurempiin rakennuksiin, kuten aiemmin todettiin. Kuten pellettilämmityskin, hakelämmitys pystyy yksin vastaamaan sekä lämmityksestä että lämpimän käyttöveden tuotannosta. Kokonsa puolesta itse hakekattila mahtuu hyvin vanhaan kattilahuoneeseen (HERZ 2013). Ongelmaksi muodostuu kuitenkin hakevarasto, joka vie huomattavasti enemmän tilaa kuin pellettien tai polttoöljyn varastot, eikä mahdollisesti mahdu itse rakennukseen. Tämän takia parempi ratkaisu joissain kohteissa saattaisikin olla sekä hakekattilan että hakevaraston sijoittaminen itse lämmitettävän rakennuksen ulkopuolelle. Kuten varastoinnin kohdalla mainittiin, tällaisessa ratkaisussa voisi tulla kyseeseen niin sanottu lämpökontti, jonka etuna käyttäjän kannalta olisi helppo käyttöönotto, sillä kontin lisäksi tarvittaisiin vain pohja kontille ja lämpökanaali lämmitettävään tilaan.

Öljylämmitykseen verrattuna hakelämmityksen etuihin kuuluvat polttoaineen huomattavasti halvempi hinta ja polttoaineen hintakehityksen tasaisuus. Polttoaineiden hintoja käsitellään tarkemmin luvussa viisi, mutta metsähakkeen hinta on ollut noin 25-26 €/MWh viimeiset kuusi vuotta (Tilastokeskus 2020e), kun polttoöljyn hinta on samassa ajassa vaihdellut huomattavasti, välillä 76-110 €/MWh (Tilastokeskus 2020f). Polttoaineen hinta ei ole hakkeen etuna pelkästään öljyyn nähden, vaan sen hinta on myös yli puolet alhaisempi kuin pellettien (Tilastokeskus 2020g). Kuten pelletitkin, hake on kotimainen polttoaine, joten sen käyttö lisää Suomen omavaraisuutta. Tarvittavien lupien puolesta hakelämmitys kuuluu samaan kategoriaan pellettilämmityksen kanssa, eli

yleensä tarvitaan rakennuslupa ja joskus myös toimenpidelupa (Rantala 2014, 80). Päästöjä tarkastellessa, hakkeen etuna öljyyn nähden on luonnollisesti hiilidioksidipäästöjen poistuminen, mutta toisaalta hakkeen pienhiukkaspäästöt ovat polttoöljyä korkeammat (Kaivosoja et al. 2013). Rikkidioksidipäästöt sen sijaan ovat hakelämmityksellä hiukan matalammat kuin öljylämmityksellä (Kaivosoja et al. 2013). Kuten pellettien tapauksessa, NO_x-päästöt ovat melko samaa luokkaa kevyen polttoöljyn kanssa.

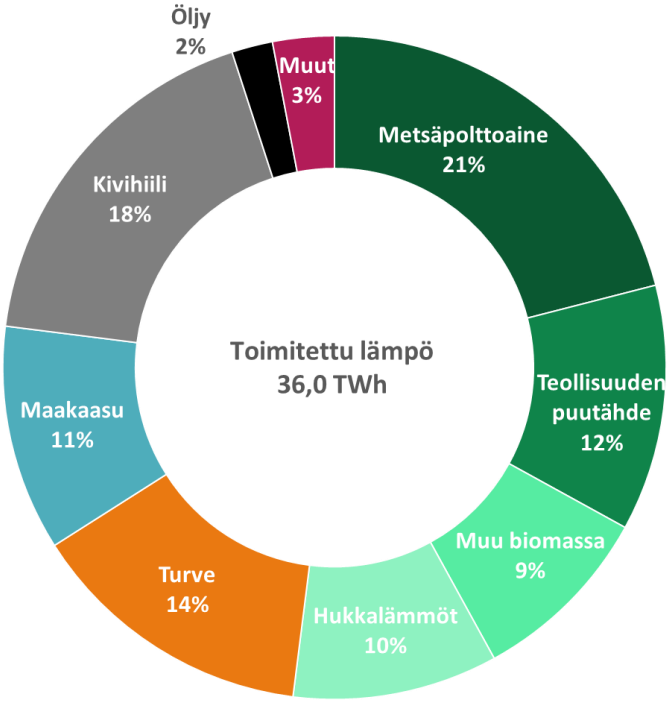
Hakekattiloiden hyötysuhde on kuitenkin huonompi kuin pellettikattiloiden, joiden hyötysuhde vastaavasti on huonompi kuin öljykattiloiden (Obernberger & Thek 2010, 318). Suurempi ero pellettien, hakkeen ja polttoöljyn välillä on niiden sisältämässä kosteudessa. Kun suomalaisten pellettituotteiden kosteus vaihtelee välillä 5,2-9,7 prosenttia ja kevyen polttoöljyn kosteus on melkein olematon, vain 50-70 mg/kg, on metsähakkeen kosteus jopa 40-55 prosenttia (Vakkilainen 2018b). Korkealla kosteuspitoisuudella on monia haittavaikutuksia. Ensinnäkin kosteusprosentti vaikuttaa alentavasti polttoaineen lämpöarvoon (Vakkilainen 2018b), jolloin luonnollisesti polttoainetta tarvitaan enemmän ja polttoainevarastonkin täytyy olla suurempi, mikä nostaa kustannuksia. Korkeampi kosteuspitoisuus voi myös johtaa epätäydelliseen palamiseen ja savukaasun määrän kasvamiseen, mikä heikentää prosessin hyötysuhdetta (Vakkilainen 2018b). Tämän lisäksi korkea kosteuspitoisuus hidastaa palamisprosessia, koska se hidastaa haihtuvien aineiden irtoamista polttoaineesta (Vakkilainen 2018b). Toisin kuin pelleteillä, hakkeen varastoinnissa täytyy huomioida hakkeen kosteusprosentti, sillä liian kostea hake voi homehtua, holvaantua ja talvella myös jäätyä (Viirimäki 2008, 21). Jos haketta ei kuivata tehokkaasti, hakkeen varastoinnissa ja käsittelyssä syntyy homeitiöitä, jotka leviävät edelleen (Puhakka et al. 2001, 21) ja ovat ihmisille vaarallisia (Viirimäki 2008, 20). Kuivaus suoritetaan puhaltimella, joka kuluttaa sähköä noin 6-10 kWh/i-m^3 (Puhakka et al. 2001, 22). Kuten on jo mainittu, hake vie myös runsaasti enemmän tilaa kuin pelletit tai öljy, mikä voisi pienessä kohteessa aiheuttaa hankaluuksia. Varastoitavuus ja varastoinnin ongelmat ovatkin selkeästi hakkeen suurimpia heikkouksia. Mainittujen haittapuolien lisäksi hakejärjestelmät

vaativat käyttäjältä enemmän toimia kuin öljylämmitys, vaikka järjestelmät ovatkin nykyisin pitkälle automatisoituja.

4.4 Kaukolämpö

Kaukolämpö on keskitetysti voimalaitoksissa tai lämpökeskuksissa tuotettavaa lämpöä, joka toimitetaan asiakkaille kaukolämpöverkkoa pitkin joko kuumana vetenä tai vesihöyrynä (Mäkelä & Tuunanen 2015, 11). Nykyisin Euroopassa käytetään lähinnä kuumaa vettä kaukolämpöverkoissa (Mäkelä & Tuunanen 2015, 11). Kaukolämpöä voidaan valmistaa joko yhteis- tai erillistuotannossa (Motiva 2019c). Yhteistuotantolaitoksissa kaukolämpö on sähkön tuotannossa turbiineissa syntyvää hukkalämpöä (Motiva 2019c). Hukkalämmön käyttö lämmitykseen nostaa voimalaitoksen hyötysuhdetta huomattavasti (Mäkelä & Tuunanen 2015, 145), minkä takia yhteistuotanto on parempi vaihtoehto kaukolämmön tuottamiseksi. Yhteistuotannon osuus kaukolämmön tuotannosta onkin huomattavasti suurempi kuin erillistuotannon. Kaukolämmöstä tuotettiin 64 prosenttia yhteistuotannossa vuonna 2020 (Tilastokeskus 2020h). Osuuksien suhde on pysynyt ennallaan vuodesta 2016 (Tilastokeskus 2020h). Erillistuotannon osuus on laskenut huomattavasti 1970- ja 1980-luvuilta, jolloin yhteis- ja erillistuotannon osuudet olivat melkein yhtä suuret (Motiva 2019c). Sen osuus on kuitenkin lähtenyt uuteen nousuun viimeisen, noin kymmenen vuoden aikana, sillä esimerkiksi vuonna 2005 sen osuus oli 25 prosenttia, eli erillistuotannon osuus on kohonnut noin 10 prosenttia (Tilastokeskus 2020h). Kaukolämpö on asuinrakennusten lämmityksessä hyvin suosittu ratkaisu. Vuonna 2018 kaukolämmön osuus asuin- ja palvelurakennusten lämmityksen hyötyenergiasta oli 46 prosenttia (Energiateollisuus 2020). Kaukolämmön osuus oli 46 prosenttia myös vuonna 2017, ja se on ollut 46-47 prosenttia viimeiset 10 vuotta (Tilastokeskus 2019c). Vuosina 2005-2007 sen osuus oli vielä hieman suurempi, 49 prosenttia (Tilastokeskus 2019c). Kaikkien eri rakennustyyppien lämmityksessä kaukolämpöä käytettiin 34 850 GWh vuonna 2017 (Tilastokeskus 2019c). Tällöin sen osuus rakennusten lämmityksessä käytetystä kokonaisenergiamäärästä oli 37,9 prosenttia (Tilastokeskus 2019c). Käytetyn

lämmitysenergian määrä voi vaihdella toki vuosittain melko paljonkin, mutta kaukolämmön osuus rakennusten lämmityksessä käytetystä energiasta on pysynyt hyvin samansuuruisena – vuonna 2007 kaukolämmön osuus oli 39,3 prosenttia, jonka jälkeen se on vaihdellut välillä 37,7-38,3 prosenttia (Tilastokeskus 2019c). Kuvassa 8 on esitetty vuonna 2019 Suomessa kaukolämmön tuotannossa käytettyjen energialähteiden osuudet.



Kuva 8. Vuonna 2019 kaukolämmön tuotannossa käytetyt energialähteet (Energiateollisuus 2020).

Huomattava osa, 42 prosenttia, kaukolämmöstä tuotetaan uusiutuvalla energialla. Tämän lisäksi 10 prosenttia kaukolämmöstä on hukkalämpöä. Kaukolämmön ympäristöystävällisyys on lisääntynyt huomattavasti viimeisen vuosikymmenen aikana; vielä 2009 uusiutuvien energialähteiden osuus kaukolämmön tuotannosta oli vain 17,5 prosenttia ja hukkalämmön osuus 2,5 prosenttia (Energiateollisuus 2020). Fossiilisista polttoaineista eniten on vähentynyt maakaasun käyttö, joka on laskenut 29,4 prosentista vuonna 2009 vain 11 prosenttiin vuonna 2019 (Energiateollisuus 2020). Uusiutuvan energian osuuden kasvu näkyy myös kaukolämmön hiilidioksidipäästöissä; vuoden 2019

kaukolämmön ominaispäästöt olivat 130 gCO_2/kWh, joka oli 12 prosenttia vähemmän kuin edellisenä vuonna ja 37 prosenttia vähemmän kuin 10 vuotta sitten (Energiateollisuus 2020).

Kaukolämpö on hyvin potentiaalinen korvaaja öljylämmitykselle. Se pystyy vastaamaan kokonaan rakennuksen lämmityksestä ja lämpimän veden tarpeesta, eikä se vaadi käyttäjältä yhtä paljon toimia kuin esimerkiksi hakelämmitys. Kaukolämpöön siirtymiseksi tarvitaan perustusten alta tai soikkelin läpi tuotavien kaukolämpöjohtojen ja lämmönjakokeskuksen asennus (Oulun rakennusvalvonta 2013a). Lämmönjakokeskus on kokonaisuus, joka koostuu lämmönsiirtimistä, säätöautomatiikasta, pumpuista ja muista laitteista (Mäkelä & Tuunanen 2015, 19). Lämmönsiirtimiä on ainakin kaksi, yksi tilojen lämmitykselle ja yksi lämpimälle käyttövedelle, mutta myös ilmastoinnilla, ilmanvaihdoilla tai muilla lämmityskohteilla on omat lämmönsiirtimet ja säätölaitteet (Mäkelä & Tuunanen 2015, 19). Kun lämmönjakokeskuksen elinikä ylittää 15 vuotta, täytyy se yleensä uusia (Mäkelä & Tuunanen 2015, 105). Työtuntien kustannuksen takia on lämmönjakokeskuksen uusiminen kokonaan yleensä taloudellisempi vaihtoehto kuin osittainen uusiminen (Mäkelä & Tuunanen 2015, 105-106). Kaukolämpö vie hyvin vähän tilaa, joten lämmönvaihdin asennetaan yleensä vanhaan kattilahuoneeseen (Oulun rakennusvalvonta 2013a). Kaukolämpöön vaihtaminen on yksinkertaista, sillä kaukolämpöjärjestelmä voidaan yhdistää olemassa olevaan vesikiertoiseen lattia- tai patterilämmitykseen (Oulun rakennusvalvonta 2013a). Lämmönjakokeskuksen ja kaukolämpöjohtojen lisäksi kaukolämpöön siirtyminen vaatii mittauskeskuksen asentamisen (Mäkelä & Tuunanen 2015, 18). Mittauskeskuksen asennuksesta ja huollosta huolehtii kaukolämmön myyjä (Mäkelä & Tuunanen 2015, 18).

Etelä-Savon kaukolämmön toimittajan Etelä-Savon Energian vuoden 2016 liittymismaksut alkavat omakotitalolle 5040 eurosta, rivitalolle 6174 eurosta, kerrostalolle 10 584 eurosta ja liikekeskukselle 23 814 eurosta (Etelä-Savon Energia 2016). Kokonaisuudessaan Oulun rakennusvalvonta (2013a) puolestaan arvioi, että kaukolämpöön vaihtaminen työt huomioon ottaen maksaisi noin 8000-10000 euroa, mikä

olisi omakotitalolle melko edullinen hinta, ainakin verrattuna esimerkiksi maalämpöpumppuun.

Liittymismaksu, joka kattaa nimensä mukaisesti kattaa liittämisen investointikustannukset, määräytyy joko sopimustilavuusvirran tai -tehon perusteella (Mäkelä & Tuunanen 2015, 120). Tilavuusvirran perusteella hinnoittelun etuna on se, että se huomioi myös kaukolämmön jäähdytyksestä koituvat kustannukset (Mäkelä & Tuunanen 2015, 120). esimerkiksi äsken mainitulle omakotitalolle Etelä-Savon Energian liittymismaksuhinnastossa on merkitty tilavuusvirraksi 0,2 kuutiometriä tunnissa (Etelä-Savon Energia 2016). Kerran maksettavan liittymismaksun lisäksi kaukolämmön kustannukset koostuvat vuosittain maksettavasta kiinteästä perusmaksusta ja kulutuksen perusteella määräytyvästä energiamaksusta (Mäkelä & Tuunanen 2015, 120). Energiamaksu kattaa kaukolämmön muuttuvat kustannukset, kuten polttoaine- ja pumppauskustannukset, kun taas perusmaksu kattaa kiinteät kulut, kuten palkka- ja kiinteistökustannukset (Mäkelä & Tuunanen 2015, 122). Etelä-Savon Energia tarjoaa asiakkailleen joko Rento- tai Nuuka-kaukolämpöpakettia. Rento-kaukolämpöön kuuluu tilavuusvirtaan perustuva perusmaksu ja kulutuksen perusteella määräytyvä energiamaksu (Etelä-Savon Energia 2020). Energiatehokkaammille asiakkaille suunnitellussa Nuuka-paketissa perusmaksu on edullisempi kuin Rento-paketissa, mutta kulutuksen perusteella määräytyvä energiamaksu puolestaan kalliimpi (Etelä-Savon Energia 2020). ESE:n asiakkaat voivat halutessaan vaihtaa Nuuka-pakettiin, mutta muutoin asiakkaat kuuluvat automaattisesti Rento-pakettiin (Etelä-Savon Energia 2014). Rento-kaukolämmössä energiamaksu on 56,97 €/MWh ja perusmaksu 496,12 euroa vuodessa (Etelä-Savon Energia 2014). Nuuka-kaukolämmössä energiamaksu puolestaan on 64,20 €/MWh ja perusmaksu 372,09 euroa vuodessa (Etelä-Savon Energia 2014).

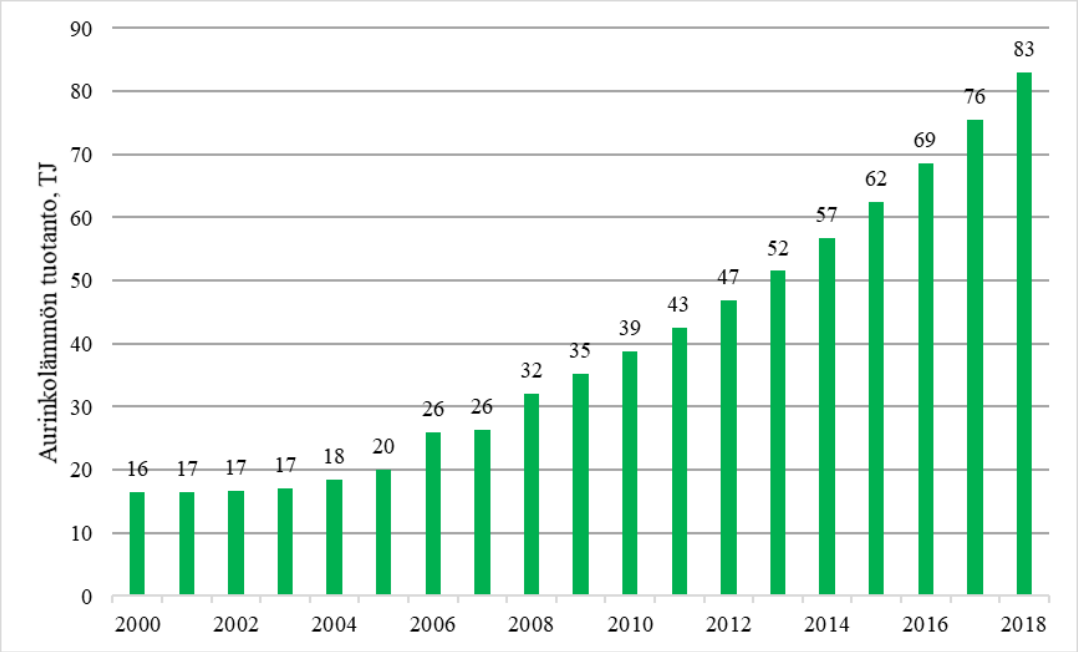
Kaukolämmön etuihin siis kuuluvat sen helppokäyttöisyys, tilantarpeen vähäisyys, siihen liittymisen yksinkertaisuus ja muihin vaihtoehtoihin verrattuna matalat investointi- ja asennuskustannukset. Sen hiilidioksidipäästöt ovat kuitenkin hake-, pelletti- ja maalämpöpumppujärjestelmiä korkeammat. Kaukolämpö ei ole myöskään käytettävissä kaikilla alueilla. Tätä työtä aloittaessa oli selvää, ettei kaukolämpö ollut saatavilla työn

tapaustarkastelun kohteena olleelle koulurakennukselle. Oletuksena kuitenkin oli, että myös kaukolämpö olisi mukana kustannusvertailussa työn toisena tapaustarkastelukohteena olleelle omakotitalolle. Etelä-Savon Energiaan yhteyttä ottaessa kävi kuitenkin ilmi, ettei kaukolämpö ole mahdollinen vaihtoehto omakotitalollekaan. Saatavuus kuuluu siis kaukolämmön huonoihin puoliin.

4.5 Päälämmitystä tukevat lämmitysjärjestelmät

4.5.1 Aurinkolämmitysjärjestelmä

Aurinkolämmitysjärjestelmät ovat järjestelmiä, jotka keräävät aurinkoenergiaa talteen ja siirtävät sen lämpövarastoon (Motiva 2019d). Aurinkolämmön määrä on kasvanut prosentuaalisesti huomattavasti 2010-luvulla. Kun vuonna 2010 aurinkolämpöä käytettiin 39 TJ, vuonna 2017 sen käyttö oli 83 TJ. Vaikka aurinkolämmön määrä on kasvanut prosentuaalisesti huomattavasti, sen määrä on vielä erittäin pieni verrattuna muihin energiamuotoihin. Aurinkolämmön määrä on myös jäänyt jälkeen aurinkosähkön kehityksestä. Vielä vuonna 2015 aurinkolämmön osuus oli suurempi, 64 TJ, kun aurinkosähkön määrä oli 41 TJ. Vuoden aikana aurinkosähkön osuus kuitenkin melkein kaksinkertaistui 79 TJ ja vuonna 2018 aurinkosähkön määrä oli jo 325 TJ. (Tilastokeskus 2020i.)



Kuva 9. Aurinkolämmön tuotanto Suomessa vuosina 2000-2018 (Tilastokeskus 2020i).

Aurinkolämmitysjärjestelmään kuuluvat aurinkolämpökeräin, lämpövaraaja ja lämmönsiirtoputkisto (Motiva 2019e). Aurinkolämpökeräimiä on sekä taso- että tyhjiöputkikeräimiä (Rantala 2014, 38). Näiden molempien toimintaperiaate on kuitenkin sama; auringon säteily muuttuu aurinkokeräimessä lämmöksi, joka siirtyy lämmönsiirtoputkistossa lämmönsiirtonesteeseen (Motiva 2019e). Suomen sääoloissa lämmönsiirtonesteenä käytetään veden ja jäänestoaineen seosta (Motiva 2019e). Lämmönsiirtoneste luovuttaa lämmön lämpövaraajaan, jossa se lämmönvaihtimen avulla luovuttaa lämpöä veteen (Rantala 2014, 38). Lämmönvaraajasta lämmönsiirtoneste siirretään takaisin aurinkokeräimeen pumpulla (Rantala 2014, 38). Pumppua käyttävien aurinkolämmitysjärjestelmien lisäksi on kuitenkin olemassa myös luonnonkiertoa käyttäviä järjestelmiä, joissa lämmönsiirtonesteen kierrätys perustuu tiheyseroon (Reda 2017). Pumppua käyttävien järjestelmien osuus asennetuista järjestelmistä Euroopassa oli 56 prosenttia vuonna 2012 julkaistun lähteen mukaan (Reda 2017). Nestekiertoisten aurinkolämpökeräimien lisäksi on olemassa myös ilmakeräimiä, jotka voidaan jaotella kattamattomiin ja läpinäkyvällä katteella varustettuihin keräimiin (Motiva 2019e).

Tasoputkikeräimet koostuvat absorptiolevystä, absorptioputkista, katelasista, kotelosta ja eristeestä (Rantala 2014, 39). Tasoputkikeräimissä absorptiomateriaalin päällä on lasikuori, ja niiden välissä tyhjää, yleensä ilman täyttämää tilaa, joka synnyttää kasvihuoneilmiön (Reda 2017, 10). Lämpöhäviöiden vähentämiseksi tasokeräin on eristetty sekä sivuilta että takaa (Reda 2017, 10). Tasokeräimien hyötysuhde on noin 25-50 prosenttia (Rantala 2014, 38). Aurinkolämpökeräimien hyötysuhde laskee, kun lämmönsiirtonesteen ja ulkolämpötilan välinen lämpötilaero kasvaa (Motiva 2019d), eli hyötysuhde on huonoimmillaan talvella.

Tyhjiöputkikeräimissä absorptioputket ovat sijoitettu kahden lasin väliin (Reda 2017, 10). Putket koostuvat ulko- ja sisäputkesta, joiden väliin on luotu tyhjiö lämpöhäviöiden vähentämiseksi (Reda 2017, 10). Tyhjiöputket voidaan jakaa kahteen luokkaan; yksilasisiin tyhjiöputkiin ja heat pipe-tyyppisiin tyhjiöputkiin (Motiva 2019e). Yksilasisissa tyhjiöputkissa absorbaattorilevy on tyhjiöputken sisällä ja putket, joissa lämmönsiirtoneste kiertää, ovat siihen kiinnitettyinä (Reda 2017, 11). Heat pipe-tyyppisessä tyhjiöputkikeräimessä jokaisessa tyhjiöputkessa on nestettä, joka höyrystyy ja kulkeutuu putken yläosaan, jossa se luovuttaa lämpöä omassa, lämpöeristetyssä putkistossa liikkuvaan lämmönsiirtonesteeseen (Motiva 2019e). Tyhjiöputkikeräinten hyötysuhde on noin 30-60 prosenttia (Rantala 2014, 39), eli hiukan parempi kuin tasoputkikeräimien. Syynä parempaan hyötysuhteeseen on lämpöeristyksenä käytetty tyhjiö, jonka ansiosta suurempi osuus lämmöstä voidaan hyödyntää (Motiva 2019e). Tyhjiöputki- ja tasolevykeräimien ero lämmöntuotannossa tasoittuu lämpiminä vuodenaikoina (Motiva 2019e). Tyhjiöputkikeräimet ovat kuitenkin noin 30-50 prosenttia kalliimpia kuin tasoputkikeräimet (Motiva 2019d).

Aurinkolämpökeräimet eivät yksinään pysty kattamaan rakennuksen lämmitystä, mutta niitä voidaan käyttää tilojen lämmityksessä päälämmitysjärjestelmän tukena tai esimerkiksi lämpimän käyttöveden tuotannossa. Aurinkolämpöjärjestelmää voidaan käyttää vesikiertoisissa lämmitysjärjestelmissä (Rantala 2014, 39), eli sitä voisi käyttää vesikiertoisten maalämpö-, pelletti- tai hakejärjestelmien tukena. Aurinkolämpöjärjestelmän voisi yhdistää myös esimerkiksi pellettitakan kanssa.

Oikeanlaisen vesivaraajan kanssa aurinkokeräimen ja pellettitakan yhdistelmä voisi kattaa pienen kohteen lämmön ja lämpimän veden tarpeen kokonaan (Rantala 2014, 47).

Kuten mainittiin, aurinkolämmitysjärjestelmien hyötysuhde on huonoimmillaan silloin, kun ulkolämpötila on matalimmillaan, eli talvella. Talvella myös auringon säteily on vähimmillään. Aurinkolämpöjärjestelmien suurin heikkous on siis se, että ne tuottavat vähiten lämpöä silloin, kun lämpöä tarvitaan eniten. Aurinkolämmön tuotannon ajoitusta voidaan kompensoida varastoimalla kesällä tuotettua lämpöä ja käyttämällä sen talvella (Reda 2017). Lyhytaikaisena varastona voidaan käyttää varaajan lämpövastusta, joka varmistaa, että lämpöä on saatavilla myös pilvisellä säällä (Rantala 2014, 38). Yksi vaihtoehto on myös yhdistää aurinkolämmitysjärjestelmä lämpöpumpun kanssa, jolloin säteilyn määrän ollessa vähäinen voidaan aurinkolämmitysjärjestelmän tuottaman aurinkolämmön lämpötilaa nostaa lämpöpumpulla (Reda 2017). Aurinkolämpöä käytetään kuitenkin paljon lämpimän käyttöveden valmistukseen (Reda 2017), mikä on sen etu verrattuna esimerkiksi ilmalämpöpumppuihin. Kuten aurinkolämpö, ilmalämpöpumput tuottavat eniten lämpöä kesällä, jolloin sitä tarvitaan vähiten ja vähiten talvella, jolloin sitä tarvitaan eniten. Aurinkolämmön käytössä ei myöskään synny paljon päästöjä. Käytössä itsessään ei synny päästöjä, mutta mahdolliset apulaitteet, kuten lämmönsiirtonestettä kierrättävä pumppu, kuluttavat tietenkin sähköä.

Aurinkolämmön investointikustannus on noin 1000-3500 €/kW ja käyttökustannus 0,005-0,015 €/kWh (Rantala 2014, 71). Energiaa aurinkolämpöjärjestelmä tuottaa noin 750-1500 kWh yhtä investoitua kilowattia kohden (Rantala 2014, 71). Verrattaessa muihin tukilämmitysmuotoihin, aurinkolämmön investointikustannukset ovat samaa luokkaa kuin poistoilmalämpöpumpun, mutta sen käyttökustannukset ovat pienemmät ja tuotettu energia suurempi (Rantala 2014, 71).

4.5.2 **Ilma-vesilämpöpumput**

Ilma-vesilämpöpumput (UVLP) ovat lämpöpumppuja, jotka siirtävät lämpöä ulkoilmasta vesivaraajaan (Perälä R. & Perälä O. 2013, 73). Ilma-vesilämpöpumppu on lämpöpumpputyypeistä uusin (Motiva 2019f), minkä takia niiden määräkin on vähäisin.

Vuonna 2018 Suomessa oli 25 098 ilma-vesilämpöpumppua (Tilastokeskus 2020c). Vaikka niiden määrä on pienin, on ilma-vesilämpöpumppujen määrän kasvu ollut kaikista lämpöpumpuista prosentuaalisesti suurin 2010-luvulla. Vielä vuonna 2010 määrä Suomessa oli 6326 kappaletta, eli ilma-vesilämpöpumppujen lukumäärä on melkein nelinkertaistunut kahdeksassa vuodessa (Tilastokeskus 2020c).

UVLP:n toimintaperiaate on sama kuin maalämpöpumpun ja muidenkin lämpöpumppujen; höyrystimessä kiertoaine vastaanottaa lämpöä ja höyrystyy ja lauhduttimessa se luovuttaa lämpöä (Rantala 2014, 50). Lämmönlähteen ollessa ulkoilma, ilma-vesilämpöjärjestelmä koostuu ulko- ja sisäyksiköstä (Perälä R. & Perälä O. 2013, 73). Sisäyksikössä sijaitsevat lämminvesivaraaja ja kiertovesipumppu (Perälä R. & Perälä O. 2013, 73), ulkoyksikössä kompressori ja automatiikan ohjauslaitteita (Motiva 2011b). UVLP:n ulkoyksikössä on automaattinen sulatus, joka poistaa höyrystimeen kertyneen jään (Perälä R. & Perälä O. 2013, 73). Kokonsa puolesta UVLP mahtuisi vanhaan kattilahuoneeseen, mutta sisäyksikön sijoituspaikassa täytyy olla lattiakaivo (Perälä R. & Perälä O. 2013, 74). Ilma-vesilämpöpumppuun soveltuvat luonnollisesti samat lait kuin muihinkin lämmitysmuotoihin, joten maankäyttö- ja rakennuslain pykälän 126 perusteella se saattaa tarvita toimenpideluvan, jos ulkoyksikkö vaikuttaa huomattavasti rakennuksen julkisivuun.

Ilma-vesilämpöpumpun heikkoutena on sen tehon putoaminen kovilla pakkasilla. UVLP:n toimii -20 °C asteen säässä noin 50 prosentin teholla verrattuna 7 °C säähän, jossa lämpöpumpun nimellisteho on yleensä mitattu (Motiva 2019f). Tällöin sen vuosilämpökerroin jää matalammaksi kuin maalämpöpumpun; keskimäärin ilma-vesilämpöpumppujen vuosilämpökerroin on noin kaksi (Perälä R. & Perälä O. 2013, 74). Joka tapauksessa, UVLP ei pysty kovimmilla pakkasilla tuottamaan kaikkea tarvittua lämpöenergiaa, joten se tarvitsee rinnalleen varalämmitysjärjestelmän (Rantala 2014, 52). Varajärjestelmänä käytetään useimmiten UVLP:n omia sähkövastuksia, eli varalämmitysjärjestelmänä käytetään sähköä (Rantala 2014, 52). UVLP:n etuna maalämpöpumppuun verrattuna on sen pienempi investointikustannus, 800-1200 €/kW (Rantala 2014, 71). UVLP sopii myös kiinteistöihin, joiden maaperä ei sovellu

maalämpöjärjestelmän asennukseen (Rantala 2014, 52). UVLP sopisi myös kohteisiin, joille ei ole myönnetty maalämmön tarvitsemia lupia. Sen käyttökustannus on maalämpöpumppua hiukan korkeampi, 0,05-0,06 €/kWh ja saatu energiamäärä luonnollisesti myös pienempi (Rantala 2014,71). UVLP:n käyttöikä on keskimäärin myös hiukan maalämpöpumppua lyhyempi, 10-15 vuotta (Rantala 2014, 71)

Ilma-vesilämpöpumppu sopisi tietyin edellytyksin öljylämmityksen korvaajaksi. Jos käytössä on patteriverkkolämmitys, ilma-vesilämpöpumppu ei ole yhtä hyvä ratkaisu kuin lattialämmityksen tapauksessa, sillä patteriverkon menoveden lämpötila täytyy olla korkeampi, jolloin UVLP:n lämpökerroinkin jää paljon pienemmäksi (Motiva 2020c). Useilla pumppumalleilla yli 55-asteinen lämmöntuotanto on myös haastavaa (Motiva 2020c). On kuitenkin myös kahden kompressorin pumppumalleja, joilla voidaan saavuttaa yli 70 asteen lämpötila (Motiva 2020c). Ylipäätään UVLP on kuitenkin kykenevä kattamaan koko rakennuksen lämmitystarpeen (Motiva 2019f). UVLP:n tapauksessa laite voi kovimmilla pakkasilla kuitenkin sammuttaa itsensä, minkä takia sen sähkövastus tai varalla oleva lämmitysjärjestelmä täytyy mitoittaa kattamaan rakennuksen ja käyttöveden lämmityksen suurimman tehontarpeen (Motiva 2020c).

4.5.3 **Ilmalämpöpumput**

Ilmalämpöpumput ovat lämpöpumppuja, jotka siirtävät lämpöä ulkoilmasta ja luovuttavat sen rakennuksen sisälle, yleensä suoraan huoneilmaan, minkä takia niitä kutsutaan myös ilma-ilmalämpöpumpuiksi (Laitinen 2016). Ilmalämpöpumput ovat suosituin lämpöpumpputyyppi Suomessa – vuonna 2018 niiden määrä asuin- ja palvelusrakennuksissa oli peräti 535 319 kappaletta, kun vielä 2010 niiden määrä oli 318 710 (Tilastokeskus 2020c). Ilmalämpöpumppujen vuosilämpökerroin on samalla tasolla kuin ilma-vesilämpöpumppujen; noin 2-2,5 (Rantala 2014, 71).

Kuten ilma-vesilämpöpumppu, ilmalämpöpumppu koostuu sisä- ja ulkoyksiköstä (Perälä R. & Perälä O. 2013, 39). Sisäyksikössä ilmalämpöpumpussa on tuuletin, joka puhaltaa ulkoilmasta kerätyn lämmön sisätiloihin (Perälä R. & Perälä O. 2013, 39). Muutoin

ilmalämpöpumpun toimintaperiaate on samanlainen kuin aikaisemmin jo esiteltyjen lämpöpumppujen. Kuten ilma-vesilämpöpumpuissakin, ilmalämpöpumpuissa on automaattinen sulatus (Perälä R. & Perälä O. 2013, 53). Sulatusta tarvitaan, koska pumpun höyrystimeen kertyvä jää heikentää pumpun lämmönottokykyä (Perälä R. & Perälä O. 2013, 53). Eniten jäätä kertyy ulkolämpötilan ollessa nollan tuntumassa, jolloin ilmassa on paljon kosteutta, joka tiivistyy höyrystimen pinnalle ja jäätyy siihen kiinni (Perälä R. & Perälä O. 2013, 53). Kesäisin kosteus tiivistyy sisäyksikössä lauhduttimen pintaan, minkä takia sisäyksikössä täytyy olla jonkinlainen keräysyksikkö, yleensä ulkoyksikköön johtava putki, joka poistaa veden (Perälä R. & Perälä O. 2013, 54).

Suurin syy ilmalämpöpumppujen suureen suosioon lienee niiden pieni investointikustannus verrattuna muihin lämpöpumppuihin. Ilmalämpöpumpun investointikustannus on noin 1500-2500 euroa, kun seuraavaksi halvimman lämpöpumpputyypin, poistoilmalämpöpumpun kustannus on 6000-10 000 euroa (Rantala 2014, 54). Pienestä investointikustannuksesta huolimatta ilmalämpöpumpulla voidaan saavuttaa suuria säästöjä rakennuksen lämmityksessä. Keskimääräinen säästö 250 pientalon seurantaryhmässä oli noin 3000 kWh vuodessa (Motiva 2019g). Matalan hinnan ja hyvän lämmöntuoton ansiosta myös takaisinmaksuaika jää lyhyeksi. Omakotitaloon hankittu 1800 euron ilmalämpöpumppu tuottaisi hintansa takaisin jo alle neljässä vuodessa (Perälä R. & Perälä O. 2013, 55). Edullisuuden lisäksi ilmalämpöpumppujen etu on niiden laaja käytettävyys – ne käyvät kaikenlaisiin talotyyppeihin, sekä uusiin että vanhoihin (Motiva 2019g), toisin kuin esimerkiksi maa- ja ilma-vesilämpöpumput, jotka eivät välttämättä sovi hyvin vanhoihin, patterilämmitteisiin taloihin. Ilmalämpöpumput ovat myös lupa-asioiden puolesta hyvin yksinkertaisia; tyypillisesti rivi- tai kerrostaloon ilmalämpöpumpun asentaminen ei vaadi lupaa viranomaiselta (Rantala 2014, 86). Jos asennettu pumppu kuitenkin muuttaa huomattavasti rakennuksen julkisivua, vaatii se maankäyttö- ja rakennuslain perusteella toimenpideluvan, kuten aiemmin jo mainittiin. Kuten ilma-vesilämpöpumppujen, ilmalämpöpumppujen heikkoutena on tehon putoaminen kovilla pakkasilla. Lämpötilan

ollessa -20 °C, ilmalämpöpumppujen lämmöntuotto putoaa 50 prosenttia verrattuna 7 °C:n asteen lämpötilaan, jossa lämpökerroin yleensä mitataan (Motiva 2019g).

Ilmalämpöpumppu ei kuitenkaan yksinään sovi öljylämmityksen korvaajaksi. Koska ilmalämpöpumppu siirtää lämpöä ulkoilmasta huoneilmaan, sitä ei voi liittää vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään tai käyttää käyttöveden lämmitykseen. Vaikka ilmalämpöpumppu ei sovikaan ainoaksi lämmitysjärjestelmäksi, voi se pienessä kohteessa tuottaa huomattavan osan tarvittavasta lämmöstä. Sähkölämmitteisiä pientaloja käsitelleen tutkimuksen, mukaan ilmalämpöpumppu voi vähentää energiankulutusta korkeintaan 10-30 prosenttia (Motiva 2018).

4.5.4 **Poistoilmalämpöpumput**

Poistoilmalämpöpumput ovat lämpöpumppuja, jotka siirtävät lämpöä talosta poistettavasta ilmasta takaisin tuloilmaan, käyttöveden lämmitykseen tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään (Motiva 2019h). Lämmityksen lisäksi niitä voidaan käyttää myös jäähdytykseen (Motiva 2019h). Toimiakseen poistolämpöpumppu tarvitsee koneellisen ilmanvaihdon (Motiva 2012d). Poistoilmalämpöpumppujen määrä on kasvanut 2010-luvulla maltillisesti verrattuna ilmalämpö- ja maalämpöpumppujen määrään ja prosentuaalisesti vähiten eri lämpöpumpputyypeistä (Tilastokeskus 2020c). Myös poistoilmalämpöpumppujen määrä on kuitenkin kasvanut runsaasti; vuonna 2010 niiden määrä asuin- ja palvelurakennuksissa oli 17 933, josta kasvua vuoteen 2018 mennessä oli noin 90 prosenttia, 34 228 kappaleeseen (Tilastokeskus 2020c).

Poistoilmalämpöpumppu tuottaa lämpöä noin 2-4 kW:n vakioteholla ympäri vuoden, koska sen lämmönlähteenä on vakiolämpötilassa pysyvä sisäilma (Motiva 2019h). Tehoa rajoittavana tekijänä on poistuvan ilman määrä (Perälä R. & Perälä O. 2013, 38). Säästöä ostoenergian käytössä suoraan sähkölämmitykseen verrattuna kertyy noin 40 prosenttia (Motiva 2019h). Poistolämpöpumppujen vuosilämpökerroin on noin 2-3 (Rantala 2014, 71). Sen hyviin puoliin kuuluu helppokäyttöisyys; käyttäjältä ei vaadita paljoa huolto- tai puhdistustoimenpiteitä – ainoastaan suodatin täytyy vaihtaa ja puhdistaa kerran vuodessa

(Motiva 2019h). Poistoilmalämpöpumppu on taloudellisesti optimaalisin ratkaisu rakennuksiin, joiden sisätilavuuden suhde vaadittavaan lämpötehoon nähden on suuri (Motiva 2019h). Se siis sopii erinomaisesti matalaenergia- tai passiivitaloihin (Motiva 2019h), joissa lämmöntarve on pienempi, ei niinkään vanhoihin kohteisiin, joissa eristykset ovat huonommat. Etuna muihin lämpöpumppuihin nähden on myös se, että se voi luovuttaa lämpöä sekä tuloilmaan että vesikiertoiseen lämmitykseen, joten se sopii kaikkiin kohteisiin, joissa on vain koneellinen ilmanvaihto. Poistoilmalämpöpumpun etuna ilma- ja ilma-vesilämpöpumppuun nähden on siis tasainen lämmöntuotto. Se on kuitenkin huomattavasti kalliimpi investointi kuin ilmalämpöpumppu; investointikustannus uuteen pientaloon on noin 6000-13 000 euroa (Motiva 2019h). Käyttökustannus on poistoilmalämpöpumpuilla 0,04-0,06 €/kWh (Rantala 2014, 71). Tasaisemman lämmöntuotannon lisäksi poistoilmalämpöpumpun käyttöikä on hieman pidempi kuin ilma- tai ilma-vesilämpöpumpuilla, 15-20 vuotta (Rantala 2014, 71). Kuten on jo mainittu, rakennuslupa tarvitaan muun muassa, jos rakennuksen energiatehokkuus muuttuu huomattavasti ja toimenpidelupa tarvitaan, jos rakennuksen julkisivu muuttuu huomattavasti.

Poistoilmalämpöpumppu ei pysty yksinään huolehtimaan rakennuksen lämmityksestä. Poistolämpöpumppu voidaan varustaa kuitenkin sähkökattilalla tai jopa pienellä maalämpöpumpulla, jossa on lyhyt keruuputki, jolloin se voisi pientalossa toimia mahdollisesti ainoana lämmönlähteenä (Perälä R. & Perälä O. 2013, 38).

