

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Riikka Tanskanen
Minna Koivu-Asikainen

Erillispientalon lämmitysjärjestelmän uusiminen–
Uusiutuvia energiamuotoja käyttävät vaihtoehdot, niiden kustannukset ja päästötarkastelu

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2014
Ympäristötekniikan
koulutusohjelma
Sirkkalantie 12 A
80110 JOENSUU
+358 13 260 6900

Tekijät
Minna Koivu-Asikainen ja Riikka Tanskanen

Nimeke
Erillispientalon lämmitysjärjestelmän uusiminen–
Uusiutuvia energiamuotoja käyttävät vaihtoehdot, niiden kustannukset ja päästötarkas-
telu
Toimeksiantaja Maija ja Matti Koivu

Tiivistelmä
Opinnäytetyössä kartoitettiin vuonna 1982 valmistuneen erillispientalon halko-lämmitys-
järjestelmän vaihtamisen uusiutuvia energiamuotoja käyttäviä vaihtoehtoja, niiden kus-
tannuksia ja päästöjä ilmaan. Tavoitteena oli rajata asukkaiden tarpeita nykyistä järjes-
telmää paremmin vastaavat, uusiutuvia energiamuotoja käyttävät sekä pitkällä tüh-
tämällä kustannustehokkaat kohteeseen soveltuvat ratkaisut. Tavoitteena oli myös ke-
hittää opiskelijoiden ammattiosaamista yhdistämällä ympäristötekniikan alan teoriaa ja
käytäntöä.

Tiedot kerättiin haastattelemalla talon omistajia, havainnoimalla kohteessa sekä työn ai-
hepiirien kirjallisiin ja sähköisiin lähteisiin perehtymällä. Työ aloitettiin tutustumalla työn
tavoitteita vastaavien lämmitysjärjestelmävaihtoehtojen soveltavuuteen, mitoitusperuste-
isiin sekä kustannuksiin. Haastattelujen, havainnoinnin sekä valittujen lähteiden ohjaa-
mana rajattiin sopivat vaihtoehdot, laskettiin niiden kustannukset sekä sähkön hinnan
muutosten vaikutukset kannattavuuteen. Lopuksi vertailtiin vaihtoehtojen hiilidioksidiekvi-
valentti-päästöjä.

Sopiviksi lämmitysjärjestelmiksi rajautuivat pellettilämmitysjärjestelmä, 18 000 euroa,
sekä täysteholle mitoitettu maalämpöjärjestelmä, 18 521 euroa. Energian hinnat ja takai-
sinmaksuajat olivat 5,7 snt/kWh ja 32 vuotta sekä 3,6 snt/kWh ja 23 vuotta. Kun sähkön
hinta nostettiin arvoon 26,8 snt/kWh, pelletin takaisinmaksuaika laski 32 vuodesta 8 vuo-
teen. Maalämpöjärjestelmällä takaisinmaksuaika lyheni 23 vuodesta 10 vuoteen.

Tulevaisuudessa sähkön hinnan tunneittainen vaihtelu tulee lisääntymään. Sähkön hin-
nan noustessa ennusteiden mukaan, energian hinnasta tulee lämmitysjärjestelmän valin-
taa ohjaava tekijä, erityisesti paljon lämmitysenergiaa kuluttavissa kohteissa. Päästöker-
toimia laskettaessa on hyvä huomioida energiamuotojen energiaketjun aikana syntyvät
kokonaispäästöt. Sähköntuotannon välittömät päästökertoimet vaihtelevat merkittävästi
energiamuodosta riippuen. Osateholle mitoitettut lämpöpumpit vähentävät sähkönkulu-
tusta, mutta lisäävät päästöjä aiheuttavan säätövoiman tarvetta.

Kieli
suomi

Sivuja 146
Liitteitä 2, sivumäärät 3 ja 13

Asiasanat
Lämmitysjärjestelmät, uusiutuvat energialähteet, kustannukset, päästöt



THESIS
May 2014
Degree Programme in
Environmental Technology
Sirkkalantie 12 A
FI 80110 JOENSUU
FINLAND
+358 13 260 6900

Authors
Minna Koivu-Asikainen and Riikka Tanskanen

Title
Heating System Renovation of Detached House—
Systems Utilising Renewable Forms of Energy, Their Costs and Examination of Emis-
sions
Commissioned by Maija ja Matti Koivu

Abstract
The purpose of the thesis was to survey heating system options for the detached house, built in 1982, utilizing renewable forms of energy, their costs and emissions into the air. The objective was to define systems that meet residents' requirements beyond the present system, take advantage of renewable forms of energy and are, in the long run, cost efficient solutions suitable for the subject. Students' objective was to develop their expertise by combining environmental engineering theory and practice.

The theory basis was gathered by interviewing the house owners, observing the object and reading electronic sources of information and literature on the theme. The thesis was started with exploration of the heating system alternatives that meet the objective, their dimensioning basis and costs. With the help of the interviews, observations and appointed literature, the suited options were outlined and the costs and an impact of fluctuating electricity price on the investment's profitability were found out.

The pellet heating system and the full-scale geothermal heating system, investment costs €18,000 and €18,521, were found out to be suitable for the detached house. Energy costs and repayment periods were calculated to be 5.7 cents/kWh and 32 years with the pellet system and correspondingly, 3.6 cents/kWh and 23 years with the geothermal heating. If the electricity price runs from 10.5 cents/kWh to 26.8 cents/kWh, the pellet system's repayment time will go down from 32 years to 8 years, and with the geothermal heating system from 23 years to 10 years.

The electricity price will vary hourly more in future. The electricity price will be a noteworthy factor when choosing the heating system, especially with houses consuming a lot of heating energy. When counting emission coefficients, the entire greenhouse gas emissions during the life cycle should be taken into consideration. Instant emission coefficients depend substantially on the energy form. Heat pumps that have been sized up to a partial capacity, reduce the consumption of electricity but increase a need for regulation power supply.

Language
Finnish

Pages 146
Appendices 2
Pages of Appendices 3 and 13

Keywords
Heating systems, renewable energy sources, costs, emissions

Sisältö

1	Johdanto	7
2	Keskeiset käsitteet ja tietoperusta	9
2.1	Keskeiset käsitteet ja sanasto	9
2.2	Lämmitysjärjestelmäremonttien tarve	13
2.3	Uusiutuvia energiamuotoja käyttävät lämmitysjärjestelmävaihtoehdot ..	14
2.3.1	Lämmitysjärjestelmä	14
2.3.2	Pää- ja tukilämmitysjärjestelmä	15
2.4	Halko- ja pilkelämmitys	15
2.4.1	Toimintaperiaate	15
2.4.2	Järjestelmän osat	16
2.4.3	Kattilatyytit	16
2.4.4	Huolto	19
2.4.5	Vahvuudet ja heikkoudet	20
2.5	Pellettilämmitys	21
2.5.1	Pelletti	21
2.5.2	Järjestelmän osat	22
2.5.3	Pelletin saatavuus	24
2.5.4	Huolto	25
2.6	Lämpöpumput	26
2.6.1	Lämpöpumpun toimintaperiaate	26
2.6.2	Lämpökerroin	27
2.7	Maalämpö	28
2.7.1	Järjestelmän osat	28
2.7.2	Järjestelmän soveltuvuus	29
2.8	Ilma-vesilämpöpumppu	31
2.8.1	Järjestelmän osat	31
2.8.2	Toimintaperiaate	32
2.8.3	Lämpökerroin	32
2.8.4	Vahvuudet ja heikkoudet	33
2.9	Poistoilmalämpöpumppu	34
2.9.1	Toimintaperiaate	34
2.9.2	Soveltuvat käyttökohteet	35
2.10	Aurinkolämpö	35
2.10.1	Aktiivinen ja passiivinen hyödyntäminen	35
2.10.2	Järjestelmän osat	36
2.11	Pientuulivoima	38
2.11.1	Voimalatyytit ja mastot	38
2.11.2	Sijoittamispaikka	39
2.11.3	Järjestelmän osat ja toimintaperiaate	40
2.11.4	Huolto	41
2.12	Hybridiratkaisut	42
2.13	Kaukolämpö	42
2.13.1	Toimintaperiaate	42
2.13.2	Järjestelmän osat	43
2.13.3	Säädöt ja huolto	45
2.14	Sähkölämmitys	45
2.14.1	Sähköntuotanto	45
2.14.2	Suora ja varaava sähkölämmitys	46

2.14.3	Vahvuudet ja heikkoudet	47
2.15	Lämmitysjärjestelmän mitoittaminen	47
2.15.1	Lämmitysjärjestelmän mitoittamisen perusteet	48
2.15.2	Lämmitysenergiankulutuksen laskenta	48
2.15.3	Lämmitystehontarpeen laskenta	49
2.15.4	Uusiutuvia energiamuotoja käyttävien lämmitysjärjestelmien mitoittaminen	50
2.16	Lämmitysjärjestelmän valinta	52
2.16.1	Valintaa ohjaavat tekijät	53
2.16.2	Uusiutuvia energiamuotoja käyttävien lämmitysjärjestelmien investointi- ja käyttökustannukset	54
3	Tutkimuksen lähtökohdat ja tehtävät	56
3.1	Tarkoitus ja tavoitteet	56
3.2	Kehittämisasetelma	57
3.2.1	Erillispientalo ja sen ympäristö	57
3.2.2	Talon asukkaat	58
3.2.3	Nykyinen lämmitysjärjestelmä	59
3.3	Tutkimustehtävät	61
3.4	Opinnäytetyötä ohjaavat tekijät	62
4	Toimintaympäristö	63
4.1	Ilmastonmuutos	63
4.1.1	Määritelmä	63
4.1.2	Vaikuttavat tekijät	63
4.1.3	Vaikutukset	64
4.2	Ilmastopolitiikka	65
4.2.1	Kansainvälinen ilmastopolitiikka	65
4.2.2	Euroopan unionin ilmastopolitiikka	66
4.2.3	Kansallinen ilmastopolitiikka	69
4.2.4	Itä-Suomen energiaomavaraisuustavoitteet	72
4.3	Kasvihuonekaasupäästöjen tarkastelu	74
4.3.1	Energiaketju	74
4.3.2	Hiilidioksidiekvivalentti-päästötarkastelu	75
4.3.3	Välilliset ja välittömät päästökertoimet	75
4.3.4	Sähköntuotannon välilliset päästökertoimet	76
4.3.5	Polttopuun, pelletin ja aurinkolämmön välilliset päästökertoimet ..	79
4.3.6	Sähköntuotannon päästökertoimet	80
4.4	Sähkön hinta	82
4.4.1	Nykyiset sähkömarkkinat	82
4.4.2	Sähkön hintaan vaikuttavat tekijät	82
4.4.3	Sähkömarkkinat tulevaisuudessa	83
4.4.4	Hintatason ennustaminen	87
5	Toiminnan eteneminen ja työskentelyn kuvaus	90
5.1	Tutkimusmenetelmät	90
5.2	Työn eteneminen	91
6	Tulokset	94
6.1	Lämmitysenergian kulutus	94
6.2	Tehontarve	97
6.3	Lämmitysjärjestelmävaihtoehtojen rajaaminen	98
6.3.1	Ympäristön maankäyttö	98
6.3.2	Tontti	99
6.3.3	Erillispientalo ja nykyinen lämmitysjärjestelmä	101

6.3.4 Asukkaat.....	101
6.4 Kustannukset	102
6.4.1 Pelletti.....	102
6.4.2 Maalämpö.....	105
6.4.3 Sähkön hinnan muutosten vaikutus.....	107
6.5 Pelletti- ja maalämpöjärjestelmän välittömien päästökertoimien tarkastelu	110
6.5.1 Pelletti.....	110
6.5.2 Maalämpö.....	110
7 Pohdinta.....	113
7.1 Tulosten tarkastelu.....	113
7.1.1 Lämmitysjärjestelmävaihtoehdot	113
7.1.2 Sähkön hinnan vaikutus kannattavuuteen	120
7.1.3 Päästötarkastelu.....	121
7.1.4 Ilmastopolitiikan ohjausvaikutus	123
7.2 Sähkön hinnan kehityksen arviointi.....	125
7.3 Toteutuksen ja menetelmien arviointi.....	127
7.4 Työn yleistettävyys.....	129
7.5 Työn eettisyyden ja luotettavuuden arviointi	131
7.6 Opinnäytetyön tekijöiden oppimisprosessi	134
7.6.1 Riikka Tanskanen	134
7.6.2 Minna Koivu-Asikainen	136
7.7 Opinnäytetyön työnjaon arviointi	136
Lähteet.....	138

Liitteet

- Liite 1 Erillispientalon pohjapiirros ja rakennusten sijainti tontilla
- Liite 2 Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

1 Johdanto

Opinnäytetyössä selvitettiin Kontiolahden kunnan Onttolan kylässä sijaitsevan vuonna 1982 valmistuneen erillispientalon lämmitysjärjestelmän uusiutuvia energiamuotoja käyttävät vaihtoehdot, niiden kustannukset, sähkön hinnan vaikutus kustannuksiin sekä järjestelmävaihtoehtojen päästökertoimet. Työ toteutettiin perehtymällä aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen ja sähköiseen materiaaliin sekä selvittämällä erillispientalon omistajilta tarvittavat tiedot lämmitysjärjestelmän nykytilasta ja tulevaisuuden tavoitetilasta. Työn aikana otettiin yhteyttä Kontiolahden kuntaan lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavien mahdollisten rajoitteiden selvittämiseksi. Lisäksi haastateltiin Fortum Oyj:n kaukolämpöasiantuntijaa. Työn edetessä selvitettiin kohdekiinteistölle soveltuviksi todettujen lämmitysjärjestelmien kustannukset. Soveltuville lämmitysjärjestelmävaihtoehdoille tehtiin päästökerrointarkastelu. Työ toteutettiin kevään 2014 aikana.

Omistajat ovat kiinnostuneita lämmitysjärjestelmän uusimisen teknisistä vaihtoehdoista ja niiden kustannuksista, sillä kohdekiinteistön puulämmitteisen keskuslämmityskattilan vaihtaminen tulee ajankohtaiseksi lähitulevaisuudessa. Lämmitysjärjestelmän uusimisen teknisten vaihtoehtojen ja niiden kustannusten selvittäminen auttaa mahdollisen lämmitysjärjestelmäremontin tekemisessä. Selvitystä voidaan pitää myös erillispientalon myyntiä edistävänä valttina, jos omistajat päätyvät myymään kohteen tekemättä lämmitysjärjestelmäremonttia.

Opinnäytetyönä tehtävä selvitys yhdisti ympäristötekniikan alan teoriaa sekä käytäntöä, ohjasi käyttämään alaan liittyvää lähdeaineistoa ja kehittämään uutta tietoa. Selvitys tuki ympäristötekniikan uusiutuvaan energiaan suuntautuneiden opiskelijoiden kirjallista, suullista sekä kuvallista esitystaitoa, mahdollisti koulutusalaan liittyvien ongelmien ratkaisemisen sekä alalla käytettäviin työskentelymenetelmiin tutustumisen ja ohjasi etsimään tarkoitusta vastaavaa kustannustehokasta ratkaisua. (ks. Kauppinen, Nummi & Savola 2010, 157 - 158.)

Opinnäytetyön tekeminen jakautui kahdelle opiskelijalle. Työn tiivistelmän kirjoittivat Minna Koivu-Asikainen ja Riikka Tanskanen. Englanninkielisen tiivistelmän kirjoitti Riikka Tanskanen. Opinnäytetyöraportin luvut 1, 2, 3.1, 3.3, 4, 5, 6.5,

7.1.1, 7.1.3, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6 ja 7.7.1 on tehnyt Riikka Tanskanen. Minna Koivu-Asikainen on tehnyt luvut 3.2, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 7.1.2 ja 7.7.2. Yhdessä on tehty luvut 3.4 ja 7.8. Työn ohjaajana Karelia-ammattikorkeakoulun puolesta toimii projektikoordinaattori Markus Hirvonen ja toimeksiantajina kohteena toimivan erillispientalon omistajat Maija ja Matti Koivu.

2 Keskeiset käsitteet ja tietoperusta

2.1 Keskeiset käsitteet ja sanasto

CO₂-ekv. Hiilidioksidiekvivalentilla tarkoitetaan ihmisten tuottamien kasvihuonekaasujen (hiilidioksidin, metaanin ja typpidioksidin), vaikutusta muutettuna hiilidioksidin ilmastovaikutukseksi eri kertoimien avulla (Heljo, Nippala & Nuuttila 2005).

Energiaketjulla kuvataan primäärienergiälähteen matkaa energialähteiltä loppukäyttöön ja käytöstä syntyvien jätteen poistoon (Hellgren, Heikkinen & Suomalainen 1996, 33 - 34). Primäärienergialla tarkoitetaan energiaa, jota ei ole jalostettu tai kuljetettu (Bröckl, Pesola & Vanhanen 2010).

Halko on keskimäärin metrin mittainen, kahteen tai neljään osaan halkaistu polttopuu (Metsäkeskus 2014).

Herkkyyshanalyysi on laskennan menetelmä, jonka avulla selvitetään tiettyjen tekijöiden, esimerkiksi hintojen, muutoksien vaikutuksia laskennan lopputulokseen (Sanoma Media Finland Oy 2014).

Hiilidioksidi on merkittävin ihmiskunnan tuottama kasvihuonekaasu, jonka määrä ilmakehässä johtuu nykytietämyksen perusteella pääasiassa fossiilisten polttoaineiden (öljyn, kivihiilen ja maakaasun) käytöstä (Ilmatieteen laitos 2014b).

Irtokuutiometri (i-m³) on jokaiselta sivultaan yhden metrin mittaisen kuution koinen tilavuus polttopuuta heitettynä kasaan (Metsäkeskus 2014). Kiintokuutiometri vastaa 2,5 irtokuutiometriä (Paukkunen 2014a).