5 KANNUSTIMET JA TUKIMEKANISMIT

Tässä luvussa tarkastellaan uusiutuville lämmitysvaihtoehdoille käytössä olevia ja olleita kannustimia. Luvussa käsitellään sekä varsinaisia tukia, kuten energia-avustusta, kotitalousvähennystä ja energiatukea, mutta myös epäsuoria kannustimia, kuten polttoaineiden verotusta ja biopolttoaineiden jakeluvelvoitetta. Energia-avustuksen osalta keskitytään 2010 vuoden jälkeiseen ajanjaksoon, josta löytyy enemmän tietoa kuin sitä edeltäneiltä vuosilta. Myös polttoaineiden verotuksessa tarkastellaan 2010-lukua. Energiatuen osalta käsitellään lyhyesti myös ennen vuotta 2010 jaettuja tukia, vuodesta 2002 alkaen. Maaseudun kehittämisohjelmaa tarkastellaan vuosien 2015-2018 osalta.

5.1 Energia-avustus

Pientalojen harkinnanvarainen energia-avustus oli energiataloutta parantaviin tai lämmityksessä uusiutuvan energian käyttöönottoon liittyviin laite- tai materiaalihankintoihin myönnetty investointituki. Energia-avustuksen myöntäminen perustui asuntojen korjaus-, energia- ja terveyshaitta-avustuslakiin 1184/2005 ja valtioneuvoston asetukseen asuntojen korjaus-, energia- ja terveyshaitta-avustuksista 128/2006. Lain 1184/2005 mukaan avustuksia voidaan myöntää uusiutuvien energiamuotojen käyttöön, energiatalouden parantamiseen tai energiankäytön päästöjen vähentämiseen (L 22.12.2005/1184, 2§). Edellytyksenä avustukselle olivat korjattavan asunnon ympärivuotinen asuminen, avustuksen myöntäminen ennen korjaustöiden aloittamista, energiataloudellisesti perustellut toimenpiteet ja kohtuulliset kustannukset (L 22.12.2005/1184, 4§).

Valtioneuvoston asetuksessa 128/2006 täsmennetään tuettavia toimenpiteitä. Asetuksen 18§:n mukaan tuettavia toimenpiteitä energiatalouden parantamiseksi olivat esimerkiksi erillisen energiakatselmuksen laatiminen, rakennuksen ulkovaipan korjaaminen, ikkunoiden parantaminen kunnostamalla ja asentamalla etuikkunat tai lisälasit, ikkunoiden ja ovien uusiminen U-arvoltaan parempiin vaihtoehtoihin, ulkoseinän tai yläpohjan lisäeristäminen ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton rakentaminen.

Lämmitysjärjestelmien ja uusiutuvan energian käyttöönoton osalta voitiin asetuksen mukaan tukea kauko- tai aluelämmitykseen liittymistä, kiinteistön kaukolämmön lämmönjakokeskuksen uusimista, öljykattilan tai kattilan polttimen uusimista, jos uusi kattila on energiatehokkuusmerkinnältään kolmen tähden arvoinen, ilmalämpöpumpun hankkimista sähkölämmityksen tueksi, vähäpäästöisen pellettikattilan hankintaa, maalämpöpumpun hankintaa tai aurinkolämmityksen hankintaa käyttöveden lämmitykseen öljy- tai sähkölämmityksen tueksi (VNA 16.2.2006/128, 18§). Maalämpöpumpun hankintaan myönnettiin tukea, jos se hyödynsi maaperän, kallioperän, pohjaveden tai pintavesistön lämpöä (VNA 16.2.2006/128, 18§). Tämän lisäksi avustusta voitiin myöntää vesimittarien asentamiseen, lämmitysverkoston perussäätöön ja mahdolliseen perussäädöstä johtuvaan patterien- ja linjasäätöventtiilien uusintaan (VNA 16.2.2006/128, 18§).

Avustuksen enimmäismäärä riippui sekä avustuksen tarkoituksesta että avustettavan ruokakunnan tuloista (L 22.12.2005/1184, 6§). Korjaus-, energia- ja terveyshaitta-avustuslain mukaan energiatalouden parantamiseen, energiankäytön päästöjen vähentämiseen ja uusiutuvan energian käyttöönottoon liittyvissä avustuksissa tuen enimmäismäärä on 15 prosenttia ja korkeintaan 20 prosenttia erityistapauksissa (L 22.12.2005/1184, 6§). Laissa täsmennetään, että uusiutuvaan energiaan liittyviä hankkeita voidaan tukea korkeintaan 20 prosentilla, kun energiakatselmuksiin tukea voi saada 40 prosenttia tai korkeintaan 50 prosenttia erityistapauksissa (L 22.12.2005/1184, 6§). Kuitenkin, jos kyseessä on pienituloinen ruokakunta ja enintään kaksi asuinhuoneistoa käsittävä rakennus, avustuksen enimmäismäärä nousee 25 prosenttiin (L 22.12.2005/1184, 6§). Valtioneuvoston asetuksessa täsmennetään taas korjauslain asettamia ehtoja. Asetuksessa määritetään eurorajat energiakatselmuksille rakennuksen huoneistoalan perusteella (VNA 16.2.2006/128, 19§). Jos ala on esimerkiksi alle tuhat neliömetriä, enimmäissumma on 720 euroa (VNA 16.2.2006/128, 19§). Myös ikkunoiden ja eristysten parannuksille määritetään asetuksessa enimmäissummat (VNA 16.2.2006, 19§). Aiemmin mainittu erityinen syy korotettuun tukiprosenttiin voi kuitenkin kohottaa näitä enimmäismääriä; erityissyyksi riittää asetuksen mukaan se, jos hakija on sitoutunut

pitkäaikaiseen energiansäästötoimintaan ja -seurantaan osallistumalla valtakunnalliseen kyseisen alan energiansäästösopimukseen (VNA 16.2.2006/128, 20§). Tällöin esimerkiksi alle tuhannen neliömetrin asuinrakennuksen enimmäistukimäärä kohoaa 900 euroon (VNA 16.2.2006/128, 20§). Valtionapuviranomaisena, eli kyseisestä valtioavusta huolehtivana viranomaisena (L 27.7.2001/688, 4§) on energia-avustuksen tapauksessa ollut kunta (L 22.12.2005/1184, 9§). Jos kunta tai kuntayhtymä oli avustuksen kohteena, valtionapuviranomaisena toimi Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA) (L 22.12.2005/1184, 9§).

Ennen vuotta 2010 jaetuista energiatuista ei löydy tarkkaa tietoa. ARA:n sivuilta löytyvät maakuntakohtaisesti tiedot vuosina 2007 ja 2008 jaetun energia-avustuksen määrästä ja avustettavien kohteiden määrästä. Vuonna 2007 Etelä-Savossa pientalot saivat energia-avustusta yhteensä 154 660 euroa. Tuettavia kohteita oli 125 kappaletta. Pientalojen lisäksi muut kohteet eivät saaneet energia-avustusta Etelä-Savossa vuonna 2007. Vuonna 2008 pientalojen saaman energiatuen määrä Etelä-Savossa kohosi 194 385 euroon. Myös avustettavien kohteiden määrä kasvoi 166 kappaleeseen. Vielä enemmän kasvoi kuitenkin muiden kuin pientalojen saama energia-avustus, jonka määrä vuonna 2008 oli 247 039 euroa 63 kohteelle. Koko maassa muiden kuin pientalojen energia-avustusten määrä oli vuonna 2008 yli 30-kertainen edelliseen vuoteen verrattuna. Vuoden 2008 avustusmäärä oli noin 12,8 miljoonaa euroa, kun vuonna 2007 se oli noin 370 000 euroa. (ARA 2010.)

Vuosina 2011 ja 2012 myönnetyistä avustuksista sen sijaan löytyy tarkkoja, kuntakohtaisia tietoja. Vuonna 2011 Suomessa myönnettiin 12 834 818 euroa energia-avustuksiin, josta 1 911 434 euroa kohdistui pientaloille (Huovinen 2019). Tämän lisäksi uusiutuvan energian käyttöönottoon liittyviä avustuksia myönnettiin koko maassa 29 702 193 euroa (Huovinen 2019). Uusiutuvalle energialle myönnetty tukimäärä oli erittäin suuri, koska vuonna 2011 oli käytössä uusiutuville lämmitysvaihtoehdoille erikseen myönnettävä avustus (Huovinen 2019). Myönnetyt tuet maksettiin vuosien 2011-2013 välisenä aikana (Huovinen 2019). Vuonna 2012 myönnettyjen energia-avustusten määrä oli 8 267 210 euroa, josta 1 334 510 euroa kohdistui pientaloille

(Huovinen 2019). Tämän lisäksi uusiutuvan energian käyttöönottoon myönnettiin 9 637 381 euroa vuonna 2012 (Huovinen 2019). Taulukkoon 4 on koottu Etelä-Savossa vuosina 2011 ja 2012 myönnetyt energia-avustukset. Osa pientalojen energia-avustuksista on kohdistunut uusiutuvan energian käyttöönottoon liittyviin korjauksiin, mutta tarkempia tietoja niiden jakautumisesta ei ole (Huovinen 2019).

Taulukko 4. Vuosina 2011 ja 2012 Etelä-Savossa myönnetyt energia-avustukset (Huovinen 2019).

Kunta	Vuosi	Myönnetyt energia-avustukset	Energia-avustukset pientaloille	Uusiutuva energia
Enonkoski	2011	1 193	1 193	22 810
	2012	0	0	3 551
Heinävesi	2011	2 675	2 378	16 780
	2012	6 157	5 744	2 796
Hirvensalmi	2011	8 054	8 054	4 698
	2012	1 335	941	2 861
Joroinen	2011	6 967	6 089	78 689
	2012	4 936	4 936	37 171
Juva	2011	6 156	6 156	45 869
	2012	4 961	4 830	8 682
Kangasniemi	2011	18 559	15 656	49 446
	2012	5 732	1 500	2 356
Mikkeli	2011	141 290	24 393	270 691
	2012	95 745	21 550	111 080
Mäntyharju	2011	9 614	9 614	27 831
	2012	3 778	0	5 194
Pertunmaa	2011	0	0	2 160
	2012	0	0	0
Pieksämäki	2011	66 448	42 929	98 250
	2012	42 816	7 818	36 871
Puumala	2011	179	0	6 056
	2012	0	0	9 733
Rantasalmi	2011	749	600	30 701
	2012	0	0	7 722
Savonlinna	2011	86 312	9 701	235 522
	2012	43 802	2 213	65 994
Sulkava	2011	3 488	3 488	27 881
	2012	0	0	0
Yhteensä		560 946	179 783	1 211 395

Vuonna 2011 Etelä-Savossa myönnettiin 348 196 euroa energia-avustuksiin, josta 130 251 euroa meni pientaloille. Uusiutuvan energian käyttöönottoon myönnettiin samana vuonna 917 384 euroa. Eniten uusiutuvan energian investointeihin myönnettiin tukia Mikkelissä ja Savonlinnassa, 270 691 ja 235 522 euroa. Mikkeli ja Savonlinna ovat maakunnan väkirikkaimmat alueet (Tilastokeskus 2019d), joten tulos ei ole yllättävä. Asukaslukuun suhteutettuna eniten avustuksia myönnettiin Joroisissa, jossa uusiutuvaan energiaan myönnettiin 78 689 euroa asukasluvun ollessa 5342 (Tilastokeskus 2019d) vuonna 2011. Sekä määrällisesti että asukaslukuun suhteutettuna vähiten uusiutuvaan energiaan myönnettiin avustuksia Pertunmaalla, jossa vuonna 2011 myönnettiin 2160 euroa. Myös energia-avustuksia myönnettiin eniten kahdessa suurimmassa kunnassa, Mikkelissä ja Savonlinnassa, yhteensä 141 290 ja 86 312 euroa. Asukaslukuun suhteutettuna energia-avustuksia myönnettiin eniten Hirvensalmella ja Pieksämäellä. Pieksämäellä huomattavaa oli pientalojen saama tuki; energia-avustuksiin jaetusta 66 448 eurosta jopa 65 prosenttia, meni pientaloille.

Vuonna 2012 avustuksia myönnettiin huomattavasti vähemmän. Energia-avustuksia myönnettiin Etelä-Savossa 209 262 euroa, josta 49 532 euroa kohdistui pientaloille. Vielä enemmän laskivat uusiutuvan energian avustukset; vuonna 2012 uusiutuva energia sai Etelä-Savossa 294 011 euroa, eli vain 32 prosenttia edellisen vuoden määrästä. Kuten edellisenä vuonna, eniten tukia jaettiin Mikkelissä ja Savonlinnassa, uusiutuvan energian osalta 111 080 ja 65 994 euroa. Kun edellisenä vuonna kaikissa Etelä-Savon kunnissa jaettiin avustuksia uusiutuvan energian käyttöönottoon, nyt Sulkavassa ja Pertunmaalla ei jaettu yhtään avustuksia. Näissä kunnissa ei jaettu muitakaan energia-avustuksia vuonna 2012. Suhteutettuna asukaslukuun, Joroisissa jaettiin taas eniten tukia uusiutuvalle energialle, yhteensä 37 171 euroa. Energia-avustusten osalta Mikkelissä ja Savonlinnassa jaettiin eniten tukia, 95 745 ja 43 802 euroa. Myös Pieksämäellä jaettiin paljon energia-avustuksia, 42 816 euroa.

Vuosilta 2013 ja 2014 löytyy myös kuntakohtaisia tietoja. Kyseisiltä vuosilta on ARA:n sivuilla kuntakohtaiset tiedot, miten näinä vuosina osoitettuja määrärahoja on käytetty vuosittain. Määrärahoja ei ole kuitenkaan tarkemmin eritelty käyttötarkoituksen tai saajan

perusteella. Etelä-Savon kunnille vuonna 2013 ja 2014 osoitettujen määrärahojen käyttö vuosittain on esitetty taulukossa 5.

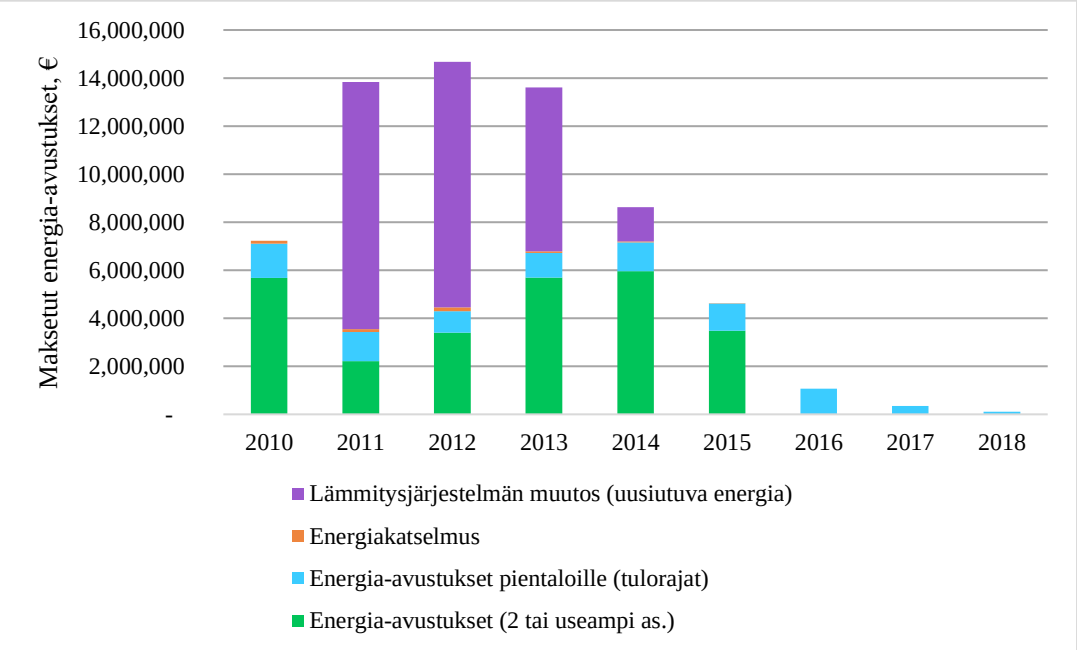
Taulukko 5. Vuosina 2013 ja 2014 Etelä-Savon kunnille energia-avustuksiin myönnettyjen määrärahojen käyttö vuosittain (ARA 2017).

Kunta	2013	2014	2015	2016	2017
Enonkoski	0	3 393	2 972	0	0
Heinävesi	796	0	0	0	0
Hirvensalmi	0	3 700	0	0	0
Joroinen	0	0	0	0	0
Juva	2 935	14 584	5 247	0	0
Kangasniemi	2 078	1 573	0	0	0
Mikkeli	5 691	61 574	43 716	0	0
Mäntyharju	4 283	0	0	0	0
Pertunmaa	0	0	0	0	0
Pieksämäki	3 131	47 138	43 043	736	0
Puumala	0	0	1 169	0	0
Rantasalmi	3 000	2 625	0	0	0
Savonlinna	1 740	8 338	4 097	0	0
Sulkava	1 854	500	0	0	0
Yhteensä	25 508	143 425	100 244	736	0

Kuten taulukosta voidaan havaita, eniten määrärahoja on käytetty Mikkelissä ja Pieksämäellä. Hieman yllättäen, Savonlinnan energia-avustukset ovat jääneet melko pieniksi verrattuina Mikkeliin ja Pieksämäkeen. Taulukosta voidaan myös havaita, että suurin osa vuonna 2013 ja 2014 osoitetuista määrärahoista on maksettu vuosina 2013-2015. Ainoastaan Pieksämäellä on maksettu näinä vuosina osoitettuja määrärahoja vielä vuonna 2016, ja silloinkin vain erittäin vähän, 736 euroa (ARA 2017). Osa kunnista ei maksanut yhtään tai erittäin vähän energia-avustuksia. Esimerkiksi Pertunmaalle ja Joroisille oli osoitettu käytännössä nolla euroa energia-avustuksiin vuosina 2013 ja 2014 (ARA 2017). Muista kunnista myös Heinävesi ja Puumala maksoivat vain vähän energia-avustuksia, 796 ja 1169 euroa (ARA 2017). Kaikkia vuosina 2013 ja 2014 osoitettuja

määrärahoja ei kuitenkaan käytetty; esimerkiksi Mikkelissä vuonna 2013 jäi käyttämättä 66 911 euroa ja seuraavan vuoden määrärahoista 4710 euroa (ARA 2017). Myös Pieksämäellä jäi käyttämättä paljon rahaa, 20 382 euroa vuonna 2013 osoitetuista määrärahoista ja 20 198 euroa vuoden 2014 rahoista (ARA 2017). Pienemmistä kunnista muun muassa Juvassa jäi käyttämättä 4032 euroa vuoden 2013 määrärahoista ja 1152 euroa vuoden 2014 määrärahoista (ARA 2017).

Vuosien 2015 ja 2016 myönnetyistä avustuksista ei ole tarkkoja tietoja. Uusiutuvan energian tukijärjestelmien kehittämistyöryhmän loppuraportissa (Liukko et al. 2016) mainitaan, että pientalojen energia-avustuksen määrä vuonna 2015 oli noin kaksi miljoonaa euroa ja avustettavien kohteiden määrä noin 650. Myös vuonna 2016 määrä oli kaksi miljoonaa euroa (Koskela 2017), mutta kohteiden määrästä ei ole tarkempaa tietoa. Vuosien 2010-2018 ajalta on kuitenkin tietoa vuosittain maksetuista avustuksista ja niiden kohdistumisesta koko maan tasolla. Kuvassa 10 on esitetty vuosina 2010-2018 maksettujen avustusten jakautuminen.



Kuva 10. Vuosina 2010-2018 Suomessa maksetut energia-avustukset (Huovinen 2019).

Kuten kuvasta havaitaan, vuoden 2014 jälkeen ei ole enää maksettu avustuksia uusiutuvan energian käyttöönottoon. Ainoastaan pientaloille on maksettu avustuksia vuodesta 2016 eteenpäin. Myös maksettujen avustusten määrä on pienentynyt huomattavasti. Vielä vuonna 2015 maksettujen avustusten kokonaissumma oli 4,6 miljoonaa euroa, mutta osa summasta kuuluu aikaisempina vuosina myönnettyihin avustuksiin. Yhteensä vuosina 2010-2018 maksettiin 64,1 miljoonaa euroa energia-avustuksia, josta 28,8 miljoonaa euroa maksettiin uusiutuvan energian investointeihin. Vaikka tässä luvussa on käsitelty erityisesti pientaloja, myös taloyhtiöt pystyivät saamaan energia-avustuksia. Energia-avustuksia taloyhtiöille myönnettiin vuoteen 2013 asti, mikä mahdollisesti vaikuttaa kuvassakin näkyvään huomattavaan laskuun vuonna 2014.

Vuoden 2017 alusta lähtien energia-avustusten myöntäminen loppui, kun laki asuinrakennusten ja asuntojen korjausavustuksista 1087/2016 kumosi aiemman lain 1184/2005. Uudessa avustuslaissa avustusta myönnetään enää vain hissien jälkiasentamiseen, liikkumisesteen poistamiseen ja iäkkään tai vammaisen henkilön asunnon korjaamiseen (L 9.12.2016/1087, 2§). Kuten esimerkiksi kuvasta 10 voidaan todeta, energia-avustus on ollut paljon käytetty tukimuoto, jota on hyödynnetty erityisen paljon uusiutuvan energian käyttöönotossa, silloin, kun sitä on ollut vielä mahdollista hyödyntää. Huomattavaa on, että kuvassa 10 on esitetty vain maksetut tuet. Esimerkiksi vuonna 2011 hakemuksia uusiutuvan energian käyttöönottoon oli 33 miljoonan euron edestä, joista hyväksyttiin 29,7 miljoonaa euroa. Jos siis otetaan huomioon myös hylätyt hakemukset, kiinnostus energia-avustuksen käyttöön uusiutuvan energian käyttöönotossa on ollut vieläkin huomattavampaa.

Työn kirjoittamisen aikaan energia-avustusten myöntäminen käynnistyi uudestaan valtioneuvoston asetuksen asuinrakennusten energia-avustuksista vuosina 2020–2022 1341/2019 tultua voimaan. Asetuksen mukaan avustusta voidaan myöntää pientalon omistajalle tai asuinrakennuksen omistavalle yhteisölle, lukuun ottamatta taloudellista toimintaa harjoittavia yhteisöjä (VNA 19.12.2019/1341, 5§). Avustuksen myöntämisen edellytyksenä on kohteen energiatehokkuuden parantaminen. Energiatehokkuutta verrataan ympäristöministeriön asetuksen (4/13) 7 §:n vähimmäistasoon; asuinkerros- ja

rivitaloissa energiatehokkuutta täytyy parantaa vähintään 20 prosenttia, pien- ja ketjutaloissa vähintään 30 prosenttia tai kaikissa edellä mainituissa vähintään ympäristöministeriön asetuksen (1010/2017) uudisrakennuksille määritettyjen vaatimusten mukaiselle lähes nollaenergiatasolle (VNA 19.12.2019/1341, 3§). Energia-avustuksen määrä on asuin-, kerros-, pien- ja ketjutaloille 4000 euroa asuntoa kohden, mutta korkeintaan 50 prosenttia hyväksytyistä ja toteutuneista kustannuksista (VNA 19.12.2019/1341, 6§). Avustuksen määrä on kuitenkin 6000 euroa tai korkeintaan 50 prosenttia hyväksytyistä ja toteutuneista kustannuksista, jos energiatehokkuutta parannetaan ympäristöministeriön asetuksen (1010/2017) uudisrakennuksille määritettyjen vaatimusten mukaiselle lähes nollaenergiatasolle (VNA 19.12.2019/1341, 6§). Avustuksen myöntämisestä vastaa ARA (VNA 19.12.2019/1341, 2§).

Energiakorjausavustuksen lisäksi öljylämmitteisille pientaloille myönnetään avustusta öljylämmityksestä luopumiseen. Avustuksia myönnetään 1.6.2020 jälkeen syntyneisiin kustannuksiin, ja avustusten haku alkaa vuoden 2020 syyskuussa. Avustukset pientaloille myöntää Pirkanmaan ELY-keskus. Avustusta voidaan myöntää yksityishenkilöille tai kuolinpesille, jotka omistavat ympärivuotisessa käytössä olevan pientalon. Avustuksen myöntämisen edellytyksenä luonnollisesti on, että uusi lämmitysjärjestelmä ei ole fossiilista polttoainetta käyttävä. Avustuksen suuruus on 4000 euroa, jos öljylämmitys vaihdetaan kaukolämpöön, maalämpöpumppuun tai ilma-vesilämpöpumppuun ja 2500 euroa, jos öljylämmitys vaihdetaan johonkin muuhun lämmitysjärjestelmään. Avustusta ei kuitenkaan voi saada, jos hakija on saanut muuta avustusta tai kotitalousvähennystä samaan hankkeeseen. (ELY-keskus 2020.)

5.2 Kotitalousvähennys

Kotitalousvähennys on verotuksessa tehtävä vähennys, jota voi saada esimerkiksi teetetystä remonttityöstä, siivous- ja kotitaloustyöstä tai hoito- ja hoivatyöstä (Verohallinto 2019). Edellytyksenä kotitalousvähennyksen saannille on, että työ tehdään omaan kotiin, vanhempien tai isovanhempien kotiin tai vapaa-ajan asuntoon (Verohallinto 2019). Asuntoa ei tarvitse omistaa, riittää, että se on omassa käytössä

(Verohallinto 2019). Aikaisemmin lakkautettu energia-avustus ei estänyt kotitalousvähennyksen saamista (Janka et al. 2014, 25). Pientalon lämmitysjärjestelmää vaihtaessa oli siis ennen vuotta 2017 mahdollista saada sekä energia-avustusta että kotitalousvähennystä. Pientaloille nyt jaettavaa energia-avustusta ei kuitenkaan voi saada yhdessä kotitalousvähennyksen kanssa.

Kotitalousvähennystä voi edelleen hyödyntää lämmitysjärjestelmän vaihdon yhteydessä. Vuonna 2019 kotitalousvähennystä pystyi saamaan 50 prosenttia tehdyn työn arvonlisäverollisestä osuudesta, mutta korkeintaan 2400 euroa vuodessa (Verohallinto 2019). Kotitalousvähennyksen omavastuu on 100 euroa, eli maksimivähennyksen saa, jos tehdyn työn hinnaksi tulee 5000 euroa (Verohallinto 2019). Kotitalousvähennys on henkilökohtainen, joten pariskunta voi saada yhteensä 4800 euroa vuodessa (Verohallinto 2019). Pienimuotoisen energiantuotannon edistämistä tarkastelleen työryhmän vuonna 2014 julkaistun raportin (Janka et al. 2014) mukaan kotitalousvähennys vastasi kotitaloudelle noin 10 prosentin laskennallista investointia investointivaiheessa. Vuonna 2014 kotitalouden osuus työkustannuksista oli 45 prosenttia (Janka et al. 2014, 18).

Kotitalousvähennyksen määrä pieneni vuoden 2020 alussa (Valtioneuvosto 2019a). Kotitalousvähennyksen maksimimäärä laski 2250 euroon ja osuus työn arvonlisäverollisestä arvosta 40 prosenttiin (Valtioneuvosto 2019a). Kotitalousvähennys on ollut erittäin suosittu avustus. Vuonna 2017 kotitalousvähennystä jaettiin yli 444 miljoonaa euroa 425 845 saajalle (Verohallinto 2018). Vaikka kotitalousvähennystä myönnetään myös siivous- ja hoitotyöhön, suurin osa kotitalousvähennyksen kustannuksista liittyy kunnossapitoon ja perusparannukseen. Vuonna 2017 kunnossapitoon tai perusparannukseen liittyvän työn osuuden euromäärä, maksetut palkat ja maksettujen palkkojen sivukulut muodostivat 85,3 prosenttia kaikista kotitalousvähennyksen kustannuksista.

Kotitalousvähennys on lämmitysjärjestelmää vaihtaessa merkittävä tuki. Esimerkiksi maalämpöön vaihtaessa jo porakaivon hinta omakotitalokohteessa voi olla yli 10 000 euroa (Liukkonen 2020). Vaikka kotitalousvähennyksen maksimimäärä pieneni vuonna

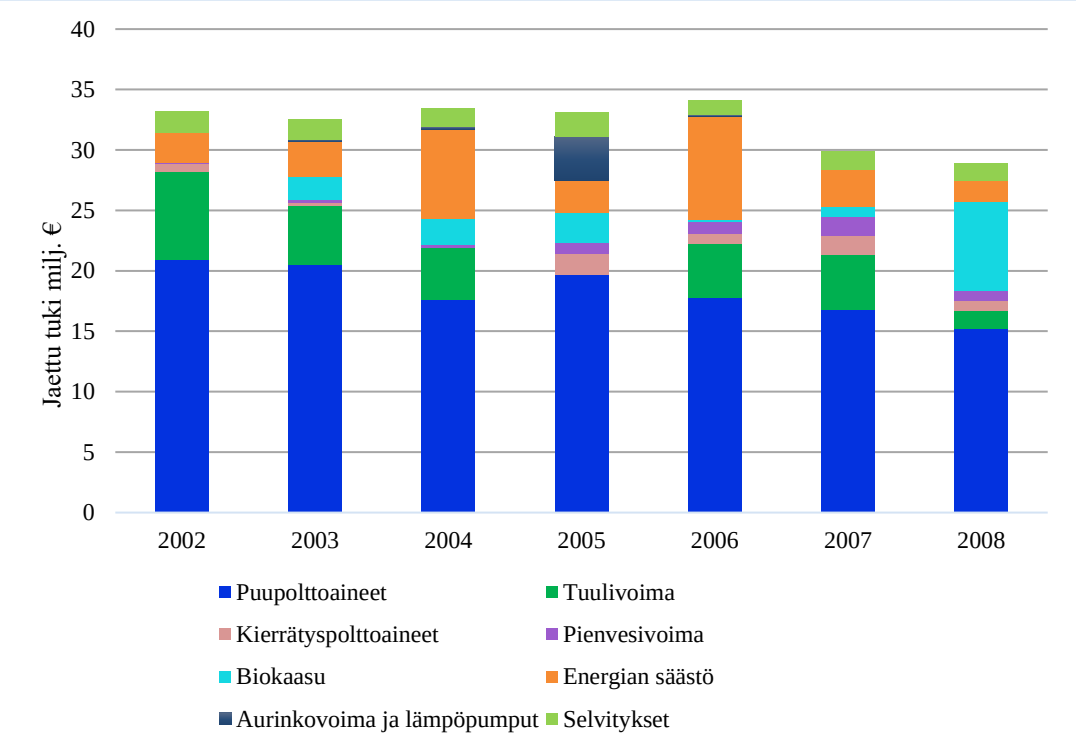
2020, sen merkitys lämmitysjärjestelmien vaihdossa saattaa vielä kasvaa. Kuten hallituksen tavoitteita koskevassa luvussa mainittiin, hallitusohjelmaan on merkitty tavoitteeksi selvittää, josko fossiilisia polttoaineita käyttävien lämmitysjärjestelmien vaihdon yhteydessä sovellettaisiin korotettua vähennysprosenttia.

5.3 Energiatuki

Energiatuella tarkoitetaan uusiutuvaan energiaan, energiansäästöön, energian tuotannon tehostamiseen tai energiajärjestelmän vähähiiliseksi muuttamiseen liittyviin investointi- tai selvityshankkeisiin jaettavaa tukea (TEM 2017). Investointitukien jakamisesta säädetään valtionavustuslaissa 688/2001. Lain 5 §:n mukaan avustusta voidaan myöntää investointitukena aineellisen tai aineettoman hyödykkeen hankintaan, hankeavustuksena erilaisiin kehitys-, tutkimus-, käynnistämis- tai kokeiluhankkeisiin sekä apurahana tai stipendinä hakijan henkilökohtaiseen käyttöön (L 27.7.2001/688, 5 §). Energiatuen jakamiseen liittyviä ehtoja käytiin tarkemmin läpi valtioneuvon asetuksessa 1063/2012. Asetuksen mukaan energiatukea voidaan jakaa investointi- tai selvityshankkeisiin, jotka edistävät uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä, edistävät energiansäästöä tai -tehokkuutta tai pienentävät energiantuotannossa tai -käytössä syntyviä ympäristöhaittoja (VNA 27.12.2012/1063, 5 §). Tuettavan osuuden enimmäismäärä investointihankkeille oli 30 prosenttia, johon oli mahdollista saada 10 prosentin korotus, jos hanke sisälsi uutta teknologiaa (VNA 27.12.2012/1063, 7 §). Energiaselvityksille enimmäismäärä oli 40 prosenttia, johon oli mahdollista saada 10 prosentin korotus, jos hakijana oli kunta, mikroyritys tai määritykset täyttävä pieni tai keskisuuri yritys (VNA 27.12.2012/1063, 7 §). Uusiutuvan energian katselmuksille kuntien oli mahdollista saada vielä erillinen 10 prosentin korotus (VNA 27.12.2012/1063, 7 §). Energiatukea myönnetään vain kunnille, yrityksille ja muille yhteisöille; ei asuinosakeyhtiöille, asuinkiinteistöille, maatiloille tai valtionosuutta saaville perustamishankkeille (VNA 27.12.2012/1063, 6 §).

Kuvassa 11 on esitetty vuosina 2002-2008 jaetut energiatuet. Vuosina 2002-2008 energiatuen euromäärä pysyi melko samansuuruisena, noin 30 miljoonaa euroa

vuosittain. Puupolttoaineiden saama investointituki oli joka vuosi suurin; vähintään puolet jaetuista tukirahoista. Puupolttoaineiden saamasta tuesta suurin osa jaettiin lämpökeskuksille ja voimalaitoksille ja loput hakkureille, murskaimille, paalaimille tai pelleteille. Puupolttoaineiden lisäksi myös tuulivoima sai suhteellisen korkeaa tukea tarkastellulla ajanjaksolla, paitsi vuonna 2005, jolloin tuulivoimaa koskevat tukipäätökset viivästyivät. Energiansäästöön ja -tehokkuuteen liittyvät hankkeet saivat myös huomattavasti tukea. Tukien kohdistuminen muuttui vuonna 2005, jolloin tukien kohdistamisessa aloitettiin painottamaan uutta teknologiaa – tällöin jaetusta 33,1 miljoonasta eurosta 20 miljoonaa euroa jaettiin uutta teknologiaa sisältäville hankkeille. (Naukkarinen 2017.)



Kuva 11. Energiatukien jakautuminen vuosina 2002-2008 (Naukkarinen 2017).

Energiatukien määrä kasvoi 2010-luvulla sekä hankkeiden määrän että jaetun tuen osalta. Kuvaan 12 on koottu energiatuen jakautuminen energialähteittäin vuosina 2010-2012.

Uusiutuvan energian investoinnnit [M€]	2010	2011	2012	Yhteensä	%
Puu: energian tuotanto	13,8	31,03	8,5	53,33	26,0
Puu: polttoaineiden tuotanto	5,4	10,72	3	19,12	9,3
Tuulivoima	0	2,38	0	2,38	1,2
Kierrätyspolttoaineet/peltobiomassat/liikenteen polttoaineet	13	20,65	3,3	36,95	18,0
Pienvesivoima	4,3	3,12	0,95	8,37	4,1
Biokaasu	0,6	5,2	9,4	15,2	7,4
Aurinkoenergia/lämpöpumput/polttokennot	1,8	1,09	1,3	4,19	2,0
Muut	0	14,09	0	14,09	6,9
Energiansäästö ja -tehokkuus	12	22,52	10,4	44,92	21,9
Selvitykset	2,2	2,87	1,3	6,37	3,1
Yhteensä	53,1	113,67	38,15	204,92	

Kuva 12. Energiatuen jakautuminen energialähteittäin vuosina 2010-2012 (TEM 2011-2013).

Kuten kuvasta huomataan, tukimäärä oli jo vuonna 2010 enemmän kuin aikaisemmin tarkastellulla ajanjaksolla, 53,1 miljoonaa euroa. Vuonna 2011 sen sijaan tehtiin uusi ennätys sekä energiatuen että hankkeiden määrässä, 113,67 miljoonaa euroa ja 619 hanketta (TEM 2012). Myös tuen jakautuminen muuttui 2010-luvulla. Puupolttoaineet saivat aikaisemmin yli puolet tuesta, mutta vuosina 2010-2012 enää noin 35 prosenttia. Tämän lisäksi paljon enemmän tukea saivat energiamuodot, jotka eivät aikaisemmin olleet saaneet erityisen paljon tukea, kuten kierrätyspolttoaineet, peltobiomassat ja liikenteen polttoaineet, jotka saivat 13 miljoonaa vuonna 2010 ja 20,7 miljoonaa euroa vuonna 2011. Myös energiansäästö ja -tehokkuushankkeet saivat huomattavasti tukea. Kuvassa 13 on esitetty energiatuen jakautuminen energialähteittäin ja käyttökohteen mukaan vuosina 2013-2019.

Uusiutuvan energian investoinnit [M€]	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Lämmöntuotanto	10,6	14,24	9,98	5,64	4,72	6,94	11,08
Lämpökeskukset (puupolttoaineet)	8,87	13,09	8,01	4,1	4,16	2,33	1,56
Lämpöpumput	1,47	1,14	1,29	1,5	0,42	0,87	0,97
Biokaasu	0,04	0	0,65	0	0	0	5,22
Aurinkolämpö	0	0	0,03	0,04	0,14	1,33	0
Muut (lämmöntuotanto)	0,22	0,01	0	0	0	2,41	3,33
Sähköntuotanto	1,9	22,52	31,74	7,37	12,55	9,01	16,07
Vesivoima	1,48	0,65	0,01	1,7	1,12	0	2,9
Tuulivoima	0	20,01	0,01	0	0	0	0
Biokaasu	0	0	0	0	0,22	0	0
Kaatopaikkakaasu	0,07	0,26	0	0,61	0,32	0,73	0
Aurinkosähkö	0,35	1,6	3,84	5,06	10,89	8,28	13,17
Muut (sähköntuotanto)	0	0	27,88	0	0	0	0
Polttoaineet	13,98	48,07	4,76	3,67	10,02	17,12	6,9
Puupolttoaineet	7,31	0,38	0,58	0,39	0	0	0
Biokaasu (liikenne)	0,88	2,22	1,69	3,28	10	17,12	6,9
Bionesteet	0	0	0	0	0	0	0
Liikenteen biopolttoaineet	0	45,38	0	0	0	0	0
Muut (sis. tutkimushankkeet)	5,79	0,09	2,49	0	0,02	0	0
Energiatehokkuus	12,72	16,96	17,74	18,03	19,28	20,27	17,96
Yhteensä	39,2	101,79	64,22	34,71	46,57	53,34	52,01

Kuva 13. Energiatuen jakautuminen energialähteittäin vuosina 2013-2019 (Veijonen 2020).

Kuten kuvasta huomataan, on energiatuen määrä vaihdellut huomattavasti vuosien välillä; 39,2 miljoonasta eurosta vuonna 2013 yli 100 miljoonaan euroon vuonna 2014. Kuten jo vuosien 2010-2012 tiedoista havaittiin, puupolttoaineiden osuus on pienentynyt, mutta nyt puupolttoaineiden osuus energiatuen määrästä oli vain 18,8 prosenttia vuosina 2013-2019 ja vain 3 prosenttia vuonna 2019. Yksi puupolttoaineiden tuen määrään vaikuttanut tekijä oli vuonna 2012 voimaan tullut valtioneuvoston asetus energiatuen myöntämisen ehdoista, jonka myötä kalustoinvestointien pienet tuet käytännössä loppuivat kokonaan ja hakkureiden sekä murskaimien tuet lakkautettiin vaiheittain, kunnes ne vuonna 2014 loppuivat tyystin (TEM 2013). Esimerkiksi vuonna 2010 puupolttoaineen tuotantoon liittyvät investoinnit saivat tukea 5,4 miljoonaa euroa (TEM 2011). Kuten aikaisemminkin, voidaan havaita, että tuen jakautuminen on monipuolistunut 2010-luvulla, esimerkiksi liikenteen polttoaineet, biokaasu ja aurinkosähkö ovat saaneet

huomattavasti tukea. Huomattavaa tuen jakautumisessa on myös ollut energiatehokkuuden osuus, 31,4 prosenttia. Tuen jakautumisessa ovatkin korostuneet uusiutuvalle energialle asetetut tavoitteet, sekä kansalliset että EU:n asettamat. Ilmasto- ja energiatavoitteet näkyvät esimerkiksi biokaasun ja liikenteen polttoaineiden tuissa – kansallinen tavoite uusiutuvan energian osuudelle liikenteessä oli 20 prosenttia vuodelle 2020. Energiatehokkuudelle tavoite vuodelle 2030 oli 27 prosenttia ennen uudistettua direktiiviä – energiatehokkuuteen liittyvät hankkeet ovatkin saaneet yli kolmasosan jaetuista energiatuista vuosina 2013-2019. Tehokkaampi energian tuotanto ja käyttö auttavat myös saavuttamaan sekä kansallisia että EU:n asettamia päästövähennystavoitteita, mikä myös selittää energiatehokkuushankkeiden suuren osuuden. Huomattava muutos tukien jakautumisessa 2010-luvulla oli se, että tukia annettiin entistä useammin suurille erityishankkeille. Esimerkiksi vuonna 2014 nestemäisiä polttoaineita valmistaneet biojalostamot saivat 45,8 miljoonaa euroa tukea ja merituulivoiman demonstraatiohanke 20 miljoonaa euroa (Naukkarinen 2017).

Energiatukeen tuli muutoksia, kun siitä säätänyt asetus 1063/2012 päättyi vuoden 2017 lopussa. Uusi valtioneuvoston asetus, asetus 1098/2017 energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista vuosina 2018–2022, astui kuitenkin voimaan vuoden 2018 alussa. Uutta asetusta on muutettu niin, että kohta energian tuotannon tai käytön ympäristöhaittojen vähentämisestä on poistettu ja sen sijaan tuotettaviin hankkeisiin kuuluu energiajärjestelmien muuntaminen vähähiiliseksi (VNA 28.12.2017/1098, 5§). Suurin muutos uudessa asetuksessa on kuitenkin se, että energiatukea myönnetään uusiutuvan energian tuotannon tai käytön osalta hankkeisiin, joissa edistetään uutta teknologiaa ja sen kaupallistamista tai hankkeisiin, joissa investointi kohdistuu uuteen laitokseen (VNA 28.12.2017/1098, 5§). Tukea on mahdollista saada myös korvausinvestointeihin, joissa uusiutuvan energian tuotantomäärä kasvaa merkittävästi, mutta tukien myöntämisessä uutta teknologiaa ja sen kaupallista hyödyntämistä edistävät hankkeet ovat etusijalla (VNA 28.12.2017/1098, 5§). Rakennusten lämmityksessä uutta teknologiaa sisältävä hanke voisi olla esimerkiksi hakelämpökontti tai pienimuotoinen CHP-laitos, vaikkapa biopolttoainetta käyttävä mikroturbiini. Uuden valtioneuvoston asetuksen lisäksi vuonna

2016 voimaan tuli valtioneuvoston asetus energiakärkihankkeista (Naukkarinen 2017). Kyseinen kärkihanketuki koskee kuitenkin vain investointeja, joiden hyväksyttävät kustannukset ylittävät 5 miljoonaa euroa (VNA 25.2.2016/145, 5§), joten se tuskin tulee kyseeseen rakennusten lämmitysinvestoinneissa.