Kasvihuonekaasujen molekyyliarakenteen ansiosta ne pystyvät sitomaan itseensä tietyillä aallonpituuksilla tulevaa lämpösäteilyä ja luovuttamaan sidotun energian jälleen säteilyä maan pinnalle ja osittain avaruuteen. Tärkeimmät luonnostaan ilmakehässä esiintyvät kasvihuonekaasut ovat vesihöyry, hiilidioksidi,

metaani, typpidioksidi ja otsoni. Ihmisen toiminta lisää hiilidioksidin, metaanin sekä typpidioksidin määrää ilmakehässä. (Ilmatieteen laitos 2014d.)

Kiintokuutiometri (k-m³) on umpipuuta oleva kuutio, jonka jokainen sivu on pituudeltaan yhden metrin mittainen (Metsäkeskus 2014).

Kosteudella tarkoitetaan raaka-aineen kosteutta saapumistilassa. Se lasketaan jakamalla ennen kuivausta olleen painon ja kuivauksen jälkeisen painon erotus ennen kuivausta olleella painolla. Saatu tulos kerrotaan luvulla 100. (Alakangas 2000.)

Kuiva-aineella tarkoitetaan osaa, mikä jää jäljelle, kun kaikki sen sisältämä vesi on poistettu (Oxford University Press 2014).

Lauhdevoimalla tarkoitetaan kivihiilellä, öljyllä tai maakaasulla tuotettua sähköä. Polttamalla polttoainetta vesi kuumennetaan höyryksi ja höyry pyörittää turbiinia, joka pyörittää generaattoria. Turbiinin jälkeen jäljelle jäänyttä lämpöenergiaa ei yhdistetyn lämmön ja sähkön tuotannon tapaan hyödynnetä, vaan se lauhdetaan jäähdytysveden avulla. (Fortum Oyj 2013.)

Lämmitysenergia saadaan laskemalla yhteen rakennuksen tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian kulutus (Ympäristöministeriö 2008, 5 - 16).

Lämmitystarvelukujen avulla normeerataan eli tehdään keskenään vertailukelpoisiksi, toteutuneita lämmitysenergian kulutuksia. Toteutuneiden lämmitysenergian kulutuksien tekeminen vertailukelpoisiksi on mahdollista, sillä rakennuksen energiankulutus on verrannollinen sisä- ja ulkolämpötilojen erotukseen. Vertailu voidaan tehdä saman rakennuksen eri vuosien kulutuksille tai eri paikkakunnilla oleville rakennuksille. (Ilmatieteen laitos 2014e.)

Lämmitystehontarve lasketaan laskemalla yhteen tilakohtaiset samanaikaiset lämmitystehontarpeet, mahdollinen tuloilman lämmitystehontarve ja lämpimän käyttöveden samanaikainen tehontarve (Ympäristöministeriö 2013).

Lämpimällä käyttövedellä tarkoitetaan erillispientalossa muuta kuin tilojen lämmönjakoverkostossa kiertävää lämmintä vettä. Asuinrakennuksessa lämpimän käyttöveden osuus on noin 40 % veden kokonaiskulutuksesta (Motiva Oy 2013i).

Lämpökerroin kuvaa lämpöpumpun hyötysuhdetta. Lämpökertoimen ollessa 2 hyötysuhde on 200, eli pumppu ottaa yhden yksikön energiaa ja tuottaa 2. (Motiva Oy 2014c.)

Metaani on hiilidioksidia voimakkaampi, mutta lyhytikäisempi kasvihuonekaasu, jota syntyy eloperäisen aineksen hajotessa hapettomissa olosuhteissa. Arviolta 2/3 metaanipäästöistä on ihmiskunnan aiheuttamia. (Ilmatieteen laitos 2013.)

Nimellisteho eli hyötyteho tarkoittaa koneen antamaa tehoa (Suvanto 2010, 183).

Osa- ja täystehomitoituksessa lämmitysjärjestelmät mitoitetaan joko tuottamaan kaikki rakennuksen tarvitsema lämmitysenergia tai vain osan siitä (Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto 2002).

Paikkakunnan mitoittavan ulkolämpötilan valitsemiseksi Suomi on jaettu neljään lämpövyöhykkeeseen, joille on annettu rakennuksen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien mitoittamisessa käytettävät mitoittavat ulkolämpötilat, jotka on saatu testivuosiaineistojen perusteella (Ilmatieteen laitos 2014e).

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa rakennukseen tuleva ilma saadaan ulkoseinän ja ikkunarakenteiden tuloilmalaitteista sekä vuotoilmana rakenteiden läpi ja poistettava sisäilma keskitettyjen katolle johtavien poistoilmakanavien kautta ulos (Taloyhtiöt.net 2014).

Pilke on 0,2 - 0,5 m pitkää pyöreästä ja karsitusta puusta katkaistua ja halkaistua polttopuuta (Metsäkeskus 2014).

Pinokuutiometri (p-m³) on kuution, jonka jokaisen sivun pituus on metri, kokoinen polttopuupino (Metsäkeskus 2014). Kiintokuutiometri vastaa 1,5 pinokuutiometriä (Paukkunen 2014a).

Pohjoismainen sähköpörssi eli Nord Pool on Suomen, Ruotsin, Norjan ja Tanskan sähköpörssi, jonne sähköä tuottavat voimalaitokset tarjoavat sähköä myyntiin ja sähkön vähittäismyyjät sekä suuret teollisuuslaitokset ostavat tarjottua sähköä. Sähkön hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan perusteella. (Pohjois-Karjalan Sähkö Oy 2014b.)

Polttopuu on yhtenäiseen mittaan katkottua, halottua uunivalmista polttopuuta, jota käytetään kotitalouksien puulla lämmitettävissä laitteissa (Metsäkeskus 2014).

Primääri-ilma ylläpitää puiden kaasuttamispaloa (NunnaUuni Oy 2014).

Pyrolyysikaasut ovat puun lämmitessä siitä vapautuvia palavia hiilivetyjä, joiden palaminen nähdään keltaisena liekkiä (Rakentaja.fi 2013).

Päästökaupan ideana on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä siellä, missä se on edullisinta. Tällöin yritys voi ostaa päästöoikeuksia lisää, jos se tulee edullisemmaksi kuin omien päästöjen vähentämistoimet. Päästökaupan piiriin kuuluvat suurten teollisuus- ja energiantuotantolaitosten hiilidioksidipäästöt. Kaupan tarkoituksena on pitää päästökaupan piiriin kuuluvien toimialojen päästöt oikeuksien päästökaton rajoissa. Päästöoikeuden hinta määräytyy markkinoilla kysynnän ja tarjonnan mukaan. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014.)

Päästökerrointen avulla konkretisoidaan ja vertaillaan energiantuotannon eri tapojen ja polttoaineiden välisiä päästöjä (Suomi, Hietaniemi & Hellgrén 2004).

Sekundääri-ilma mahdollistaa puun kaasuuntumispalossa syntyneiden kaasujen palamisen (NunnaUuni Oy 2014).

Syöttöteho on koneen ottama teho (Suvanto 2010, 183).

Tulistusmenetelmällä tuotettava lämmin käyttövesi saadaan lämpöpumpun ylimääräisen lämmönvaihtimen avulla. Lämpimän käyttöveden lämpötilavaatimus on yleensä lämmönjakoverkoston vaimaa menoveden lämpötilaa korkeampi, joten sen lämpötilaa tulee nostaa. Tulistusmenetelmässä lämpöpumpun kuumin tuottama energia siirretään lämminvesivaraajaan yläosaan, jossa lämmin käyttövesi kuumennetaan. Näin koko varaajan veden lämpötilaa ei tarvitse nostaa tarpeettoman korkeaksi. Tulistustekniikka ei vaadi lämpimän käyttöveden valmistamiseen sähkövastuksia. (Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy 2014.)

Typpidioksidi aiheuttaa rehevöitymistä sekä happamoitumista ja edistää ilmakehässä toisen kasvihuonekaasun, alilmakehän otsonin, muodostumista. Typpidioksidin lähteitä ovat energiantuotanto, teollisuusprosessit sekä liikenne. (Ilmanlaatuportaali 2014.)

Uusiutuvilla energiamuodoilla tarkoitetaan primäärienergian lähteitä, jotka ovat inhimillisillä mittasuhteilla loppumattomia (SYKE 2014a). Uusiutuviksi energiamuodoiksi lasketaan aurinko-, tuuli-, vesi- ja bioenergia, maalämpö sekä vuorovedestä ja aalloista saatava energia. Bioenergiaan kuuluvat puuperäiset polttoaineet, peltobiomassat, biokaasu sekä kierrätyspolttoaineiden biohajoava osuus. (Motiva Oy 2014d.)

Yhdistetyssä lämmön- ja sähköntuotannossa hyödynnetään sähköntuotannon hukkalämpöä käyttämällä sitä kiinteistöjen lämmittämiseen, jolloin voimalan hyötysuhde voi parhaimmillaan nousta yli 90 prosenttiin, kun erillisessä sähköntuotannossa hyötysuhde on keskimäärin 40 %. 30 % Suomessa tuotetusta sähköstä tuotetaan yhteistuotannossa. (Teknologiateollisuus 2014.)