Uuden valtioneuvoston asetuksen tultua voimaan energiatukia myönnettiin vuonna 2018 53,3 miljoonaa euroa (TEM 2019, 43), joka oli hiukan enemmän kuin edellisenä vuonna myönnetty 46,9 miljoonaa euroa (TEM 2018, 69). Kuten kuvasta 13 nähdään, vuonna 2019 energiatukia taasen myönnettiin 52,01 miljoonaa euroa, vaikka tavoite oli 80 miljoonaa euroa (TEM 2019, 43). Vuosien 2018 ja 2019 energiatuista huomattavaa on aurinkosähkön ja biokaasun suuri osuus; aurinkosähkö sai vuosina 2018 ja 2019 yhteensä 21,5 miljoonaa euroa, biokaasun tuotanto liikenteeseen 24 miljoonaa euroa ja biokaasun käyttö lämmöntuotannossa 5,2 miljoonaa euroa vuonna 2019. Vuodelle 2020 tavoite energiatuen osalta on 110 miljoonaa (TEM 2019, 43), eli energiatukien määrä on kasvussa, ainakin tavoitteiden osalta. Vuoden 2020 osalta Työ- ja elinkeinoministeriön talousarvioesityksessä linjataan, että energiatukea kohdennetaan muun muassa suurten kaupunkien lämmityksen vähähiilisyyttä edistäviin uutta teknologiaa sisältäviin, erityisesti muihin kuin polttoa käyttäviin hankkeisiin (TEM 2019, 42).

5.4 Maaseudun kehittämisohjelma

Kuten mainittiin, maatilat eivät voi saada energiatukea. Maaseudulle on kuitenkin laadittu oma kehittämisohjelma vuosille 2014-2020, joka rahoittaa maaseudun mikro- ja pienyritysten investointeja, kehittämistä sekä erilaisia innovaatio- ja kehittämishankkeita. Kehittämisohjelman kautta jaettu tuki voidaan jakaa maatalouteen liittyviin investointeihin jaettuun tukeen ja yritys- sekä hanketoiminnan saamaan tukeen. Ohjelman tavoitteisiin kuuluvat uusiutuvan energian tuotannon lisääminen maatiloilla ja uusiutuvaan energiaan liittyvän yritystoiminnan kasvattaminen. Uusiutuvan energian investointeihin tuki voi olla enintään 40 prosenttia hyväksyttävistä kustannuksista. Uusiutuvaa energiaa tuottavat yritykset voivat saada tukea esimerkiksi tuotantotilojen hankintaan ja rakentamiseen, mutta myös aineettomiin hankintoihin, kuten ohjelmistoihin

tai patentteihin. Yritystukien tukiprosenttiin vaikuttavat yrityksen koko, sijainti ja tuettu toiminta. Yrityksistä esimerkiksi biokaasua sähkö- ja lämmöntuotantoon tai liikenteeseen polttoaineeksi tuottava yritys voi saada investointitukea 30 prosenttia hyväksyttävistä kustannuksista. (Liukko et al. 2016, 32.)

Taulukossa 6 on esitetty maaseudun kehittämisohjelman uusiutuvan energian investointien lukumäärä, teho sekä investoitu rahamäärä.

Taulukko 6. Maaseudun kehittämisohjelman uusiutuvan energian investoinnit vuosina 2015-2018 (Gynther & Leskinen 2019, 30; 32).

Vuosi	Yksikkö	Lämpökeskukset	Aurinkoenergia	Maalämpö	Biokaasu
2015	kpl	34	1	3	1
	kW	22 278	75	87	100
	M€	1,53	0,05	0,01	0,1
2016	kpl	76	33	1	1
	kW	33 598	1060	42	42
	M€	3,82	0,61	0,32	0,32
2017	kpl	87	107	2	2
	kW	50 738	4246	235	235
	M€	5,28	1,87	0,37	0,37
2018	kpl	103	116	3	3
	kW	63 572	7888	547	547
	M€	5,99	1,9	0,44	0,44
Yhteensä	kpl	300	257	9	7
	kW	170 186	13 269	911	924
	M€	16,62	4,43	1,14	1,23

Kuten taulukosta nähdään, eniten tukea ovat saaneet lämpökeskukset. Lämpökeskuksille taulukkoon merkitty rahamäärä, yhteensä 16,62 miljoonaa euroa, on mennyt kokonaan haketta käyttäville lämpökeskuksille, mutta lämpökeskusten yhteistehossa on mukana yksi kauraa käyttänyt lämpökeskus (Gynther & Leskinen 2019, 30). Aurinkoenergian

investoinnit ovat kappalemäärältään olleet suurimmat vuosina 2017 ja 2018, mutta aurinkoenergiahankkeet ovat sekä rahallisesti että tehon puolesta olleet pienempiä kuin lämpökeskushankkeet. Sen sijaan investoinnit maalämpöön ja biokaasuun ovat jääneet vähäisiksi. Maatilojen investoinneissa suuntaus on siis ollut päinvastainen kuin pientalojen investoinneissa – pientaloissa maalämpö on suosituin uusiutuva päälämmitysjärjestelmä, kun taas hake ei ole ollut erityisen suosittu. Vaikka biokaasuhankkeita ei ole ollut kuin muutama, on biokaasun hyödyntäminen maatiloilla kuitenkin noussut hiukan alle miljoonasta kuutiometristä vuonna 2015 hieman yli 1,4 miljoonaan kuutiometriin vuonna 2017 (Huttunen et al. 2018, 15). Jatkossa biokaasun käyttöä maatiloilla voi vauhdittaa omavaraisuus- ja ympäristöseikkojen lisäksi biokaasun lisääntynyt käyttö liikenteessä (Huttunen et al. 2018, 15). Vuonna 2017 biokaasua käytettiin liikenteessä 29,4-31 GWh, joka oli 41 prosenttia enemmän kuin edellisenä vuonna (Huttunen et al. 2018, 24). Myös tankkausverkosto kasvoi 10 asemalla ja levittäytyi Itä-, Lounais- ja Pohjois-Suomeen (Huttunen et al. 2018, 26). Vaikka investointien rahallinen määrä on kasvanut vuosittain, on kokonaissumma, 22,5 miljoonaa euroa, kuitenkin jäljessä tavoitteista. Vuodelle 2023 uusiutuvan energian investoinneille on asetettu tavoitteeksi 117,3 miljoonaa euroa, jota ei nykyisellä vauhdilla saavuteta (Gynther & Leskinen 2019, 34).

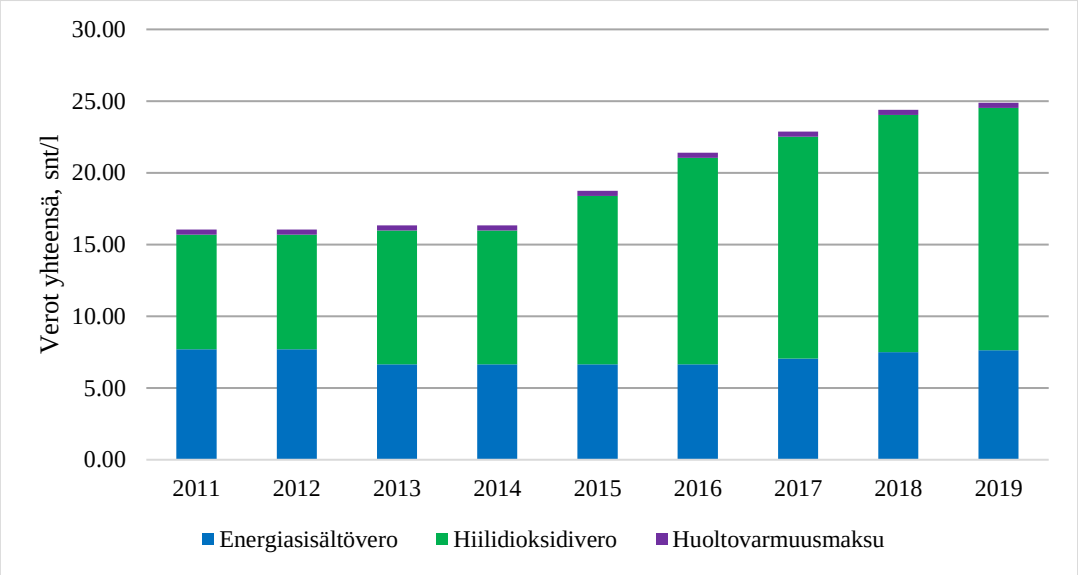
Varsinaisen energiantuotannon tukien lisäksi tukia on myönnetty myös uusiutuvan energian raaka-ainetuotantoon. Energiatuen osalta mainittiin, että hakkurien ja murskaimien tuet lopetettiin kokonaan vuonna 2014, mutta maaseudun kehittämisohjelmasta on yhä myönnetty tukea hakkureille ja murskaimille (Gunther & Leskinen 2019, 32). Hakkureihin ja murskaimiin tukea hakeneita hankkeita oli vuosina 2015-2018 yhteensä 18, joista yhteen ei myönnetty tukea ja kolmesta ei ollut tietoja (Gunther & Leskinen 2019, 32). Hankkeisiin myönnettiin tukea miljoona euroa, kokonaisinvestointikustannuksien ollessa 8,8 miljoonaa euroa (Gunther & Leskinen 2019, 32).

5.5 Polttoaineiden verotus

Polttoaineiden verotus ei ole varsinainen tukimenetelmä, mutta sitä voidaan käyttää ohjauskeinona kannustamaan uusiutuvien vaihtoehtojen käyttöön tai ainakin vähäpäästöisemmän vaihtoehdon käyttöön. Esimerkiksi turpeen verotuksessa on pyritty siihen, että se ei olisi yhtä kilpailukykyinen vaihtoehto kuin metsähake tai metsäteollisuuden sivutuotteet, mutta kilpailukyvyltään parempi kuin kivihiili tai toiset fossiiliset vaihtoehdot (Huttunen 2017, 38). Rakennusten lämmityksessä verotuksen selkeä tavoite on öljyn käytön vähentäminen. Sekä nykyinen, Sanna Marinin vuonna 2019 valtaan astunut hallitus, että sitä edeltänyt Juha Sipilän hallitus haluavat vähentää öljyn käyttöä. Sipilän hallituksen tavoitteisiin kuului tuontiöljyn käytön puolittaminen 2020-luvulla. Nykyinen hallitus haluaa lopettaa öljyn käytön kokonaan rakennusten lämmityksessä 2030-luvun alkuun mennessä ja vuoteen 2024 mennessä valtion ja kunnan omistamissa rakennuksissa. Näiden tavoitteiden saavuttamisessa kevyen polttoöljyn verotus on tärkeä ohjauskeino, minkä takia öljyn verotus on tiukentunutkin.

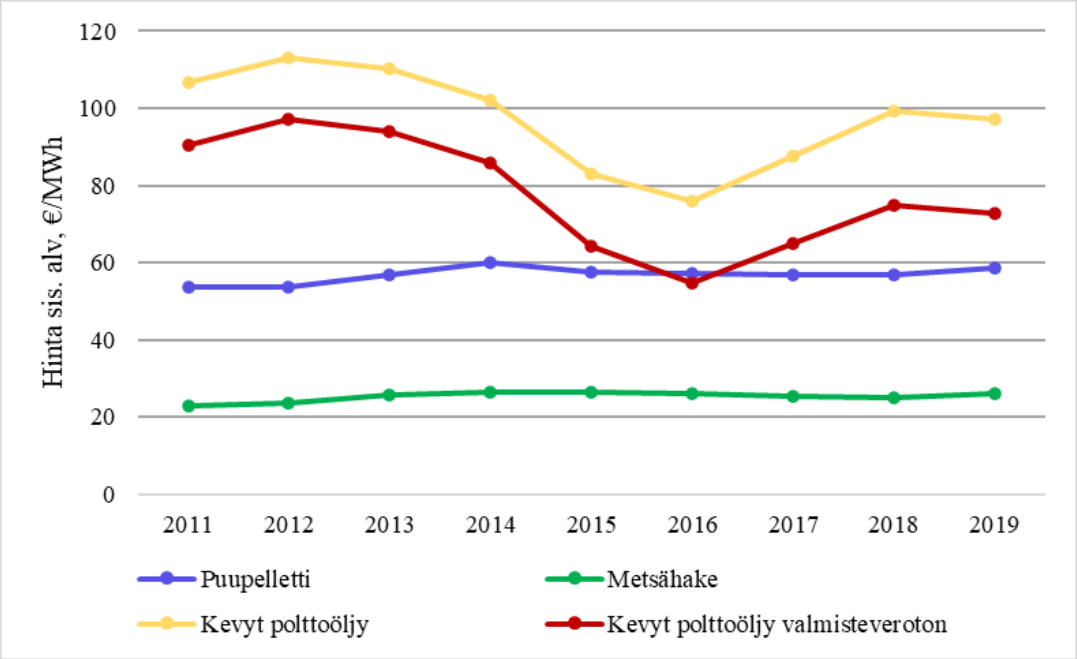
Polttoöljyn verotus koostuu energiasisältöverosta, hiilidioksidiverosta ja huoltovarmuusmaksusta (Valtiovarainministeriö 2018). Lämmityspolttoaineiden osalta sekä kaasumaiset että kiinteät biopolttoaineet ovat verottomia, eikä niistä tarvitse maksaa huoltovarmuusmaksua (Valtiovarainministeriö 2018). Verotus muuttui vuonna 2011, kun lakia nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta 1472/1994 muutettiin niin, että valmistevero jaettiin energiasisältö- ja hiilidioksidiveroon (L 30.12.2010/1399, 1 §). Uudessa verotusmallissa verotus määräytyi polttoaineen energiasisällön ja poltossa syntyvien ominaishiilidioksidipäästöjen perusteella (Valtiovarainministeriö 2018). Lakia 1472/1994 muutettiin uudestaan vuonna 2018, jolloin hiilidioksidiveroa muutettiin niin, että poltossa syntyvien ominaishiilidioksidipäästöjen sijaan hiilidioksidiveron laskennassa käytetään koko elinkaaren aikaisia ekvivalentteja hiilidioksidipäästöjä (L 19.12.2018/1225, 1 §). Tämä laskentatapa oli jo voimassa moottoribensiinille, dieselöljylle ja biopolttoaineille, joita käytettiin niiden korvaamiseen, mutta nyt se ulotettiin myös muihin lain 1472/1994 kattamiin polttoaineisiin, kuten kevyeen polttoöljyyn (L 29.12.1994/1472, 1 §). Muutos tuli voimaan vuoden 2019 alussa (L

19.12.2018/1225). Kuvassa 14 on esitetty rikittömän kevyen polttoöljyn verojen määrä, pois lukien arvonlisävero, vuosina 2011-2019.



Kuva 14. Kevyen polttoöljyn verotus vuosina 2011-2019 (Tilastokeskus 2019e).

Kuten kuvasta nähdään, verotuksen osuus on kasvanut välillä 2011-2019. Erityisesti hiilidioksidiveron määrä on kasvanut; sen määrä on kaksinkertaistunut vuoden 2011 arvosta 8 snt/l vuoden 2019 arvoon 16,9 snt/l. Kuvassa 15 on esitetty puupellettien, metsähakkeen sekä kevyen polttoöljyn valmisteverollinen ja -veroton hinta.



Kuva 15. Lämmityksessä käytettyjen polttoaineiden hintoja vuosina 2011-2019 (Tilastokeskus 2020e) (Tilastokeskus 2020f) (Tilastokeskus 2020g).

Kuten kuvasta voidaan huomata, kevyen polttoöljyn valmisteveron, eli hiilidioksidi- ja energiasisältöveron, sisältävä hinta on huomattavasti korkeampi kuin pellettien tai metsähakkeen hinta. Myös polttoöljyn valmisteveroton hinta on suurimman osan ajasta ollut korkeampi kuin pellettien tai hakkeen hinta. Varsinaisten tukikeinojen joko poistuttua, kuten pientalojen energia-avustuksen, tai heikennyttyä, kuten kotitalousvähennyksen, polttoaineiden verotuksella on entistäkin suurempi rooli lämmitysvalintojen ohjauksessa. Erityisen tärkeäksi verotuksen merkitys nousee, kun tarkastellaan lämmitystapamuutoksia historiassa. Pellettien käytön kasvu Suomessa 1990-luvun lopussa johtui suurimmaksi öljyn hinnan jyrkästä noususta (Sopha et al. 2010, 660). Öljyn hinta on siis merkittävä tekijä lämmitystapamuutoksissa ja -valinnoissa. Vaikka verotus muodostaakin suuren osan kevyen polttoöljyn hinnasta, vaikuttavat ulkoiset tekijät silti huomattavasti sen hintaan. Kuten kuvasta nähdään, polttoöljy oli kalliimpaa vuosina 2011-2014 kuin nyt, vaikka sen verotus tuolloin oli kevyempää. Luonnollisesti hinnan suuri vaihtelu aiheuttaa epävarmuutta polttoaineen käyttäjälle, mikä voi vaikuttaa negatiivisesti polttoaineen käyttöön. Samalla se voi kuitenkin

heikentää verotuksen tehoa ohjauskeinona, jos verotuksesta huolimatta hinta laskee erityisen alas. Toki verotus on nyt toiminut niin, että hinnan vaihteluista huolimatta polttoöljyn hinta on pysynyt korkeammalla kuin uusiutuvien vaihtoehtojen ja verotuksen kiristyessä sen kannattavuus heikkenee entisestään.

Valmiste- ja arvonlisäveron osuus kevyen polttoöljyn hinnasta oli 34 prosenttia vuonna 2011, kun vuonna 2019 verojen osuus hinnasta oli jo melkein 45 prosenttia (Tilastokeskus 2019e) (Tilastokeskus 2020f). Korkeimmillaan verojen osuus oli vuonna 2016, jolloin öljyn hinta oli alhainen, joten verojenkin osuus nousi korkeammaksi, noin 47 prosenttiin (Tilastokeskus 2019e) (Tilastokeskus 2020f). Vaikka verojen öljyn hinnasta kuluttajalle on korkea, on öljyn hinnassa suurta vaihtelua muista tekijöistä johtuen. Lämmitysöljyn hintaan vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa jakelu-, jalostus- ja varastointikustannukset, raakaöljyn hinta sekä lämmitysöljyn kysyntä, joka vaihtelee vuodenajan perusteella (Suomen Lämmitystieto 2013). Tämän lisäksi kuluttajahintaan vaikuttaa euron ja Yhdysvaltain dollarin välinen kurssi (Suomen Lämmitystieto 2013).

5.6 Biopolttoaineiden jakeluvelvoite

Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä tuli voimaan vuonna 2007 (L 13.4.2007/446). Laki velvoittaa liikenteen polttoaineiden jakelijoita toimittamaan kulutukseen biopolttoaineita lain määräämän prosenttiyksikön verran jakelijan toimittamien polttoaineiden kokonaisenergiasisällöstä. Jakeluvelvoite on noussut huomattavasti lain säätämisajankohdasta; kun jakeluvelvoite vuonna 2009 oli vain neljä prosenttia, on se vuonna 2020 jo 20 prosenttia. Vuonna 2021 jakeluvelvoite laskee 18 prosenttiin, jonka jälkeen se kuitenkin kohoaa tasaisesti vuoteen 2029 asti, jolloin jakeluvelvoite on 30 prosenttia. (L 13.4.2007/446, 5 §.)

Jakeluvelvoitteen tavoitteena on luonnollisesti kasvattaa biopolttoaineiden osuutta liikenteessä ja siten vähentää liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä, mikä auttaa sekä kansallisten että EU:n asettamien ilmastotavoitteiden saavuttamisessa. Vuonna 2018 liikenteen kasvihuonekaasupäästöt Suomessa olivat 11,5 miljoonaa tonnia

hiilidioksidiekvivalenttia, noin viidenneksen kokonaispäästöistä (Tilastokeskus 2019b). Samana vuonna biopolttoaineiden arvioidaan vähentäneen kotimaan liikenteen päästöjä noin 1,1 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalenttia (Tilastokeskus 2019f). Määrä on merkittävä, etenkin kun otetaan huomioon, että jakeluvelvoitteen täyttymistä laskettaessa noudatetaan niin sanottua tuplalaskentaa, eli jos biopolttoaine on valmistettu tietystä raaka-aineesta, sen energiasisältö otetaan huomioon kaksinkertaisena (L 13.4.2007/446, 5 §). Biopolttoaineiden todellinen osuus liikenteen polttoaineista on siis pienempi kuin jakeluvelvoitteen määrittämä prosenttiyksikkö.

Jakeluvelvoitteella voidaan siis saavuttaa merkittäviä tuloksia. Öljyn käytön ja rakennusten lämmityksen päästöjen vähentämiseksi sen voisi siksi ulottaa myös rakennusten lämmitykseen. Vuonna 2017 julkaistussa valtioneuvoston energia- ja ilmastostrategiassa (Huttunen 2017) linjataankin, että rakennusten erillislämmityksessä otetaan käyttöön 10 prosentin bionesteen sekoitusvelvoite. Strategian julkaisseen Juha Sipilän hallituksen tavoitteena oli kuitenkin puolittaa tuontiöljyn käyttö 2020-luvun aikana, kun taas nykyinen hallitus tähtää öljyn käytön lopettamiseen lämmityksessä 2030-luvun alkuun mennessä. Kuten aikaisemmin jo mainittiin, hallitus pyrkii tähän tavoitteeseen toimenpideohjelmalla, jota hallitusohjelmassa ei ole tarkemmin eritelty. Jos tähtäimessä on öljyn korvaaminen kokonaan rakennusten lämmityksessä, ovat lämmitysjärjestelmän vaihtoon kannustavat tukitoimet luonnollisesti parempi ratkaisu kuin jakeluvelvoite. Vaikka jakeluvelvoite on siis tehokas ratkaisu päästöjen vähentämiseksi, ei se nykyisen hallituksen tavoitteiden valossa ole yhtä hyödyllinen tukitoimi kuin lämmitysjärjestelmän vaihtoon kannustavat ohjauskeinot.

6 TUKITOIMIEN VAIKUTUS UUSIUTUVAN ENERGIAN KÄYTTÖÖN

6.1 Tavoitteet ja tulokset

Yleisellä tasolla tukiohjelmien tavoitteena on luonnollisesti auttaa sekä uusiutuvan energian tavoitteiden että päästövähennystavoitteiden saavuttamisessa. Kuten mainittiin, Suomen tavoite uusiutuvalle energian osuudelle vuonna 2020 oli 38 prosenttia. Kasvihuonekaasupäästövähennystavoite vuodelle 2020 oli 20 prosenttia vuoden 1990 tasoon verrattuna. Lämmitysöljyn suhteen nykyisen hallituksen tavoitteena on luopua sen käytöstä 2030-luvun alkuun mennessä ja valtion ja kuntien rakennuksissa jo vuoteen 2024 mennessä.

Energia-avustusten myöntämisen tavoitteena on ollut asumisen kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen pienentämällä asumisen energiankulutusta ja lisäämällä uusiutuvan energian käyttöä rakennuksissa (HE 17.9.2002/152). Energia-avustuksia maksettiin vuosina 2010-2018 noin 64,1 miljoonaa euroa, josta 28,8 miljoonaa euroa maksettiin lämmitysjärjestelmän vaihtamiseen uusiutuvaan vaihtoehtoon. Avustusten määrä on suuri, kun otetaan huomioon, että taloyhtiöille avustusten myöntäminen lopetettiin jo vuoden 2013 lopussa ja muille vuonna 2016. Energia-avustusten jakautumisesta eri lämmitysmuodoille ei ole tarkempaa tietoa, mutta kun tiedetään, että sekä metsähakkeen että pellettien käyttö pientaloissa ei ole erityisesti edennyt 2010-luvulla ja maalämpöpumppujen määrä puolestaan yli kaksinkertaistunut, voitaisiin olettaa, että tuen jakautuminen on kohdistunut enemmän maalämpöpumppuihin siirtymiseen kuin pelletti- tai hakelämmitykseen. Tämä ei sinänsä ole yllättävää, sillä vuonna 2012 julkaistussa lämmitysjärjestelmien ominaisuuksien vaikutuksista suomalaisten omakotitaloasujien lämmitysjärjestelmävalintoihin käsitelleessä tutkimuksessa maalämpö oli kaukolämmön ohella suosituin lämmitysjärjestelmä (Rouvinen & Matero 2012). Tutkimusta edeltäneinä vuosina melkein joka kolmas

uudisrakentajista valitsi lämmitysjärjestelmäksi maalämmön (Rouvinen & Matero 2012). Nykyisin jopa yli puolet valitsee maalämmön uuden omakotitalon lämmitysjärjestelmäksi (Oksanen 2017).

Maaseudun kehittämisohjelman yksi tavoitteista on ollut ilmastonmuutoksen hillinnän ja siihen sopeutumisen tehostuminen (Maaseutu.fi 2017). Tätä tavoitetta kuvaaviin indikaattoreihin kuuluvat muun muassa maatalouden energiankulutus, uusiutuvan energian osuus energiankulutuksesta ja maatalouden kasvihuonekaasupäästöt (Maaseutu.fi 2017). Uusiutuvan energian käyttö on kasvanut merkittävästi maatalouden kehittämisohjelman investointien kautta. Sen käyttö on ohjelman seurauksena lisääntynyt noin 342,4 GWh vuodessa (Gynther & Leskinen 2019, 31). Vaikka tuotetun uusiutuvan energian määrää voidaan pitää merkittävänä, on investointien määrässä kasvun varaa. Ottaen huomioon, etteivät maatilat pysty saamaan energiatukea, on investointien määrä jäänyt kuitenkin jokseenkin pieneksi (Gynther & Leskinen 2019, 41). Yhteensä investointien määrä oli 22,5 miljoonaa euroa vuosina 2015-2018, mikä on selkeästi jäljessä vuodelle 2023 asetettua 117,9 miljoonan euron tavoitetta (Gynther & Leskinen 2019, 30; 34). Olettaen, että lämpökeskuksilla ja maalämmöllä on korvattu kevyen polttoöljyn käyttöä ja aurinkoenergialla sähkön käyttöä, maaseudun kehittämisohjelman uusiutuvan energian käytön lisäyksen arvioidaan johtaneen 88 173 CO_2-ekvivalenttitonnin päästövähennykseen vuonna 2018 (Gynther & Leskinen 2019, 36-37).

Energiatukien tarkoituksena on suunnata energiajärjestelmää tehokkaampiin, ilmaston ja ympäristön kannalta parempiin ratkaisuihin (TEM 2019). Viime vuosina, ja erityisesti asetuksen 1098/2017 tultua voimaan, energiatuen pääpaino on siirtynyt entistä enemmän uuden teknologian tukemiseen. Energiatukia on myönnetty vuosina 2010-2019 peräti 596,6 miljoonaa euroa, mikä on huomattavasti enemmän kuin muut investointitukia jakaneet tukiohjelmat, energia-avustus ja maaseudun kehittämisohjelma. Tästä summasta huomattava osa myönnettiin kuitenkin sähkön- tai polttoaineentuotantoon sekä energiatehokkuuteen liittyviin hankkeisiin. Esimerkiksi vuosina 2013-2019 jaetuista tuista lämmöntuotantoon liittyvät hankkeet saivat vähiten rahallisesti tukea, yhteensä 63,21 miljoonaa euroa. Tästä summasta puupolttoaineita käyttävät lämpökeskukset saivat

ehdottomasti eniten tukea, 42,12 miljoonaa euroa, lämpöpumput 7,67 miljoonaa euroa, biokaasu 5,91 miljoonaa euroa, aurinkolämpö 1,55 miljoonaa euroa ja muut 5,97 miljoonaa euroa. Kuten luvussa viisi mainittiin, vuoden 2018 alussa tuli voimaan asetus, jonka myötä energiatuen myöntämisessä painotettiin uutta teknologiaa sisältäviä hankkeita. Asetuksen 1098/2017 perusteella on myönnetty energiatukea vain kahdelle kiinteistöjen uusiutuvaan lämmitysjärjestelmään liittyvään hankkeeseen; yhdelle lämpökeskukselle ja yhdelle aurinkolämpöjärjestelmälle (Veijonen 2020). Viime vuonna myönnettiin kuitenkin tukea 16 lämpökeskushankkeelle, joista suurin osa on todennäköisesti liittynyt suurempiin lämpökeskuksiin, mutta mahdollisesti pieni osa myös kiinteistöjen lämmitykseen (Veijonen 2020).

6.2 Tukitoimien vertailu

Luvussa viisi esitellyt tukitoimet eroavat toisistaan eri tavoin. Ensinnäkin tukitoimet eroavat toisistaan siten, kenelle tukea voidaan myöntää. Energia-avustusta voitiin myöntää ympärivuotisessa asuinkäytössä olleisiin rakennuksiin, myös kunnille tai yhteisöille. Asuinkäyttö tietenkin sulkee pois erilaiset liiketilat, varastot ja julkiset rakennukset, kuten esimerkiksi koulut, päiväkodit tai virastot sekä maatalousrakennukset. Energiatukea ei taasen myönnetä asuinrakennuksille ollenkaan, ja sitä voivat saada vain kunnat, yritykset tai yhteisöt, eivät maatilat. Maaseudun kehittämisohjelman tuet kohdistuvat sen sijaan yksinomaan maatiloille ja maaseudun yrityksille. Velvoittavat tukitoimet, polttoainevero ja biopolttoaineiden jakeluvelvoite, kohdistuvat tietenkin kaikkiin lämmitysöljyä käyttäviin rakennuksiin. Polttoaineveroa voisi siten pitää kaikkein tehokkaimpana ohjauskeinona, sillä se kohdistuu kaikkiin polttoöljyä käyttäviin rakennuksiin, ja kuten luvussa viisi mainittiin, pelletin käytön kasvu 1990-luvun lopulla johtui suurilta osin polttoöljyn hinnan nopeasta kasvusta. Toisaalta, kuten luvussa kaksi mainittiin, suurin osa öljyä käyttävistä rakennuksista on pientaloja, jolloin erityisesti energia-avustuksen vaikutus olisi merkittävä öljylämmitysten määrän vähentämisessä. Kotitalousvähennystä voivat luonnollisesti saada vain kotitaloukset, joten esimerkiksi

asunto-osakeyhtiön vastuulla olevaan remonttiin ei voi hakea kotitalousvähennystä (Verohallinto 2018).

Määrällisesti eniten käytetty tukimuoto on 2010-luvulla ollut energia-avustus, jonka kautta on myönnetty lämmitysjärjestelmän muutoksiin 28,8 miljoonaa euroa. Maaseudun kehittämisohjelman kautta on vuosina 2015-2018 myönnetty puolestaan 22,5 miljoonaa euroa uusiutuvan energian investointeihin. Energiatukea on puolestaan jaettu 596,6 miljoonaa euroa vuosina 2010-2019, mutta tiedossa ei ole, kuinka paljon tukia on myönnetty lämmitysjärjestelmän vaihtamiseen. Tiedetään kuitenkin, että valtioneuvoston asetuksen 1098/2017 energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista vuosina 2018–2022 tultua voimaan energiatukea on myönnetty vain kahdelle kiinteistöjen uusiutuvaan lämmitysjärjestelmään liittyvälle hankkeelle. Energiatukea ei siis ole ainakaan viimeisen muutaman vuoden aikana käytetty ahkerasti rakennuksien lämmitysjärjestelmien korvaamiseen uusiutuvilla vaihtoehdoilla. Energia-avustus on siten ollut käytetyin tukimuoto rahamäärällisesti ja myös sen kohderyhmä, ympärivuotisessa asuinkäytössä olevat rakennukset, on suurempi kuin energiatuen tai maaseudun kehittämisohjelman kohderyhmät.

Tukien välillä on eroja myös tukiprosenteissa. Energia-avustusten enimmäismäärä on 2010-luvulla ollut 15 prosenttia hyväksyttävistä kustannuksista, erityisistä syistä 20 prosenttia ja pienituloiselle ruokakunnalle enintään kahden huoneiston rakennukselle enintään 25 prosenttia. Energiatuen tukiprosentti on korkeampi, investointihankkeille 30 prosenttia, johon voi saada 10 prosentin korotuksen hankkeen sisältämän uuden teknologian osalta. Myös maaseudun kehittämisohjelmassa tukiprosentti on korkea, 40 prosenttia hyväksyttävistä kustannuksista uusiutuvan energian investointeihin. Muita tukimuotoja ei voi täysin suoraan verrata investointitukiin, mutta esimerkiksi vuonna 2014 kotitalousvähennys, joka oli 45 prosenttia työkustannuksista, vastasi noin 10 prosentin laskennallista investointia.

Käytössä olleiden tukitoimien lisäksi myös lämmitysöljyn verotus on kiristynyt viime vuosina. Verotus nostaa öljyn hintaa ja siten vaikuttaa sekä nykyisten öljyn käyttäjien että

remontoijien ja uudisrakentajien valintoihin. Verotus ei kuitenkaan voi korvata tukien vaikutusta. Öljylämmitysten korvaamista selvittäneessä tutkimuksessa (Hast et al. 2016) havaittiin, että öljylämmityksen vaihtaminen ennen käyttöiän loppua on epätodennäköistä ilman tukia. Öljylämmityksen ennenaikainen vaihto pellettilämmitykseen ei ollut tutkimuksen mukaan taloudellista ilman tukia, ja öljyn hinnan ollessa matala vaihto pellettiin ei ollut taloudellinen edes tukien kanssa. Ennenaikainen vaihto maalämpöön öljyn hinnan ollessa matala oli taloudellista vain skenaariossa, jossa sekä tuet että verot olivat korkeammat kuin perustilanteessa, investointituki 15 prosenttia korkeampi ja vero 6 senttiä litraa kohden korkeampi. Tämän lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että tuet kohottivat skenaarioissa sekä pelletti- että maalämpölämmityksen odotettua nettonykyarvoa enemmän kuin verot. Vaikka veroilla on siis osansa öljylämmitysten korvaamisessa, on investointituki huomattavasti tärkeämpi. Investointitukien merkitystä korosti myös vuonna 2012 julkaistu tutkimus lämmitysjärjestelmien ominaisuuksien vaikutuksista suomalaisten omakotitaloasujien lämmitysjärjestelmävalintoihin (Rouvinen & Matero 2012). Tutkimuksen mukaan omakotitaloasujat käyttivät lämmitysjärjestelmiä koskevassa päätöksenteossaan korkeita implisiittisiä korkokantoja, mikä indikoi, että päätöksenteossa tarkastellaan vain lyhyttä aikaväliä. Tällöin investointituen merkitys kasvaa, sillä halvempien polttoaine- ja käyttökustannusten merkitys korostuu vasta pidemmällä aikavälillä. Tilanne, jossa energia-avustus ei ole saatavilla, ei siis ole ideaali öljylämmitysten korvaamiseksi, mikä varmasti vaikutti energia-avustuksen jakamisen uudelleen käynnistämiseen vuonna 2020. Kuitenkin skenaariossa, jossa öljyn hinta kohoaa, jo kohtalainen veronkorotus paransi lämmitysjärjestelmän vaihdon kannattavuutta öljylämmityksen käyttöiän lopussa.

Tukitoimia suunnitellessa tulisi ottaa huomioon erilaiset markkinaesteet, ei pelkästään edullisuus, vaan muun muassa myös hyväksyntä, saatavuus, tietoisuus ja tiedon puute (IEA-RETD 2011, 41). Tämä voidaan havaita esimerkiksi maaseudun kehittämisohjelman saavuttamissa tuloksissa; vaikka ohjelman saavuttama uusiutuvan energian tuotannon määrä oli merkittävä, jäi investointien määrä pieneksi. Ohjelman tuloksia analysoineessa raportissa (Gynther & Leskinen 2019) ratkaisuksi ehdotettiin

energianeuvontaa, eli esteenä on ollut tiedon puute ja tietoisuus. Maaseutuohjelmassa suurin osa investoinneista kohdistui haketta käyttäviin lämpökeskuksiin.

6.3 Tukitoimet jatkossa

Tukitoimien jatkosta tiedetään jo jotain osan nykyisten tukitoimien keston perusteella. Uusi valtioneuvoston asetus energiatuen myöntämisen ehdoista on voimassa vuoteen 2022 saakka, joten energiatuen jakaminen jatkuu ainakin vuoteen 2022 asti. Maaseudun kehittämisohjelma jatkuu vuoden 2020 loppuun saakka. Maaseudun kehittämisohjelmaan rahoitus on peräisin Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta (ELY-keskus 2019). Maaseudun tulevista toimista ei ole tarkkaa tietoa, mutta seuraavaa toimikautta 2021-2027 EU:n yhteisessä maatalouspolitiikassa on valmisteltu, ja odotusarvona on, että uusi rahoituskehys hyväksytään ennen nykyisen toimikauden päätöstä vuonna 2020 (Euroopan parlamentti 2019). Rahoituksesta kuitenkin tiedetään, että määrärahoja on tulevalla kaudella leikattu Iso-Britannian poistumisen ja muiden poliittisten osa-alueiden rahoitustarpeiden takia (Euroopan parlamentti 2019). Eniten leikkauksista kärsii juuri maaseuturahasto, jonka budjetti pienenee joko 25 tai 28 prosenttia (Euroopan parlamentti 2019). Suomen nykyisen hallituksen hallitusohjelmassa mainitaan maatalouden osalta tavoitteeksi maatalousmaan päästöjen pienentäminen ja sen hiilensidontakyvyn parantaminen (Valtioneuvosto 2019b). Tämän lisäksi hallitusohjelmassa nimetään tavoitteeksi biokaasun tuotannon ja kulutuksen kasvattaminen ravinnekierron toimenpidekokonaisuuden avulla (Valtioneuvosto 2019b).

Energia-avustuksia, joiden jakaminen käynnistyi uudestaan vuonna 2020, myönnetään ainakin vuoteen 2022 saakka tai niin kauan, kunnes määrärahat riittävät. Energia-avustusta selkeästi tarvitaan, sillä Etelä-Savon öljylämmitteisistä rakennuksista 75 prosenttia oli asuinrakennuksia, joista suurin osa on erillisiä pientaloja. Muista investointituista, energiatuesta ja maaseudun kehittämisohjelmasta, kumpikaan ei kohdistu näille pientaloille. Erillistalojen määrä Etelä-Savossa on myös vähentynyt asuinrakennuksista vähiten, vain 3,4 prosenttia vuosina 2005-2017. Erillistalot muodostavat siis sekä ylivoimaisesti Etelä-Savon suurimman että asuinrakennuksista

hitaimmin vähenevän osuuden öljylämmitteisistä rakennuksista. On siis selvää, että tukitoimia tarvitaan edelleen öljylämmitysten korvaamiseksi.

7 TAPAUSTARKASTELU: OMAKOTITALO

Tämän työn yksi tavoitteista on selvittää, minkälaiset kustannukset syntyisivät tapaustarkastelun kohteiden öljylämmitysjärjestelmien korvaamisesta hake-, pelletti- tai maalämpöpumppujärjestelmillä. Tämän lisäksi työssä halutaan verrata lämmitysmuotojen käytöstä syntyviä päästöjä ja sivuta myös muita lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä. Tässä luvussa käydään myös läpi, mitä toimenpiteitä lämmitysjärjestelmän vaihto aiheuttaa. Kustannuksia, päästöjä ja muita tekijöitä verrataan keskenään tarkastelemalla kahta Mikkelissä sijaitsevaa kohdetta, kyläkoulua ja omakotitaloa. Kustannuksia verrataan pyytämällä tarjoukset yrityksiltä hakelämmitysjärjestelmälle, pellettilämmitykselle ja maalämpöjärjestelmälle. Kaukolämpö ei ollut mahdollinen vaihtoehto kummallekaan kohteista. Kustannukset on laskettu arvonlisäverollisina ja niin, että asennus- ja työkustannukset on eritelty laitteistojen investointikustannuksista. Tämän lisäksi laskennassa on otettu huomioon käyttökustannukset, eli polttoaine- ja huoltokustannukset. Laskettujen ja saatujen kustannustietojen perusteella tarkastellaan investointien kannattavuutta ja lasketaan lämmitysjärjestelmille lämmityskustannukset, takaisinmaksuajat sekä ominaiskustannukset.

Ensimmäinen työn tapaustarkastelun kohteista on Mikkelissä sijaitseva omakotitalo. Kyseessä oleva kolmekerroksinen omakotitalo valmistui vuonna 1990. Sen pinta-ala on noin 284 neliömetriä ja lämmitystilavuus noin 1000 kuutiometriä. Talossa on patterikiertoinen öljylämmitys ja kuusi vesipistettä. Öljykattilasta tiedetään vain, että vuosittainen öljynkulutus on noin 3000 litraa. Laskennassa kaikille lämmitysjärjestelmille käytetään vuosihyötysuhdetta, joka ottaa kattilahyötysuhteen lisäksi huomioon myös lämmönjakelussa tapahtuvat häviöt, käynnistyksestä ja sammutuksesta johtuvat häviöt, säteilyhäviöt ja kontrollijärjestelmästä johtuvat häviöt (Obernberger & Thek 2010, 318). Öljylämmityksen hyötysuhdetta ei tiedetä, mutta vanhojen öljylämmityksen hyötysuhteet ovat yleensä huomattavasti pienemmät kuin uusien. Esimerkiksi Tilastokeskus käyttää asuin- ja palvelurakennusten lämmityksen hyötyenergia-tilastossaan kevyelle polttoöljylle oletushyötysuhteena 78 prosenttia,

lähteinään VTT ja Tampereen teknillinen yliopisto (Tilastokeskus 2019c). Jo aiemmin mainitussa öljylämmitysten korvaamista tutkineessa tutkimuksessa (Hast et al. 2016, 56) vanhalle öljylämmitykselle käytettiin hyötysuhteena 75 prosenttia ja uudelle järjestelmälle 86 prosenttia. Voidaankin olettaa, että omakotitalon öljylämmityksen hyötysuhde on alle 80 prosenttia, ja hyötysuhteeksi tässä työssä valitaan 75 prosenttia. Kun kevyen polttoöljyn lämpöarvona käytetään 36 MJ/litra (Alakangas et al. 2016, 182), saadaan omakotitalon lämmöntarpeeksi 81 000 MJ.

7.1 Korvaava energiantuottojärjestelmä

7.1.1 Pellettilämmitys

Yksinkertaisimmillaan pellettilämmitykseen siirtyminen vaatii vain pellettipolttimen, siilon ja siirtojärjestelmän hankkimisen. Vanha lämmönsiirtojärjestelmä ja kattilahuone siis soveltuvat myös pellettilämmitykselle, eikä erityisiä toimenpiteitä tarvita. Pellettilämmitykselle oletetaan, että vanha öljykattila puretaan ja pellettikattila sijoitetaan sen tilalle kattilahuoneeseen. Muita toimenpiteitä ei tarvita, eli oletetaan, että esimerkiksi vanha savuhormi soveltuu pellettilämmitykselle. Pellettisiilo, jonka tilavuus tässä tapauksessa on 8 m^3, sijoitetaan rakennuksen ulkopuolelle. Hintatiedot pellettilämmitykselle saatiin Bioenergia ry:ltä. Laitteistoinvestoinnin, eli kuljettimen, siilon, polttimen ja kattilan hinnaksi tulisi noin 10 000 euroa (Tuohiniitty 2019). Asennustyön hinnaksi puolestaan tulisi noin 2500 euroa (Tuohiniitty 2019). Asennustyö sisältää vanhan kattilan purkamisen. Öljysäiliöstä ei tiedetä, onko kyseessä maanalainen säiliö vai kellarissa sijaitseva säiliö. Jos kyseessä on maanalainen säiliö, täytyy säiliö Mikkelin kaupungin ympäristönsuojelumääräysten (2012) mukaan poistaa maasta, jos poisto on mahdollinen ilman rakennuksen vahingoittamista ja säiliön maahan jättämistä ei ole erikseen perusteltu. Jos säiliö jätetään maahan, se täytyy tyhjentää, puhdistaa ja tarkastaa (Mikkelin kaupunki 2012). Kodinplaza verkkopalvelun (2018) mukaan öljysäiliön poistamisen tai purkamisen kustannukset vaihtelevat välillä 600-4500 euroa. Öljysäiliön purkamisen kustannukset riippuvat suuresti säiliöstä ja kohteesta (Kodinplaza

2018). Jos säiliö sijaitsee maan alla, suuri osa kustannuksista saattaa syntyä kaivuutöistä (Kodinplaza 2018). Jos säiliö sen sijaan on kellarissa, ahtaat tilat saattavat nostaa kustannuksia (Kodinplaza 2018). Myös säiliössä olevan öljyn määrä vaikuttaa kustannuksiin (Kodinplaza 2018). Työssä tehdään oletus, että säiliö sijaitsee talon kellarissa ja sen poistamisen hinnaksi oletetaan 1000 euroa. Huoltokustannukset ovat noin 125 euroa vuodessa (Tuohiniitty 2019). Varsinaista mitoitusta pellettikattilasta ei hintatietojen lisäksi saatu. Taulukkoon 7 on koottu erään teholuokaltaan omakotitaloon sopivan pellettikattilan teknisiä tietoja.

Taulukko 7. Ecocompact 190 pellettikattilan tekniset tiedot (Kardonar Bioenergy Solutions Oy 2019).

Ecocompact 190		
Teho	kW	4,2-18,2
Paino	kg	320
Hyötysuhde	%	>92,3
Leveys x syvyys x korkeus	mm	1120 x 500 x 1150

7.1.2 Maalämpöpumppujärjestelmä

Maalämpöpumpun osalta oletetaan, että vanha öljykattila puretaan ja maalämpöpumppu sijoitetaan vanhaan kattilahuoneeseen. Jos vanha patteriverkosto on hyvässä kunnossa, varsinaisia muutoksia ei öljylaitteiston purkamisen lisäksi tarvitsen tehdä, vaan maalämpöpumppua voidaan käyttää jo olemassa olevalla lämmönjakojärjestelmällä. Lämpö kerätään tontille porattavista lämpökaivoista, ja luonnollisesti oletetaan, että tarvittavat luvat kaivojen poraamiseen järjestyvät. Tarjous maalämpöpumpulle saatiin Gebwell Oy:ltä, joka tarjosi kohteeseen Gebwell $T^2$16-maalämpöpumppua. Taulukkoon 8 on koottu pumpun teknisiä tietoja.

Taulukko 8. Gebwell T²16-lämpöpumpun teknisiä tietoja (Gebwell 2019).

Gebwell T²16		
Lämmitysteho (0°/35 °C ja 0°/55 °C)	kW	15,9/14,6
Viilennysteho (0°/35 °C ja 0°/55 °C)	kW	12,6/9,6
Ottoteho (0°/35 °C ja 0°/55 °C)	kW	3,3/5,0
SCOP (0°/35 °C ja 0°/55 °C)	-	5,3/4,6
Ulkomitat (syvyys x leveys x korkeus)	mm	775 x 600 x 1200
Paino	kg	205

Hintatietojen lisäksi Gebwell Oy:ltä saatiin myös pumpun ja lämpökaivojen mitoitus. Pumpun antotehoksi saatiin 14,7 kW ja lisälämmitystehoksi 2,9 kW (Liukkonen 2020). Vuosihyötysuhde (SCOP) lisäenergiantarve huomioon ottaen oli 4,17 (Liukkonen 2020). Lämpimän käyttöveden huomioonottava vuosihyötysuhde SPF on noin 3 (Liukkonen 2020). Lämpöpumppulaitteiston hinnaksi tuli noin 10 000 euroa (Liukkonen 2020), 12 400 euroa arvonlisävero huomioon ottaen. Lämpökaivon tarvittava syvyys oli mitoituksen mukaan 318 metriä, jolloin tässä tapauksessa porataan kaksi 159 metrin syvyistä lämpökaivoa, joiden hinnaksi tulee noin 11 000 euroa (Liukkonen 2020), 13 640 euroa arvonlisävero huomioon ottaen. Kokoonpano-, asennus- ja huoltokustannukset saatiin toiselta yritykseltä. Kokoonpano- ja asennustyön hinnaksi tulisi noin 4000 euroa ja huoltokustannukset olisivat noin 150 euroa vuodessa (Juntunen 2020).

7.1.3 Hakelämmitys

Myös hakelämmityksen osalta oletetaan, että vanhan lämmitysjärjestelmän osat soveltuvat hakelämmityksen käyttöön. Vanha öljykattila puretaan, mutta oletetaan, että hakekattila ja -varasto sijoittuvat rakennuksen ulkopuolelle. Lämpökanaalin pituuden arvioidaan olevan noin 10 metriä. Hyvin eristetyn lämpökanaalin häviö on 15-30 W/m (Viirimäki 2008, 16). Tässä työssä häviönä käytetään 15 W/m, jolloin hakelämmityksen tapauksessa lämmöntarpeeksi saadaan 82 314 MJ.

Omakotitalolle oli hankaluuksia löytää sopivan kokoista hakelämmitystä, sillä suurin osa Suomessa myytävistä hakelämmityslaitteistoista on tarkoitettu omakotitaloja suurempiin

kohteisiin. Erityisen vaikeaa hakelämmityksen kustannuksien arviointi oli sen takia, että sekä hakekattilan että -varaston oletettiin sijoittuvan rakennuksen ulkopuolelle. Erillisen rakennuksen rakentamiskustannuksien arvioiminen on hyvin haastavaa (Viirimäki 2020), jolloin ainoa vaihtoehto kustannusten tarkempaan arviointiin on hakelämpökontti, kuten koulurakennuksen tapauksessa. Ainoa tarjous hakelämpökontista saatiin Kardonar Bioenergy Solutions Oy:ltä, joka tarjosi kohteeseen Kardonar Light 20 hakelämpökonttia. Kyseinen hakelämpökontti pystyy kuitenkin korvaamaan 7000-8000 litraa öljyä, joten se on selkeästi ylimitoitettu omakotitalon tarpeisiin (Mattsson 2020a). Tarjottu hakelämpökontti on myös hinnaltaan jopa koulurakennuksen hakelämpökonttia kalliimpi; ilman työkustannuksia hakelämpökontin hinnaksi tulee 37 900 euroa, rahdin ja noston hinnaksi 1750 euroa ja lämpökanaalin hinnaksi 800 euroa (Mattsson 2020a). Jo ennen varsinaista kustannuslaskelmaa tiedetäänkin, ettei näillä hinnoilla hakelämmitys olisi omakotitalolle kannattava sijoitus.

Jos sen sijaan oletettaisiin, että hakekattila sijoitetaan vanhaan kattilahuoneeseen, saatiin hakekattilalle kaksi tarjousta. SolarBiox Oy tarjosi kohteeseen HERZ firematic pelletti- ja hakekattilaa, jonka teho on 20 kW (Hämäläinen 2020a). Toisin kuin kyseisen valmistajan pellettikattiloissa, 20 kW on pienin mahdollinen koko hakekattilalle (Hämäläinen 2020a). Polttoaineen siirtoon kattilaan tarjottu järjestelmä käyttää jousipurkainta, jolloin varasto voi olla joko samassa tasossa kattilahuoneen kanssa, sen ylä- tai alapuolella (HERZ 2013). Jousipurkaimen halkaisija on kyseisessä kattilassa kaksi metriä (Hämäläinen 2020a). Varaajan kooksi suositeltiin 750 litraa (Hämäläinen 2020a). Järjestelmän hinnaksi tulisi 20 300 euroa, sisältäen arvonlisäveron (Hämäläinen 2020a). Kokoonpano- ja käyttöönottokustannukset olisivat 1600 euroa, sisältäen arvonlisäveron (Hämäläinen 2020a). Järjestelmään kuuluvat myös varaajan lataajapumppu ja vedontasaaja hormiliitokseen (Hämäläinen 2020a). Huoltokustannusten arvioidaan olevan noin 200 euroa vuodessa (Viirimäki 2020).

Toinen tarjous saatiin Kardonar Bioenergy Solutions Oy:ltä, joka tarjosi kohteeseen Twinheat Cpi 12 hakekattilaa. Kyseinen kattila on kokoluokaltaan sopivampi omakotitaloon, mikä näkyy myös sen hinnassa. Twinheat Cpi 12 hakekattilapaketin hinta

on 15 464,03 euroa arvonlisävero mukaan lukien (Mattsson 2020b). Asennuksen osuus hinnasta on 4000 euroa ja itse kattilan hinta on 8350,50 euroa (Mattson 2020b). Pakettiin kuuluvat kattilan lisäksi sunttiventtiilit, pumppu, horminliitosputket, varaaja, sähkövastus, 3-tieventtiili, lämmönsäädin ja sekoitusventtiili (Mattson 2020b). Taulukkoon 9 on koottu kattilan teknisiä tietoja.

Taulukko 9. Twinheat Cpi 12 hakekattilan teknisiä tietoja (Kardonar Bioenergy Solutions Oy 2008).

Twinheat Cpi 12		
Kattilan paino	kg	465
Hyötysuhde nimellisteholla	%	90
Hyötysuhde osateholla	%	85
Polttoainesäiliön tilavuus	l	350
Vesitila kattilassa	l	75
Sähkönkulutus	W	100
Leveys	mm	1400
Pituus	mm	750

7.2 Kustannuslaskelma

Tämän työn yksi päätavoitteista on selvittää öljylämmityksen potentiaalisesti korvaavien uusiutuvien lämmitysmuotojen kustannukset kahdelle eri kohteelle, ja verrata niiden kustannuksia keskenään. Kustannuslaskennassa otetaan huomioon laitteiston investointikustannukset, kokoonpano-, asennus- sekä muut työkustannukset, huolto- ja polttoainekustannukset ja laitteiston sähkön kulutuksesta aiheutuvat kustannukset. Investointi- ja työkustannukset on selvitetty pyytämällä lämmitysjärjestelmiä myyviltä yrityksiltä tarjoukset työn kohteille. Myös huoltokustannuksista on pyydetty arviot yrityksiltä. Polttoainekustannukset pelleteille ja hakkeelle saadaan niitä valmistavien ja myyvien yrityksien verkkosivuilta. Sähkön hinta on saatu Tilastokeskuksen (2020j) verkkotietokannasta. Lämmitysjärjestelmille lasketaan sekä ominaiskustannukset €/MWh, että lämmityskustannukset 20 vuoden ajanjaksolle. Investoinnin kannattavuuden tarkastelemiseksi on useita menetelmiä. Ominaiskustannusten laskennassa käytetään

annuiteettimenetelmää, jossa investoinnin kulut jaetaan tarkasteluajanjaksolle yhtä suuriksi vuosittaisiksi annuiteeteiksi (Obernberger & Thek 2010, 241). Investoinnin kannattavuutta tarkastellaan myös nykyarvomenetelmällä, jossa vuosittaiset kassavirrat diskontataan valitulla korolla samaan ajankohtaan, yleensä alkuinvestoinnin toteutukseen (Jormakka et al. 2013, 230). Nettonykyarvo saadaan laskettua vähentämällä nettokassavirtojen nykyarvosta alkuinvestointi (Jormakka et al. 2013, 230). Investointi on kannattava, jos sen nettonykyarvo on positiivinen (Jormakka et al. 2013, 230). Nykyarvolla on monia etuja muihin laskentamenetelmiin verrattuna. Se perustuu ajatukseen, että tulevien tuottojen ja kustannusten arvo nykyhetkessä on pienempi, sillä rahat olisi voitu sijoittaa tuottavasti (Jormakka et al. 2013, 230). Rahan aika-arvon lisäksi nykyarvomenetelmä ottaa huomioon kaikki kassavirrat, ja se kertoo suoraan, miten investointi vaikuttaa investoijan varallisuuteen – positiivinen nykyarvo kohottaa investoijan varallisuutta ja negatiivinen alentaa (Atrill & McLaney 2017, 388-389).

7.2.1 Investointi- ja työkustannukset

Edellisessä osioissa läpikäydyt investointi- ja työkustannukset on koottu taulukkoon 10. Maalämmön osalta investointikustannuksiin on lisätty laitteistoinvestointien lisäksi myös lämpökaivojen investointikustannukset. Hakelämmitykselle taulukkoon on merkitty hakelämpökontin hintatiedot, mutta myös tarjottujen hakekattiloiden hintatiedot. Hakelämpökontin työkustannukset sisältävät vain rahdin ja noston, eivät esimerkiksi tarvittavia putki- ja sähkötöitä tai perustuksen valamista. Hakekattilan työkustannukset eivät taasen sisällä esimerkiksi hakevaraston rakennuskustannuksia tai erillisen tilan rakentamisen kustannuksia.

Taulukko 10. Omakotitalon lämmitysjärjestelmien investointi- ja työkustannukset.

		Maalämpöpumppu	Hakelämmitys	Pellettilämmitys
Investointikustannus	€	26 040	38 700, 11 464,03	10 000
Työkustannukset	€	4000	2750, 4000	3500

7.2.2 Polttoaine-, huolto- ja käyttökustannukset

Pellettien polttoainekustannukset ovat laskettu käyttäen Vapo Oy:n hintatietoja. Vapo Oy on Suomen suurin ja merkittävin pellettivalmistaja (Ranta 2017). Vapo Oy:n pelletit valmistetaan suurimmaksi osaksi sahanpurusta ja lastuista (Ranta 2017). Vapo Oy:n verkkosivuilta voi tilata irtopellettejä puhallusautolla, ja halutessaan toimituksen voi järjestää jopa niin, että siilo täytetään ilman tilaajan läsnäoloa (Vapo Oy 2018). Vapon verkkosivuilta irtopellettejä voi tilata aina 20 tonniin asti (Vapo Oy 2018). Hinta verkkosivuilla määrittyy tilaajan sijainnin ja tilausmäärän perusteella (Vapo Oy 2018). Pellettien lämpöarvona käytetään viiden suomalaisen pellettituotteen keskimääräistä tehollista lämpöarvoa saapumistilassa, joka on 17,22 MJ/kg (Alakangas et al. 2016, 97). Pellettilämmityksen hyötysuhteelle on erilaisia arvoja; erään arvion mukaan pellettilämmityksen hyötysuhde on 80-90 prosenttia (Hast et al. 2016, 56), toisen arvion mukaan 80-85 prosenttia (Hast et al. 2016, 56) ja kolmannen mukaan sen vuosihyötysuhde on 84 prosenttia (Obernberger & Thek 2010, 280). Näiden arvioiden perusteella pellettilämmityksen vuosihyötysuhteen oletetaan laskennassa olevan 85 prosenttia. Omakotitalon vuosittaisen lämmöntarpeen tiedetään olevan 81 000 MJ, joten tarvittava polttoainemäärä on:

$$m_{\text{pelletti}} = \frac{81\,000\ \text{MJ}}{0{,}85 \cdot 17{,}22\ \text{MJ/kg}} = 5534\ \text{kg}$$

Omakotitalon sijainnin ja tilattavan määrän perusteella pellettien hinnaksi tulee arvonlisävero mukaan lukien 287,68 €/t (Vapo Oy 2018). Tällöin vuosittaiseksi polttoainekustannukseksi omakotitalolle saadaan 1592 euroa. Laskennassa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että polttoaineen hinta nousee lämmitysjärjestelmän elinkaaren aikana. Pellettien hintakehitys on ollut melko tasaista, kuten kuvasta 15 luvussa viisi voidaan havaita. Pellettien hintaa tulevaisuudessa voidaan siis ennustaa melko hyvin tarkastelemalla, miten pelletin hinta on muuttunut viime vuosina. Tilastokeskuksen puupellettien kuluttajahintatilaston (2020d) mukaan puupellettien kuluttajahinta oli keskimäärin 280 €/t vuonna 2019 ja 248,1 €/t vuonna 2010. Tällöin vuosittaiseksi hinnannousuksi saadaan noin 1,35 prosenttia. Tilastokeskuksen ylläpitämä

tilasto ottaa huomioon myös pellettien kuljetuksen tehtaalta kohteeseen (Tilastokeskus 2020d).

Hakkeen hintatietoja tiedusteltiin Kerimäellä, Savonlinnan lähettyvillä toimivalta MetsäEnergia Meter Oy:ltä. Matkakustannukset ja arvonlisävero mukaan lukien hakkeen hinnaksi tulisi työn kohteille 34 €/i-m^3 (Hämäläinen L. 2020). Aiemmin mainitussa RIL:n kirjassa hakejärjestelmän hyötysuhde on viisi prosenttia pienempi kuin pellettijärjestelmän (Rantala 2014, 71). Toisen lähteen mukaan hakelämmityksen vuosihyötysuhde on keskimäärin 80 prosenttia (Obernberger & Thek 2010, 288). Näiden tietojen perusteella hakelämmityksen hyötysuhteena käytetään laskennassa arvoa 80 prosenttia. Hakkeen lämpöarvo riippuu sen kosteudesta (Alakangas 2017). Rankahakkeen kosteus kaatotuoreena on noin 40-55 prosenttia (Puhakka et al. 2001, 52), mutta polttaessa hakkeen kosteuden täytyisi mieluiten olla alle 30 prosenttia, minkä takia haketettavia puita kuivataan tienvarsivarastossa noin vuoden verran (Koisti 2014). Hakkeen ihanteellinen kosteus on 20-25 prosenttia, ja kuivan, kosteudeltaan 20 prosenttisen hakkeen energiatiheys on noin 800-850 kWh/i-m^3 (Ariterm 2017). Yleisesti ottaen rankahakkeen energiatiheys on 700-900 kWh/i-m^3 (Alakangas et al. 2016, 205). Hakkeen lämpöarvoksi siis valitaan 800 kWh/i-m^3, jolloin hakkeen vuosittainen tarve lämpökanaalin häviö mukaan lukien on 37,21 i-m^3 ja polttoainekustannukset ovat 1265,12 euroa vuodessa. Myös hakkeen osalta täytyy laskennassa ottaa huomioon hakkeen hinnan kohoaminen. Kuten pellettienkin tapauksessa, hakkeen hintakehitys on ollut tasaista, joten sen hintaa tulevaisuudessa voidaan ennustaa tarkastelemalla viime vuosien hintakehitystä. Metsähakkeen arvonlisäveroton hinta käyttöpaikalla oli 18,37 €/MWh vuonna 2010 ja 20,94 €/MWh vuonna 2019, jolloin hinnannousu on ollut noin 1,46 prosenttia.

Polttoaine- ja huoltokustannusten lisäksi laskennassa otetaan huomioon myös käyttökustannukset. Pelletti- ja hakelämmityksen tapauksessa käyttökustannukset koostuvat järjestelmän sähkön käytöstä. Pellettilämmitykselle keskimääräinen sähkönkulutus on 0,7 prosenttia kattilan nimellistehosta (Obernberger & Thek 2011, 280). Sähkön hinta pientaloille, jotka eivät käytä sähkölämmitystä, oli vuonna 2019

keskimäärin 18,36 snt/kWh (Tilastokeskus 2020j). Vuonna 2010 hinta oli keskimäärin 13,24 snt/kWh (Tilastokeskus 2020j), joten sähkön hinta on kohonnut 3,7 prosenttia. Myös sähkön hintakehitys on ollut melko tasaista, jolloin sitä voidaan mallintaa hyvin. Kun tiedetään, että talon lämmöntarve on 22 500 kWh ja kattilan sähkönkulutus 0,7 prosenttia kattilan nimellistehosta, saadaan kattilan vuosittaiseksi sähkönkulutukseksi 185 kWh ja kattilan sähkön käytön hinnaksi 28,92 euroa. Hakelämmityksen sähkönkulutuksena käytetään 0,8 prosenttia nimellistehosta (Obernberger & Thek 2011, 288), jolloin hakekattilan sähkön käytön kustannuksiksi saadaan 33,05 euroa. Öljylämmityksen sähkönkulutus on hiukan pienempi kuin pellettilämmityksen, 0,6 prosenttia nimellistehosta (Obernberger & Thek 2011, 284). Tällöin öljylämmityksen sähkönkulutuksen hinnaksi tulisi 24,79 euroa vuoden 2019 keskimääräisellä sähkönhinnalla.

Kevyen polttoöljyn hintana käytetään vuoden 2019 keskimääräistä hintaa, 98,1 snt/l (Tilastokeskus 2020f). Laskennassa täytyy ottaa huomioon myös lämmitysöljyn hinnannousu. Öljyn hintaa on kuitenkin täsmälleen mahdotonta ennustaa; esimerkiksi tämän työn kirjoituksen aikaan vuoden 2020 keväällä kevyen polttoöljyn hinta on laskenut vuoden takaisesta hinnasta jopa 40 prosenttia koronaviruspandemian takia (Rintamaa 2020). Yleisesti tuotteiden hinnat nousevat ajan kuluessa, mutta raakaöljyn, jonka hinta vaikuttaa kevyeen polttoöljyyn, hinta saattaa 10 vuoden kuluttua jopa matalampi kuin aikaisemmin. Suomessa lämmitysöljyn hinnan ennustettavuutta lisää kuitenkin verojen suuri osuus, joka kasvaa edelleen. Kuten luvussa mainittiin, korkeimmillaan verojen osuus on ollut jopa 47 prosenttia lämmitysöljyn hinnasta. Vaikka raakaöljyn hinta siis jopa laskisi, on todennäköistä, että kevyen polttoöljyn hinta kohoaa tarkastellun ajanjakson aikana. Tätä oletusta tukevat hallituksen tavoitteet öljyn käytön lopettamiselle rakennusten lämmityksessä, sillä öljyn käytön kannattavuuden heikentyminen on välttämätöntä hallituksen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tämä tulee ilmi esimerkiksi lakia nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta 1472/1994 muuttaneessa hallituksen esityksessä 147/2010, jossa mainitaan energiaverotuksen lähtökohdaksi kansallisten ilmasto- ja energiatavoitteiden saavuttamisen. Hallituksen esityksessä myös

mainitaan, että kevyen polttoöljyn veron kohottaminen edistäisi uusiutuvien energialähteiden käyttöä kiinteistöjen lämmityksessä (HE 147/2010, 41). Takaisinmaksuajan laskennassa valitaan öljyn vuosittaiseksi hinnannousuksi perusskenaariossa kolme prosenttia vuodessa. Työssä kuitenkin käydään läpi myös skenaarioita, joissa öljyn hinta nousee enemmän tai vähemmän kuin perusskenaariossa.

Pelletti-, hake- ja öljylämmityksen käyttökustannuksiin kuuluu polttoainekustannuksien lisäksi savuhormin nuohouksen aiheuttamat kustannukset. Kiinteää polttoainetta käyttävien lämmitysjärjestelmien savuhormit täytyy nuohota kerran vuodessa tai tarpeen mukaan useamminkin (Motiva 2020d). Työssä oletetaan, että savuhormi nuohotaan kerran vuodessa sekä pellettiä, haketta että kevyttä polttoöljyä käytettäessä. Nuohouksen hintaa tiedusteltiin Mikkelin Nuohoustoimelta. Nuohouksen hinta alkaa 56 eurosta, jonka lisäksi yli 10 kilometrin päässä olevista kohteista peritään kilometrikorvaus, 0,5 euroa kilometriä kohden (Kilkki 2020). Omakotitalo on karttatietojen perusteella noin 10,8 kilometrin päässä nuohousyrityksen toimitiloista, joten vähimmäishinta nuohoukselle olisi 61,4 euroa. Lopullinen hinta voi silti olla korkeampi työhön käytetyn ajan perusteella (Kilkki 2020). Kuitenkin esimerkiksi Metsäkeskuksen bioenergian ja biotalouden asiantuntija (Viirimäki 2020) arvioi omakohtaisella kokemuksella nuohouskustannusten olleen noin 50 euroa vuodessa, joten omakotitalon tapauksessa nuohoukselle käytetään vähimmäishintaa.

Maalämpöpumpun polttoainekustannukset koostuvat sen sähkönkulutuksesta. Kuten luvussa neljä mainittiin, maalämpöpumpun sähkönkulutus saadaan selville sen lämpökertoimen avulla, joka kertoo kuinka paljon lämpöä maalämpöpumppu tuottaa verrattuna sen sähkönkulutukseen. Laskennassa käytetään käyttöveden lämmityksen huomioonottavaa vuosilämpökerrointa, joka oli tarjotulle pumpulle noin kolme. Myös muut lähteet antavat maalämpöpumpun vuosilämpökertoimelle saman suuntaisia arvoja. Jo aiemmin mainitussa RIL:n vuonna 2014 julkaistussa kirjassa maalämpöpumpun vuosilämpökertoimeksi on annettu 3-4, käyttövedelle ja korkealämpötilaiselle patterilämmitykselle 3 ja lattialämmitykselle 4 (Rantala 2014, 71). Motivan (2019) verkkosivuilla puolestaan maalämmön vuosilämpökertoimeksi annetaan 2,5-3,5. Vuonna

2016 julkaistussa öljylämmitysten korvaamista Suomessa tarkastelleessa tutkimuksessa (Hast et al. 2016) maalämpöpumpun vuosilämpökertoimena käytettiin 2,7 vuonna 2015 ja oletettiin sen kohoavan 3,7 vuoteen 2030 mennessä. Laskennassa siis valitaan maalämpöpumpun vuosilämpökertoimeksi 3. Tällöin omakotitalon lämmöntarpeen ollessa 22 500 kWh ja vuoden 2019 sähkön hinnan ollessa 18,36 snt/kWh maalämpöpumpun sähkön käytön kustannuksiksi saadaan 1377 euroa.

Öljylämmityksen huoltokustannuksiksi Rakennustutkimus RTS Oy:n sivusto (2018) arvioi 140 euroa vuodessa. Pellettilämmityksen huoltokustannuksiksi samainen sivusto arvioi myös 140 euroa vuodessa ja lämpöpumpuille 115 euroa vuodessa. Kodinplaza (2020) verkkopalvelun mukaan öljylämmityksen vuosittaisen perushuollon kustannukset ovat yleensä 100-200 euron välillä. Selkeästi öljylämmityksen huoltokustannukset ovat siis samaa luokkaa muiden lämmitysjärjestelmien kanssa. Näiden arvojen perusteella öljylämmityksen vuosittaiseksi huoltokustannukseksi valitaan 140 €/a.

Taulukkoon 11 on koottu tässä osiossa läpi käydyt kustannukset. Pelletti-, öljy- ja hakelämmityksen osalta käyttökustannuksiin on lisätty kattilan sähkön käytön aiheuttamat kustannukset ja huoltokustannuksiin nuohouksesta aiheutuvat kustannukset.

Taulukko 11. Omakotitalon lämmitysjärjestelmien polttoaine-, huolto- ja käyttökustannukset.

		Maalämpöpumppu	Pellettilämmitys	Hakelämmitys	Öljylämmitys
Polttoainekustannukset	€/a	0	1592	1265	2943
Huoltokustannukset	€/a	150	186	261	201,4
Käyttökustannukset	€/a	1377	29	35	25
Yhteensä	€/a	1527	1807	1561	3169

7.2.3 Lämmitysjärjestelmien ominaiskustannukset

Kuten jo mainittiin, lämmitysjärjestelmien ominaiskustannusten laskennassa pääomakustannukset, kuten asennus- ja investointikustannukset jaetaan tarkasteluajanjaksolle vuosittaisiksi annuiteeteiksi. Laskemista varten tarvitaan taustatietoja, kuten järjestelmän käyttöikä, laskentakorkokanta, polttoaineiden hinnat,

polttoaineen kulutus, järjestelmän sähkönkulutus ja vuosihyötysuhde. Polttoaineiden hinnat, polttoaineen kulutus, järjestelmien sähkönkulutukset ja vuosihyötysuhteet käytiin läpi edellisessä osiossa.

Valittu korkokanta on laskennan kannalta tärkeä, sillä se kuvastaa käyttökustannusten ja pääomakustannusten välillä tehtyä painotusta (Hast et al. 2016, 52). Korkea korkokanta tarkoittaa, että kustannusten laskennassa on annettu enemmän painoarvoa alkuinvestoinneille kuin käyttökustannuksille (Hast et al. 2016, 52). Jo mainitussa tutkimuksessa (Hast et al. 2016) matalan korkokannan skenaariossa on käytetty korkokantana kahta prosenttia ja korkean korkokannan skenaariossa kymmentä prosenttia. Oikeat korkokannat ovatkin tavallisesti näiden arvojen välissä, kuudessa prosentissa (Obernberger & Thek 2010, 280). Tässä työssä käytetäänkin laskennassa kaikille lämmitysjärjestelmille kuuden prosentin korkokantaa. Lämmitysjärjestelmää valitessaan kuluttajien käyttämät implikoidut korkokannat voivat poiketa näistä arvoista huomattavasti. Lämmitysjärjestelmien ominaisuuksien vaikutuksia suomalaisten omakotitaloasujien lämmitysjärjestelmävalintoihin selvittäneessä tutkimuksessa (Rouvinen & Matero 2013) implisiittisiksi korkokannoiksi laskettiin 16 prosenttia maalämmölle, 41 prosenttia öljylle ja 22 prosenttia puupelleteille. Käyttöiäksi oletetaan kaikille lämmitysjärjestelmille 20 vuotta.

Kuten mainittiin, pääomakustannukset jaetaan annuiteeteiksi. Annuiteetti voidaan laskea kertomalla investointikustannukset annuiteettitekijällä (Obernberger & Thek 2010, 241).

$$S = I \cdot a_n \qquad (1)$$

jossa S on annuiteettikustannus [€/a]

I on investointikustannus [€]

a_n on annuiteettitekijä [-]

Annuiteettitekijä voidaan puolestaan laskea kaavalla (2) (Obernberger & Thek 2010, 241).

$$a_n = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1} \quad (2)$$

jossa i on korkokanta [-]

n on käyttöikä [a]

Käytettyjen korkokannan ja käyttöiän ollessa sama kaikille lämmitysjärjestelmille, niiden yhteiseksi annuiteettitekijäksi saadaan kaavalla (2):

$$a_n = \frac{0{,}06(1+0{,}06)^{20}}{(1+0{,}06)^{20}-1} = 0{,}087$$

Tällöin esimerkiksi pellettilämmitysjärjestelmän kattilainvestoinnin annuiteettikustannukseksi saadaan:

$$S = 10\,000\ € \cdot 0{,}087 = 872\ €/a$$

Myös kokoonpano- ja käyttöönottokustannukset jaetaan vuosittaisiksi annuiteeteiksi. Pellettilämmitysjärjestelmän kokoonpano- ja käyttöönottokustannuksien annuiteettikustannukseksi saadaan:

$$S = 3500\ € \cdot 0{,}087 = 305\ €$$

Aikaisemmin läpi käydyt huolto-, polttoaine- ja käyttökustannukset ovat puolestaan taulukossa 11. Ominaiskustannukset voidaan laskea jakamalla vuosittaiset kustannukset saadulla energialla, joka omakotitalon tapauksessa oli 22,5 MWh. Pellettilämmityksen ominaiskustannukset ovat taulukossa 12.

Taulukko 12. Pellettilämmityksen ominaiskustannukset.

	Investointikust. €	Pääomakust. €/a	Huoltokust. €/a	Käyttökust. €/a	Yhteensä €/a	Ominaiskust. €/MWh
Pellettilämmitysjärjestelmä	10000	872			872	38,75
Kokoonpano- ja käyttökustannukset	3500	305			305	13,56
Polttoainekustannukset				1592	1592	70,76
Sähkönkäyttökustannukset				29	29	1,29
Nuohouskustannukset			61		61	2,73
Huoltokustannukset			125		125	5,56
Yhteensä	13500	1177	186	1621	2984	132,64
Ominaiskustannukset €/MWh		52,31	8,28	72,04		132,64

Kuten taulukosta 12 havaitaan, pellettilämmityksen ominaiskustannukseksi saadaan 132,64 €/MWh. Voidaan myös havaita, että polttoainekustannusten osuus on yli puolet pellettilämmityksen ominaiskustannuksista, eli itse investointi on melko edullinen. Hakelämmityksen kustannukset ovat taulukossa 13.

Taulukko 13. Hakelämmityksen ominaiskustannukset.

	Investointikust. €	Pääomakust. €/a	Huoltokust. €/a	Käyttökust. €/a	Yhteensä €/a	Ominaiskust. €/MWh
Hakelämmitysjärjestelmä	38700	3374			3374	149,96
Kokoonpano- ja käyttökustannukset	2750	240			240	10,66
Polttoainekustannukset				1265	1265	56,23
Sähkönkäyttökustannukset				35	35	1,55
Nuohouskustannukset				61	61	2,73
Huoltokustannukset			200		200	8,89
Yhteensä	41450	3614	200	1361	5175	230,01
Ominaiskustannukset €/MWh		151,75	8,40	57,17		230,01

Taulukosta 13 nähdään, että hakelämmityksen ominaiskustannukset ovat huomattavasti pellettilämmitystä korkeammat, 230,01 €/MWh. Suurin ero syntyy luonnollisesti investointikustannuksista, jotka muodostavat suurimman vuosittaisen kuluerän hakelämmitykselle. Kyse ei luonnollisesti ole siitä, että hakelämmityksen investointikustannukset olisivat yleisesti pellettilämmitystä huomattavasti korkeammat, vaan kuten mainittiin, ainoa tarjottu hakelämpökontti on selkeästi ylimitoitettu omakotitalon tarpeisiin. Omakotitaloon tarjottu hakekattila olisi maksanut vain 8350 euroa, yhteensä 11 464,03 euroa vastukset, venttiilit, varaaja ja muut lisävarusteet

mukaan lukien. Vaikka hakelämmitykselle käytettäisiin vain tämän hakekattilapaketin hintaa asennus ja öljysäiliön poisto mukaan lukien, olisivat hakelämmityksen ominaiskustannukset silti pellettilämmitystä korkeammat 133,20 €/MWh. Lopulliset kustannukset riippuvat luonnollisesti siitä, sijoitetaanko hakekattila työn oletuksen mukaisesti rakennuksen ulkopuolelle vai talon sisään. Erillisen lämpökeskuksen tilojen rakentamisen kustannuksia on vaikea arvioida, mutta esimerkiksi vuonna 2008 julkaistussa Maatilojen hakelämmitysoppaassa (Viirimäki 2008) pannu- ja syöttöhuoneen kustannuksien arvioitiin olevan noin 40 prosenttia kokonaiskustannuksista 50 kW:n lämpökeskukselle. Erillisen lämpökeskuksen rakentaminen siis kohottaisi kustannuksia huomattavasti, kun taas hakekattilan sijoittuessa vanhaan kattilahuoneeseen lisäkustannuksiksi jäisivät vain hakevaraston rakentamisen kustannukset. Kohteesta riippuen, erillisen lämpökeskuksen rakentaminen ei myös välttämättä edes onnistuisi tilan puutteesta johtuen.

Myös huoltokustannukset ovat hakelämmitykselle hiukan korkeammat kuin pellettilämmitykselle, mutta niiden vaikutus kokonaiskustannuksiin on melko pieni. Matalammat polttoainekustannukset ovat sen sijaan hakelämmityksen suurin etu pellettilämmitykseen nähden. Maalämpöpumpun ominaiskustannukset ovat taulukossa 14.

Taulukko 14. Maalämpöpumpun ominaiskustannukset.

	Investointikust. €	Pääomakust. €/a	Huoltokust. €/a	Käyttökust. €/a	Yhteensä €/a	Ominaiskust. €/MWh
Maalämpöpumppujärjestelmä	12400	1081			1081	48,05
Kokoonpano- ja käyttökustannukset	4000	349			349	15,50
Lämpökaivon porauskustannukset	13640	1189			1189	52,85
Sähkönkäyttökustannukset				1377	1377	61,20
Huoltokustannukset			150		150	6,67
Yhteensä	30040	1430	150	1377	2957	184,27
Ominaiskustannukset €/MWh		64	7	61		184,27

Kuten taulukosta nähdään, maalämpöpumpun ominaiskustannukset ovat 184,27 €/MWh, eli pellettilämmitystä suuremmat, mutta hakelämmitystä pienemmät. Suurin ero

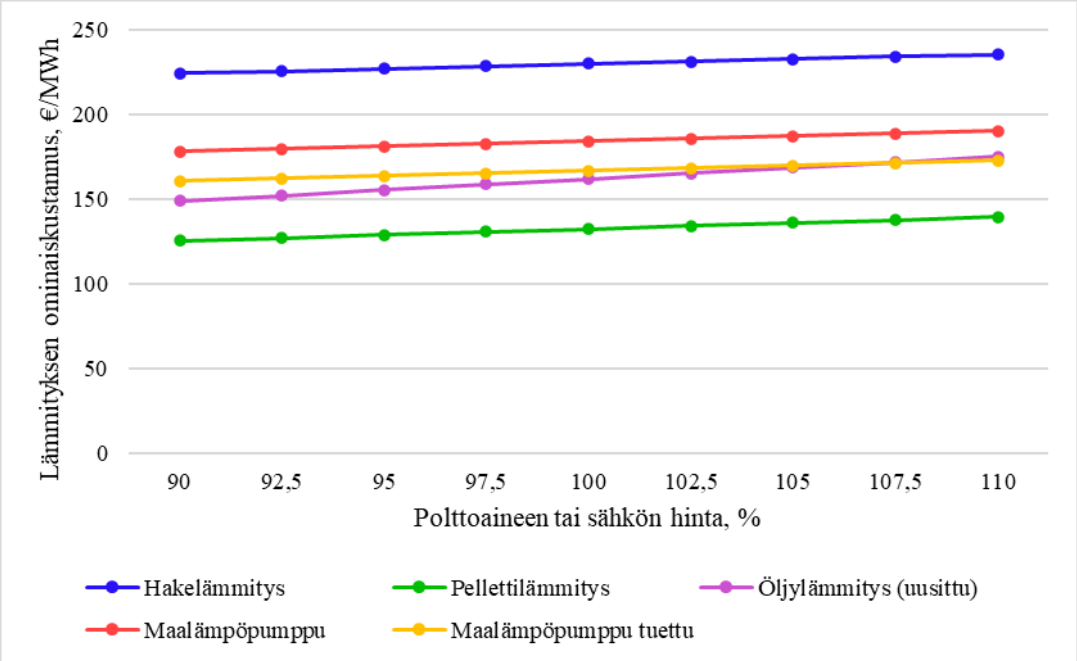
pellettilämmitykseen syntyy alkuinvestoinnin suuruudesta. Maalämpöpumpun alkuinvestoinnin kulut yhdessä asennuskulujen kanssa muodostavat 63 prosenttia vuosittaisista kuluista, kun sama lukema on pellettilämmitykselle 39 prosenttia. Jos hakelämmitykselle käytettäisiin omakotitalolle sopivan hakekattilan kustannuksia, ja oletettaisiin, että hakekattila sijoittuu vanhaan kattilahuoneeseen, täytyisi hakevaraston ja sopivan siirtolaitteen maksaa yli 13 180 euroa, jotta hakelämmityksen ominaiskustannukset olisivat maalämpöpumppua kalliimmat. Tällaisessa tilanteessa hakelämmityksen ominaiskustannukset olisivat todennäköisesti maalämpöpumppua pienemmät. Jos hakekattilaa ei pystytä sijoittamaan vanhaan kattilahuoneeseen, sijoitus tuskin on kannattava.

Ominaiskustannuksiltaan pellettilämmitys oli siis halvin, maalämpöpumppu toiseksi edullisin ja hakelämmitys kallein vaihtoehto. Hakelämmityksen polttoainekustannukset olivat kuitenkin kaikista vaihtoehdoista matalimmat; eli ero pellettilämmitykseen johtui suurista investointikustannuksista, jotka voisivat olla matalammat, kuten mainittiin. Pellettilämmityksen polttoainekustannukset olivat sen sijaan korkeimmat, mutta sen eduksi muodostuivat matalat investointi- ja asennuskustannukset. Maalämmön sähkön käytön kustannukset olivat pellettilämmityksen polttoainekustannuksia pienemmät, mutta investointikustannukset olivat yli kaksi kertaa pellettilämmitystä suuremmat johtuen lämpökaivoista, jotka maksoivat enemmän kuin itse maalämpöpumppu. Kustannusten prosenttiosuuksien tarkastelu antaa hyvän kuvan lämmitysjärjestelmien ominaisuuksista. Pellettilämmityksen, jonka ominaiskustannukset olivat matalimmat, kustannuksista 53 prosenttia koostuu polttoainekustannuksista ja 39 prosenttia investointi- ja asennuskustannuksista. Selkeästi sen investointikustannukset ovat matalat, mutta polttoainekustannukset vastaavasti korkeammat. Hakelämmityksen ja maalämpöpumpun tapauksessa tilanne on päinvastoin; investointi- ja asennuskustannusten osuus on suuri ja polttoainekustannusten osuus pienempi. Hakelämmityksellä hakelämpökontin tapauksessa investointi- ja asennuskustannusten osuus on 70 prosenttia ja polttoainekustannusten osuus 24 prosenttia, kun vastaavat osuudet maalämpöpumpulle ovat 63 prosenttia ja 33 prosenttia. Käytetyissä

huoltokustannuksissa oli hiukan eroa, mutta huoltokustannusten vaikutus lopputulokseen oli pieni. Myös nuohous- ja sähkönkäyttökustannuksien vaikutus oli käytetyillä arvoilla pieni, yhteensä kolme prosenttia pellettilämmitykselle.