2.2 Lämmitysjärjestelmäremonttien tarve

Sähköllä lämmitetään 40 prosenttia Suomen pientaloista. Sähkön hinta on kuitenkin noussut nopeasti ja lisännyt kustannuksia verrattuna muihin lämmitysmuotoihin. Suomessa kuluttajasähkön hinta on Euroopan halvimpia. Hinta määräytyy Pohjoismaisessa sähköpörssissä, mutta on mahdollista, että tulevaisuudessa sähkön hinnan määrää koko Euroopan kattava sähköpörssi. Euroopan kattavaan

sähköpörssiin siirtyminen loisi nousupaineita sähkön hinnalle Suomessa. Etäluettavien sähkömittareiden avulla sähkönkulutusta voidaan mitata reaaliaikaisesti. Tuntikohtaiseen hinnoitteluun siirtyminen nostaisi sähkön hintaa kulutuksen suurimpina piikkeinä merkittävästi. Tämä tarkoittaa, että sähkön tarpeen ollessa suurimmillaan myös hinta on korkein. (Oulun rakennusvalvonta 2013.) Suurimpaan osaan uusista pientaloista tulee jollain tavalla sähköön perustuva lämmitysjärjestelmä. Sähkölämmitys vaatii sähkön tuotantokapasiteetin lisäämistä lämmityskaudella, jolloin sähkön tuottamiseen käytetään suuria kasvihuonepäästöjä aiheuttavaa lauhdevoimaa. Lauhdevoimaa tuotetaan talven kylmimpinä kuukausina, jolloin myös sähkön kysyntä on suurinta. Täten sähkön lämmityskäyttö aiheuttaa merkittävät kasvihuonekaasupäästöt. (Kuosmanen 2014.)

Suoran sähkölämmitysjärjestelmän muuttaminen toimimaan muulla energiamuodolla vaatii yleensä lämmönjakoverkoston uusimista. Lämmönjakoverkoston uusiminen on suhteellisen suuri remontti, joten sen sijaan suoraa sähkölämmitystä voidaan tukea ilmalämpöpumpuilla. Vesikiertoisena varaavan sähkölämmitysjärjestelmän energiamuodon vaihtaminen puolestaan on helpompaa. Sähkövaraajan ollessa hyväkuntoinen, sen rinnalle voidaan lisätä ilma-vesilämpöpumppu tai maalämpöjärjestelmä. Toimivaa varaajaa voidaan hyödyntää myös osana pellettilämmitysjärjestelmää tai siihen voidaan liittää aurinkokeräimiä. (Oulun rakennusvalvonta 2013.)

2.3 Uusiutuvia energiamuotoja käyttävät lämmitysjärjestelmävaihtoehdot

2.3.1 Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmä on kokonaisuus, joka koostuu energiamuodosta, lämmönkehitysjärjestelmästä sekä lämmön varastoinnista ja jakelusta. Energiamuotoja voivat olla esimerkiksi pelletti tai aurinko. Lämmönkehitysjärjestelmällä tarkoitetaan esimerkiksi kattilaa, jolla pelletin kemiallinen energia muunnetaan lämmöksi. Suurimmassa osassa lämmitysjärjestelmiä lämpö tuotetaan keskitetysti yhdessä paikassa ja jaetaan tasaisesti lämmönjakojärjestelmän tekniikasta riippuvalla tavalla muualle lämmitettävään kohteeseen. (Von Bell & Tala 2014a.)

2.3.2 Pää- ja tukilämmitysjärjestelmä

Päälämmitysjärjestelmällä tarkoitetaan erillispientalon lämmitysjärjestelmää, joka tuottaa suurimman osan tai kaiken tarvittavan lämmitysenergian. Päälämmitysjärjestelmän rinnalla voi olla tukilämmitysjärjestelmä, jolla pienennetään otettavan energian määrää ja samalla lämmityskustannuksia. Tukilämmitysjärjestelmät ovat täydentäviä, eikä niillä käytännössä voida kattaa kiinteistön lämmöntarvetta kokonaan. Tukilämmitysjärjestelmistä tulisijat toimivat myös varalämmitysjärjestelminä päälämmitysjärjestelmän häiriötilanteissa. Muita tukilämmitysjärjestelmiä ovat aurinkolämpö, pellettitakka sekä ilmalämpöpumput. (Motiva Oy 2013g.)

Erillispientalon uusiutuvia lämmitysmuotoja ovat puulämmitys (halko ja pelletti), maalämpö, aurinkolämpö, tuulivoima, lämpöpumput sekä edellä mainittujen erilaiset hybridiratkaisut. Vaihtoehtona voidaan pitää myös uusiutuvilla energialähteillä tuotettua alue- tai kaukolämpöä, jos verkkoon liittyminen on mahdollista. Uusiutuvilla energiamuodoilla tuotettu sähkölämmitys on myös mahdollinen.

2.4 Halko- ja pilkelämmitys

2.4.1 Toimintaperiaate

Puulämmitysjärjestelmässä puupolttoaine lämmittää kattilassa veden, jota kiertetään talon lämmönjakojärjestelmässä. Puulämmitysjärjestelmään voi kuulua kattilan ja lämmönjakoverkoston lisäksi varaaja, johon lämpöä varastoidaan. (Valtion ympäristöhallinto 2014a.) Puulämmityskattiloissa voidaan käyttää polttoaineena halkoa ja pilkettä. Polttoaineen polttamisesta syntyvä lämpö jaetaan vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä. Lämminvesivaraajan liittäminen puukeskuslämmitysjärjestelmään harventaa polttoaineen syöttöväliä. Yksi lämmityskerta voi riittää vuorokauden lämmöntarpeen aikaansaamiseen, kun kattilan kehittämä lämpö siirretään vedellä täytettyyn varaajaan ja sieltä lämmönjakoverkoston. (Motiva Oy 2009.)

2.4.2 Järjestelmän osat

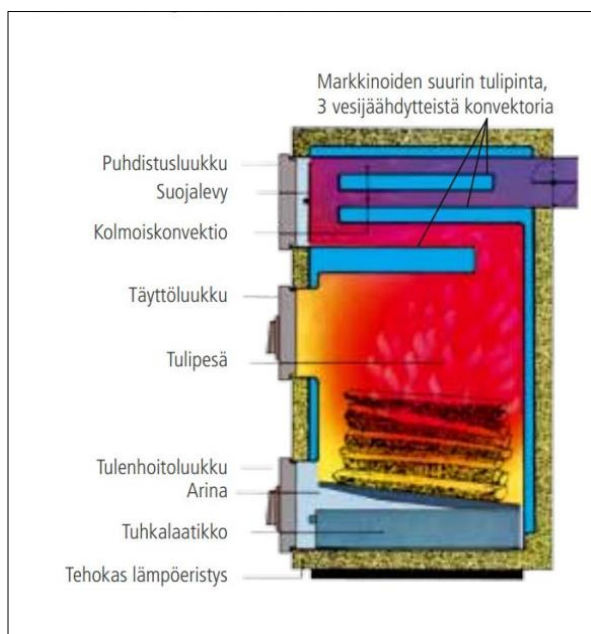
Puukattilat voivat olla ylä-, ala- tai käänteispalokattiloita (Motiva Oy 2009). Lämmitysjärjestelmä koostuu kattilasta, lämminvesivaraajasta, kalvopaisunta-astiasta, venttiileistä sekä lämpö- ja painemittareista. Kattilassa lämmennyt vesi ohjataan varaajaan, josta sitä käytetään tilojen lämmitykseen sekä lämpimänä käyttövetenä. Lämmin käyttövesi lämmitetään lämminvesivaraajassa olevassa kierukassa. Kattilan lämpötilan noustessa kattilan termostaatti aukeaa ja pumppu kiertää vettä kattilan ja varaajan välillä. Termostaatti estää kylmän veden kulkeutumisen kattilasta varaajaan. Kattilan ja varaajan välisen energiansiirron tulee toimia saumattomasti, ettei kattilan paine ja lämpötila nouse yli sallittujen arvojen. (Turvatekniikan keskus 2009.)

Lämminvesivaraaja siis vähentää kattilan ylikuumentumisen riskiä, tehostaa polttoaineen palamistapahtumaa ja nostaa järjestelmän hyötysuhdetta. Halkolämmitysjärjestelmän varaaja on 0,5 - 5 m³ lämmönvaraustarpeesta riippuen. Kalvopaisunta-astia kompensoi veden lämpölaajenemista, jolloin järjestelmän paine ei pääse nousemaan liian korkeaksi. Kalvopaisunta-astian toiminnan häiriön takia järjestelmässä on varoventtiili, joka aukeaa järjestelmän paineen noustessa liian korkeaksi. Varoventtiilin tulee pystyä puhaltamaan kaikki kattilan tuottama höyry/vesi, jonka kattila tuottaa toimiessaan suurimmalla teholla. Varoventtiilin kunnossapito on tärkeä osa kattilan huoltotöitä, jotta venttiili toimii tarvittaessa. Jos venttiili ei toimi paineen noustessa yli sallitun rajan, voi kattila räjähtää. Uusissa kattiloissa on ylikuumentumissuoja, joka estää lämpötilan liiallisen nousemisen. (Turvatekniikan keskus 2009.)

2.4.3 Kattilatyypit

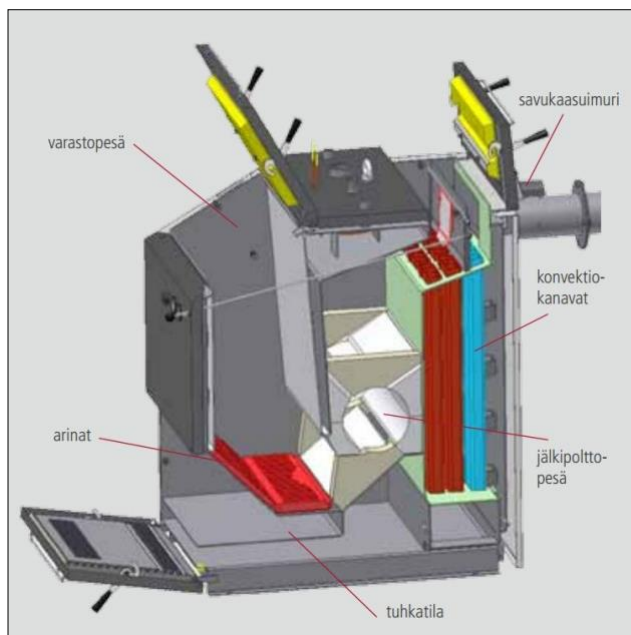
Yläpalokattilan (kuva 1) toiminta perustuu siihen, että polttoainetta lisätään pieniä määriä kerrallaan säännöllisesti. Yläpalokattilan rinnalle kannattaa liittää varaaja, johon saatavaa lämpöä voidaan varastoida. (Motiva Oy 2009.) Kattilassa palaminen tapahtuu polttoainekasan päällä. Polttoaine lisätään panoksittain, sillä kattilassa ei ole polttoaineen varastopesää. Polttoainepanoksen päällimmäiset puut palavat ja alimmat puut kuivuvat, kaasuuntuvat ja kaasut kulkevat liekin läpi, jolloin ne syttyvät palamaan. Uudet puut suositellaan lisättävän hiilloksen päälle.

Hiillokselle lisätyt puut kuivuvat nopeasti, alkavat pyrolysoitua ja syttyvät hetken päästä palamaan. (Motiva Oy 2014e.)



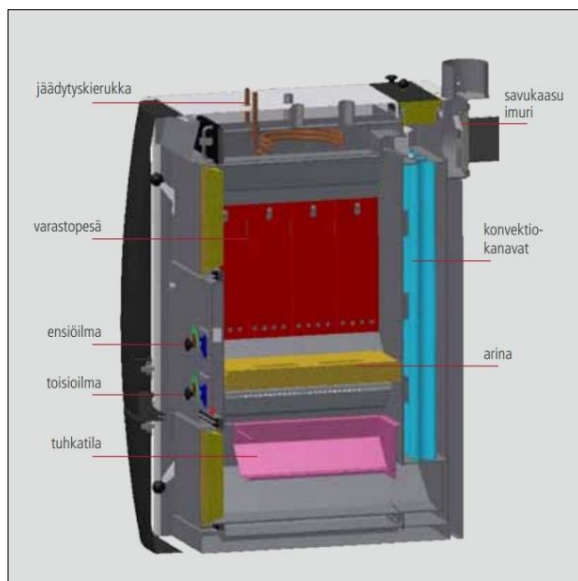
Kuva 1. Arimax 240 yläpalokattilan poikkileikkauskuva. (Kuva: Ariterm Oy.)

Alapalokattilaan (kuva 2) polttoainetta voi lisätä suurempia määriä kerrallaan ja palaminen on tasaisempaa (Motiva Oy 2009). Alapalokattilassa palaminen tapahtuu varastopesässä olevan puupinon alaosassa. Varastopesän pohjan muodostaa arina, jonka läpi imetään palamisilmaa savupiipun tai savukaasupuhaltimen avulla. Palamisilmaa saadaan myös palotilan sekundäärisuuttimien läpi. Polttoainekasan alle syntyy hiillos, joka loppuun palaessaan tippuu arinan läpi tuhkatilaan, jossa kekäleet palavat arinan läpi virtaavan primääri-ilman ansiosta loppuun. (Motiva Oy 2014a.)



Kuva 2. Ariterm 35+ ja 60+ alapalokattiloiden poikkileikkauskuva. (Kuva: Ariterm Oy.)

Käänteispalokattilassa (kuva 3) puu kaasuuntuu ja syntynyt kaasu poltetaan erillisessä jälkipolttotilassa korkeassa lämpötilassa. Käänteispalokattilassa palaminen on kattilatyypeistä puhtainta. (Motiva Oy 2009.) Käänteispalokattilaa pidetään alapaloperiaatteen parannuksena. Käänteispalojärjestelmässä palaminen tapahtuu polttoainesäiliön alaosassa, josta liekit menevät alaspäin keraamisen arinan läpi. Polttopuut valuvat varastosäiliössä painovoimaisesti alaspäin arinalle sitä mukaa kun ne palavat. Polttopuista pyrolysoituvat kaasut poltetaan arinan alla olevassa vapaassa tilassa sekundääri-ilman avulla. Pyrolyysikaasujen polttamiseen tarkoitettua tyhjää tilaa alapuolella, arinan alla, on tuhkatila. Kaasujen polttaminen tuhkatilan päällä varmistaa hiilien loppuun palamisen. Tulipesän veto varmistetaan yleensä savukaasupuhaltimella, minkä ansiosta palamista voidaan hallita tarkemmin palamisilman säätämisen ansiosta. (Motiva Oy 2014b.)



Kuva 3. Arterm 25+ käänteispalokattilan poikkileikkauskuva. (Kuva: Arterm Oy.)

2.4.4 Huolto

Pientalossa kuluu vuosittain keskimäärin 20 pinokuutiometriä polttopuuta. Polttopuut varastoidaan kylmävarastoon. Hyvä puukattila pääsee nimellisteholla yli 80 prosentin hyötysuhteeseen. Kattilan huoltotoimenpiteisiin kuuluvat tuhkan poisto ja kattilan nuohous. Nuohous tulee suorittaa useammin, jos käyttää huonolaatuista polttoainetta ja lämmittää osatehoilla. Tuhkat tulee poistaa tarpeen mukaan, mutta ennen kuin tuhkan yläpinta nousee arinaan kiinni. Näin vältetään arinan liiallinen kuumentuminen. (Motiva Oy 2009.)

Savuhormin nuohous ja kunnon tarkistus tulee suorittaa vähintään kerran vuodessa paloturvallisuuden takia. Nuohouksen jälkeen savukaasut pääsevät esteettä ulos. Palamisprosessi paranee, joten polttoainetta kuluu vähemmän ja päästöt ilmaan pienenevät. Kattilan huoltotoimenpiteet riippuvat yleensä hankitusta kattilasta. Vaatimattomampi järjestelmä vaatii käyttäjältään enemmän kuin moderni automatisoitu vaihtoehto. On kuitenkin muistettava, että automaattinenkaan järjestelmä ei ole täysin huoltovapaa, vaan vaatii säännöllistä huoltoa ja toiminnan tarkkailua. (Turvatekniikan keskus 2009.)

2.4.5 Vahvuudet ja heikkoudet

Halkolämmitysjärjestelmän etuna voidaan pitää polttoaineen edullista hintaa. Lisäksi polttoaine on uusiutuvaa, ympäristöystävällistä ja kotimaista. Polttopuun käytössä tulee aina huomioida, että poltettavan puun tulee olla kuivaa. Juuri kaadetun puun kosteus on 40 - 50 % ja lämmitykseen käytettävän puun sopiva kosteus on 20 %. Jotta juuri kaadettu puu saadaan kuivamaan haluttuun kuivuuteen, kuluu siihen ulkokuivatuksessa noin vuosi. Jos polttopuut tehdään itse, tulee varautua kuivatukseen kuluvaan aikaan, jotta kuivaa polttopuuta on varattuna tarpeeksi jokaista lämmityskautta varten. (Ariterm Oy 2011.)