7.2.4 Ominaiskustannusten herkkyysanalyysi

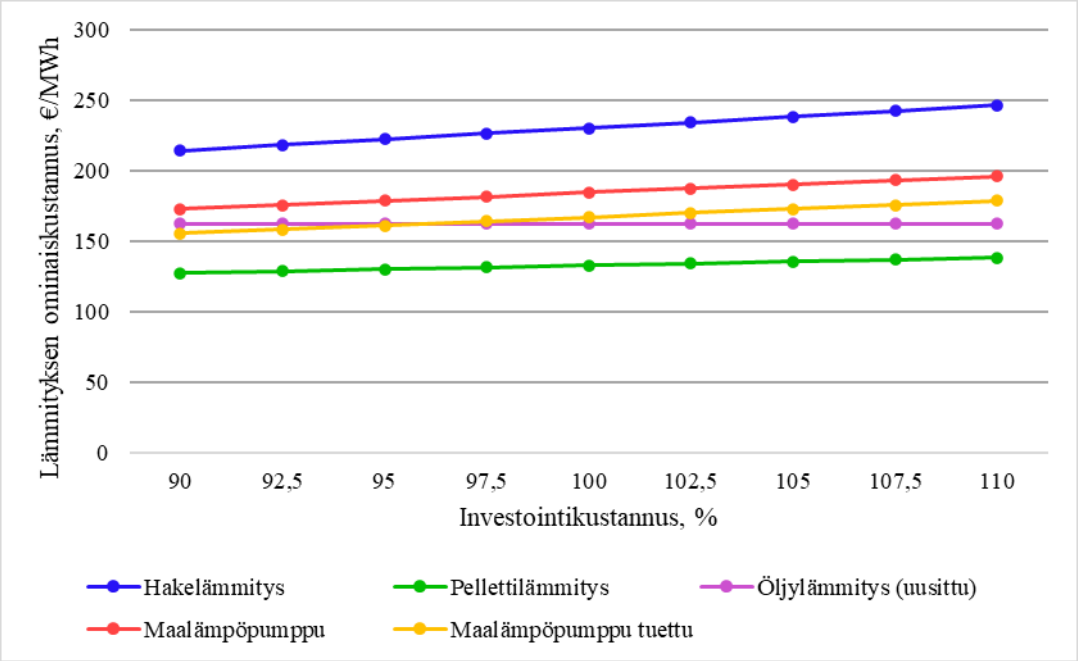
Merkittävimmät kustannukset olivat polttoaine- ja investointikustannukset, minkä takia niille suoritetaan herkkyysanalyysi, jossa sekä polttoaine- ja investointikustannuksia muutetaan välillä ±10 prosenttia. Kustannusvertailuun otetaan mukaan myös öljylämmitys. Kuvassa 16 on esitetty polttoainekustannusten vaikutus ominaiskustannuksiin. Öljylämmitykselle on ominaiskustannusten laskennassa oletettu, että kattila ja poltin uusitaan. Öljykattilan ja -polttimen hintana käytetään 5500 euroa (Hast et al. 2016).



Kuva 16. Polttoainekustannusten vaikutus ominaiskustannuksiin.

Kuten kuvasta havaitaan, eniten polttoainekustannukset vaikuttavat öljy- ja pellettilämmityksen ominaiskustannuksiin. Pellettilämmityksen ominaiskustannukset

nousevat 5,3 prosentilla polttoainekustannusten kohotessa 10 prosenttia, kun vastaava luku öljylämmitykselle on peräti 8,1 prosenttia. Kuvassa 17 on puolestaan esitetty investointikustannusten vaikutus ominaiskustannuksiin.

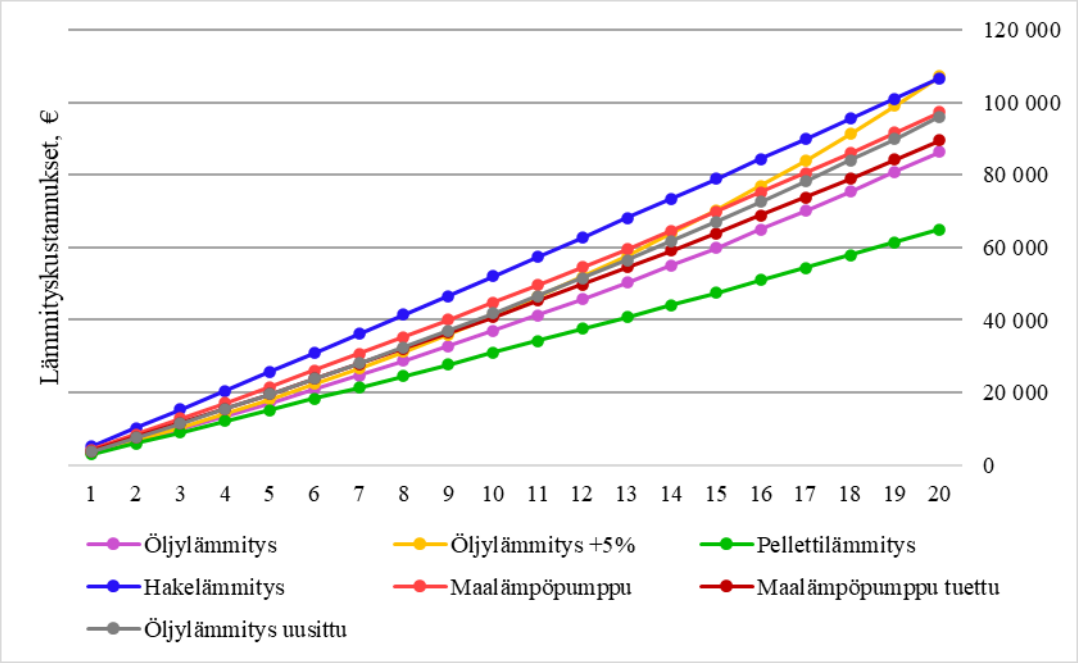


Kuva 17. Investointikustannusten vaikutus ominaiskustannuksiin.

Kuten kuvasta havaitaan, hakelämmityksen ja maalämpöpumpun investointikustannusten ollessa korkeat investointikustannuksilla on luonnollisesti suurempi vaikutus niiden ominaiskustannuksiin. Investointikustannusten kasvaessa 10 prosenttia hakelämmityksen ominaiskustannukset nousevat 7 prosenttia ja maalämpöpumpun kustannukset 6,3 prosenttia. Kuvasta havaitaan myös, että maalämpöpumpun saadessa kotitalousvähennystä pariskunnalle myönnettävän maksimimäärän ja sen investointikustannusten laskiessa 7,5 prosenttia, sen ominaiskustannukset ovat pienemmät kuin öljylämmityksen.

Ominaiskustannusten lisäksi lasketaan lämmityskustannukset lämmitysjärjestelmien käyttöiän aikana samoin kuin koulurakennuksen tapauksessa. Toisin kuin koulurakennuksen tapauksessa, lämmityskustannukset on laskettu myös tilanteessa, jossa

kevyen polttoöljyn hinta nousee viisi prosenttia vuodessa, tilanteessa, jossa öljykattila ja -poltin uusitaan ja tilanteessa, jossa maalämpöpumpulle haetaan kotitalousvähennystä maksimimäärä, eli 4500 euroa.



Kuva 18. Lämmityskustannukset 20 vuoden pitoajalla.

Kuten kuvasta huomataan, pellettilämmityksen kustannukset ovat omakotitalon tapauksessa kaikkein pienimmät. Maalämpöpumpun kustannukset ilman tukia ovat öljylämmitystä korkeammat, jopa siinäkin tapauksessa, että öljykattilan ja -polttimen uusinta otetaan huomioon. Kun kotitalousvähennys ja öljylämmityslaitteiston uusinta otetaan huomioon, maalämpöpumpun lämmityskustannukset ovat öljylämmitystä matalammat, tosin vasta kuudennen vuoden jälkeen. Toisaalta, jos kevyen polttoöljyn hinta kohoaa viisi prosenttia vuodessa, maalämpöpumppu on edullisempi jopa ilman tukien tai öljylaitteiston uusinnan huomioimista. Lämmityskustannusten vertailu siis korostaisi kevyen polttoöljyn verojen ja tukien tärkeyttä, jotta lämmitysjärjestelmän vaihto suosituimpaan vaihtoehtoon, maalämpöpumppuun, olisi kannattavaa.

7.2.5 **Kannattavuustarkastelu nykyarvomenetelmällä**

Lämmitysjärjestelmien kannattavuutta tarkastellaan nykyarvomenetelmällä. Nettonykyarvo voidaan laskea kaavalla (3) (Jormakka et al. 2013, 230).

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{NCF_t}{(1+\mathrm{i})^n} + \frac{I_n}{(1+\mathrm{i})^n} - I \qquad (3)$$

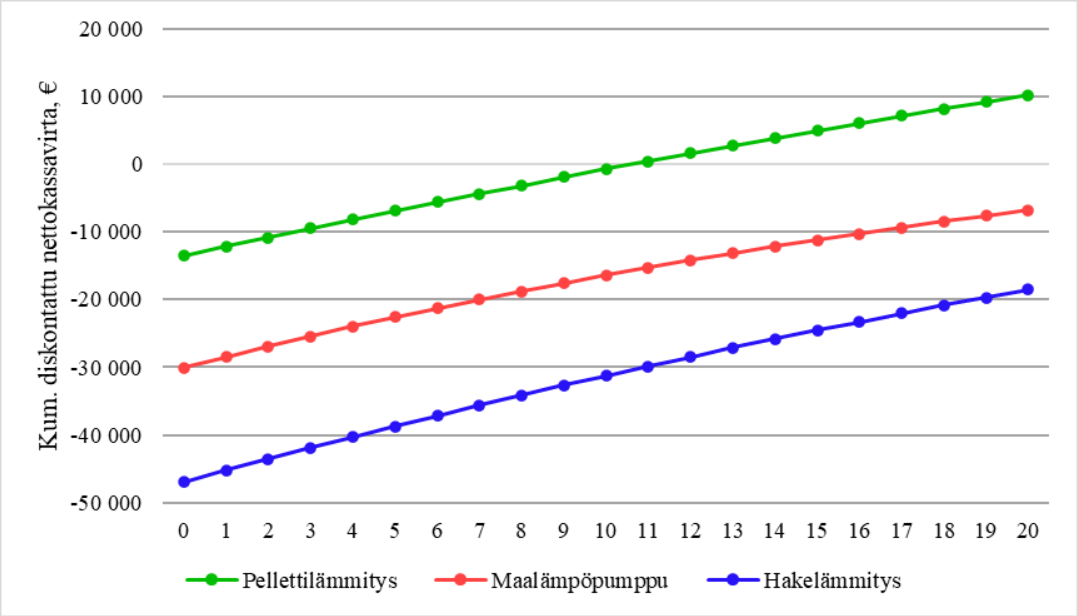
jossa
- n on investoinnin pitoaika [a]
- t on aika [a]
- NCF_t on nettokassavirrat [€]
- i on diskonttauskorko [-]
- I_n on investoinnin jäännösarvo [€]
- I on alkuinvestointi [€]

Investoinnin jäännösarvon oletetaan olevan lämmitysjärjestelmän käyttöiän lopussa nolla euroa, joten yhtälön toinen termi jää pois laskennasta. Nettokassavirta saadaan laskettua vähentämällä öljylämmityksen käyttökustannuksista korvaavan lämmitysjärjestelmän käyttökustannukset. Käyttökustannukset hake-, pelletti- ja öljylämmitysjärjestelmille koostuvat polttoainekuluista, huoltokustannuksista, nuohouskustannuksista ja sähkönkäyttökustannuksista. Maalämpöpumpulle käyttökustannukset koostuvat sähkön käytöstä ja huoltokustannuksista. Työssä otetaan huomioon polttoaineiden ja sähkön hinnan kohoaminen, jolloin nettokassavirta lasketaan jokaiselle vuodelle erikseen. Huoltokustannusten ja nuohouksen tapauksessa hinnannousun oletetaan olevan kaksi prosenttia vuodessa (Tilastokeskus 2020k). Pellettilämmitykselle nettokassavirta saadaan laskettua vähentämällä öljylämmityksen polttoaine-, huolto- ja käyttökuluista pellettilämmityksen vastaavat kulut. Käyttökustannukset koostuvat laitteiston sähkön käytön aiheuttamista kustannuksista. Laskennan tulokset pellettilämmitykselle on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Pellettilämmityksen kannattavuus nykyarvomenetelmällä.

Vuosi	Diskonttaustekijä	Säästö €	Säästö NA €	Kum. diskontattu nettokassavirta €
0				-13500
1	0,94	1429	1348	-12152
2	0,89	1498	1333	-10819
3	0,84	1569	1317	-9502
4	0,79	1643	1301	-8201
5	0,75	1719	1285	-6916
6	0,70	1799	1268	-5648
7	0,67	1881	1251	-4397
8	0,63	1965	1233	-3164
9	0,59	2053	1215	-1949
10	0,56	2144	1197	-752
11	0,53	2238	1179	427
12	0,50	2335	1160	1587
13	0,47	2435	1142	2729
14	0,44	2539	1123	3852
15	0,42	2646	1104	4956
16	0,39	2757	1085	6041
17	0,37	2872	1067	7108
18	0,35	2991	1048	8156
19	0,33	3113	1029	9185
20	0,31	3240	1010	10195

Kuten taulukosta nähdään, pellettilämmityksen investointi on kannattava ja se maksaa itsensä takaisin noin 10,6 vuodessa. Käyttöiän lopussa nettokassavirta on noin 10 195 euroa positiivisen puolella. Hakelämmityksen ja maalämpöpumpun takaisinmaksuaika lasketaan samalla tavalla kuin pellettilämmityksen. Kaikkien kolmen lämmitysvaihtoehdon kumulatiiviset diskontatut nettokassavirrat on esitetty kuvassa 19.



Kuva 19. Lämmitysvaihtoehtojen kumulatiiviset diskontatut nettokassavirrat 20 vuoden pitoajalla.

Kuvasta 19 voidaan havaita, että lämmitysjärjestelmävaihtoehdoista pellettilämmityksen nettokassavirta on positiivinen tarkasteluajanjakson lopussa. Vaikka sen polttoainekustannukset olivat maalämpöpumppua ja hakelämmitystä korkeammat, sen eduksi muodostuivat matalat investointikustannukset. Hakelämmityksen kuvaajasta voidaan silti havaita, että sen vuosittainen säästö on suurempi kuin pellettilämmityksen tai maalämpöpumpun. Ylimitoitetun hakelämpökontin alkuinvestointi on kuitenkin niin suuri, että investointi ei ehdi maksaa itseään takaisin. Kaiken kaikkiaan pellettilämmitys oli siis lämmitysjärjestelmistä kannattavin sijoitus, mutta hakelämmityksen vuosittaiset säästöt olivat korkeimmat. Vaikka käytetyillä oletuksilla ja tiedoilla maalämpöpumppu ja hakelämmitys eivät nykyarvomenetelmällä olleet kannattavia, tarkastellaan skenaariotarkastelussa juuri tilanteita, joissa myös hakelämmitys ja maalämpöpumppu ovat kannattavia sijoituksia.

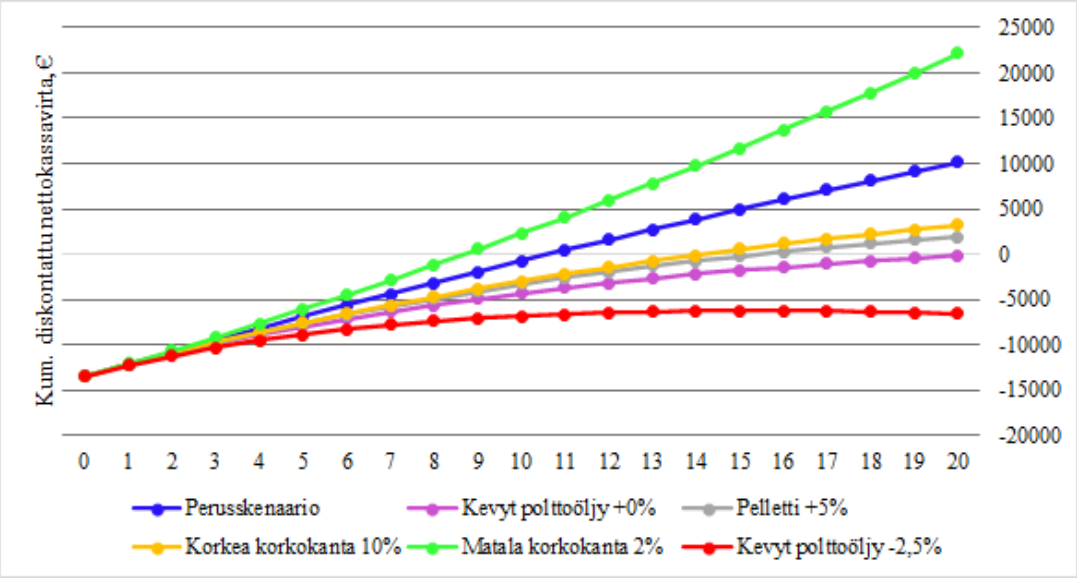
7.2.6 Skenaariotarkastelu ja tukien vaikutus

Tässä osiossa tarkastellaan eri skenaarioiden vaikutusta lämmitysjärjestelmien kannattavuuslaskelmaan. Osaan laskennassa käytetyistä muuttujista, kuten öljyn hintaan,

kohdistuu suurta epävarmuutta, minkä takia onkin syytä tarkastella näiden muuttujien arvojen vaikutusta kannattavuuslaskelmaan. Korkokannan osalta tarkastellaan matalan ja korkean korkokannan skenaariota, joissa korkokanta on 2 ja 10 prosenttia. Kevyen polttoöljyn hinnalle tarkastellaan skenaariota, jossa öljyn verollinen kuluttajahinta nousee vuosittain viisi prosenttia ja skenaariota, jossa öljyn hinta pysyy samana. Pellettilämmitykselle, joka oli perusskenaariossa ainoa kannattava vaihtoehto, tarkastellaan myös skenaariota, jossa pelletin hinta nousee vuosittain viisi prosenttia, sekä skenaariota, jossa kevyen polttoöljyn hinta laskee vuosittain 2,5 prosenttia. Hakelämmitykselle tarkastellaan skenaariota, jossa sekä kevyen polttoöljyn hinta nousee viisi prosenttia vuosittain ja hakelämmitykselle myönnetään tukea. Sen lisäksi hakkeelle tarkastellaan skenaariota, jossa omakotitaloon tarjottu hakekattila sijoitetaankin vanhaan kattilahuoneeseen. Maalämpöpumpulle tarkastellaan tilannetta, jossa otetaan huomioon sekä kotitalousvähennys että öljylaitteiston uusinta, jolle käytetään samaa arvoa kuin lämmityskustannusten laskennassa, 5500 euroa.

Osassa skenaarioista otetaan huomioon myös tarjolla olevat tuet. Omakotitalon tapauksessa saatavilla olevat tuet ovat energia-avustus ja kotitalousvähennys. Omakotitalolle saatavilla olevat tuet ovat vuoden 2020 alusta jaettu energia-avustus ja kotitalousvähennys. Energia-avustusta ei voi kuitenkaan saada, jos hankkeeseen on jo haettu kotitalousvähennystä. Energia-avustuksen maksimimäärä on 4000 euroa maalämpöpumppuun siirtyessä ja 2500 euroa hake- tai pellettilämmitykseen siirtyessä. Kotitalousvähennys sen sijaan kattaa 40 prosenttia työkustannuksista, mutta sen määrä on enintään 2250 euroa. Omavastuu on kotitalousvähennyksessä 100 euroa, ja se on henkilökohtainen, joten pariskunta voi saada yhteensä 4500 euroa kotitalousvähennystä vuodessa. Jotta pelletti- ja hakelämmitys voisivat saada yhtä paljon kotitalousvähennystä kuin energia-avustusta, täytyisi työkustannusten olla vähintään 6750 euroa. Näin ei ole, joten pelletti- ja hakelämmityksen tapauksessa on järkevämpää hakea energia-avustusta. Kotitalousvähennyksen maksimimäärä pariskunnalle oli 4500 euroa, jonka saamiseksi työkustannusten täytyisi olla vähintään 11750 euroa. Maalämpöpumpulle lämpökaivojen kustannus oli 11000 euroa ilman veroja, jonka lisäksi kokoonpano- ja

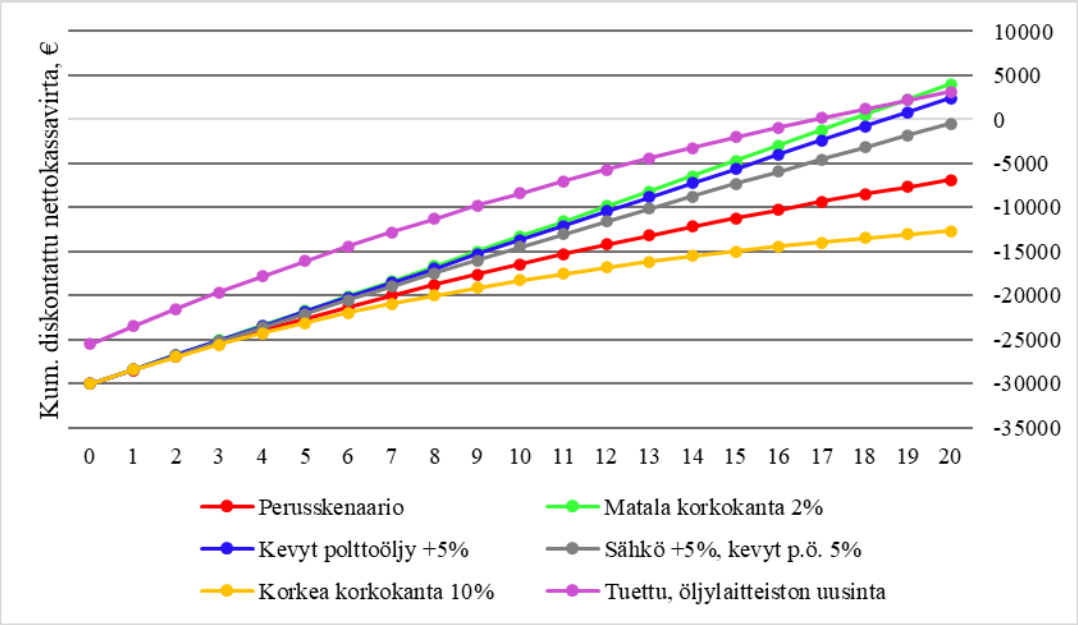
asennuskustannukset olivat 4000 euroa. Täten maalämpöpumpulle on mahdollista saada enimmäismäärä kotitalousvähennystä, eli 4500 euroa, jolloin maalämpöpumpun tapauksessa tukimuotona käytetään kotitalousvähennystä energia-avustuksen sijaan. Kuvassa 20 on esitetty pellettilämmityksen eri skenaariot.



Kuva 20. Skenaariot pellettilämmityksen kannattavuudelle.

Kuten kuvasta nähdään, pellettilämmitys on kannattamaton ainoastaan skenaariossa, jossa kevyen polttoöljyn hinta laskee vuosittain 2,5 prosenttia ja skenaariossa, jossa polttoöljyn hinta pysyy samana koko tarkasteluajanjakson aikana. Jos otetaan huomioon saatavilla oleva energia-avustus, pellettilämmitys olisi kannattava jopa skenaariossa, jossa kevyen polttoöljyn hinta pysyy samana tarkasteluajanjakson aikana. Tarkastelluista skenaarioista pellettilämmitys on luonnollisesti kannattavin matalan korkokannan skenaariossa. Matalan korkokannan tapauksessa kumulatiivinen diskontattu nettokassavirta on noin 22 170 euroa tarkasteluajanjakson lopussa ja investoinnin takaisinmaksuaika on noin 8,7 vuotta. Perusskenaariossa takaisinmaksuaika on 10,6 vuotta ilman tukia ja 8,5 vuotta energia-avustuksen huomioiden. Ottaen huomioon, kuinka epätodennäköistä kevyen polttoöljyn hinnan tasainen lasku koko tarkasteluajanjakson aikana olisi, pellettilämmitystä voidaan omakotitalon tapauksessa

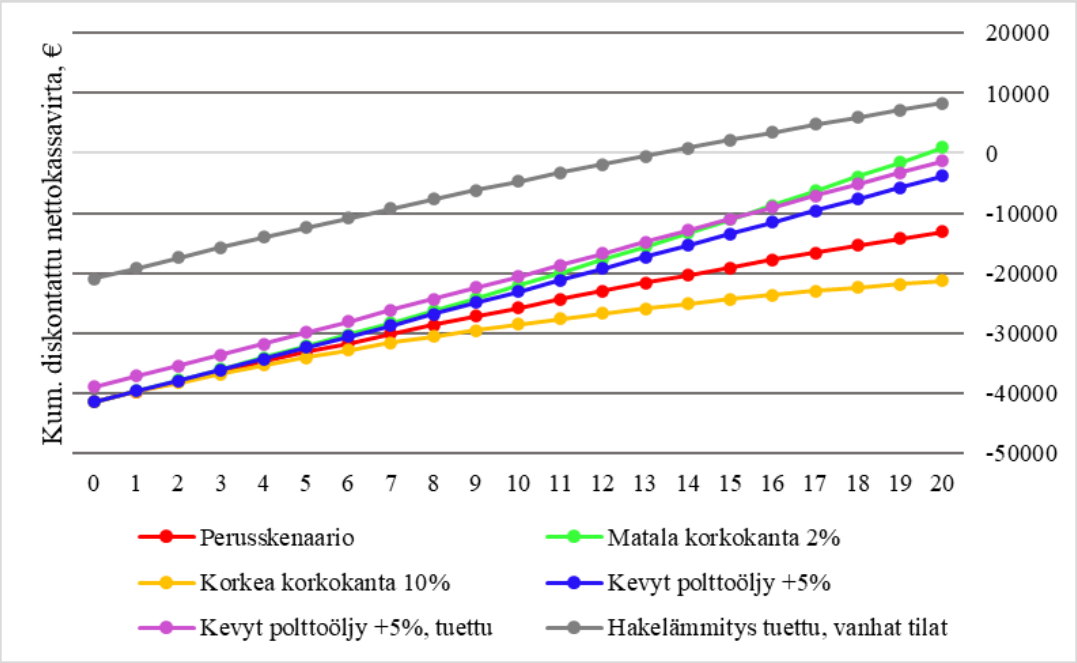
pitää kannattavana myös nykyarvomenetelmällä tarkasteltuna. Kuvassa 21 on esitetty maalämpöpumpun kannattavuus eri skenaarioissa.



Kuva 21. Maalämpöpumpun kannattavuus eri skenaarioissa.

Maalämpöpumppu ei ollut kannattava sijoitus perusskenaariossa, mutta kuten kuvasta nähdään, sen kannattavuus paranee osassa skenaarioista. Läpi käydyistä skenaarioista maalämpöpumpun nettonykyarvo on positiivinen matalan korkokannan skenaariossa, skenaariossa, jossa kevyen polttoöljyn hinta nousee 5 prosenttia vuosittain, ja skenaariossa, jossa otetaan huomioon saatavilla oleva kotitalousvähennys ja öljylaitteiston uusinta. Matalan korkokannan skenaariossa maalämpöpumppu on kannattavin; sen takaisinmaksuaika on noin 17,7 vuotta ja nettonykyarvo noin 3980 euroa tarkasteluajanjakson lopussa. Skenaariossa, jossa polttoöljyn hinta nousee 5 prosenttia vuodessa maalämpöpumpun takaisinmaksuaika on noin 18,5 vuotta ja nettonykyarvo noin 2370 euroa käyttöiän lopussa. Vaikka matala korkokanta ja kevyen polttoöljyn hinnan jyrkempi kasvu siis parantavat maalämpöpumpun kannattavuutta, ei se ole erityisen hyvä vaihtoehto, jos halutaan suuria tuottoja, nopeaa takaisinmaksuaikaa tai turvallista sijoitusta. Tulokset siis voivat heikentää maalämpöpumpun valinnan todennäköisyyttä omakotitaloon, sillä kuten luvussa kuusi mainittiin, kuluttajat

tarkastelevat lämmitysjärjestelmäsijoituksia lyhyellä aikavälillä, johon maalämpöpumpun takaisinmaksuaika ei näissä skenaarioissa ehdottomasti sisälly. Uudisrakennuksissa maalämpöpumppu on ollut suosituin vaihtoehto, joten kustannukset eivät välttämättä ole tärkein kriteeri lämmitysjärjestelmää valitessa. Ottaen huomioon öljylaitteiston uusinnan hinnan ja saatavilla olevat tuet, maalämpöpumppu olisi kannattava jopa perusskenaariossa nykyarvomenetelmällä. Kuvassa 22 on esitetty hakelämmityksen kannattavuus eri skenaarioissa.



Kuva 22. Hakelämmityksen kannattavuus eri skenaarioissa.

Hakelämmityksen tilanne on hyvin samankaltainen kuin maalämpöpumpun; se ei ole perusskenaariossa kannattava, mutta sen nettonykyarvo kohoaa positiiviseksi joissakin skenaarioissa. Matalan korkokannan skenaariossa hakelämmityksen kumulatiivinen diskontattu nettokassavirta on positiivinen tarkasteluajanjakson viimeisenä vuotena, jopa ilman tukien tai öljylaitteiston uusinnan huomioimista. Toisaalta hakelämpökontin kustannukset eivät sisällä kaikkia työkustannuksia. Kevyen polttoöljyn viiden prosentin vuosikasvun skenaariossa hakelämpökontti olisi kannattava 18 vuoden jälkeen. Tarjotun

hakelämpökontin kannattavuuden tarkastelu ei kuitenkaan ole erityisen mielekästä, sillä se ei ole käytännöllinen tai realistinen vaihtoehto kohteena olevaan omakotitaloon. Tämän takia tarkastelussa on myös skenaario, jossa oletetaan, että Kardonar Bioenergy Solutions Oy:n tarjoama hakekattila sijoitetaan vanhaan kattilahuoneeseen. Hakevaraston ja hakkeensyöttölaitteen hintaa ei tiedetä, mutta skenaariossa käytetään arviona 8000 euroa, jonka oletetaan kattavan myös vanhojen laitteistojen purkukustannukset. Ottaen huomioon, että pellettilämmityksen hankintakustannukset ilman asennuskustannuksia olivat 10 000 euroa, tämä arvio lienee liian korkea. Korkea arvio kuitenkin kattaa varmasti myös mahdollisesti huomioimatta jääneet työkustannukset. Tästä huolimatta hakelämmitys on kyseisessä skenaariossa kannattava, ja takaisinmaksuajaksi saadaan noin 13,3 vuotta. Tämä skenaario selvästi demonstroi, että hakelämmitys on myös omakotitalon tapauksessa kannattava oikeissa olosuhteissa. Jos säästöissä otetaan huomioon myös öljylaitteiston uusinta, takaisinmaksuajaksi saadaan 10,7 vuotta. Pellettilämmitys kuitenkin maksaa itsensä takaisin nopeammin, sen hyötysuhde on parempi ja se vie kolmasosan hakkeen vaatimasta tilasta, mikä omakotitalon tapauksessa voisi olla hyvinkin ratkaiseva seikka. Vaikka hakelämmitys olisi siis kannattava, ei se välttämättä ole kilpailukykyinen pellettilämmityksen tai muiden lämmitysmuotojen kanssa, mistä hakekattiloiden huono valikoima omakotitalokokoluokassa mahdollisesti osaltaan kertoo. Erityinen syy hakkeen valitsemiseksi voisi olla esimerkiksi oman metsän omistaminen, jolloin haketta voisi olla saatavilla omasta takaa.

7.3 Päästölaskelma

Kustannuksien lisäksi tässä työssä tarkastellaan myös eri lämmitysvaihtoehtojen vaikutuksia kohteiden päästöihin. Työssä lasketaan ensin kohteiden nykyiset hiilidioksidipäästöt, jonka jälkeen lasketaan, kuinka paljon lämmitysjärjestelmän vaihto vaikuttaa päästöihin. Tämän lisäksi tarkastellaan lämmitysratkaisujen muita päästöjä kirjallisuuden perusteella.

7.3.1 Hiilidioksidipäästöt

Työn kohteiden nykyiset hiilidioksidipäästöt voidaan laskea tiedettyjen öljynkulutusten perusteella. Omakotitalon vuosittainen öljynkulutus on 3000 litraa, eli 30 MWh/a. Kevyen polttoöljyn polttoainekohtainen CO_2-päästökerroin on 261 $kgCO_2/MWh$ (Motiva 2012c), jolloin omakotitalon lämmöntuotannon hiilidioksidipäästöt ennen lämmitysjärjestelmän vaihtoa ovat:

$$30\ MWh/a \cdot 261\ kgCO_2/MWh = 7830\ kgCO_2/a$$

Kuten luvussa neljä mainittiin, biomassan polttoa pidetään hiilineutraalina, jolloin pellettien ja hakkeen polton hiilidioksidipäästöjä ei oteta huomioon. Kattiloiden sähkönkäytöstä aiheutuvat päästöt ovat vähäiset ja jätetään huomiotta. Maalämpöpumpun päästöt lasketaan käyttämällä keskimääräistä Suomen sähköntuotannon CO_2-päästökerrointa. Vuosien 2016, 2017 ja 2018 hyödynjakomenetelmällä laskettu keskiarvo oli kotimaiselle sähköntuotannolle 141 $kgCO_2/MWh$ (Motiva 2020a). Tällöin maalämpöpumppujärjestelmän vuosittaiset hiilidioksidipäästöt ovat:

$$7{,}5\ MWh/a \cdot 141\ kgCO_2/MWh = 1057{,}5\ kgCO_2/a$$

Öljylämmityksen ja korvaavien lämmitysjärjestelmien hiilidioksidipäästöt ovat koottu taulukkoon 16.

Taulukko 16. Lämmitysjärjestelmien käytön hiilidioksidipäästöt.

		Öljylämmitys	Pellettilämmitys	Hakelämmitys	Maalämpöpumppu
Hiilidioksidipäästöt	$kgCO_2/a$	7830	0	0	1058
Muutos	$kgCO_2/a$	0	-7830	-7830	-6773

Kuten taulukosta voidaan havaita, hiilidioksidipäästöt vähenevät huomattavasti kaikilla vaihtoehtoisilla lämmitysjärjestelmillä. Eniten hiilidioksidipäästöt vähenevät luonnollisesti pelletti- ja hakelämmityksellä, sillä biomassan polttoa kohdellaan hiilineutraalina. Pelletti- ja hakelämmitysjärjestelmän sähkönkäytön aiheuttamat päästöt on jätetty pois arviosta, mutta ne olisivat hyvin pienet. Myös maalämpöpumppuun

vaihtaessa hiilidioksidipäästöt pienenisivät huomattavasti, noin 86 prosenttia. Öljylämmityksen sähkönkäytön huomioiminen vaikuttaisi tulokseen vain erittäin vähän. Päästöjen vähentyminen näin suuresti olisi huomattavaa, sillä rakennusten erillislämmityksen taakanjakosektorille kohdistuvasta osuudesta suurin päästölähde on öljylämmitys, 12 prosentin osuudella (Ympäristöministeriö 2017, 63). Kokonaisuudessaan rakennusten erillislämmitys muodosti 7 prosenttia taakanjakosektorin päästöistä vuonna 2015 (Ympäristöministeriö 2017, 63). Lämmitysjärjestelmän vaihdolla olisi siis suuri vaikutus päästöihin.

7.3.2 Muut päästöt

Hiilidioksidipäästöjen lisäksi lämmitysjärjestelmiä voidaan verrata myös muiden päästöjen, kuten pienhiukkas-, NO_x- ja SO_2-päästöjen osalta. Näiden päästöjen syntyä ja vaikutuksia on käsitelty tarkemmin luvussa neljä. Näiden päästöjen määrä riippuu sekä palamisolosuhteista (Lamberg et al. 2011) että käytetystä polttoaineesta (Lamberg et al. 2013), minkä takia päästöjen määrät vaihtelevat lähteittäin. Taulukkoon 17 on koottu eri lähteistä arvoja pienhiukkas-, NO_x- ja SO_2-päästöille. Osa lähteistä ilmoittaa pienhiukkaspäästöt PM2.5-päästöinä, eli alle 2,5 mikrometrin kokoisina hiukkasina ja osa PM1-päästöinä. Suurin osa puun pienpolton hiukkaspäästöistä on alle yhden mikrometrin kokoisia hiukkasia (Lamberg et al. 2011, 4952). Maalämpöpumppu ei itsessään tuota päästöjä, mutta luonnollisesti sen käyttämän sähkön tuotannossa syntyy päästöjä. Maalämpöpumpulle on käytetty Suomen sähköntuotannon keskimääräisiä päästökertoimia.

Taulukko 17. Lämmitysvaihtoehtojen käytön muut ominaispäästöt.

		Pellettikattila	Hakekattila	Maalämpöpumppu	Öljykattila
Lähde		[1] Savolahti et al. 2019 [2] Kaivosoja et al. 2013 [3] KWB 2020	Savolahti et al. 2019	Klemola 2018	Kaivosoja et al. 2013
PM	mg/MJ	19,6[1], 16,2[2], 7,9[3]	15,5	5,6	0,1 ± 0,02
NO_x	mg/MJ	80[1], 73 ± 3[2], 64,2[3]	80	140,8	85 ± 2
SO_2	mg/MJ	5[1], <100 ppm[2]	5	40,3	22 ± 2,3

Taulukosta voidaan havaita, että pelletti- ja hakelämmityksen pienhiukkaspäästöt ovat korkeimmat, mikä selittynee pellettien ja hakkeen korkeammalla tuhkapitoisuudella. Typen oksidien ominaispäästöt ovat hake-, pelletti- ja öljylämmitykselle melkein yhtä suuret, mutta maalämpöpumpulle selkeästi korkeimmat. Rikkidioksidipäästöt ovat pelletti- ja hakelämmitykselle hyvin matalat. Ominaispäästöjen suuruus ei kuitenkaan kerro kuinka paljon käytössä syntyy päästöjä syntyy, vaan siihen vaikuttaa käytetty energia. Taulukossa 18 onkin laskettu, kuinka paljon päästöjä syntyy vuodessa käyttäen taulukon 17 arvoja.

Taulukko 18. Lämmitysvaihtojen päästöt vuodessa.

		Pellettilämmitys	Hakelämmitys	Maalämpöpumppu	Öljylämmitys
PM	kg	0,75-1,87	1,66	0,14	0,01
NO_x	kg	6,12-7,62	8,57	3,8	8,96-9,40
SO_2	kg	0,48	0,54	1,09	2,13-2,62

Kuten taulukosta havaitaan, vaikka maalämpöpumpulle käytetyt Suomen sähköntuotannon keskimääräiset ominaispäästöt ovat korkeat muihin lämmitysjärjestelmiin verrattuna, sen päästöt jäävät rikkidioksidipäästöjä lukuun ottamatta hake- ja pellettilämmitystä matalammiksi sen korkean hyötysuhteen ansiosta. Pellettilämmityksen typen oksidien päästöt ja pienhiukkaspäästöt sen sijaan jäävät hakelämmitystä matalammiksi sen korkeamman hyötysuhteen ansiosta. Öljylämmityksen typen oksidien ja rikkidioksidipäästöt ovat kaikista korkeimmat. Taulukossa lasketut päästömäärät eivät varmastikaan ole täysin tarkat, mutta ne havainnollistavat kuitenkin eroja lämmitysvaihtoehtojen välillä, etenkin hyötysuhteen vaikutusta päästöjen määrään. Työssä on oletettu, että omakotitalon 3000 litraa öljyä vuodessa käyttävän öljylämmityksen hyötysuhde on 75 prosenttia. Luonnollisesti siis uuden öljylämmityksen päästöt olisivat pienemmät, kuitenkin esimerkiksi rikkidioksidipäästöjen tapauksessa silti muita vaihtoehtoja korkeammat. Pelkästään päästöjen määrä ei välttämättä ole aina ratkaiseva. Päästöjen ominaisuuksia eri lämmitysjärjestelmille selvittäneessä tutkimuksessa (Kaivosoja et al. 2013) havaittiin, että PAH-yhdisteiden osuus pienhiukkaspäästöistä oli suurin kevyelle polttoöljylle. Kevyen ja raskaan polttoöljyn hiukkaspäästöt olivat myös solumyrkyllisempiä kuin tutkimuksessa tarkasteltujen hake-

ja pellettilämmitysten (Kaivosoja et al. 2013). Puun polton pienhiukkaspäästöt koostuivat sen sijaan enimmäkseen alkalimetalleista, kuten kaliumista (Kaivosoja et al. 2013).

8 TAPAUSTARKASTELU: KYLÄKOULU

Toinen työn tapaustarkastelun kohteista on Mikkelissä sijaitseva kyläkoulu. Kyseinen koulurakennus on rakennettu vuonna 1990. Rakennus on yksikerroksinen ja sen pinta-ala on noin 1000 m^2. Ennestään koulurakennuksessa on patterikiertoinen öljylämmitys. Öljykattilasta ja -lämmityksestä tiedetään vain, että öljyn kulutus on noin 30 000 litraa vuodessa. Vedenkulutuksen osalta tiedetään, että rakennuksessa on 30 pesuallasta, 11 wc-istuinta, 8 suihkua ja 2 vesipostia. Kyläkoulun tapauksessa käytetään samoja oletuksia kuin omakotitalon tapauksessa, eli öljykattilan vuosihyötysuhteeksi oletetaan 75 prosenttia, jolloin rakennuksen lämmön tarpeeksi saadaan 810 000 MJ.

8.1 Korvaava energiantuottojärjestelmä

8.1.1 Maalämpöpumppujärjestelmä

Myös kyläkoulun tapauksessa oletetaan, että maalämpöpumppu sijoitetaan vanhaan kattilatilaan ja lämpö kerätään tontilta lämpökaivoista. Kuten omakotitalon tapauksessa, kyläkoululle saatiin tarjous maalämpöpumpusta Gebwell Oy:ltä, joka tarjosi kohteeseen Gebwell Taurus 90-lämpöpumppua. Taulukossa 19 on pumpun teknisiä tietoja.

Taulukko 19. Gebwell Taurus 90 teknisiä tietoja (Gebwell 2020).

Gebwell Taurus 90		
Lämmitysteho (0°/35 °C ja 0°/55 °C)	kW	87.7 /80.6
Viilennysteho (0°/35 °C ja 0°/55 °C)	kW	69.2 / 56.2
Ottoteho (0°/35 °C ja 0°/55 °C)	kW	19.9 / 25.8
SCOP (0°/35 °C ja 0°/55 °C)	-	5.1 / 4.5
Ulkomitat (syvyys x leveys x korkeus)	mm	1200 x 690 x 1790
Paino	kg	530

Pumpun mitoituksessa pumpun antotehoksi saatiin 75,9 kW ja lisälämmitystehontarpeeksi 27,7 kW. jolloin vuosihyötysuhteeksi lisälämmitysenergia huomioon ottaen tulisi 3,81 (Liukkonen 2020). Maalämpöpumpun SCOP on 4,19, mutta lämpimän käyttöveden huomioon ottava SPF on 2,75. Laiteinvestointien hinnaksi tulisi 34 000 euroa, 42 160 euroa arvonlisävero huomioon ottaen (Liukkonen 2020).

Lämpökaivojen tarvittavaksi kokonaissyvyydeksi tulisi 1995 metriä, jolloin lämpökaivoja porattaisiin seitsemän kappaletta, kukin 285 metriä (Liukkonen 2020). Lämpökaivojen hinnaksi tulisi 70 000 euroa, 86 800 euroa arvonlisävero huomioon ottaen (Liukkonen 2020). Kokoonpano- ja asennustyön hinnaksi tulisi noin 10 000 euroa ja huoltokustannukset olisivat noin 500 euroa vuodessa (Juntunen 2020). Öljykattilan ja -säiliön purkamisen lisäksi tarvittaviin muutostoimenpiteisiin kuuluu mahdollisesti sähköliittymän vaihtaminen suurempaan (Isosaari 2012, 102).

8.1.2 Pellettilämmitys

Pellettilämmitykselle hintatiedot saatiin Bioenergia ry:ltä. Kuten omakotitalon tapauksessa, pellettisiilo, pystymallinen, tilavuudeltaan 30 m^3, sijoittuu rakennuksen ulkopuolelle ja pellettikattilan oletetaan mahtuvan vanhaan kattilahuoneeseen. Työssä oletetaan, että vanha lämmitysjärjestelmä, kuten savuhormi, sopii sellaisenaan pellettilämmitykselle, jolloin muutostoimenpiteisiin kuuluvat siilon rakentaminen ja vanhan öljykattilan ja -säiliön purkaminen. Laitteistoinvestoinnin, eli kuljettimen, siilon, polttimen ja kattilan hinnaksi tulisi noin 26 000 euroa (Tuohiniitty 2020a). Työkustannusten, joihin kuuluvat myös siilon perustuksen valaminen ja vanhojen laitteiden purkaminen, olisivat yhteensä noin 8500 euroa (Tuohiniitty 2020a). Huoltokustannukset 20 vuoden pitoajalle laskettuna olisivat noin 275 euroa vuodessa (Tuohiniitty 2020b). Taulukkoon 20 on koottu erään teholuokaltaan koulurakennukseen sopivan pellettikattilan teknisiä tietoja.

Taulukko 20. Erään pellettikattilan teknisiä tietoja (Kardonar Bioenergy Solutions Oy 2016).

Biotech PZ80		
Tehoalue	kW	19,5-80
Hyötysuhde	%	>93,6
Paino	kg	920
Pellettisäiliön paino	kg	152
Tuhkalaatikon tilavuus	l	2 x 42
Leveys x syvyys x korkeus	mm	1891,5 x 1232,5 x 1833,5

8.1.3 **Hakelämmitys**

Koulurakennukselle oletetaan, että hakekattila ja -varasto sijaitsevat rakennuksen ulkopuolella. Lämpökanaalin pituudeksi oletetaan noin 10 metriä. Koulurakennuksen tapauksessa ei kuitenkaan rakenneta uutta rakennusta, vaan hakelämmitykselle saatiin tarjous lämpökonttiratkaisusta Biofire Oy:ltä. Lämpökontissa kattilahuone ja varasto sijaitsevat peräkkäin (Biofire Oy 2019a). Kontin varasto-osan katto avautuu hydraulisesti ja sen pohjalla on pohjapurkain (Biofire Oy 2019a). Pohjapurkaimen tankopurkaimet siirtävät polttoaineen kuljetusruuville, ja kourukuljetin vie polttoaineen kattilan välisäiliöön, josta ruuvikuljetin siirtää sen polttimeen (Biofire Oy 2019a). Lämpökontin etuna on helppo asennus – kontin toimintakykyiseksi kytkeminen kestää vain muutaman tunnin ja hakelämmityksen asentamiseksi täytyy ainoastaan valaa perustus kontille sekä tuoda paikalle lämmönsiirtokanaalit, vesijohto ja sähköt (Biofire Oy 2019a).

Tarjotun lämpökontin investointikustannus olisi 27 000 euroa, 33 480 euroa arvonlisävero huomioon ottaen (Santala 2020). Asennuskustannukset, jotka sisältävät matkat ja majoituksen, olisivat 4500 euroa, 5580 euroa arvonlisävero huomioon ottaen (Santala 2020). Tämän lisäksi savupiipun hinta olisi 4500 euroa, 5580 euroa arvonlisävero huomioon ottaen (Santala 2020). Vanhojen laitteiden purkamisen hinnan oletetaan sama kuin pellettilämmityksen tapauksessa, 3500 euroa. Tarjotussa lämpökontissa olisi 80 kW:n poltin ja kattila, hydraulinen purkain, välisäiliö, automatisaatio hälytyksillä ja savukaasuimuri. BioComp 80-kattilan (Ariterm 2018) ja Biofire-polttimen (Biofire Oy 2019b) teknisiä tietoja on taulukossa 21.

Taulukko 21. Hakekattilan ja -polttimen teknisiä tietoja (Ariterm 2018) (Biofire Oy 2019b).

Biofire-poltin ja BioComp 80-kattila		
Kattila		
Teho	kW	80
Paino	kg	786
Tilavuus	l	330
Leveys x syvyys x korkeus	mm	970 x 1420 x 1520
Poltin		
Tehoalue	kW	0-100
Arinan pinta-ala	m^2	0,14
Syöttöruuvin halkaisija	mm	145
Paino	kg	300

Vuosihuollon hinnaksi SolarBiox Oy arvioi arvonlisäveron ja matkat mukaan lukien 1000 euroa, jonka lisäksi arinaelementtien uusinta maksaisi 500 euroa (Hämäläinen 2020b).

8.2 Kustannuslaskelma

8.2.1 Investointi- ja työkustannukset

Edellisessä osioissa läpikäydyt investointi- ja työkustannukset on koottu taulukkoon 22. Maalämmön osalta investointikustannuksiin on lisätty laitteistoinvestointien lisäksi myös lämpökaivojen investointikustannukset.

Taulukko 22. Koulurakennuksen lämmitysjärjestelmien investointi- ja työkustannukset.

		Maalämpöpumppu	Hakelämmitys	Pellettilämmitys
Investointikustannus	€	128 960	39 060	26 000
Työkustannukset	€	10000	9080	8500

8.2.2 Polttoaine-, huolto- ja käyttökustannukset

Myös koulurakennukselle pellettien polttoainekustannukset on saatu Vapo Oy:n verkkosivuilta. Koulurakennuksen pellettisiilon tilavuus olisi 30 m^3, jolloin käyttäen pelleteille irtotiheyttä 632 kg/i-m^3 (Alakangas et al. 2016, 97) siiloon mahtuisi noin 18,96

tonnia pellettejä. Koulurakennuksen sijainnin ja pellettimäärän perusteella pellettien hinnaksi tulisi 269,70 €/t (Vapo Oy 2018). Kuten omakotitalon tapauksessa, pellettien tehollisena lämpöarvona käytetään arvoa 17,22 MJ/kg ja pellettilämmityksen vuosihyötysuhteena arvoa 85 prosenttia, jolloin koulurakennuksen vuosittainen polttoaineenkulutus on 55,34 tonnia pellettejä. Tällöin polttoainekustannuksiksi pellettilämmitykselle saadaan 14 925 euroa. Pellettien vuosittainen hinnannousu on sama kuin omakotitalon tapauksessa, 1,35 prosenttia.

Hakelämmitykselle käytetään MetsäEnergia Meter Oy:ltä saatuja hintatietoja, eli hakkeen hinnaksi tulee 34 €/i-m^3. Kuten omakotitalon tapauksessa, hakelämmityksen hyötysuhteeksi oletetaan 80 prosenttia, hakkeen lämpöarvoksi 800 kWh/i-m^3, lämpökanaalin pituudeksi 10 metriä ja lämpökanaalin häviöksi 15 W/m, jolloin vuosittaiseksi polttoaineenkulutukseksi saadaan noin 353,62 i-m^3. Tällöin polttoainekustannuksiksi saadaan 12 023 euroa vuodessa. Hakkeen vuosittaisena hinnannousuna käytetään 1,46 prosenttia, kuten omakotitalon tapauksessa.

Laskennassa otetaan huomioon myös käyttökustannukset, jotka pelletti-, hake- ja öljylämmityksen tapauksessa koostuvat järjestelmän sähkönkäytöstä. Kuten omakotitalon tapauksessa, pellettilämmitykselle keskimääräinen sähkönkulutus on 0,7 prosenttia kattilan nimellistehosta, hakelämmitykselle 0,8 prosenttia ja öljylämmitykselle 0,6 prosenttia (Obernberger & Thek 2010, 280; 284; 288). Sähkön hinta on kuitenkin koulurakennukselle edullisempi; yritys- ja yhteisöasiakkaille kulutusluokassa 20-499 MWh vuodessa sähkön hinta vuonna 2019 oli keskimäärin 10,91 snt/kWh (Tilastokeskus 2020j). Tällöin pellettilämmityksen sähkönkäytön kustannus on 172 euroa, hakelämmityksen 198 euroa ja öljylämmityksen 147 euroa vuodessa. Pelletti-, hake- ja öljylämmityksen käyttökustannuksiin kuuluvat myös nuohouskustannukset. Kuten omakotitalon tapauksessa, laskennassa oletetaan, että koulurakennus nuohotaan kerran vuodessa. Tarkempien tietojen puutteessa nuohoukselle käytetään Mikkelin Nuohoustoimelta saatua vähimmäishintaa, joka koostuu 56 euron perusmaksusta ja 0,5 euron kilometrikorvauksesta. Koulurakennus on 14,9 kilometrin päässä nuohousyrityksen toimitiloista, jolloin nuohouksen hinnaksi tulisi 63,45 euroa.

Maalämpöpumpun käyttökustannukset koostuvat sen sähkönkäytöstä. Maalämpöpumpun vuosilämpökerroin kertoo, kuinka paljon sähköä kuluu tuotettua lämpöä kohden. Laskennassa käytetään käyttöveden lämmityksen huomioonottavaa vuosilämpökerrointa (SPF), joka tarjotulle pumpulle oli 2,75. Käyttäen aikaisemmin mainittuja sähkönhintaa ja vuosilämpökerrointa, maalämpöpumpun käyttökustannuksiksi saadaan 8926 euroa vuodessa. Sähkön hintakehitys on ollut suhteellisen tasaista, joten sen hintaa voidaan mallintaa hyvin. Yritys- ja yhteisöasiakkaiden sähkönhinta on kohonnut vähemmän kuin pientalojen sähköstä maksama hinta. Vuonna 2010 sähkönhinta keskimäärin yhteisö- ja yritysasiakkaille kokoluokassa 20-499 MWh oli 9,77 snt/kWh ja 10,91 snt/kWh vuonna 2019, joten hinta on noussut 1,24 prosenttia vuodessa.

Kevyelle polttoöljylle käytetään vuoden 2019 keskimääräistä hintaa, eli 98,1 snt/l. Tällöin polttoaineenkulutuksen ollessa 30 000 litraa vuodessa öljylämmityksen polttoainekustannuksiksi saadaan 29 439 euroa. Kuten omakotitalon tapauksessa, öljyn hinnannousuksi oletetaan 3 prosenttia perusskenaariossa. Öljylämmitykselle ei tiedetä tarkkoja huoltokustannuksia. Rakennustutkimus RTS Oy (2018) arvioi kuitenkin, että omakotitalokokoluokassa öljylämmityksen ja pellettilämmityksen huoltokustannukset ovat yhtä suuret. Pellettilämmityksen huoltokustannuksien ollessa 125 euroa omakotitalolle ja 275 euroa koulurakennukselle, kustannuksien arvioidaan kasvavan samassa suhteessa myös öljylämmitykselle, jolloin huoltokustannuksiksi saadaan noin 310 euroa vuodessa. Jos hakelämmityksen osalta oletettaisiin huoltokustannusten kasvavan samassa suhteessa kuin pellettilämmityksellä, nousisi omakotitalolle käytetty huoltokustannus 440 euroon vuodessa koulurakennukselle. Hakelämmitykselle käytetään koulurakennuksen tapauksessa kuitenkin ensisijaisesti SolarBiox Oy:ltä saatuja hintatietoja, eli huoltokustannuksien oletetaan koostuvan 1000 euron vuosihuollosta sekä arinaelementtien uusinnan annuiteettikustannuksesta.

8.2.3 **Lämmitysjärjestelmien ominaiskustannukset**

Käytetyt taustaoletukset, kuten lämmitysjärjestelmien käyttöikä, 20 vuotta, ja korkokanta, kuusi prosenttia, ovat samat kuin omakotitalon tapaustarkastelussa. Myös

laskenta suoritetaan samalla tavalla, käyttäen luvussa seitsemän esiteltyjä yhtälöitä (1) ja (2). Laskennassa tarvittavat investointi-, asennus-, huolto-, polttoaine- ja käyttökustannukset on esitetty luvun aiemmissa osioissa. Investointi- ja asennuskustannukset, sekä hakelämmityksen tapauksessa arinaelementtien uusinta on jaettu annuiteeteiksi. Ominaiskustannuksien laskemiseksi vuosittaiset kustannukset jaetaan saadulla energialla, joka koulurakennuksen tapauksessa oli 225 MWh. Pellettilämmityksen ominaiskustannukset ovat taulukossa 23.

Taulukko 23. Pellettilämmityksen ominaiskustannukset.

	Investointikust. €	Pääomakust. €/a	Huoltokust. €/a	Käyttökust. €/a	Yhteensä €/a	Ominaiskust. €/MWh
Pellettilämmitysjärjestelmä	26000	2267			2267	10,07
Kokoonpano- ja käyttökustannukset	8500	741			741	3,29
Polttoainekustannukset				14925	14925	66,33
Sähkönkäyttökustannukset				172	172	0,76
Nuohouskustannukset			63		63	0,28
Huoltokustannukset			300		300	1,33
Yhteensä	34500	3008	363	15097	18468	82,08
Ominaiskustannukset €/MWh		13,37	1,62	67,10		82,08

Kuten taulukosta havaitaan, pellettilämmityksen ominaiskustannukset, 82,08 €/MWh, ovat koulurakennukselle omakotitaloa huomattavasti matalammat, mikä oli odotettavissa, sillä investointikustannukset kasvavat lämmitysjärjestelmän kokoa hitaammin (Kaikko & Saari 2016). Investointikustannuksien hitaampi kasvu näkyy kustannuksien osuuksien muutoksena – kun omakotitalolle investointi- ja asennuskustannuksien osuus oli 39 prosenttia ja polttoainekustannuksien osuus 53 prosenttia, koulurakennukselle polttoainekustannuksien osuus on jopa 81 prosenttia ja investointi- ja asennuskustannuksien osuus 16 prosenttia. Huoltokustannuksien, nuohouksen ja sähkönkäytön vaikutus ominaiskustannuksiin on pieni. Hakelämmityksen ominaiskustannukset ovat taulukossa 24.

Taulukko 24. Hakelämmityksen ominaiskustannukset.

	Investointikust. €	Pääomakust. €/a	Huoltokust. €/a	Käyttökust. €/a	Yhteensä €/a	Ominaiskust. €/MWh
Hakelämmitysjärjestelmä	39060	3405			3405	15,14
Kokoonpano- ja käyttökustannukset	9080	792			792	3,52
Polttoainekustannukset				12023	12023	53,44
Sähkönkäyttökustannukset				198	198	0,88
Nuohouskustannukset				63	63	0,28
Huolto- ja varaosakustannukset		44	1000		1044	4,64
Yhteensä	48140	4241	1000	12284	17525	77,89
Ominaiskustannukset €/MWh		18,85	4,44	54,60		77,89

Hakelämmitykselle saadaan ominaiskustannuksiksi 77,89 €/MWh. Kustannuksien hitaampi kasvaminen on siis vieläkin huomattavampaa hakelämmitykselle. Hakelämmityksen kustannukset ovat myös pellettilämmitystä pienemmät, kun omakotitalolle hakelämmityksen kustannukset olivat pellettilämmitystä huomattavasti suuremmat. Ero ei kuitenkaan johdu investointi- ja asennuskustannuksista, jotka ovat hakelämmitykselle pellettilämmitystä suuremmat, vaan hakkeen pienemmistä polttoainekustannuksista. Investointi- ja asennuskustannuksien osuus kokonaiskustannuksista on hakkeelle hiukan korkeampi kuin pellettilämmitykselle, 23,9 prosenttia, kun polttoainekustannuksien osuus on 68,6 prosenttia. Huoltokustannuksien osuus ei ole suuri, mutta kuitenkin korkeampi kuin pellettilämmityksellä, noin kuusi prosenttia. Aivan kaikkia kustannuksia ei laskennassa ole kuitenkaan huomioitu. Hakkeelle lämpökontista saatu tarjous ei esimerkiksi sisältänyt putki- tai sähkötöitä (Santala 2020). Hakkeen asennus- tai investointikustannuksien täytyisi nousta kuitenkin noin 10 800 euroa, jotta sen ominaiskustannukset olisivat yhtä suuret kuin pellettilämmityksellä. Vaikka osa kustannuksista siis puuttuukin, hakelämmityksen ominaiskustannukset ovat mitä todennäköisemmin pellettilämmitystä matalammat koulurakennuksen tapauksessa. Maalämpöpumpun ominaiskustannukset ovat taulukossa 25.

Taulukko 25. Maalämpöpumpun ominaiskustannukset.

	Investointikust. €	Pääomakust. €/a	Huoltokust. €/a	Käyttökust. €/a	Yhteensä €/a	Ominaiskust. €/MWh
Maalämpöpumppujärjestelmä	42160	3676			3676	16,34
Kokoonpano- ja käyttökustannukset	10000	872			872	3,87
Lämpökaivon porauskustannukset	86800	7568			7568	33,63
Sähkönkäyttökustannukset				8926	8926	39,67
Huoltokustannukset			500		500	2,22
Yhteensä	138960	12115	500	8926	21542	95,74
Ominaiskustannukset €/MWh		53,85	2,22	39,67		95,74

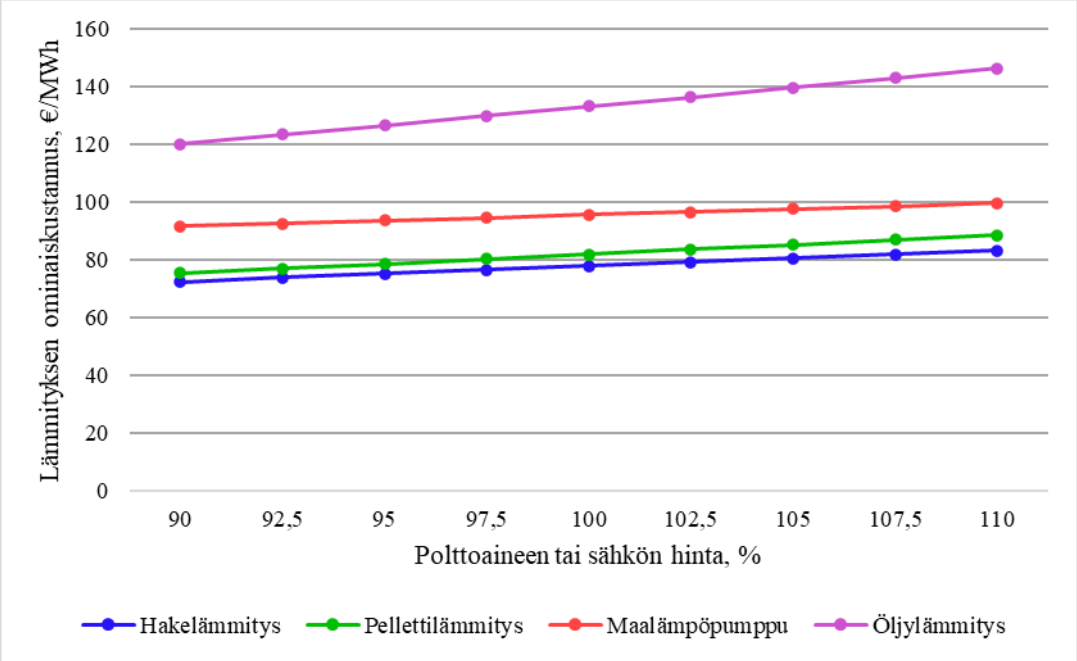
Maalämpöpumpun ominaiskustannuksiksi saadaan 95,74 €/MWh. Suurin yksittäinen kuluerä maalämpöpumpulle on sähkönkäytön aiheuttamat kustannukset, jotka muodostavat 41 prosenttia maalämpöpumpun ominaiskustannuksista. Yhdessä hankintakulut, eli investointi- ja asennuskulut ovat kuitenkin suurin kuluerä, 54 €/MWh tai 56 prosenttia maalämpöpumpun ominaiskustannuksista. Hankintakulut ovat siis suhteessa edullisemmat koulurakennukselle kuin omakotitalolle. Huonommasta vuosilämpökertoimesta huolimatta koulurakennuksen maalämpöpumpun polttoainekustannukset ovat suhteessa myös omakotitaloa pienemmät sähkön matalammasta hinnasta johtuen. Vaikka maalämpöpumpun hankintakustannukset ovat hyvin korkeat, on se selkeästi edullisempi ratkaisu pientaloja suuremmassa kokoluokassa.

Maalämpöpumppu on siis lämmitysvaihtoehdoista kallein. Syy selkeästi löytyy korkeista hankintakustannuksista; maalämpöpumpun lämpökaivo- ja laiteinvestoinnit sekä asennuskustannukset ovat melkein kolme kertaa kalliimmat kuin hakelämmityksen, jonka hankintakustannukset ovat toiseksi suurimmat. Pelletti- ja hakelämmityksellä polttoainekustannukset olivat ylivoimaisesti suurin kuluerä investointi- ja asennuskustannuksien ollessa suhteessa pienemmät kuin omakotitalon tapauksessa. Maalämpöpumpun tapauksessa hankintakustannukset olivat edelleen suurin kuluerä. Silti, suuremmassa kokoluokassa polttoainehintojen vaikutus ominaiskustannuksiin korostui. Hakelämmitys, joka omakotitalon tapauksessa oli pellettilämmitystä selkeästi kalliimpi, oli nyt edullisin vaihtoehto suuremmista hankinta- ja huoltokustannuksista

huolimatta. Luonnollisesti täytyy ottaa huomioon, että eri yritysten välinen hintahaitari voi olla huomattava, sekä työ- että laitekustannuksien osalta. Polttoaineiden osalta hinnanvaihtelu ei kuitenkaan liene olevan erityisen voimakas, jolloin polttoainekustannusten osuuden ollessa erityisen suuri lämmitysjärjestelmien järjestys todennäköisesti pysyisi samana, vaikka hinta-arvioita pyydettäisiin laajemmin.

8.2.4 Ominaiskustannusten herkkyysanalyysi

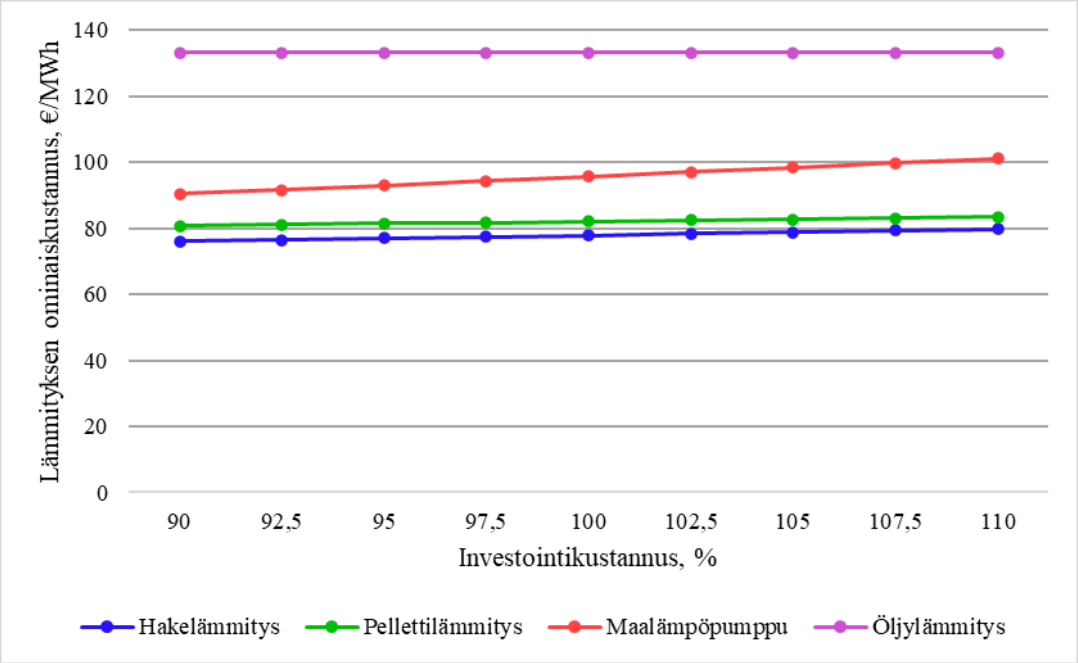
Kuten omakotitalon tapauksessa, työssä tarkastellaan poltto- ja investointikustannusten vaikutusta lämmitysjärjestelmien ominaiskustannuksiin. Kuvassa 23 on esitetty polttoainekustannusten vaikutus ominaiskustannuksiin.



Kuva 23. Polttoainekustannusten vaikutus ominaiskustannuksiin.

Vaihtoehtoisista lämmitysjärjestelmistä suurin vaikutus polttoainekustannuksilla on pellettilämmitykseen, jonka ominaiskustannus kohoaa 8,1 prosenttia, kun polttoainekustannukset kohoavat 10 prosenttia. Hakekustannuksen ominaiskustannus puolestaan kohoaa 6,9 prosenttia ja maalämpöpumpun vähiten, 4,1 prosenttia.

Lämmitysjärjestelmien ominaiskustannuksien järjestys pysyy kuitenkin samana. Öljylämmityksen ominaiskustannukset ovat kaikkein korkeimmat, jopa silloin, kun sen polttoainekustannuksia lasketaan 10 prosenttia ja muiden polttoainekustannuksia kohotetaan 10 prosenttia. Jos muiden lämmitysjärjestelmien polttoainekustannuksia ei kohoteta, öljylämmityksen ominaiskustannukset ovat maalämpöpumppua pienemmät vasta, kun öljyn hinta laskee arvoon 0,7 €/litra. Kuvassa 24 on puolestaan esitetty investointikustannusten vaikutus lämmitysjärjestelmien ominaiskustannuksiin. Investointikustannuksilla tarkoitetaan tässä tapauksessa kaikkia hankintakustannuksia, mukaan lukien asennuskustannukset ja maalämpöpumpun tapauksessa porakaivojen kustannukset.

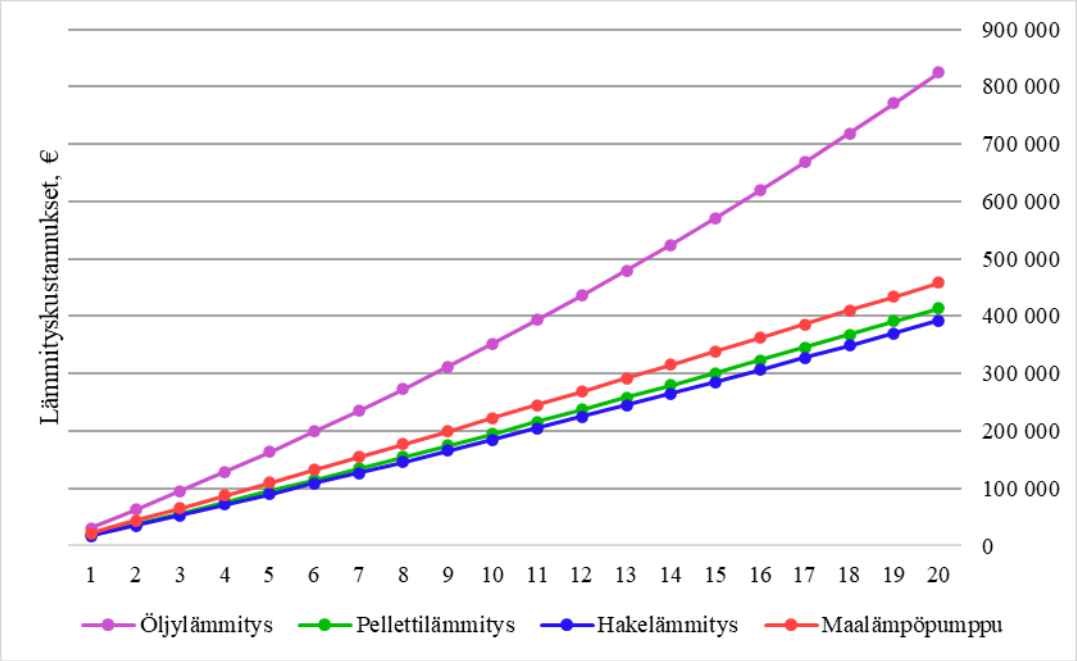


Kuva 24. Investointikustannusten vaikutus ominaiskustannuksiin.

Investointikustannusten vaikutus pelletti- ja hakelämmityksen ominaiskustannuksiin on pienempi. Kun investointikustannukset kohoavat 10 prosenttia, pellettilämmityksen ominaiskustannukset kohoavat 1,6 prosenttia ja hakelämmityksen ominaiskustannukset 2,4 prosenttia. Maalämpöpumpun ominaiskustannukset puolestaan kohoavat eniten, 5,6 prosenttia. Öljylämmityksen ominaiskustannukset ovat kaikissa tapauksissa korkeimmat,

mikä on huomattavaa, sillä öljylämmitykselle ei huomioitu laitteiston uusimisesta aiheutuvia kustannuksia.

Ominaiskustannusten lisäksi lämmitysjärjestelmiä voidaan vertailla tarkastelemalla lämmityskustannuksia lämmitysjärjestelmien käyttöiän aikana. Lämmityskustannukset lasketaan käyttämällä aiemmin läpi käytyjä polttoainekustannuksia, polttoaineen hinnannousuja, huoltokustannuksia ja nuohouskustannuksia. Tämän lisäksi öljylämmityksen korvaaville lämmitysjärjestelmille otetaan huomioon lämmitysjärjestelmän hankinnasta koostuvat kustannukset, jotka on jaettu vuosittaisiksi annuiteeteiksi kuuden prosentin korolla ja 20 vuoden pitoajalla. Laskennan tulokset ovat kuvassa 25.



Kuva 25. Lämmityskustannukset 20 vuoden pitoajalla.

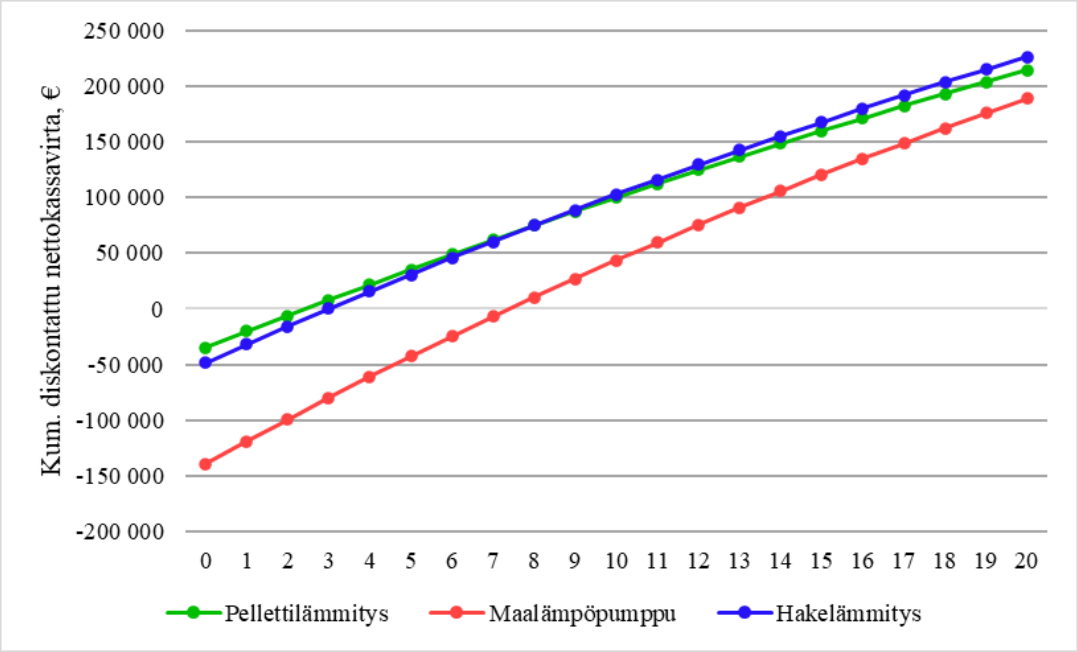
Kuten kuvasta havaitaan, öljylämmitys on vaihtoehdoista selkeästi kallein huolimatta siitä, ettei laitteiston tai osien uusimista ei ole otettu huomioon. Pellettilämmityksen kustannukset ovat käytetyillä arvoilla noin 413 800 euroa, hakelämmityksen 392 300 euroa, maalämpöpumpun 458 400 euroa ja öljylämmityksen kustannukset 824 400 euroa.

Vaikka kevyen polttoöljyn hintana käytettäisiin 0,8 €/litra ja vuosittainen hinnannousu laskettaisiin pellettien tasolle 1,35 prosenttiin, öljylämmitys olisi silti kallein vaihtoehto, kustannuksiltaan 564 100 euroa. Maalämpöpumpun vuosittaiset käyttökustannukset ovat matalimmat, mutta suuren investointikustannuksen takia sen kustannukset jäävät pelletti- ja hakelämmitystä korkeammiksi. Hakkeelle käytetty polttoaineen hinta on melko korkea verrattuna tilastoarvoihin, mutta silti niin matala, että se on pellettilämmitystä halvempi vaihtoehto.

8.2.5 **Kannattavuustarkastelu nykyarvomenetelmällä**

Koulurakennuksen kannattavuustarkastelu nykyarvomenetelmällä tehdään samalla tavalla kuin omakotitalolle, yhtälöllä (3). Jos nykyarvo on positiivinen, investointi on kannattava. Nykyarvon lisäksi lämmitysjärjestelmille lasketaan niiden takaisinmaksuajat. Kuten omakotitalon tapauksessa, laskennassa otetaan huomioon polttoaineiden ja sähkön hinnan nousu, jolloin nettokassavirta lasketaan joka vuosi erikseen. Laskennassa käytetyt oletukset, kuten käytetty korkokanta ja polttoaineiden hintojen nousut, ovat muutoin samat kuin luvussa seitsemän, paitsi sähkön hinnalle, jonka hinnan odotetaan kohoavan 1,24 prosenttia vuodessa. Kannattavuuslaskennassa lasketaan ensin lämmitysjärjestelmien nykyarvot perusskenaariossa, jonka jälkeen

tarkastellaan eri muuttujien vaikutusta lämmitysjärjestelmien kannattavuuteen. Nettokassavirta saadaan laskettua vähentämällä öljylämmityksen käyttökustannuksista korvaavan lämmitysjärjestelmän käyttökustannukset, jotka hake-, pelletti- ja öljylämmitysjärjestelmille koostuvat polttoainekuluista, huoltokustannuksista, nuohouskustannuksista sekä sähkönkäyttökustannuksista ja maalämpöpumpulle sähkön käytöstä sekä huoltokustannuksista. Nykyarvolaskennan tulokset ovat kuvassa 26.



Kuva 26. Lämmitysjärjestelmien kannattavuustarkastelu nykyarvomenetelmällä.

Kuten kuvasta havaitaan, toisin kuin omakotitalon tapauksessa, kaikkien lämmitysjärjestelmien nettonykyarvot ovat positiivisia, jolloin nykyarvomenetelmän mukaan investointi kannattaa toteuttaa (Jormakka et al. 2013, 230). Lämmitysjärjestelmistä nykyarvomenetelmän mukaan kaikkein kannattavin sijoitus olisi hakelämmitys, jonka nettonykyarvo on noin 226 200 euroa. Pellettilämmityksen nettonykyarvo on 214 410 euroa ja maalämpöpumpun nettonykyarvo 188 840 euroa. Kuten kuvasta nähdään, korollinen takaisinmaksuaika hintojen nousut huomioon ottaen olisi hake- ja pellettilämmitykselle hyvin lyhyt, pellettilämmitykselle tarkalleen 2,43 vuotta ja hakelämmitykselle 2,99 vuotta. Myös maalämpöpumpun korollinen takaisinmaksuaika olisi maltillinen, 7,4 vuotta. Vaikka maalämpöpumpun nettonykyarvo oli matalin, sen vuosittaiset säästöt käytetyillä lähtöarvoilla olivat kuitenkin kaikista vaihtoehdoista korkeimmat. Maalämpöpumppujärjestelmän hankintakustannus oli 138 960 euroa, ja nettonykyarvo 188 840 euroa, eli kertyneiden säästöjen nykyarvo oli 327 800 euroa, kun vastaavat lukemat olivat 248 910 euroa pellettilämmitykselle ja 274 940 euroa hakelämmitykselle. Hakelämmitykselle käytetyt huoltokustannukset olivat selkeästi muita vaihtoehtoja korkeammat, minkä lisäksi hakekattilan sähkönkäytön

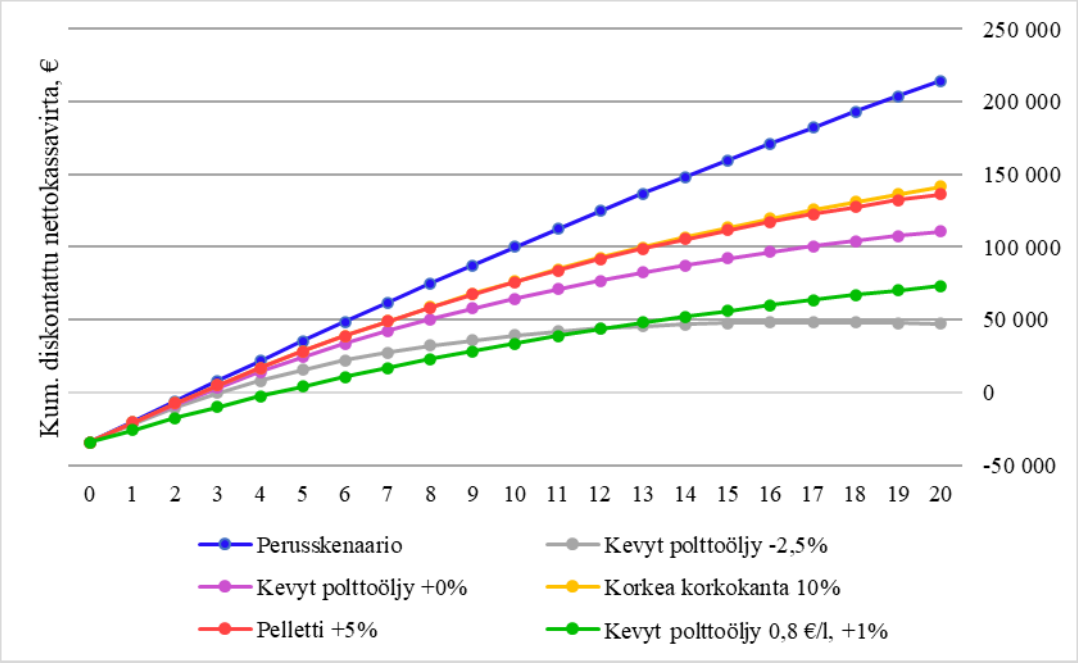
oletettiin olevan pelletti- ja öljylämmitystä korkeampi. Näistä, ja nuohouskustannuksista huolimatta, se oli kaikkein kannattavin vaihtoehto. Selkeästi suurin merkitys oli siis polttoainekustannuksilla ja maalämpöpumpun tapauksessa muita vaihtoehtoja yli kaksi kertaa suuremmilla hankintakustannuksilla. Vaikka huoltokustannukset tai nuohouskustannukset, joiden määrästä oli joissain tapauksissa epäselvyyttä, eivät siis olisikaan olleet täysin tarkkoja, ylivoimaisesti suurin merkitys oli alan toimijoilta saaduilla hankinta- ja polttoainekustannuksilla. Vaikka hakelämmitys on vaihtoehdoista kaikkein kannattavin, sijoituspäätökseen vaikuttavat myös monet muut tekijät, kuten luvussa yhdeksän käydään läpi. Kaikkien vaihtoehtojen ollessa selkeästi kannattavia, näillä muilla tekijöillä voi olla suurempi merkitys kuin ylimääräisillä säästöillä.

8.2.6 **Skenaariotarkastelu ja tukien vaikutus**

Kuten omakotitalon kohdalla jo mainittiin, osaan laskennassa käytetyistä muuttujista, etenkin öljyn hintaan, kohdistuu suurta epävarmuutta, minkä takia onkin syytä tarkastella näiden muuttujien arvojen vaikutusta kannattavuuslaskelmaan. Omakotitalon tapauksessa maalämpöpumppu ja hakelämmitys eivät olleet kannattavia, minkä takia tarkastelu kohdistuikin enemmän skenaarioihin, missä ne olisivat kannattavia. Koulurakennuksen tapauksessa kaikki vaihtoehdot olivat perusskenaariossa kannattavia, jolloin tarkastelu kohdistuukin enemmän tilanteisiin, joissa lämmitysjärjestelmän vaihto ei olisi kannattavaa.

Skenaariotarkastelussa muutettavia arvoja ovat polttoaineiden hintojen vuosittainen muutos, sähkön hinnan vuosittainen nousu ja käytetty korkokanta. Polttoaineiden hintojen vuosittaisen muutoksen lisäksi kevyelle polttoöljylle tarkastellaan tilannetta, jossa sen lähtöhinta on matalampi. Perusskenaariossa kevyelle polttoöljylle käytettiin vuoden 2019 keskimääräistä hintaa, mutta kuten mainittiin, vuonna 2020 kevyen polttoöljyn hinta on laskenut vallitsevan maailmantilanteen takia, minkä takia onkin syytä tarkastella matalamman lähtöhinnan vaikutusta vaihtoehtoisten lämmitysjärjestelmien kannattavuuteen.