Polttopuulla lämmittäminen vaatii monia työvaiheita. Puut tulee kaataa, karsia, kasata, kuljettaa, sahata, halkoa, pinota ja kuljettaa varastoon. Itse tehdyillä polttopuilla säästää huomattavia summia, mutta se vaatii aktiivisen lämmittäjän. Liian kostean polttoaineen käyttäminen lyhentää kattilan käyttöikää, lisää haitallisia päästöjä ja kattilan puhdistustarvetta. Liian kostean polttoaineen käyttäminen lisää myös puun kulutusta, jonka seurauksena lisääntyvät myös lämmitystyön määrä ja siihen kuluva aika. Erillispientalo, joka kuluttaa energiaa 29 000 kWh vuodessa, käyttää lämpöarvoltaan 1 400 kWh/p-m³ sekapolttopuuta noin 21 p-m³. Tämä tarkoittaa, että polttoaineelle tulee olla kohtuullisen suuri varasto, josta kuivaa polttopuuta voi hakea käyttöön. (Ariterm Oy 2011.)

Yläpalokattila on helppokäyttöinen ja kooltaan alapalo- ja käänteispalokattilaa pienempi. Yläpalokattilan palaminen ei ole niin puhdasta, kuin kahdessa muussa kattilassa ja polttoaineen täydennysväli on tiheämpi. (Ariterm Oy 2011.) Yläpalokattilassa palamisprosessi keskeytyy. Puhtaan ja tehokkaan palamisen aikaansaaminen vaatii, että puukasan alta tulevat kaasut kulkevat liekin läpi syttyen ja palaen. Puhtaan palamisen varmistamiseksi uudet puut tulee lisätä vasta hiilloksen päälle. Tuolloin hiilloksesta ei enää irtoa kaasuuntuvia aineita, jotka kulkisivat lisättyjen puiden lomasta palamatta. (Motiva Oy 2014e.)

Alapalokattilassa puolestaan on suuri varastopesä, joten yhden polttoainelatauksen paloaika on useita tunteja (3 - 3,5 h). Kattilatyyppillä saavutetaan puhdas palaminen, pienet savukaasupäästöt ja hyvä hyötysuhde. (Ariterm Oy 2011.) Puh-

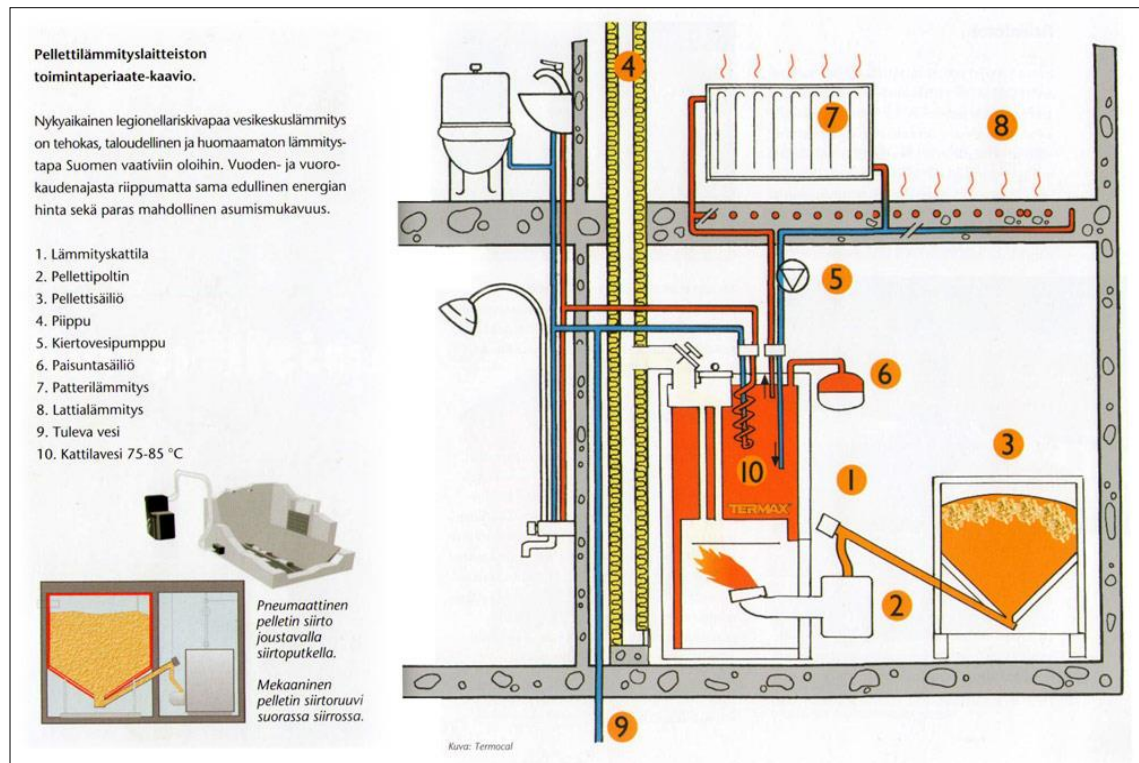
das palaminen syntyy, kun polttoaine esilämpenee ja kuivaa vesivaipan ja palavan polttoaineen vaikutuksesta. Palamistaan odottavista puista pyrolysoituvat kaasut joutuvat kulkemaan palotilan läpi, joten ne palavat täysin luovuttaen lämpöä. Alapalokattilan polttoaineen tulee olla tasalaatuista, jolloin se täyttää hyvin koko varastopesän. Jos varastopesään jää paljon ilmaa karkean polttoaineen takia, tulee täyttövaiheessa lisätä kattilan vetoa, jottei savu tai tuli pääse leviämään kattilahuoneeseen. Jos polttoprosessi ei tapahdu halutusti, voivat palamista odottavista puista kaasuuntuvat pyrolyysikaasut päästä kattilasta pois palamatta. Tuolloin energiaa menee hukkaan, lämpöpinnat likaantuvat ja syntyy päästöjä. (Motiva Oy 2014a.)

Käänteispalokattilassa puun palaminen on puhtainta, joten se soveltuu taajama-käyttöön. Kattila on helposti käytettävä ja sen hyötysuhde on hyvä. (Ariterm Oy 2011.) Palamisen aikana kattilan sisällä lämpötila nousee korkeaksi, joten materiaalien ja erityisesti arinan kestävyys joutuu koetukselle. Polttoaineen epäonnistunut painovoimainen syöttö voi siirtää palamisen arinan yläpuolelle, jolloin arina joutuu korkeaan lämpötilaan. Käänteispalokattila on hankintakustannuksiltaan kallis. (Motiva Oy 2014b.)

2.5 Pellettilämmitys

2.5.1 Pelletti

Pellettikeskuslämmitysjärjestelmässä (kuva 4) käytetään polttoaineena mekaanisen metsäteollisuuden sivutuotteista sahanpurusta ja kutterinlastusta valmistettuja sylinterinmuotoisia polttoainepuristeita (Rouvinen, Ihalainen & Matero 2010). Pellettien raaka-aineena käytetään havupuuta. Pienkiinteistölämmittäjän pelletin raaka-aineeksi soveltuu kuoreton kutterin- ja sahanpuru sekä puusepänteollisuuden sivutuotteet (Paukkunen 2014b). Pelletin energiasisältö on 4,75 kWh/kg, kosteus alle 10 % ja tuhkapitoisuus alle 0,5 %. 1 000 kg puupellettiä on n. 1,6 i-m³, ja se vastaa n. 475 - 500 l kevyttä polttoöljyä ja n. 3 p-m³ pilkettä. (Paukkunen 2014a.)



Kuva 4. Pellettilämmityslaitteiston toimintaperiaate-kaavio. (Kuva: Termocal.)

2.5.2 Järjestelmän osat

Polttoaineen varastointiin tarvitaan pystysiilo tai vaakasiilo. Siilosta polttoaine siirretään polttimelle joko syöttöruuvilla tai imujärjestelmällä. Pellettipoltin voidaan asentaa useisiin markkinoilla oleviin puukattiloihin. Polttimen lisäksi tarvitaan kattila, savupiippu, lämpöputkistot ja pumput sekä sähköistys ja automaatio. Järjestelmään ei välttämättä tarvita varaajaa, sillä kattilatermostaatti ohjaa poltinta. Järjestelmää varten tulee olla riittävän kokoinen tekninen tila, johon voidaan sijoittaa kattila, poltin sekä siirtokuljetin. (Paukkunen 2014a.) Järjestelmään kuuluu myös kalvopaisunta-astia, jonka tarkoituksena on tasata veden lämpölaajenemisesta johtuvaa paineen nousua järjestelmässä. (Turvatekniikan keskus 2009.)

Pellettisiilot voivat olla viikkosiiloja tai vuosivarastoja. Viikkosiilolla tarkoitetaan kattilahuoneeseen sijoitettavaa enintään 500 litran suuruista teräksistä ja suljettavaa säiliötä. Vuosivarasto on puolestaan vähintään 6 m³:n kokoinen valmissiilo, säkkisiilo, maanalainen siilo tai itse rakennettu siilo, joka sijoitetaan mahdollisimman lähelle teknistä tilaa, jossa kattila sijaitsee. (Paukkunen 2014a.) Polttoaineen tilantarve on suhteellisen pieni, sillä sen energiasisältö on korkea (Bioenergia ry

2014a). Omakotitalon pelletin vuositarve on noin 6 m³ (Motiva Oy 2009). Siilon läheisyyteen tulee päästä puhallusautolla. Rakenteissa on huomioitava sopiva materiaali ja pohjakulma, tuuletettavuus, iskunvaimennus sekä huoltoluukut. Siiloa suunniteltaessa tulee olla yhteydessä kunnan rakennus- ja palotarkastusosastoihin. (Paukkunen 2014a.)