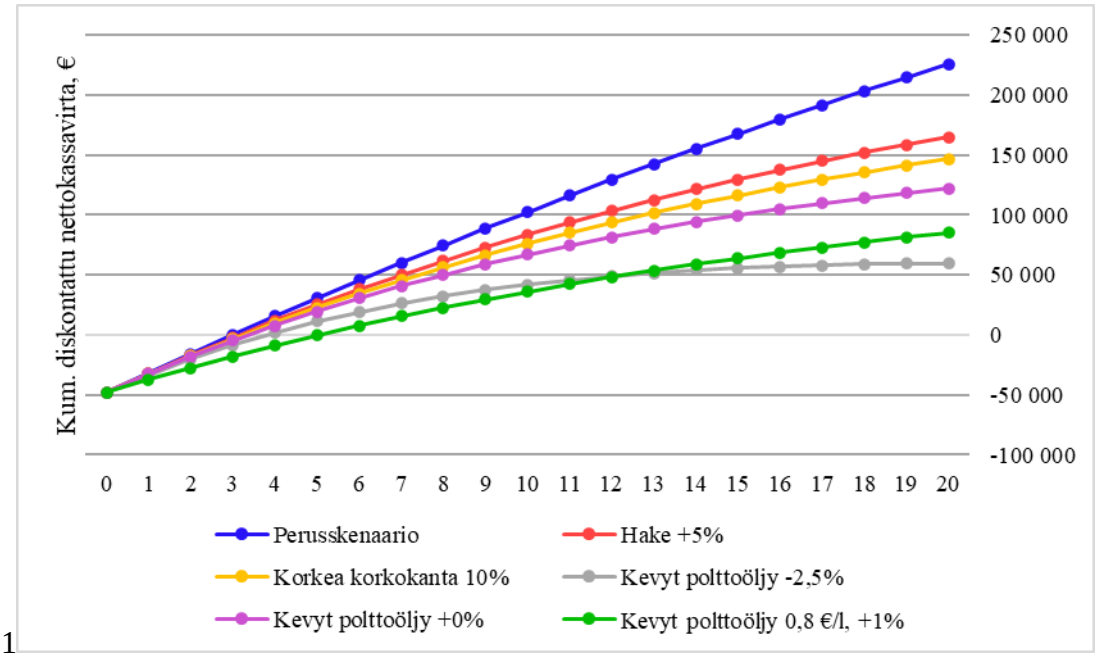
Skenaariotarkasteluun kuuluu siis skenaario, jossa polttoöljyn hinnan keskimääräinen vuosimuutos on nolla prosenttia ja skenaariota, jossa polttoöljyn hinta pienenee 2,5 prosenttia vuodessa. Tämän lisäksi tarkastellaan skenaariota, jossa polttoöljyn lähtöhinta on 0,8 euroa litraa kohden ja hinnan vuosittainen kasvu maltillinen, yksi prosentti vuodessa. Pellettien, hakkeen ja sähkön hinnalle tarkastellaan skenaariota, jossa sen hinta kasvaisi viisi prosenttia vuodessa. Viimeinen tarkastelluista skenaarioista on korkean korkokannan skenaario, jossa käytetty korkokanta on 10 prosenttia. Pellettilämmityksen skenaariotarkastelu on esitetty kuvassa 27.



Kuva 27. Skenaariot koulurakennuksen pellettilämmityksen kannattavuudelle.

Kuten kuvasta nähdään, pellettilämmitys on kaikissa tarkastelluissa skenaarioissa kannattava. Tarkastelluista mahdollisuuksista etenkin skenaario, jossa polttoöljyn hinta vähenee 2,5 prosenttia vuodessa, on hyvin epätodennäköinen. Tällöin, polttoöljyn hinta 20 vuoden päästä olisi noin 0,59 €/l, mikä on epätodennäköistä ei pelkästään siksi, että tavaroiden ja palveluiden hinnat melkeinpä poikkeuksetta kohoavat, mutta myös siksi, että 2010-luvulla kevyen polttoöljyn keskimääräinen vuosihinta oli alimmillaan 0,763 €/l vuonna 2016 (Tilastokeskus 2020f). Viimeksi hinta oli yhtä matala vuosina 2009 ja 2006,

jolloin kevyen polttoöljyn hinta oli 0,597 ja 0,58 €/l (Tilastokeskus 2020f). Pellettilämmityksen ollessa kannattava jopa epärealistisen huonossa tilanteessa, voidaan pellettilämmityksen kannattavuutta pitää melko varmana. Pellettilämmityksen nykyarvo on myös kaikissa skenaarioissa niin suuri, etteivät arvioitua korkeammat investointi- tai asennuskustannuksetkaan tekisi siitä kannattamatonta sijoitusta. Ainoa tekijä, joka saattaisi tehdä pellettilämmityksestä kannattamattoman, olisi ylimääräisen henkilökunnan palkkaaminen, mutta oletettavasti öljylämmityksestä vastannut henkilö pystyy huolehtimaan pellettilämmityksestä. Kuvassa 28 on hakelämmityksen skenaariotarkastelu.

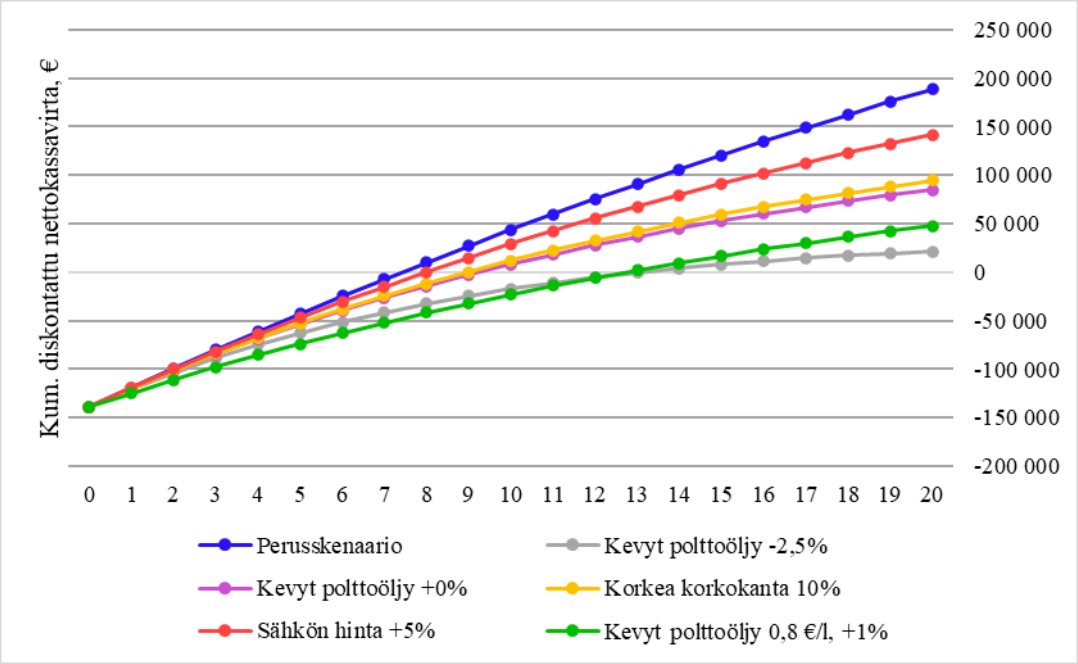


1

Kuva 28. Skenaariot koulurakennuksen hakelämmityksen kannattavuudelle.

Kuten pellettilämmityksen tapauksessa, kaikki skenaariot ovat hakelämmitykselle kannattavia. Erona pellettilämmitykseen, skenaario, jossa polttoaineen hinta nousee viisi prosenttia vuodessa, on kannattavampi kuin korkean korkokannan skenaario. Syynä tähän on se, että korkea korkokanta antaa enemmän painoarvoa alkuinvestoinnin suuruudelle,

jolloin hakelämmityksen ja maalämpöpumpun, joiden alkuinvestointi on suurempi, kannattavuus on heikompi kyseisessä skenaariossa. Hakelämmityksen kannattavuus on kuitenkin pellettilämmitystä korkeampi jokaisessa skenaariossa. Pienimmillään käytetyillä arvoilla ero hake- ja pellettilämmityksen ero oli korkean korkokannan skenaariossa, jossa hakelämmityksen nettonykyarvo oli 5149 euroa pellettilämmitystä korkeampi. Kuten on jo mainittu, hakelämmitykselle käytetty huoltokustannus on kuitenkin huomattavasti suurempi, mahdollisesti liian korkea, jolloin ero pellettilämmitykseen olisi kaikissa skenaarioissa vielä suurempi. Kuvassa 29 on esitetty maalämpöpumpun skenaariotarkastelu.



Kuva 29. Skenaariot koulurakennuksen maalämpöpumpun kannattavuudelle.

Myös maalämpöpumppu, jonka nettonykyarvo perusskenaariossa oli lämmitysvaihtoehdoista matalin, on kannattava jokaisessa skenaariossa. Kuten hakelämmityksen tapauksessa, maalämpöpumpun kannattavuus on korkeampi

skenaariossa, jossa sähkön hinta kohoaa viisi prosenttia vuodessa, kuin korkean korkokannan skenaariossa. Kaikki lämmitysvaihtoehdot ovat siis kannattavia tarkastelluissa skenaarioissa. Myös lämmitysvaihtoehtojen järjestys pysyy samana melkein kaikissa skenaarioissa; hakelämmitys on kannattavin, pellettilämmitys toiseksi kannattavin ja maalämpöpumppu vähiten kannattavin vaihtoehto. Ainoa skenaario, jossa lämmitysvaihtoehtojen järjestys muuttuu, on skenaario, jossa polttoaineen tai sähkön hinta kohoaa viisi prosenttia vuodessa. Kyseisessä skenaariossa pellettilämmityksen nettonykyarvo on matalin, johtuen pellettilämmityksen korkeimmista polttoainekustannuksista.

Tavoitteena oli myös tarkastella tukien vaikutusta lämmitysjärjestelmien kannattavuuteen. Koulurakennuksen tapauksessa ainoa saatavilla oleva tuki on energiatuki. Energiatuen myöntämisen ehdot kuitenkin muuttuivat vuoden 2018 alussa voimaan tulleen valtioneuvoston asetuksen 1098/2017 myötä. Kuten luvussa viisi käytiin läpi, investointihanketta tuetaan vain, jos se edistää uutta teknologiaa tai jos korvausinvestointi lisää merkittävästä uusiutuvan energian käyttöä. Tämän perusteella voitaisiin olettaa, että läpi käydyistä korvaavista vain hakelämpökontti voisi saada energiatukea. Asetuksessa 1098/2017 kuitenkin täsmennetään, että tukea voidaan myöntää vain hankkeisiin, jotka eivät toteutuisi ilman tukea. Kaikkien korvaavien lämmitysjärjestelmien ollessa kannattavia, tukea tuskin myönnetään. Havainto, että öljylämmityksen korvaavat uusiutuva lämmitysjärjestelmät ovat koulurakennuksen kokoluokassa kannattavia saattaisi osin selittää, miksi rakennusten lämmitykseen on myönnetty niin vähän energiatukia uuden asetuksen voimaantulon jälkeen, kuten luvussa kuusi mainittiin. Uusi asetus on toki ollut voimassa vasta kaksi vuotta, eikä suuremmassa kokoluokassa ole yhtä paljon potentiaalisia lämmitysjärjestelmän vaihtajia kuin pientalokannassa, mutta vain kaksi energiatukea rakennusten uusiutuviin lämmitysjärjestelmiin saanutta kohdetta on silti vähän.

8.3 Päästölaskelma

8.3.1 Hiilidioksidipäästöt

Koulurakennuksen öljynkulutus on 30 000 litraa vuodessa, eli 300 MWh. Kevyen polttoöljyn polttoainekohtainen CO2-päästökerroin on 261 $kgCO_2/MWh$ (Motiva 2012c), jolloin koulurakennuksen hiilidioksidipäästöiksi ennen lämmitysjärjestelmän vaihtoa saadaan:

$$300\ MWh/a \cdot 261\ kgCO_2/MWh = 78\ 300\ kgCO_2/a$$

Koulurakennuksen päästöjen laskennassa käytetään samoja oletuksia kuin omakotitalon laskennassa, eli pellettien ja hakkeen polttoa kohdellaan hiilineutraalina, kattiloiden sähkönkäytön aiheuttamia päästöjä ei oteta huomioon ja maalämpöpumpulle käytetään Suomen sähköntuotannon vuosien 2016, 2017 ja 2018 hyödynjakomenetelmällä laskettua keskimääräistä päästökerrointa, joka on 141 $kgCO_2/MWh$. Laskennan tulokset ovat taulukossa 26.

Taulukko 26. Koulurakennuksen hiilidioksidipäästöt.

		Öljylämmitys	Pellettilämmitys	Hakelämmitys	Maalämpöpumppu
Hiilidioksidipäästöt	$kgCO_2/a$	78 300	0	0	11 536
Muutos	$kgCO_2/a$	0	-78 300	-78 300	-66 764

Kuten taulukosta havaitaan, lämmitysjärjestelmän vaihdolla saavutettava päästövähennys on huomattava. Luonnollisesti pelletti- ja hakelämmityksen tapauksessa huomioidut päästöt poistuvat kokonaan, mutta myös maalämpöpumpun tapauksessa päästövähennys on merkittävä, 85 prosenttia, mikä on hiukan vähemmän kuin omakotitalon tapauksessa pienemmästä vuosilämpökertoimesta johtuen.

8.3.2 Muut päästöt

Hiilidioksidipäästöjen lisäksi tarkastellaan myös pienhiukkas-, NO_x- ja SO_2-päästöjä. Tarkemmin muista päästöistä on kerrottu luvussa neljä ja luvun seitsemän

päästölaskentaosiossa. Taulukossa 27 on laskettu vuosittaiset määrät muille päästöille käyttäen luvussa seitsemän taulukossa 17 olevia ominaispäästökertoimia.

Taulukko 27. Lämmitysvaihtojen muut päästöt koulurakennukselle.

		Pellettilämmitys	Hakelämmitys	Maalämpöpumppu	Öljylämmitys
PM	kg/a	7,5-18,7	15,8	1,6	0,1
NO_x	kg/a	61,2-76,2	81,5	41,5	89,6-94,0
SO_2	kg/a	4,8	5,1	11,9	21,3-26,2

Kuten taulukosta nähdään, vanhan öljylämmityksen vaihtaminen uusiutuvaan vaihtoehtoon johtaisi päästövähennykseen myös typen oksidien ja rikkidioksidipäästöjen osalta. Maalämpöpumpulle käytetyt päästökertoimet olivat selkeästi suurimmat rikkidioksidipäästöille ja typen oksidien päästöille, mutta sen korkean hyötysuhteen ansiosta päästöt jäivät öljylämmitystä pienemmiksi. Ainoastaan pienhiukkaspäästöt kasvavat lämmitysjärjestelmää vaihtaessa öljyn pienen tuhkapitoisuuden takia. Pienhiukkaspäästöt ovat selkeästi suurimmat pelletti- ja hakelämmitykselle, mutta kuitenkin melko matalat.

9 MUUT TEKIJÄT

Polttoaine-, käyttö- ja investointikustannusten lisäksi lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavat myös monet muut tekijät. Lämmitysjärjestelmien investointi- ja asennuskustannukset ovat toki tapauskohtaisia, mutta kuten kustannusanalyysissa huomattiin, maalämpöpumppu voi pienessä kohteessa olla huomattavasti kalliimpi kuin pellettilämmitys. Siitä huolimatta maalämpöpumput ovat olleet huomattavasti suositumpia kuin pelletti- tai hakelämmitys. Kustannusten lisäksi lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavat siis muutkin tekijät.

Lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä on tutkittu muun muassa lämmitysjärjestelmien ominaisuuksien vaikutuksia suomalaisten omakotitaloasujien lämmitysjärjestelmävalintoihin selvittäneessä tutkimuksessa (Rouvinen & Matero 2013). Tutkimuksessa vertaillut ominaisuudet olivat investointikustannukset, vuosittaiset käyttökustannukset, hiilidioksidipäästöt, pienhiukkaspäästöt ja lämmitysjärjestelmän käyttäjältä vaatima työ. Tutkimuksessa havaittiin, että monet vastaajien ominaisuudet vaikuttavat lämmitysjärjestelmän valintaan. Esimerkiksi mitä korkeampi tutkimukseen vastanneen ikä oli, sitä epätodennäköisempää puupelletin valinta oli. Metsän omistaminen lisäsi taas todennäköisyyttä valita puulämmitys. Vastaajan ikä vaikutti myös lämmitysjärjestelmän vaatiman työn vaikutuksiin puulämmitykselle – oman työn määrän lisääminen puulämmitykselle vähensi sen valinnan todennäköisyyttä, mutta vaikutus oli pienempi alle 40-vuotiaille vastaajille. Myös tulot vaikuttivat lämmitysjärjestelmän valintaan; maalämmön investointikustannusten ja puulämmityksen käyttökustannusten kohottaminen teki niiden valinnasta epätodennäköisemmän matalatuloisemmille kuin korkeatuloisille vastaajille. Tutkimuksessa havaittiin myös, että käytössä olleella lämmitysjärjestelmällä oli vaikutusta lämmitysjärjestelmän valintaan, mikä tutkimuksen mukaan mahdollisesti johtui tyytyväisyydestä olemassa olevaan järjestelmään, mutta mahdollisesti myös tilan puutteesta. Tässä työssä hakelämmityksen oletettiin sijoittuvan rakennuksen ulkopuolelle joko lämpökonttiin tai erikseen rakennettavaan rakennukseen, jolloin tilan puute tai tilan tarve saattaisi vaikuttaa negatiivisesti sen valintaan.

Lämmitysjärjestelmien valintaan vaikuttavat myös niihin liitetyt uskomukset tai mielipiteet. Tutkimuksessa pellettilämmityksen käyttäjän pienemmästä työmäärästä ja matalammista pienhiukkaspäästöistä johtuva koettu hintaetu kumoutuu melkein kokonaan pellettilämmityksen huonommaksi koetun luotettavuuden ja muiden ominaisuuksien takia. Lämmitysjärjestelmiin ominaisuuksia ja niihin liitettyjä asenteita on käsitelty jopa uutismediassa – Yle (Luoma 2012) julkaisi vuonna 2011 artikkelin otsikolla Pellettilämmitys on "moottorimiesten" juttu. Artikkelissa selvitetään, miksi lämpöpumput ovat suosituin vaihtoehto uudisrakennuksissa, vaikka pellettilämmitys on puolet öljylämmitystä halvempi. Artikkelin mukaan lämpöpumppujen suosio perustuu niiden helppokäyttöisyyteen ja luotettavuuteen, kun taas pellettilämmitys vaatii työtä, eivätkä pellettilaitteet ole alan alkuvaiheessa olleet täysin luotettavia. Artikkelissa haastateltu pelletinsiirtolaitteiden myyjä suositteleekin pellettilämmitystä vain henkilöille, jotka ovat pelletistä kiinnostuneita ja valmiita käyttämään pellettilämmitykseen aikaa ja energiaa. Olemassa oleva suosio ja muiden kokemukset sekä mielipiteet voivat taas Rouvisen ja Materon tutkimuksen mukaan parantaa lämmitysjärjestelmän valintamahdollisuuksia entisestään – tutkimuksen mukaan maalämpöpumpun korkea markkinaosuus nostaa sen uskottavuutta ja mahdollistaa muiden kokemuksen ja tiedon hyödyntämisen. Selkeästi siis kustannusten lisäksi myös muilla tekijöillä, kuten luotettavuudella, käyttäjän työmäärällä, lämmitysjärjestelmän markkinaosuudella ja maineella on merkitystä.

Rouvisen ja Materon tutkimuksessa lämmitysjärjestelmän valinnassa tärkein ominaisuus oli kuitenkin investointikustannus. Kuten luvussa kuusi mainittiin, tutkimuksessa havaittiin, että omakotitaloasujat käyttivät lämmitysjärjestelmiä koskevassa päätöksenteossaan korkeita implisiittisiä korkokantoja, mikä indikoi, että päätöksenteossa tarkastellaan vain lyhyttä aikaväliä. Tämä tarkoittaa, että päätöksenteossa investointikustannukset olivat käyttökustannuksia tärkeämmät. Tutkimuksen mukaan tämä ei ole linjassa aikaisemman suomalaisen tutkimuksen kanssa, jonka mukaan investointikustannus ei ole tärkein ominaisuus lämmitysjärjestelmää valitessa. Ero aikaisempaan tutkimukseen syntyy siitä, että Rouvisen ja Materon tutkimus

kohdistui korjausrakentamiseen ja aikaisempi tutkimus uudisrakentamiseen. Aikaisempi tutkimus voikin selittää maalämpöpumppujen suosion uudisrakennuksissa niiden korkeammista investointikustannuksista huolimatta. Tämän työn kohteet ovat kuitenkin korjausrakennuskohteita, jolloin voitaisiin olettaa, että Rouvisen ja Materon tutkimuksen mukaisesti investointikustannus olisi tärkein ominaisuus lämmitysjärjestelmää valitessa. Tällöin tässä työssä esitellyillä kustannuksilla ja laskelmilla pellettilämmityksellä olisi etulyöntiasema sekä omakotitalon että koulurakennuksen tapauksessa. Kuten tässä osiossa on käyty läpi, eivät kustannukset kuitenkaan ole ainoa tekijä lämmitysjärjestelmää valitessa. Erityisesti omakotitalon tapauksessa hakelämmityksen vaatima tila saattaisi koostua ongelmaksi. Pelletti- ja hakelämmityksen tapauksessa käyttäjältä vaadittu työ saattaa kääntää valinnan maalämpöpumpun eduksi, etenkin koulurakennuksen tapauksessa, vaikka pellettikattilat ovatkin pitkälle automatisoituja. Valintaan vaikuttavia tekijöitä arvioitaessa täytyy kuitenkin muistaa kustannuslaskelman tulokset. Koulurakennuksen tapauksessa kaikki lämmitysjärjestelmät olivat kannattavia, jolloin muut tekijät, kuten käyttäjältä vaadittu työ saattavat olla ratkaisevia. Omakotitalon tapauksessa vain pellettilämmitys oli selkeästi kannattavin ja etenkin maalämpöjärjestelmän hankintakustannukset olivat hyvin korkeat, jolloin investointikustannusten merkitys valintapäätöksessä voi olla ratkaiseva.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä on selvitetty öljylämmitysjärjestelmien korvaamista uusiutuvilla vaihtoehdoilla Etelä-Savossa. Työssä oli kaksi tapaustarkastelun kohdetta, joille tarkasteltiin öljylämmityksen korvaamisen kannattavuutta ja vaihdolla saavutettavia päästövähennyksiä.

Koulurakennuksen tapauksessa havaittiin, että kaikki vaihtoehtoiset lämmitysjärjestelmät olivat nykyarvomenetelmällä tarkasteltuna kannattavia ja lämmityskustannuksiltaan öljylämmitystä edullisempia. Hakelämmitys oli kannattavin vaihtoehto, pellettilämmitys toiseksi kannattavin ja maalämpöpumppu kolmanneksi kannattavin vaihtoehto. Pelletti- ja hakelämmityksen tapauksessa polttoainekustannuksilla oli suurin vaikutus lämmityskustannuksiin. Pellettien hinta saatiin Vapo Oy:n verkkosivuilta, kun taas hakkeen hintaa tiedusteltiin Savonlinnan lähettyvillä toimivalta hakemyyjältä. Pellettien hinta vastasi melko hyvin Tilastokeskuksen (2020g) kuluttajahintaa, kun taas hakkeen hinta oli melko paljon Tilastokeskuksen (2020e) kuluttajahintaa suurempi, mihin todennäköisesti vaikuttaa hakkeelle hintatietoja antaneen yrityksen etäisyys kohteisiin. Hakelämmitys voisi siis mahdollisesti olla vielä edullisempi, jos polttoaineen voisi hankkia lähempänä sijaitsevalta toimijalta. Suurimman osan kustannuksista pelletti- ja hakelämmitykselle siis muodostavat polttoainekustannukset, jotka ovat joko tilastojen perusteella melko tarkasti oikeassa tai jopa matalammat. Eniten epätarkkuutta laskennassa todennäköisesti aiheuttavat työkustannukset, jotka pelletti- ja hakelämmityksen tapauksessa ovat kuitenkin alle viisi prosenttia kustannuksista. Työssä on oletettu, että vanha lämmönsiirtojärjestelmä sopii sellaisenaan sekä pelletti- että hakelämmitykselle. Jos lämmitysjärjestelmän osia täytyisi uusia tai korjata, kustannukset luonnollisesti nousisivat. Selvää on, että maalämpöpumpun, jonka kustannuksista jopa 33 prosenttia koostuu lämpökaivojen porauskustannuksista ja työkustannuksista, kustannuksiin liittyy eniten epävarmuutta. Maalämpöpumpun kustannukset vastaavat kuitenkin kirjallisuudesta löytyviä arvoja – RIL:n (Rantala 2014, 71) Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa-kirjan mukaan maalämpöpumpun kustannukset

asennus mukaan lukien ovat 1500-2000 €/kW. Koulurakennuksen tapauksessa maalämpöpumpun hankintakustannuksiksi saadaan noin 1830 €/kW.

Koulurakennuksen lämmityskustannuksia tarkastellessa havaittiin myös, että vaihtoehtoiset lämmitysjärjestelmät olivat kannattavia jopa siinä tapauksessa, että öljylämmityksen polttoainekustannuksia vähennettiin 10 prosenttia ja korvaavien lämmitysjärjestelmien polttoainekustannuksia nostettiin 10 prosenttia. Myös nykyarvomenetelmällä tarkasteltuna korvaavat lämmitysjärjestelmät olivat kannattavia kaikissa tarkastelluissa tapauksissa. Lämmitysjärjestelmät olivat kannattavia jopa skenaariossa, jossa polttoöljyn lähtöhintana käytettiin arvoa 0,8 €/litra ja vuosittaisen hinnan nousun oletettiin olevan vain yksi prosentti vuodessa. Voidaankin pitää melko varmana, että öljylämmityksen vaihtaminen uusiutuvaan vaihtoehtoon olisi kustannuksiin liittyvistä epävarmuuksista huolimatta hyvin kannattava sijoitus, jopa ilman tukia. Lämmitysjärjestelmien ollessa kannattavia ei tukia tarvita, eikä kunnille, yrityksille ja yhteisöille käytössä olevaa energiatukea ole rakennusten lämmitykseen liittyviin hankkeisiin ole tietojen mukaan erityisesti myönnettykään uuden asetuksen tultua voimaan. Nykyarvomenetelmällä tarkasteltuna lämmitysjärjestelmien kannattavuuksien suhde pysyy samana, paitsi matalan korkokannan tapauksessa, jota ei esitetty koulurakennuksen tapauksessa, ja skenaariossa, jossa kaikkien lämmitysjärjestelmien polttoaine- tai käyttökustannuksia kohotetaan viidellä prosentilla vuosittain. Näissä skenaarioissa maalämpöpumppu on pellettilämmitystä kannattavampi.

Saavutettavat päästövähennykset olisivat huomattavat. Hake- ja pellettilämmityksen tapauksessa 78 300 kilogramman vuosittaiset hiilidioksidipäästöt poistuvat kokonaan, ja maalämpöpumpunkin tapauksessa hiilidioksidipäästöt vähenisivät jopa 85 prosenttia käytetyllä päästökertoimella. Myös rikkidioksidipäästöt ja typen oksidien päästöt vähenisivät. Pienhiukkaspäästöt puolestaan kohoaisivat hiukan, etenkin pelletti- ja hakelämmityksen tapauksessa.

Omakotitalon tapauksessa ainoastaan pellettilämmitys oli nykyarvomenetelmällä tarkasteltuna kannattava, maalämpöpumppu ja hakelämmitys eivät. Myös suoraan

lämmitys- tai ominaislämmityskustannuksia tarkastellessa pellettilämmitys oli käytetyillä arvoilla öljylämmitystä edullisempi, maalämpöpumppu ja hakelämmitys taasen eivät. Kuitenkin havaittiin, että kevyen polttoöljyn hinnan noustessa viisi prosenttia vuodessa, maalämpöpumpun nettonykyarvo oli positiivinen, eli sijoitus olisi kannattava. Maalämpöpumppu oli myös kannattava tilanteessa, jossa kotitalousvähennystä saatiin pariskunnalle myönnettävä maksimimäärä ja öljylämmitykselle otettiin huomioon öljylaitteiston uusinta. Hakelämmitykselle kannattavampaa on hakea energia-avustusta, joka hake- tai pellettilämmitykseen vaihtaessa on 2500 euroa. Tuesta huolimatta hakelämpökontti ei ollut kannattava kuin matalan korkokannan skenaariossa, mikä johtui siitä, että tarjottu hakelämpökontti oli aivan liian suuri omakotitalon kokoluokkaan. Hakelämmitykselle tutkittiin myös skenaariota, jossa hakelämpökontin sijaan käytettiin kohteeseen tarjottua hakekattilaa ja arvioitiin hakevaraston ja hakkeensyöttölaitteen kustannukset. Tässä skenaariossa hakelämmitys oli hyvinkin kannattava.

Ominaiskustannuksia tarkastellessa havaittiin, että polttoainekustannuksilla oli suurempi vaikutus pellettilämmityksen ominaiskustannuksiin kuin investointikustannuksilla. Maalämpöpumpun ja hakelämmityksen tapauksessa investointikustannusten vaikutus oli sen sijaan merkittävämpi. Maalämpöpumpun tapauksessa investointikustannusten vaikutus oli melkein yhtä suuri kuin hakelämmityksen tapauksessa, vaikka hakelämpökontti oli huomattavasti ylimitoitettu, mikä kertoo maalämpöpumpun hankintakustannusten suuruudesta. Lämmityskustannuksia tarkastellessa havaittiin, että maalämpöpumppu on 20 vuoden ajanjaksolla öljylämmitystä edullisempi vain, jos kotitalousvähennystä saadaan pariskunnalle myönnettävä maksimimäärä tai jos kevyen polttoöljyn hinta kohoaa vähintään 3,15 prosenttia vuodessa. Pellettilämmityksen lämmityskustannukset olivat vaihtoehdoista matalimmat ja hakkeen toisiksi matalimmat, jos lämmityskustannuksia laskettaessa käytettiin hakekattilaa ja arviota muista kustannuksista. Hakelämpökontin kustannuksia käyttäessä hakkeen lämmityskustannukset olivat suurimmat.

Näistä tuloksista voidaan tehdä useita johtopäätöksiä. Ensinnäkin, koulurakennuksen tulokset kertovat siitä, että mitä suurempi kohde on kyseessä, sitä kannattavampaa on

vaihtaa öljylämmityksestä uusiutuvaan vaihtoehtoon. Omakotitalokokoluokassa uusiutuvien lämmitysvaihtoehtojen kannattavuus ei ole yhtä hyvä, mikä voi olla yksi syy öljylämmitteisten erillisrakennuksien määrän hitaaseen laskuun. Rakennusten lämmityksessä pelletti- ja hakelämmitys eivät ole olleet yhtä suosittuja vaihtoehtoja kuin maalämpöpumput. Tämä johtunee useasta eri syystä, joihin kuuluvat muun muassa helppokäyttöisyys, luotettavuus ja lämmitysjärjestelmiin liitetyt uskomukset. Näistä hakelämmitys ei vaikuttaisi olevan keskittynytkään omakotitalojen kokoluokkaan, ainakaan lämmitysjärjestelmiä myyvien yritysten valikoiman perusteella. Vaikka maalämpöpumppu on kolmesta vaihtoehdosta suosituin ratkaisu, ei maalämpöpumppuun vaihtaminen ole kannattavaa ilman tukia. Öljylämmitteisten erillistalojen määrä oli kaikista öljylämmitteisistä rakennuksista suurin, joten öljyn käyttökohteiden korvaamisessa uusiutuvilla energiamuodoilla tukien merkitys on erittäin suuri. Kannattavuutta tarkasteltaessa havaittiin myös, että kevyen polttoöljyn hinnalla on suuri merkitys lämmitysjärjestelmien kannattavuudelle. Kevyen polttoöljyn hintaan puolestaan vaikuttaa verotus, minkä takia myös verotusta voidaan pitää tärkeänä tukitoimena. Maalämpöpumput ovat olleet erityisen suosittu vaihtoehto uudisrakennuksissa, mutta lämmitysjärjestelmää vaihtaessa päätöksenteossa korostuvat erityisesti investointikustannukset. Tämän perusteella pellettilämmityksen pitäisi olla suosittu vaihtoehto, sillä sen hankintakustannukset olivat vaihtoehdoista pienimmät ja sen kannattavuus hyvä. Pellettilämmityksen suosio ei ole kuitenkaan ollut maalämpöpumppujen veroista, joten mahdollisesti täytyisi yrittää lisätä kuluttajien tietoisuutta pellettilämmityksestä ja sen eduista. Lämmitysjärjestelmän valintaan kuitenkin vaikuttaa muutkin tekijät kuin vain kustannukset, ja onkin mahdollista, että nämä muut tekijät ovat olleet syynä pellettilämmityksen vähäisempään suosioon. Hakelämmitys on muita vaihtoehtoja työläämpi, se vie enemmän tilaa ja sen valikoima omakotitalokokoluokassa on kahta muuta vaihtoehtoa huonompi. Tietojen puuttuessa ei pystytty myöskään osoittamaan, että hakelämmitys olisi pellettilämmitystä edullisempi. Vaikuttaisikin siltä, että hakelämmityksen valitsemiseksi täytyisi olla jokin erityinen syy, kuten oman metsän omistaminen.

Tässä työssä on osoitettu tukitoimien merkitys öljyn käytön vähentämisessä rakennusten lämmityksessä. Työssä on myös selvitetty, paljon lämmitysjärjestelmän vaihtaminen maksaa, miten kustannukset vaihtelevat lämmitysjärjestelmien välillä ja miten kannattavaa lämmitysjärjestelmän vaihtaminen on. Kustannukset vaihtelevat huomattavasti yrityksestä ja kohteesta riippuen, joten tarkempien tuloksien saamiseksi täytyisi saada laajempi otanta yrityksien tarjoamista hinnoista. Tarkkojen tuloksien saamiseksi täytyisi myös pelletti- ja hakelämmitykselle verrata mahdollisimman samankaltaisia järjestelmiä. Saadut investointikustannukset omakotitalon tapauksessa esimerkiksi pellettilämmitykselle ja maalämpöpumpulle vastaavat kuitenkin kirjallisuudesta löytyviä arvoja. Eniten epävarmuutta kohdistuu varmastikin työkustannuksiin, sillä tarkkoja arvoja kaikille työkustannuksille, kuten öljysäiliön ja -kattilan poistolle ei saatu. Laskentaa tehdessä ei myöskään ollut täyttä varmuutta, mitä saatujen tarjouksien kustannukset täsmälleen sisälsivät. Onkin mahdollista, että osa kustannuksista, kuten erilaiset sähkö- tai putkityöt jäivät pois laskennasta. Erot lämmitysjärjestelmien välillä olivat kuitenkin sen verran suuria, että mahdollisesti pois jääneillä kustannuksilla on tuskin vaikutusta lämmitysjärjestelmien järjestykseen kannattavuutta vertailtaessa. Lämmitysjärjestelmien kustannuksista eniten epävarmuutta kohdistuu omakotitalon hakelämmityksen kustannuksiin, sillä kaikkia tarvittavia tietoja ei saatu. Työn kohteille tulokset eivät ole myöskään täysin tarkkoja, sillä esimerkiksi kohteiden kattiloiden tarkat hyötysuhteet eivät olleet tiedossa.

11 YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää öljynkäyttökohteiden nykytilanne Etelä-Savossa sekä tutkia öljylämmityksen korvaajiksi sopivia uusiutuvia lämmitysjärjestelmiä, niiden ominaisuuksia ja lämmitysjärjestelmän vaihdon vaatimia muutoksia. Työn kirjallisuusosassa käytiin läpi myös sekä Suomen että EU:n päästö- ja ilmastotavoitteita ja niiden perusteella tehtyjä päätöksiä, etenkin öljyyn liittyviä. Tämän lisäksi työssä käytiin läpi lämmitysjärjestelmän vaihtoon kohdistuvia tukia, sekä suoria että epäsuoria, niiden välisiä eroja ja niiden vaikutuksia uusiutuvan energian käyttöön. Työn tärkein tavoite oli kuitenkin kahta tapaustarkastelukohdetta, omakotitaloa ja koulurakennusta, tarkastelemalla selvittää öljylämmityksen vaihdon kannattavuus ja lämmitysjärjestelmän vaihdolla saavutettavat päästövähennykset. Varsinaisten kustannusten ja kannattavuuden lisäksi työssä pohdittiin myös muita lämmitysjärjestelmän valintapäätökseen vaikuttavia tekijöitä.

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi on sekä kansallisia että EU:n asettamia tavoitteita. EU:n asettamat tavoitteet ovat asetettu vuosille 2020 ja 2030, ja ne koostuvat sekä yhteisistä että kansallisista tavoitteista. EU:n Suomelle asettamat tavoitteet vuodelle 2020 ovat edenneet hyvin. EU:n asettamien tavoitteiden lisäksi Suomi on asettanut myös omia, kansallisia ilmastotavoitteita, joista osa liittyy suoraan öljyn käyttöön. Edellisen hallituksen tavoitteisiin kuului tuodun öljyn määrän puolittaminen vuoteen 2030 mennessä ja bionesteen sekoitusvelvoitteen käyttöönotto työkoneille ja rakennuksille. Nykyinen hallitus haluaa sen sijaan luopua kokonaan öljyn käytöstä lämmityksessä vuoteen 2030 mennessä ja valtion ja kuntien rakennuksissa jo vuoteen 2024 mennessä.

Öljylämmitteisten rakennusten nykytilannetta Etelä-Savossa on vaikea arvioida tarkasti, sillä kohteiden analysointi ei onnistu yksityishenkilöiden tietosuojan takia. Arviot öljylämmitteisten rakennusten määrästä vaihtelevatkin lähteiden perusteella. Vuonna 2017 öljylämmitteisten rakennusten määrä Etelä-Savossa oli 9769, eli 16,7 prosenttia kaikista rakennuksista. Asiantuntija-arvion mukaan öljylämmitteisten rakennusten määrä

oli sen sijaan 6000-7000. Tilastokeskuksen tietojen mukaan Etelä-Savossa oli 8163 öljylämmitteistä rakennusta vuonna 2017, 13,9 prosenttia kaikista rakennuksista. Suurin osa näistä öljylämmitteisistä rakennuksista oli asuinrakennuksia, joista yli 70 prosenttia oli Tilastokeskuksen mukaan erillisiä pientaloja. Öljylämmitteisten pientalojen määrä on myös vähentynyt melko hitaasti, minkä takia tukitoimia tulisi suunnata erityisesti pientalokannalle.

Uusiutuvista lämmitysjärjestelmistä lämpöpumput ovat olleet erityisen suosittuja. Maalämpöpumppujen määrä asuin- ja palvelurakennuksissa on yli kaksinkertaistunut 2010-luvun aikana. Pellettienkin käyttö on kasvanut, mutta enimmäkseen voimalaitoksissa ja suurkiinteistöissä, ei koti- ja maatalouksissa. Hakkeen, jota käytetään tyypillisesti omakotitaloja suuremmissa kohteissa, käyttö on sen sijaan laskenut vuonna 2013 saavutetusta huipusta. Öljylämmityksen korvaavista lämmitysjärjestelmistä pelletti- ja hakelämmitys ovat rakenteeltaan hyvin samankaltaisia. Eroja kuitenkin syntyy muun muassa kustannuksissa, lämmitysjärjestelmän vaatimassa tilassa, käyttäjän työn määrässä ja hyötysuhteessa. Maalämpöpumppu on näitä kahta vaihtoehtoa helppokäyttöisempi ja mahtuu hyvin vanhaan kattilahuoneeseen. Maalämpöpumpun lupa-asiat ovat kuitenkin hake- ja pellettilämmitystä monimutkaisemmat, eikä kaikissa kohteissa lupaa välttämättä myönnetä. Tarvittaviin muutostöihin kuuluvat hake- ja pellettilämmityksellä polttoainevaraston sekä savuhormin rakentaminen, tosin öljylämmityksen savuhormia voidaan yleensä käyttää muutoksia tekemättä. Maalämpöpumpun tapauksessa muutostoimenpiteisiin voi suuremmissa kohteissa kuulua sähköliittymän uusinta ja joissain tapauksissa myös patterien kokoa täytyy suurentaa. Jos hakelämmitys sijoittuu rakennuksen ulkopuolelle, muutostoimenpiteisiin kuuluu joko erillisen rakennuksen rakentaminen tai perustuksen valaminen hakelämpökontille. Kaikilla uusiutuvilla vaihtoehdoilla kasvihuonekaasupäästöt vähenevät huomattavasti öljylämmitykseen verrattuna. Hake- ja pellettilämmityksen tapauksessa pienhiukkaspäästöt kohoavat, kaikkien uusiutuvien lämmitysjärjestelmien tapauksessa rikkidioksidipäästöt pienenevät ja etenkin maalämpöpumpun tapauksessa typen oksidien päästöt vähenevät öljylämmitykseen verrattuna.

Uusiutuville lämmitysjärjestelmille on sekä suoria investointitukia että epäsuoria tukia. Uusiutuville lämmitysjärjestelmille jaettavia investointitukia ovat energia-avustus, energiatuki ja maaseudun kehittämisohjelman kautta jaettava investointituki. Tämän lisäksi lämmitysjärjestelmän vaihdon työkustannuksiin voi saada kotitalousvähennystä. Epäsuoriin tukimenetelmiin kuuluvat kevyen polttoöljyn verotus ja biopolttoaineiden jakeluvelvoite. Investointituet eroavat toisistaan muun muassa sen perusteella, kenelle tuki kohdistuu, kuinka suuri tukiprosentti on ja kuinka käytetty tukimenetelmä on ollut. Energia-avustusta myönnettiin ympärivuotisessa käytössä olleille asuinrakennuksille, myös kunnille ja yhteisöille. Energiatukea sen sijaan myönnettiin yrityksille, yhteisöille ja kunnille, ei maatiloille tai asuinrakennuksille. Maaseudun kehittämisohjelman investointituki taasen kohdistui vain maaseudun yrityksille ja maatiloille. Investointituista käytetyin lämmitysjärjestelmän vaihdossa on ollut energia-avustus. Energiatuen jakautumisesta ei ole tarkkaa tietoa, mutta ainakaan uuden asetuksen tultua voimaan sitä ei ole jaettu rakennusten lämmitykseen liittyen kuin vain kahteen hankkeeseen. Maaseudun kehittämisohjelmalla on saavutettu selkeitä päästövähennyksiä, mutta ohjelman investoinnit ovat kuitenkin jääneet jälkeen tavoitteista. Investointituet ovat erityisesti pientalokannan öljylämmitysten määrän vähentämiseksi tärkeitä, sillä aikaisemman tutkimuksen mukaan lämmitysjärjestelmän vaihto ei ollut kannattavaa ilman tukia.

Omakotitalon tapauksessa pellettilämmitys oli nykyarvomenetelmällä tarkasteltuna kannattavin vaihtoehto. Maalämpöpumppu ja hakelämmitys eivät olleet nykyarvomenetelmällä tarkasteltuna kannattavia työssä käytetyillä oletusarvoilla. Hakelämmityksen tapauksessa tämä johtui siitä, että hakelämmitykselle ei saatu tarjousta sopivan kokoisesta hakelämpökontista, ja kustannuslaskennassa käytetty hakelämpökontti on selkeästi tarkoitettu suurempiin kohteisiin. Hakelämpökontti olikin nykyarvomenetelmällä tarkasteltuna kannattava vain matalan korkokannan skenaariossa. Hakelämmitys olisi ollut kuitenkin kannattava skenaariossa, jossa oletettiin hakekattilan sijoittuvan vanhaan kattilahuoneeseen, arvioitiin hakevaraston rakennuskustannukset ja otettiin huomioon saatavilla olevat tuet. Maalämpöpumppu olisi kannattava, jos tuet ja

öljylaitteiston uusinta huomioidaan. Tämän lisäksi maalämpöpumppu oli kannattava matalan korkokannan skenaariossa ja skenaariossa, jossa kevyen polttoöljyn hinta kohoaa viisi prosenttia vuodessa. Lämmityskustannuksia suoraan tarkastellessa pellettilämmityksen kustannukset olivat öljylämmitystä pienemmät. Maalämpöpumpun lämmityskustannukset olivat öljylämmitystä pienemmät siinä tapauksessa, jos kotitalousvähennys ja öljylaitteiston uusinta otetaan huomioon. Jos kevyen polttoöljyn hinta nousee viisi prosenttia vuodessa, maalämpöpumpun lämmityskustannukset ovat öljylämmitystä pienemmät jopa ilman tukien ja öljylaitteiston uusinnan huomioimista.

Koulurakennuksen tapauksessa kaikki tarkastellut uusiutuvat lämmitysjärjestelmät olivat erittäin kannattavia sijoituksia nykyarvomenetelmällä tarkasteltuna. Hakelämmitys oli lämmitysjärjestelmistä kannattavin ja pellettilämmitys toiseksi kannattavin. Hakelämmityksen takaisinmaksuaika oli nykyarvonmenetelmällä noin 3 vuotta, pellettilämmityksen 2,4 vuotta ja maalämpöpumpun 7,4 vuotta. Lämmitysjärjestelmät olivat kannattavia kaikissa tarkastelluissa skenaarioissa, jopa epätodennäköisessä skenaariossa, jossa polttoöljyn hinta laski 2,5 prosenttia vuosittain. Myös pelkästään lämmityskustannuksia tarkastellessa öljylämmitys oli uusiutuvia vaihtoehtoja huomattavasti kalliimpi jopa ilman öljylaitteiston uusinnan tai tukien huomioimista. Lämmityskustannuksia tarkastellessa öljylämmitys oli uusiutuvia vaihtoehtoja kalliimpi jopa siinä tapauksessa, kun polttoöljyn hinnannousun oletettiin olevan pellettien tasolla ja polttoöljyn hinnan olevan keskimäärin 0,8 €/litra tarkastelujakson ensimmäisenä vuonna.

Tuloksia tarkastellessa omakotitalon tapauksessa korostuukin tukien ja verotuksen merkitys lämmitysjärjestelmän vaihdossa. Maalämpöpumppu on tarkastelluista uusiutuvista lämmitysjärjestelmistä suosituin vaihtoehto, mutta se ei ollut omakotitalon tapauksessa kannattava ilman tukia. Öljylämmitteisten erillisrakennusten määrän ollessa kaikista öljylämmiteisistä rakennuksista selvästi suurin täytyy tukia kohdistaa siis etenkin pientalokantaan, etenkin, kun öljylämmityksen vaihto uusiutuvaan lämmitysjärjestelmään vaikuttaisi olevan sitä kannattavampaa, mitä suurempi kohde on kyseessä. Koulurakennuksen tapauksessa kaikki lämmitysjärjestelmät olivat kannattavia,

jolloin lämmitysjärjestelmän vaihdossa saattavat korostua entistäkin enemmän muut tekijät, kuten käyttäjältä vaadittu työmäärä, lämmitysjärjestelmän helppokäyttöisyys ja tarvittavat muutostyöt.

LÄHDELUETTELO

Alakangas Eija et al. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Jyväskylä: VTT. 229 sivua. VTT Technology 258. ISBN 978-951-38-8419-2.

Alankangas Eija. 2017. Properties of solid and liquid biofuels. Lappeenranta University of Technology, 19.10.2017.

Antikainen Riina et al. 2007. Bioenergian uudet haasteet Suomessa ja niiden ympäristönäkökohdat. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 98 sivua. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 11/2007. ISBN 978-952-11-2667-3.

ARA. 2010. Korjausavustukset vuosina 2007-2008. ISSN 1237-1288.

ARA. 2016. Muutoksia korjaus- ja energia-avustuksiin. [verkkojulkaisu]. [viitattu 6.10.2019]. Saatavissa: https://www.ara.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiset_ja_tiedotteet/Uutiset_ja_tiedotteet_2016/Muutoksia_korjaus_ja_energiaavustuksiin(40469)

ARA. 2017. Kunnille osoitettujen korjaus- ja energia-avustusmäärärahojen käyttöä koskevat tiedot. [verkkojulkaisu]. [viitattu 14.10.2019]. Saatavissa: https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat_ja_avustukset/Korjausavustukset/Kunnille_osoitettujen_korjaus_ja_energia(546)

Ariterm. 2010. Ariterm 240: Monipuolinen yläpaloperiaatteen lämmityskattila. [verkkosivut]. [viitattu 5.3.2020]. Saatavissa: https://www.ariterm.fi/lammitysratkaisut/pientalokattilat/puukattilat/arimax-240/

Ariterm. 2017. Hake. [verkkosivut]. [viitattu 27.7.2020]. Saatavissa: https://www.ariterm.fi/saatotuli/biolammitys/polttoaineet/hake/

Ariterm. 2018. BioComp. [verkkosivut]. [viitattu 5.8.2020]. Saatavissa: https://www.ariterm.fi/lammitysratkaisut/jarjestelmakomponentit/biokattilat/biocomp/

Atrill Peter & McLaney Eddie. 2017. Accounting and Finance for Non-Specialists. 10. painos. Harlow: Pearson Education Limited. 508 sivua. ISBN 978-1-292-13561-8.

Bioenergia ry. 2020. Pellettienergia. [verkkosivut]. [viitattu 15.8.2020]. Saatavissa: https://www.bioenergia.fi/tietopankki/pellettienergia/

Biofire Oy. 2019a. Hakelämpökontti. [verkkosivut]. [viitattu 5.8.2020]. Saatavissa: https://www.biofire.fi/lampokontti

Biofire Oy. 2019b. Biofire Palokärki-poltin. [verkkosivut]. [viitattu 5.8.2020]. Saatavissa: https://www.biofire.fi/poltin

Biofutures. 2013. Biotech PZ-25 RL Wood Pellet Boiler. [verkkosivut]. [viitattu 6.8.2020]. Saatavissa: http://www.biofutures.co.uk/prod/pellet-boilers/biotech/biotech-pz-25-rl.html?LMCL=FxLxaT

Döring Stefan. 2013. Power from Pellets: Technology and Applications. Berliini: Springer. 209 sivua. ISBN 978-3-642-19962-2.

ELY-keskus. 2019. Euroopan maaseuturahasto. [verkkosivut]. [viitattu 31.12.2019]. Saatavissa: https://www.ely-keskus.fi/web/ely/euroopan-maaseuturahasto

ELY-keskus. 2020. Avustus asuinrakennuksen öljylämmityksestä luopumiseksi. [verkkosivut]. [viitattu 2.8.2020]. Saatavissa: https://www.ely-keskus.fi/web/ely/avustus-oljylammityksesta-luopumiseksi

Energiatehokas koti. 2017. Puulämmitys. [verkkosivut]. [viitattu 7.3.2020]. Saatavissa: https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/puulammitys

Energiateollisuus. 2020. Energiavuosi 2019 – Kaukolämpö. [verkkodokumentti] [viitattu 12.2.2020]. Saatavissa: https://energia.fi/julkaisut/materiaalipankki/energiavuosi_2019_-_kaukolampo.html#material-view

EPA. 2016. Basic Information about NO2. [verkkosivut]. [viitattu 8.11.2019]. Saatavissa: https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#Effects

EPA. 2018. Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM). [verkkosivut]. [viitattu 7.11.2019]. Saatavissa: https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm

EPA. 2019. Sulfur Dioxide Basics. [verkkosivut]. [viitattu 7.11.2019]. Saatavissa: https://www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics#effects

Etelä-Savon Energia. 2014. Uudet tuotteet Rento- ja Nuuka-kaukolämpö. [verkkosivut]. [viitattu 16.2.2020]. Saatavissa: https://ese.fi/fi-fi/lampo/rento-ja-nuuka-kaukolampo/45/

Etelä-Savon Energia. 2020. Hinnat. [verkkosivut]. [viitattu 15.2.2020]. Saatavissa: https://ese.fi/fi-fi/lampo/hinnat/38/

Euroopan komissio. 2006. Integrated Pollution Prevention and Control: Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants. [verkkojulkaisu]. [viitattu 5.11.2019]. Saatavissa: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/lcp_bref_0706.pdf

Euroopan komissio. 2019. Renewable Energy – Recast to 2030 (RED II). [verkkosivut]. [viitattu 5.10.2019]. Saatavissa: https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/renewable-energy-recast-2030-red-ii

Euroopan parlamentti. 2019. Yhteinen maatalouspolitiikka vuoden 2020 jälkeen. [verkkojulkaisu]. [viitattu 31.12.2019]. Saatavissa: http://www.europarl.europa.eu/factsheets/fi/sheet/113/yhteinen-maatalouspolitiikka-vuoden-2020-jalkeen

2018/2001/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2001, annettu 11 päivänä joulukuuta 2018, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä. EUVL L 328, 21.12.2018, s. 82-209.

2018/2002/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2002, annettu 11 päivänä joulukuuta 2018, energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2012/27/EU muuttamisesta. EUVL L 328, 21.12.2018, s. 210-230.

Euroopan ympäristövirasto. 2019. Air quality in Europe – 2019 report. Kööpenhamina: Euroopan ympäristövirasto. 99 sivua. EEA report No 10/2019. ISSN 1977-8449.

FCG. 2016. Mökkibarometri 2016. [verkkojulkaisu]. [viitattu 5.8.2020]. Saatavissa: https://mmm.fi/documents/1410837/1880296/Mokkibarometri+2016/7b69ab48-5859-4b55-8dc2-5514cdfa6000

Gebwell. 2019. Gebwell T2 lämpöpumppu. [verkkodokumentti]. [viitattu 20.7.2020]. Saatavissa: https://gebwell.fi/wp-content/uploads/2019/07/Gebwell-T2-lampopumppu.pdf

Gebwell. 2020. Taurus heat pump. [verkkosivut]. [viitattu 20.7.2020]. Saatavissa: https://gebwell.fi/en/products/heat-pumps/taurus-heat-pump/

Grönlund Pekka. 2019. Suomen askelmerkit EU:n uusiutuvan energian 2030 tavoitteiden toteuttamiseksi. Uusiutuvan energian ajankohtaispäivä, Helsinki 22.1.2019. Energiavirasto.

Gynther Lea & Leskinen Elina. 2019. Maaseutuohjelma 2014–2020 – arviointi energiavaikutuksista. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 60 sivua. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2019:15. ISBN 978-952-366-004-5.

Haapanen Mikko. 2010. Paneeko pelletti pian öljylle hanttiin? [verkkoartikkeli]. [viitattu 15.8.2020]. Saatavissa: https://yle.fi/uutiset/3-5686004

Hansen Morten Tony et al. 2009. English Handbook for Wood Pellet Combustion. Milton Keynes: National Energy Foundation. 85 sivua.

Hargassner. 2019. Hakkeen varastointi. [verkkosivut]. [viitattu 8.11.2019]. Saatavissa: http://hargassner.fi/hakkeen-varastointi/

Hast A., Ekholm T. & Syri S. 2016. What is needed to phase out residential oil heating in Finnish single-family houses? Teoksessa; Sustainable Cities and Society. Elsevier Ltd. S. 49-62. Sustainable Cities and Society vol. 22. ISSN 2210-6707.

HE 17.9.2002/152. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi asuntojen korjaus- ja energia-avustuksista.

HE 17.9.2010/147. Hallituksen esitys eduskunnalle energiaverotusta koskevan lainsäädännön muuttamiseksi.

HERZ. 2013. Lämmitysjärjestelmät hakkeelle ja pelletille. [verkkodokumentti]. [viitattu 3.4.2020]. Saatavissa: https://www.solarbiox.fi/wp-content/uploads/2019/01/firematic.pdf

Huovinen Kimmo. 2019. VL: Energia-avustustilastot. Sähköpostiviesti 31.10.2019. Suunnittelupäällikkö, ARA.

Huttunen Riku. 2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. 119 sivua. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 4/2017. ISBN 978-952-327-190-6.

Huttunen Markku J., Kuittinen Ville & Lampinen Ari. 2018. Suomen biokaasulaitosrekisteri N:o 21. Joensuu: Itä-Suomen yliopisto. 50 sivua. Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences, N:o 33. ISBN: 978-952-61-2857-3.

Huttunen Riku. 2019. EU:n energiapolitiikka: kehitys, toimeenpano ja näkymät. Energia-alan EU-päivä, Helsinki 8.2.2019. Energiateollisuus ry.

Hämäläinen Hannu. 2020a. RE: Yhteydenotto sivustolta. Sähköpostiviesti 17.2.2020. SolarBiox Oy.

Hämäläinen Hannu. 2020b. Yhteydenotto sivustolta. Sähköpostiviesti 25.2.2020. SolarBiox Oy.

Hämäläinen Laura. 2020. VS: Yhteydenotto. Sähköpostiviesti 1.4.2020. MetsäEnergia Meter Oy.

IEA-RETD. 2011. Renewable Energy for Residential Heating and Cooling: Policy Handbook. Lontoo: Earthscan. 239 sivua. ISBN 978-1-84971-278-1.

Isosaari Kyösti, Aaltonen Timo-Pekka & Aaltonen Teija. 2012. Mistä energia taloon?: Omakotiasujan energia- ja ympäristöopas. Helsinki: Otavamedia. 183 sivua. ISBN 978-952-271-005-5.

Janka Päivi et al. 2014. Pienimuotoisen energiatuotannon edistämistyöryhmän loppuraportti. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. 76 sivua. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja: Energia ja ilmasto 55/2014. ISBN 978-952-227-924-8.

Jormakka Raija et al. 2013. Laskentatoimi. Helsinki: Edita Publishing Oy. 258 sivua. ISBN 978-951-37-6478-4.

Juntunen Jarkko. 2020. VS: Yhteydenotto SALVI: Tarjouspyyntö. Sähköpostiviesti 19.5.2020. Hanakat.

Juvonen Janne & Lapinlampi Toivo. 2013. Energiakaivo – Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Helsinki: Ympäristöministeriö. 64 sivua. Ympäristöopas 2013. ISBN 978-952-11-4211-6.

Kaikko Juha & Saari Jussi. 2016. Voimalaitoksen kustannukset. BH50A0200 Voimalaitosopin perusteet-kurssi, LUT-yliopisto.

Kaivosoja Terhi et al. 2013. Comparison of emissions and toxicological properties of fine particles from wood and oil boilers in small (20-25 kW) and medium (5-10 MW) scale. Teoksessa: Brimblecombe P. et al., Atmospheric Environment. Elsevier. s. 193-201. Atmospheric Environment vol. 77. ISSN 1352-2310.

Kardonar Bioenergy Solutions Oy. 2008. Twinheat esite. [verkkodokumentti]. [viitattu 20.10.2020]. Saatavissa: https://www.kardonar.com/wp-content/uploads/2016/01/twinheat-finsk-esite.pdf

Kardonar Bioenergy Solutions Oy. 2016. Biotech pz. [verkkosivut]. [viitattu 5.8.2020]. Saatavissa: https://www.kardonar.com/tuote/biotec-pz/

Kardonar Bioenergy Solutions Oy. 2019. Ecompact. [verkkosivut]. [viitattu 20.7.2020]. Saatavissa: https://www.kardonar.com/tuote/ecompact/

Kilkki Juha. 2020. Puhelinkeskustelu 29.7.2020. Työnjohto, ilmanvaihtopalvelut ja laskutus, Mikkelin Nuohoustoimi.

Kodinplaza. 2018. Öljysäiliön poisto, hinta. [verkkosivut]. [viitattu 14.8.2020]. Saatavissa: https://kodinplaza.fi/lammitys/oljysailion-poisto/hinta

Kodinplaza. 2020. Öljykattilan huolto, hinta. [verkkosivut]. [viitattu 14.8.2020]. Saatavissa: https://kodinplaza.fi/lammitys/oljykattilan-huolto/hinta

Koisti Olli-Pekka. 2014. Metsäenergian mahdollisuudet: Hake, pelletti, pilke. [verkkodokumentti]. [viitattu 27.7.2020]. Saatavissa: https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/olli_pekkakoisti_metsa_energian_mahdollisuudet-esitys201410virala.pdf

Koskela Hanna. 2017. Hissi – esteetön Suomi 2017. Hissi – esteetön Suomi 2017 hankkeen päätöstilaisuus, Helsinki 20.12.2017. ARA.

KWB. 2020. Technology and Planning. [verkkodokumentti]. [viitattu 3.8.2020] Saatavissa: https://www.kwb.net/fileadmin/media/EN/02Products-pdf/Product-Docu-Download/KWB_Technology_and_Planning.pdf

L 29.12.1994/1472. Laki nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta.

L 5.2.1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki.

L 27.7.2001/688. Valtionavustuslaki.

L 22.12.2005/1184. Laki asuntojen korjaus-, energia- ja terveyshaitta-avustuksista.

L 13.4.2007/446 Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä.

L 30.12.2010/1399. Laki nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta annetun lain muuttamisesta.

L 21.12.2012/958. Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta.

L 27.6.2014/527. Ympäristönsuojelulaki.

L 9.12.2016/1087. Laki asuinrakennusten ja asuntojen korjausavustuksista.

L 21.4.2017/230. Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta.

L 19.12.2018/1225. Laki nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta annetun lain muuttamisesta.

Laihanen Mika & Karhunen Antti. 2019. Puhallus: Ohjausryhmän kokous 1.10.2019, Mikkeli.

Lamberg Heikki et al. 2011. Effects of Air Staging and Load on Fine-Particle and Gaseous Emissions from a Small-Scale Pellet Boiler. Teoksessa: Energy & Fuels. ACS Publications. s. 4952-4960. Energy & Fuels vol. 25 issue 11. ISSN 1520-5029.

Lamberg Heikki et al. 2013. Fine Particle and Gaseous Emissions from a Small-Scale Boiler Fueled by Pellets of Various Raw Materials. Teoksessa: Energy & Fuels. ACS Publications. s. 7044-7053. Energy & Fuels vol. 27 issue 11. ISSN 1520-5029.

Laukkanen Marita. 2020. Energian tuotantoon ja energian käyttöön liittyvät yritystuet. Helsinki: Yritystukien tutkimusjaosto. 55 sivua.

Liukko Anja et al. 2016. Uusiutuvan energian tukijärjestelmien kehittämistyöryhmän loppuraportti. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. 133 sivua. ISBN 978-952-327-190-6.

Liukkonen Juha. 2020. VS: Tarjouspyyntö koskee maalämpöpumppua | Gebwell Oy. Sähköpostiviesti 17.6.2020. Gebwell Oy.

Luoma Katariina. 2012. Pellettilämmitys on "moottorimiesten" juttu. [verkkoartikkeli]. [viitattu 15.8.2020] Saatavissa: https://yle.fi/uutiset/3-5446670

Luonnonvarakeskus. 2019a. Puupelletit 2018. [verkkojulkaisu]. [viitattu 10.10.2019]. Saatavissa: https://stat.luke.fi/puupelletit-2018_fi

Luonnonvarakeskus. 2019b. Puun energiakäyttö [verkkojulkaisu]. [viitattu 4.11.2019]. Saatavissa: https://stat.luke.fi/puun-energiakaytto

Luonnonvarakeskus. 2019c. Metsähakkeen kokonaiskäyttö käyttökohteittain [verkkotietokanta]. [viitattu 4.11.2019]. Saatavissa: http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__04%20Talous__10%20Puun%20energiakaytto/02_Metsahakkeen_kok_kaytto.px/table/tableViewLayout1/?rxid=321afda6-10a0-4533-a923-a099ec54feca

Luonnonvarakeskus. 2019d. Lämpö- ja voimalaitosten kiinteiden puupolttoaineiden käyttö [verkkotietokanta]. [viitattu 4.11.2019]. Saatavissa: http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__04%20Talous__10%20Puun%20energiakaytto/01a_Laitos_ekaytto_maak.px/table/tableViewLayout1/?rxid=28fe9a70-f271-48ef-91c8-ca80540393bc

Luonnonvarakeskus. 2020a. Puupelletit 2019. [verkkojulkaisu]. [viitattu 6.8.2020]. Saatavissa: https://stat.luke.fi/puupelletit-2019_fi

Luonnonvarakeskus. 2020b. Puupelletit (1 000 t). [verkkotietokanta]. [viitattu 6.8.2020]. Saatavissa:

http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__04%20Talous__12%20Puupelletit/01_Puupelletit.px/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0

Lämmitysenergia Yhdistys. 2020. Usein kysytyt kysymykset. [verkkosivut]. [viitattu 13.7.2020]. Saatavissa: https://oljylammitys.fi/ajankohtaista/ukk/

Maaseutu.fi. Vaikuttavuusindikaattorit. [verkkosivut]. [viitattu 14.12.2019]. Saatavissa: https://www.maaseutu.fi/maaseutuverkosto/vaikutukset/tavoitteet-ja-tulokset/tavoitteiden-edistaminen/

Mattsson Patrik. 2020a. Re: Uusi tarjouspyyntö kotisivuilta. Sähköpostiviesti 21.8.2020. Pääsuunnittelija, Kardonar Bioenergy Solutions Oy.

Mattsson Patrik. 2020b. Tarjous pientalon hakelämmitys. Sähköpostiviesti 21.8.2020. Pääsuunnittelija, Kardonar Bioenergy Solutions Oy.

Maynard Robert L. & Ayres Jon. 2013. Air Pollution and Health. Teoksessa: R. M. Harrison, Pollution: Causes, Effects and Control. 5. painos. Cambridge: Royal Society of Chemistry. s. 244-267. ISBN 978-1-68015-810-6.

Mikkelin kaupunki. 2012. Mikkelin kaupungin sekä Hirvensalmen, Ristiinan, Mäntyharjun, Pertunmaan ja Suomenniemen kunnan ympäristönsuojelumääräykset. [verkkodokumentti]. [viitattu 14.8.2020]. Saatavissa: https://hallinta-mikkeli.kunta-api.fi/wp-content/uploads/2017/05/ysm2012_0.pdf

Motiva. 2011a. Pientalojen lämmitysjärjestelmät. [verkkojulkaisu]. [viitattu 16.7.2020]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/4970/PientalonLammitysjarjestelmat.pdf

Motiva. 2011b. Hanki hallitusti ilma-vesilämpöpumppu. [verkkojulkaisu]. [viitattu 8.2.2020]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/4765/Hanki_hallitusti_ilma-vesilampopumppu.pdf

Motiva. 2012a. Puupelletti lämmittää puhtaasti ja uusiutuvasti. [verkkojulkaisu]. [viitattu 4.11.2019]. Saatavissa:

https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/lammitysjarjestelmat/puupelletti_lammittaa_puhtaasti_ja_uusiutuvasti.10752.shtml

Motiva. 2012b. Lämpöä omasta maasta. [verkkojulkaisu]. [viitattu 9.10.2019]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf

Motiva. 2012c. Yksittäisen kohteen CO2-päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO2-päästökertoimet. [verkkojulkaisu]. [viitattu 2.7.2020]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/16064/CO2-laskentaohje_-_Yksittainen_kohde.pdf

Motiva. 2012d. Lämpöä ilmassa – Ilmalämpöpumput. [verkkojulkaisu]. [viitattu 20.10.2019]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/7964/Lampoa_ilmassa_Ilmalampopumput.pdf

Motiva. 2016. Puupellettisiilon rakennusohje. [verkkojulkaisu]. [viitattu 4.11.2019]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa/pelletit_ja_briketit/puupellettisiilon_rakennusohje

Motiva. 2018. Ilmalämpöpumppu. [verkkosivut]. [viitattu 10.8.2020]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiatehokas_sahkolammitys/lampopumpun_hankinta/ilmalampopumppu

Motiva. 2019a. Maalämpöpumppu, MLP. [verkkosivut]. [viitattu 28.10.2019]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/maalampopumppu_mlp

Motiva. 2019b. Hake-, pilke- ja halkokattilat. [verkkosivut]. [viitattu 4.11.2019]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/hake-_pilke-_ja_halkokattilat

Motiva. 2019c. Kaukolämpö. [verkkosivut]. [viitattu 12.2.2020]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo

Motiva. 2019d. Aurinkolämpöjärjestelmät. [verkkosivut]. [viitattu 11.11.2019]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat

Motiva. 2019e. Aurinkokeräinten hyötysuhteet. [verkkosivut]. [viitattu 11.11.2019]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/aurinkokerainten_hyotysuhteet

Motiva. 2019f. Ilma-vesilämpöpumppu, UVLP. [verkkosivut]. [viitattu 20.10.2019]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu_uvlp

Motiva. 2019g. Ilmalämpöpumppu tukilämmityslähteenä. [verkkosivut]. [viitattu 20.10.2019]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilmalampopumppu_tukilammityslahteena

Motiva. 2019h. Poistoilmalämpöpumppu. [verkkosivut]. [viitattu 19.10.2019]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu

Motiva. 2020a. CO2-päästökertoimet. [verkkosivut]. [viitattu 5.7.2020]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-

laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet

Motiva. 2020b. Keskuslämmityskattilat. [verkkosivut]. [viitattu 10.3.2020]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa/keskuslammityskattilat

Motiva. 2020c. Ilma-vesilämpöpumppu. [verkkosivut]. [viitattu 14.2.2021]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu

Motiva. 2020d. Huollettu biokattila säästää polttoainetta. [verkkojulkaisu]. [viitattu 4.8.2020]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2019/huollettu_biokattila_saastaa_polttoainetta.14393.news

Mäkelä Ossi. 1995. Klapikattiloiden käyttöominaisuudet. Vihti: Maatalousteknologian tutkimuskeskus. 30 sivua. VAKOLAn tiedote 71/95. ISSN 0355-1415.

Mäkelä Veli-Matti & Tuunanen Jarmo. 2015. Suomalainen kaukolämmitys. Mikkeli: Mikkelin ammattikorkeakoulu. 155 sivua. ISBN 978-951-588-507-4.

Naukkarinen Rasmus. 2017. Uusiutuvan energian ja uusiutuvan energian tukien kehittyminen Suomessa. Kandidaatintyö. LUT-yliopisto, School of Energy Systems, energiatekniikka. Lappeenranta. 39 sivua.

Obernberger Ingwald & Thek Gerold. 2010. The Pellet Handbook: The production and thermal utilisation of biomass pellets. Lontoo: Earthscan. 549 sivua. ISBN 978-1-84407-631-4.

Oksanen Jaana. 2017. Maalämpö ei kannata joka talossa – ota nämä asiat huomioon. [verkkoartikkeli]. [viitattu 25.7.2020]. Saatavissa: https://www.is.fi/taloussanomat/oma-raha/art-2000005198940.html

Oulun rakennusvalvonta. 2013a. Öljylämmitys. [verkkojulkaisu]. [viitattu 9.2.2020]. Saatavissa: http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_15_Oljylammitys_2013_02_01.pdf

Oulun rakennusvalvonta. 2013b. Pellettilämmitys. [verkkojulkaisu]. [viitattu 12.10.2019]. Saatavissa: http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_11_Pellettilammitys_2013_02_01.pdf

Perälä Rae & Perälä Osmo. 2013. Lämpöpumput. Helsinki: Alfamer/Karisto Oy. 136 sivua. ISBN 978-952-472-192-9.

Pietiläinen Matti. 2016. Valtion energia-avustus loppuu kaikessa hiljaisuudessa. [verkkoartikkeli]. [viitattu 6.10.2019]. Saatavissa: https://www.ksml.fi/kotimaa/Valtion-energia-avustus-loppuu-kaikessa-hiljaisuudessa/848508

Puhakka Asko et al. 2001. Hakelämmitysopas. Helsinki: Motiva. 47 sivua. ISBN 952-5304-12-4.

Raiko Risto et al. 2002. Poltto ja palaminen. Helsinki: Teknillistieteelliset akatemiat. 750 sivua. ISBN 951-666-604-3.

Rakennustutkimus RTS Oy. 2013. Uudet säädökset suosivat puulämmitystä. [verkkosivut]. [viitattu 16.8.2020]. Saatavissa: https://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/laemmitys/puulaemmitys

Rakennustutkimus RTS Oy. 2018. Lämmitystapojen hankinta- ja käyttökustannukset. [verkkosivut]. [viitattu 14.8.2020]. Saatavissa: https://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/laemmitys/lammitystapojen-hankinta-ja-kayttokustannukset

Ranta Tapio. 2017. Introduction to Bioenergy in Finland. BH61A0600 Bioenergy-kurssi, LUT-yliopisto.

Rantala Eino. 2014. Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto. 189 sivua. ISBN 978-951-758-584-2.

Reda Francesco. 2017. Solar Assisted Ground Source Heat Pump Solutions. Cham: Springer International Publishing. 56 sivua. ISBN 978-3-319-49698-6.

Rintamaa Tuomo. 2020. Polttoaineita varastoidaan nyt maatiloille ja jopa vuosikymmeniä pois käytöstä olleeseen kallioluolaan. [verkkoartikkeli]. [viitattu 29.4.2020]. Saatavissa: https://yle.fi/uutiset/3-11326540

Rouvinen S. & Matero J. 2013. Stated preferences of Finnish private homeowners for residential heating systems: A discrete choice experiment. Teoksessa: Biomass and Bioenergy. Elsevier Ltd. s. 22-32. Biomass and Bioenergy vol. 57. ISSN 0961-9534.

Sarbu Ioan & Sebarchievici Calin. 2013. General review of ground-source heat pump systems for heating and cooling of buildings. Teoksessa: Energy and Buildings, Todorovic Branislav et al. 2014. Timisoara: Elsevier B.V. s. 441-454. Energy and Buildings 70. ISSN 0378-7788.

Savolahti Mikko et al. 2015. Pienpolton päästövähennyskeinojen kustannustehokkuus ja vaikutukset väestöaltistukseen. [verkkojulkaisu]. [viitattu 5.11.2019]. Saatavissa: https://www.ym.fi/download/noname/%7B7D7C4FA2-974C-42DE-BCBF-D613E2798057%7D/148073

Savolahti Mikko et al. 2019. Near-term climate impacts of Finnish residential wood combustion. Teoksessa: Energy Policy. Elsevier. Energy Policy vol. 133. ISSN 0301-4215.

Sopha Bertha Maya, Klöckner Christian K. & Hertwich Edgar G. 2010. Adopters and non-adopters of wood pellet heating in Norwegian households. Teoksessa: Biomass & Bioenergy. Elsevier. s. 652-662. Biomass & Bioenergy 35. ISSN 0961-9534.

Suomen Lämmitystieto. 2013. Öljyn hinta, verotus. [verkkosivut]. [viitattu 5.2.2020]. Saatavissa: https://oljylammitys.fi/kustannukset/oljyn-hinta-verotus

TEM. 2011. Energiakatsaus 1/2011. ISSN 1798-9914.

TEM. 2012. Energiakatsaus 1/2012. ISSN 1798-9914.

TEM. 2013. Energiakatsaus 1/2013. ISSN 1798-9914.

TEM. 2017. Energiatuki. [verkkosivut]. [viitattu 11.1.2020]. Saatavissa: https://tem.fi/energiatuki

TEM. 2018. Talousarvioesitys 2019, Ministeriön ehdotus. [verkkodokumentti] [viitattu 22.1.2019]. Saatavissa: https://tem.fi/documents/1410877/2210054/TAE2019+TEM+ehdotus.pdf/8df589c8-27ae-4c5e-9235-131c9ae245a7/TAE2019+TEM+ehdotus.pdf

TEM. 2019. Talousarvioesitys 2020, Ministeriön ehdotus. [verkkodokumentti] [viitattu 22.1.2019]. Saatavissa: https://tem.fi/documents/1410877/2210054/TEMtae2020/2edfe583-6d08-37bd-fbf7-e16b5a9625b5

Thermia. 2017. Kolme tärkeää tekijää, jotka vaikuttavat lämpöpumpun valintaan. [verkkosivut]. [viitattu 27.7.2020]. Saatavissa: https://www.thermia.fi/hyodyllista-tietoa/osta-lampopumppu/lampopumppu-kolme-tekijaa/

Tilastokeskus. 2018a. Rakennukset (lkm, m2) käyttötarkoituksen ja rakennusvuoden mukaan 31.12. 2017. [verkkotietokanta]. [viitattu 8.10.2019]. Saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin_Passiivi/StatFin_Passiivi__asu__rakke/statfinpas_rakke_pxt_001_201700.px/

Tilastokeskus. 2018b. Rakennukset (lkm, m2) käyttötarkoituksen ja lämmitysaineen mukaan 31.12.2017 [verkkotietokanta]. [viitattu 23.10.2019]. Saatavissa:

http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin_Passiivi/StatFin_Passiivi__asu__rakke/statfinpas_rakke_pxt_002_201700.px/

Tilastokeskus. 2018c. Rakennukset maakunnittain 2005-2017 käyttötarkoituksen ja lämmitysaineen mukaan (lkm, m2). [verkkotietokanta]. [viitattu 23.10.2019]. Saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin_Passiivi/StatFin_Passiivi__asu__rakke/statfinpas_rakke_pxt_004_201700.px/

Tilastokeskus. 2018d. Rakennusten lämmityksen energialähteet rakennustyypeittäin. [verkkotietokanta]. [viitattu 14.2.2020]. Saatavissa: https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2018/data/t07_03.xls

Tilastokeskus. 2018e. Asuin- ja palvelurakennusten lämmityksen energialähteet. [verkkotietokanta]. [viitattu 27.2.2020]. Saatavissa: https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2018/data/t07_01.xls

Tilastokeskus. 2019a. Fossiilisten polttoaineiden ja uusiutuvan energian käyttö kasvoivat Suomessa vuonna 2018. [verkkojulkaisu]. [viitattu 4.8.2020]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/ehk/2018/ehk_2018_2019-12-12_tie_001_fi.html

Tilastokeskus. 2019b. Kasvihuonepäästöt kasvoivat, päästökiintiö ylittyi. [verkkojulkaisu]. [viitattu 4.10.2019]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/khki/2018/khki_2018_2019-05-23_tie_001_fi.html

Tilastokeskus. 2019c. Asuin- ja palvelurakennusten lämmityksen hyötyenergia. [verkkotietokanta]. [viitattu 14.2.2020]. Saatavissa: https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2018/data/t07_02.xls

Tilastokeskus. 2019d. Kuntien avainluvut 1987-2018. [verkkotietokanta]. [viitattu 3.12.2019]. Saatavissa: https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/Kuntien_avainluvut/Kuntien_avainluvut__2019/kuntien_avainluvut_2019_aikasarja.px/?rxid=444223df-f91c-4479-891f-5dcd50b983d2

Tilastokeskus. 2019e. Energiaverot sekä huoltovarmuus- ja öljysuojamaksut. [verkkojulkaisu]. [viitattu 18.10.2019]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/ehi/2019/02/ehi_2019_02_2019-09-12_tau_001_fi.html

Tilastokeskus. 2019f. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2018. [verkkojulkaisu]. [viitattu 2.2.2020]. Saatavissa: https://www.stat.fi/til/khki/2018/khki_2018_2019-05-23_kat_001_fi.html

Tilastokeskus. 2020a. Asuin- ja palvelurakennusten lämmityksen energialähteet. [verkkotietokanta]. [viitattu 5.8.2020]. Saatavissa: https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2019/data/t07_01.xlsx

Tilastokeskus. 2020b. Eräiden polttoaineiden ja energialähteiden kulutuksen jakautuminen: Pientalojen lämpöpumput. [verkkotietokanta]. [viitattu 22.7. 2020]. Saatavissa: https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2019/data/t02_11.xlsx

Tilastokeskus. 2020c. Energian kokonaiskulutus energialähteittäin ja CO2-päästöt. [verkkotietokanta]. [viitattu 11.7.2020]. Saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehk/statfin_ehk_pxt_001_fi.px/

Tilastokeskus. 2020d. Rakennukset maakunnittain käyttötarkoituksen ja lämmitysaineen mukaan, 2005-2019. [verkkotietokanta]. [viitattu 15.7.2020]. Saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__asu__rakke/statfin_rakke_pxt_116i.px/

Tilastokeskus. 2020e. Kotimaisten polttoaineiden käyttäjähinnat energiantuotannossa (ei sis. ALV:tä). [verkkotietokanta]. [viitattu 15.6.2020]. Saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehi/statfin_ehi_pxt_001_fi.px

Tilastokeskus. 2020f. Polttonesteiden kuluttajahinnat (sisältää alv:n). [verkkotietokanta]. [viitattu 15.6.2020]. Saatavissa:

http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehi/statfin_ehi_pxt_003_fi.px/

Tilastokeskus. 2020g. Puupelletin kuluttajahinta lämmöntuotannossa (sis. alv). [verkkotietokanta]. [viitattu 15.6.2020]. Saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehi/statfin_ehi_pxt_008_fi.px/

Tilastokeskus. 2020h. Kaukolämmön tuotanto ja kulutus. [verkkotietokanta]. [viitattu 23.7.2020]. Saatavissa: https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2019/data/t04_01.xlsx

Tilastokeskus. 2020i. Eräiden polttoaineiden ja energialähteiden kulutuksen jakautuminen: Aurinkoenergia. [verkkotietokanta]. [viitattu 28.7.2020]. Saatavissa: https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2019/data/t02_12.xlsx

Tilastokeskus. 2020j. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin, snt/kWh. [verkkotietokanta]. [viitattu 8.4.2020]. Saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehi/statfin_ehi_pxt_004_fi.px/

Tilastokeskus. 2020k. Palvelujen tuottajahintaindeksi (2015=100), 2017M01-2020M09. [verkkotietokanta]. [viitattu 1.9.2020]. Saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__hin__pthi/statfin_pthi_pxt_11wg.px/

Tuohiniitty Hannes. 2019. VS: Tarjouspyyntö. Sähköpostiviesti 30.12.2019. Bioenergia ry, toimialapäällikkö.

Tuohiniitty Hannes. 2020a. VS: Tarjouspyyntö. Sähköpostiviesti 8.7.2020. Bioenergia ry, toimialapäällikkö.

Tuohiniitty Hannes. 2020b. VS: Tarjouspyyntö. Sähköpostiviesti 2.4.2020. Bioenergia ry, toimialapäällikkö.

TwinHeat. 2012. TwinHeat: Biofuel systems for quality-conscious customers. [verkkojulkaisu]. [viitattu 21.3.2020]. Saatavissa: https://twinheat.dk/media/1157/twinheat-brochure-nov-2012_uk.pdf

Valtioneuvosto. 2019a. Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. [verkkojulkaisu]. [viitattu 6.10.2019]. Saatavissa: https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi

Valtioneuvosto. 2019b. Talousarvioesitys 2020 ja julkisen talouden suunnitelma vuosille 2020–2023. [verkkojulkaisu]. [viitattu 20.9.2019]. Saatavissa: https://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset_publisher/10616/hallituksen-budjetilla-rakennetaan-sosiaalisesti-taloudellisesti-ja-ekologisesti-kestavaa-suomea

Valtioneuvosto. 2019c. Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. Helsinki: Valtioneuvosto. 182 sivua. Valtioneuvoston julkaisuja 2019:23. ISBN 978-952-287-756-7.

Valtiovarainministeriö. 2018. Energiaverotus. [verkkosivut]. [viitattu 18.10.2019]. Saatavissa: https://vm.fi/energiaverotus

Vakkilainen Esa. 2018a. Biomassan polton päästöt. BH50A0800 Höyrykattilatekniikka-kurssi, LUT-yliopisto.

Vakkilainen Esa. 2018b. Biopolttoaineet. BH50A0800 Höyrykattilatekniikka-kurssi, LUT-yliopisto.

Vapaavuori Jan et al. 2014. Energia- ja ilmastotiekartta 2050. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. 75 sivua. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja: Energia ja ilmasto 31/2014. ISBN 978-952-227-882-1.

Vapo Oy. 2018. Irtopelletti puhallusautolla. [verkkosivut]. [viitattu 27.3.2020]. Saatavissa: https://kauppa.vapo.fi/tilaa/irtopelletti/

Veijonen Kati. 2020. VL: Energiatuen tilastot. Sähköpostiviesti 20.2.2020. Erityisasiantuntija, TEM.

Verohallinto. 2018. Vähennykset tulonsaajaryhmittäin ja tuloluokittain. [verkkotietokanta]. [viitattu 16.10.2019]. Saatavissa: http://vero2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/Vero/Vero__Henkiloasiakkaiden_tuloverot__lopulliset__Vahennykset/020_vahennykset.px/

Verohallinto. 2019. Kotitalousvähennys. [verkkosivut]. [viitattu 19.9.2019]. Saatavissa: https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/verokortti-ja-veroilmoitus/tulot-ja-vahennykset/kotitalousvahennys/

Viirimäki Juha. 2008. Maatilan hakelämmitysopas. Tampere: Metsäkeskukset. 31 sivua. ISBN 978-952-5419-10-8.

Viirimäki Juha. 2020. VS: Hakelämmityksen kustannukset. Sähköpostiviesti 13.8.2020. Bioenergian ja biotalouden asiantuntija, Metsäkeskus.

VNA 16.2.2006/128. Valtioneuvoston asetus asuntojen korjaus-, energia- ja terveyshaitta-avustuksista.

VNA 17.3.2011/283. Valtioneuvoston asetus maankäyttö- ja rakennusasetuksen 62 ja 63 §:n muuttamisesta.

VNA 27.2.2012/1063. Valtioneuvoston asetus energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista.

VNA 25.2.2016/145. Valtioneuvoston asetus uusiutuvan energian ja uuden energiateknologian investointituen myöntämisen yleisistä ehdoista.

VNA 28.12.2017/1098. Valtioneuvoston asetus energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista vuosina 2018–2022.

VNA 19.12.2019/1341. Valtioneuvoston asetus asuinrakennusten energia-avustuksista vuosina 2020–2022.

Ympäristöministeriö. 2017. Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030 – Kohti ilmastoviisasta arkea. Helsinki: Ympäristöministeriö. 142 sivua. Ympäristöministeriön raportteja 21/2017. ISBN 978-952-11-4748-7.