Pelletin siirtäminen siilosta polttimelle voidaan toteuttaa ruuvikuljettimilla, imujärjestelmillä tai käsityönä sangolla. Ruuvikuljettimien käytön rajoituksena on niiden rajallinen siirtomatka (3 - 6 m) ja nousukulman rajoittuminen 45 asteeseen. Pidemmät siirtomatkat voidaan toteuttaa usealla ruuvilla tai pelletti-imurin avulla toimivalla imusiirtojärjestelmillä. Niissä putkien joustavuus mahdollistaa toteuttamisen myös ahtaissa paikoissa ja siirtomatka voidaan kasvattaa jopa 20 metriin. Imusiirtojärjestelmiä käytetään aina, kun pellettiä säilytetään maanalaisessa siilossa. (Paukkunen 2014a.)

Pellettikeskuslämmitysjärjestelmässä polttimet voivat olla alasyöttöisiä, yläsyöttöisiä, vaakasyöttöisiä tai kaasuttavia. Ala-, ylä- ja vaakasyöttöisten polttimien nimet tulevat niiden tavasta syöttää polttoainetta polttimelle. Kaasuttavassa polttimessa pelletit kaasutetaan kaasugeneraattorissa, jonka jälkeen kaasu johdetaan lämpökattilaan, jossa polttaminen toteutetaan. Toimivassa järjestelmässä pellettipoltin ja -kattila ovat erillisinä yksikköinä, tai yhdistettynä yhdistelmäkatilassa. Kattilan tuhkatila on riittävä ja vesitilavuus suuri. Tulipesän muoto ja koko ovat sopivat ja lämmönvaihdin tehokas. Kattila varustetaan sähkövastuksella. (Paukkunen 2014a.) Pellettijärjestelmän takatulella tarkoitetaan kytemällä palavaa tulta tai kaasumaista takatulta, joka etenee syöttöjärjestelmään päin. Väärään suuntaan etenevä palo voidaan estää sulkusyöttimellä, pudotuskuilun ja ruuvisyöttimen yhdistelmällä sekä asianmukaisella polttoainevarastolla. (Turvatekniikan keskus 2009.)

Suunniteltaessa pellettikeskuslämmitysjärjestelmää saneerauskohteeseen tulee miettiä uusitaanko koko lämmitysjärjestelmä, vai osa siitä. Jo suunnitteluvaiheessa tulee olla yhteydessä LVI-ammattilaisiin sekä kunnan rakennus- ja paloviranomaisiin. Tulee myös miettiä, hankitaanko kaikki järjestelmän osat samalta

toimittajalta vai useasta eri paikasta. Yhden toimittajan ratkaisua suositellaan. Sii-
lon rakentamisessa, lämmöntuotantoyksikön asennuksessa, käyttöönotossa ja
säätämässä kannattaa käyttää ammattilaista. Myös varaosien saatavuus ja jär-
jestelmän huollontarve ja huoltopalvelun saatavuus kannattaa selvittää. (Pauk-
kunen 2014a.) Järjestelmää suunniteltaessa on hyvä huomioida myös järjestel-
män vaatima tilantarve. (Rakentamisen+asumisen energianeuvonta 2014.)

2.5.3 Pelletin saatavuus

Vuonna 2011 Suomessa oli 25 000 pelletin pienkäyttäjää ja vuosittain käyttäjä-
määrä lisääntyy noin 2 000 - 4 000:lla. Kotimaisessa pellettiteollisuudessa on ollut
ongelmia raaka-aineen saatavuuden kanssa. Saatavuusongelmia ovat aiheutta-
neet kemiallisen ja mekaanisen metsäteollisuuden tuotantovaikeudet. Myös pel-
letin ylituotanto maailmalla vaikuttaa kotimaisen pelletintuotannon kannattavuuu-
teen. Jos fossiilisten polttoaineiden ja sähkön hinta tulevaisuudessa nousevat,
voi se vaikuttaa pelletin kysyntää lisäävästi. (Paukkunen 2014a.)

Vuonna 2013 kotimaista pellettiä sai 150 jälleenmyyntipisteestä ja suoraan 20 eri
tuottajalta. Paikallisten tuottajien kohdalla pelletin kysyntä saattaa olla väliaikai-
sesti tuotantoa suurempaa, jolloin saatavuudessa saattaa olla ongelmia. Yleisesti
pellettiä on saatavilla Suomessa erittäin hyvin ja kysynnän kasvuunkin pystytään
vastaamaan. Pelletin valmistuksen kuivat raaka-ainejakeet tulevat puusepänte-
ollisuudesta. Sateisen kesän jälkeen kuivalle puusepänteollisuuden sivutuot-
teelle on kysyntää myös kuiviketurpeen korvaajana, jolloin pelletin raaka-ai-
neesta saattaa tulla pulaa. Osa pelletin tuottajista käyttää kuitenkin myös saha-
teollisuuden kosteita raaka-aineita, jolloin pelletin tuotanto ei ole sidottua raaka-
ainemarkkinoiden sykleihin. (Tuohiniitty 2013.)

Maan suurimmat pelletintuottajat voivat toimittaa pellettiä jatkuvasti 10 - 14 vuo-
rokauden toimitusajalla. Myös kolmen vuorokauden pikatoimitus on mahdollinen.
Erillispientaloa pelletillä lämmittävän kannattaa rakentaa polttoainesiilo vastaa-
maan koko vuoden tarvetta. Tuolloin polttoaine tulee asiakkaalle edullisemmaksi.
Epäselvyyttä pelletin saatavuudesta on aiheuttanut pelletin jälleenmyyjien vaih-
tuminen. Jos paikallinen jälleenmyyjä ei enää toimita pellettiä, tämä ei välttämättä
tarkoita, että pellettiä ei olisi saatavilla, vaan myyntisopimus on saattanut päättyä.

Tuolloin kannattaa ottaa yhteyttä toiseen kauppaan tai suurempien valmistajien valtakunnalliseen tilausnumeroon. (Tuohiniitty 2013.)

2.5.4 Huolto

Pellettilämmityksen vahvuutena on, että se sopii uuteen ja vanhaan rakennukseen. Pelletin hiukkaspäästöt ovat puupolttoaineista pienimmät, joten se on ympäristöystävällinen tapa tuottaa lämmitysenergiaa. Tekniikaltaan vaatimattomien pellettijärjestelmien heikkoutena voidaan pitää lyhyttä 1 - 2 viikon huoltoväliä. Tulee kuitenkin huomioida, että nykyaikaiset automaattikattilat vaativat huoltotoimenpiteitä vain noin kolme kertaa vuodessa. Automaattijärjestelmät ovat investointikustannuksiltaan kalliimpia (Rakentamisen+asumisen energianeuvonta 2014). Pellettilämmittäminen vaatii automaation ansiosta vain vähän huolehtimista, sillä laitteet toimivat automaattisesti termostaatin ohjaamana (Bioenergia ry 2014a).

Yhdistelmäkatiloissa on yleensä automaattinen puhdistustekniikka, jolloin huoltoa tarvitaan 2 - 3 vuodessa. Pellettilämmitysjärjestelmä toimii säätölaitteiden ohjaamana. Erillinen poltin ja kattila vaativat huoltoa 1 - 2 kertaa kuukaudessa. Siilon puhdistaminen tulee tehdä kerran vuodessa. (Motiva Oy 2009.) Pellettisiilon huoltotoimenpiteitä varten siilo kannattaa tuulettaa, sillä erityisesti kesäaikaan siellä saattaa olla hengenvaarallisen korkeat hiilimonoksidi- ja heksaanipitoisuudet pelletin hajoamisen seurauksena (Turvatekniikan keskus 2009). Käyttäjän suorittamien puhdistushuoltojen määrä vaihtelee lämmityskaudella kerran kuukaudessa suoritettavasta huollosta kaksi kertaa vuodessa tehtävään huoltoon laitteistosta riippuen. Huollon ajaksi laitteisto sammutetaan ja kekäleiden annetaan jäähtyä ennen tuhkanpoistoa. (Bioenergia ry 2014b.)

Tuhkan poistamiseen kuluu noin 15 minuuttia ja tuhkanpoistoon sekä kattilan tulipintojen puhdistamiseen noin puoli tuntia. Tuhkien poistaminen tulee suorittaa tarpeen mukaan. Tuhkatilan täyttyminen on laitteesta riippuvaista, mutta tuhkat tulee poistaa kerran 1 - 4 kuukaudessa. Polttimen palopään puhdistus voi olla automaattinen tai mekaaninen. Automaattisen puhdistuksen tapauksessa pelkkä palopään tarkistus riittää tuhkatilan tyhjennyksen yhteydessä. Huomiota kannat-

taa kiinnittää palopäälle tulevien ilma-aukkojen puhtaana pitämiseen palamista-
pahtuman puhtauden varmistamiseksi. Kattilan konvektiopintojen puhdistaminen
parantaa lämmön siirtymistä veteen, joten puhdistus kannattaa tehdä riittävän
usein. Uusissa pellettikattiloissa lämmönsiirtopinnat ovat pystysuorassa, joten
tuhka tippuu tuhkatilaan. Automaattisissa kattiloissa lämmönsiirtopintojen puh-
distus hoidetaan moottorin tai paineilman avulla, joten pelkkä puhtauden tarkistus
vuosihuollon yhteydessä riittää. Pinnat puhdistetaan kerran kuukaudessa-kerran
vuodessa. Huoltotoimenpiteet voi jättää myös ammattilaiselle. Samalla ammatti-
lainen voi tarkistaa laitesäädöt tasaisin väliajoin. (Bioenergia ry 2014b.)

Eri valmistajien laitteiden välillä on pieniä eroja vaadittavien huoltotoimenpiteiden
osalta, joten toimenpidesuositukset tulee tarkistaa käyttöohjeista (Bioenergia ry
2014b). Pellettikattilan nuohouksen hoitaa nuohooja kerran vuodessa muiden tu-
lisijojen nuohouksen yhteydessä. Hyvä ja tasainen veto on tärkeää järjestelmän
toiminnalle, joten kattilan ja hormin välisen savusolan puhdistus nuohouksen yh-
teydessä on tärkeää. (Bioenergia ry 2014b.)

2.6 Lämpöpumput

2.6.1 Lämpöpumpun toimintaperiaate

Lämpöpumppuratkaisuja ovat maalämpöpumppu, ilma-vesilämpöpumppu sekä
poistoilmalämpöpumppu. Kaikkien lämpöpumppujen toimintaperiaate on sama.
Lämpöpumppu hyödyntää ulkoilmasta saatua lämpöä, joka höyrystää lämpö-
pumpussa kiertävään kylmäaineen. (Motiva Oy 2008.)

Kylmäaineen höyrystyessä siihen sitoutuu lämpöenergiaa lämpötilan noustessa
-10 °C:sta lämpötilaan 0 °C astetta. Höyrystynyt kylmäaine ohjataan höyrysti-
meltä kompressorille, joka nostaa höyryn painetta pienentämällä sen tilavuutta.
Kuuma, 100 °C asteinen ja korkeassa paineessa oleva höyry ohjataan lauhdutti-
meen. Lauhduttimessa lämmönjakoverkon vesi tai lämmitettävä huoneilma toimi-
vat lauhduttajina. Lämpö siirtyy veteen tai huoneilmaan ja höyryn paine ja lämpö-
tila laskevat. Paineen ja lämpötilan laskettua kylmäaine on jälleen nestemäisessä

olomuodossa ja se kulkee paineenalennusventtiilin kautta uudelleen höyrystimeen. Paineenalennusventtiili pienentää jo alentunutta kylmäaineen painetta ja laskee sen lämpötilan $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$:een. (Motiva Oy 2008.)

2.6.2 Lämpökerroin

Lämpöpumpun lämpökerroin kertoo kuinka paljon lämpöä laite tuottaa verrattuna sen käyttämään sähköenergiaan. Esimerkiksi, jos kerroin on kolme, lämpöpumppu ottaa yhden yksikön sähköenergiaa ja tuottaa 3 yksikköä lämpöenergiaa. (Motiva Oy 2009.) Lämpöpumpun lämpökerroin on sitä parempi mitä vähemmän lämpötilaa pumpulla nostetaan. Tämä tarkoittaa, että pumpun hyötysuhde on parempi kohteissa, joissa tilojen lämmitys on toteutettu lattialämmityksellä, sillä lattialämmityksen menovesi on huomattavasti viileämpää kuin pattereiden ja lämpimän käyttöveden lämpötila. Vesikiertoisessa lämmönjakoverkostossa, jossa on patterit, tuotetaan siis suurempi osa lämmöstä sähköllä kuin lattialämmityskohteissa. (Sähkölämmityksen tehostamisohjelma Elvari 2014.)

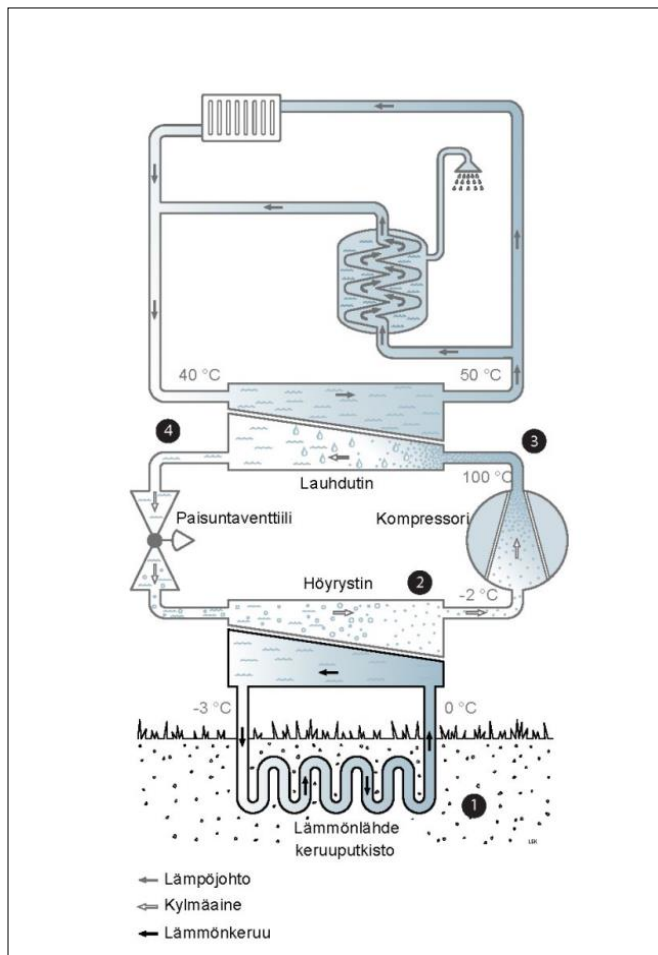
Sekä lattia- että patterilämmityskohteissa lämpimän käyttöveden tuottamisen hyötysuhde on lattialämmitystä heikompi. Tämä tasoittaa hieman lattia- ja patterilämmityksellä saatavan säästön eroa. Vanhoissa pinta-alaltaan suurissa kohteissa yli puolet kokonaisenergiankulutuksesta menee tilojen lämmittämiseen. Vesikiertoiseen patteri-lämmönjakojärjestelmään liitettävää lämpöpumppua valittaessa tulee selvittää nykyisen vesipatteriverkoston lämpötila. Jos lämpötila on suurempi, kuin maalämpöjärjestelmällä saatava lämpötila, saadaan lisälämmitys yleensä sähkövastuksella. Jos lämpöpumpun tuottamaa lämpöä joudutaan lisälämmittämään sähkövastuksella, heikentyy lämpökerroin huomattavasti. (Sähkölämmityksen tehostamisohjelma Elvari 2014.)

Oikein mitoitetuilla, sopiviin kohteisiin asennetuilla ja laadukkailla lämpöpumpuilla voidaan säästää merkittäviä summia rakennuksen lämmityskustannuksista. Lämpöpumpuilla saatava energia on uusiutuvaa, eikä siitä aiheudu kasvihuonekaasupäästöjä, jos ei huomioida käytettävän sähkön osuutta. Kaikki lämpöpumput tarvitsevat toimiakseen sähköä ja erityisesti kylmimpien pakkasten aikaan sähköllä on merkittävät kasvihuonekaasupäästöt. Lämpöpumput eivät vaadi suuria huoltotoimenpiteitä (Motiva Oy 2008).

2.7 Maalämpö

2.7.1 Järjestelmän osat

Maalämpöjärjestelmässä (kuva 5) hyödynnetään peruskallion ympärivuotista 5 - 8 asteen lämpötilaa lämmönkeruupiiriin kautta. Lämmönsiirtonestettä sisältävät lämmönkeruuputkistot sijoitetaan maahan pysty- tai vaakatasoon. Maaperään sitoutunut lämpö siirtyy putkien lämmönsiirtonesteeseen, ja nesteeseen sitoutuneena talon lämpöpumppuun kompressorin ja kylmäaineen avulla. Lämpöpumppu johtaa lämmön varaajaan ja vesikiertoista lämmönjakoputkistoa pitkin talon eri osiin. (Valtion ympäristöhallinto 2014b.)



Kuva 5. Maalämpöjärjestelmän toimintaperiaate. (Kuva: Suomen ympäristöopisto SYKLI.)

Porakaivo sopii kohteeseen, jossa peruskallio on tarpeeksi lähellä maanpintaa. Kaivot ovat yleensä 150 - 200 metriä syviä, ja niitä voidaan tehdä useampia

15 - 20 metrin päähän toisistaan. (Motiva Oy 2009.) Halkaisijaltaan 115 - 165 mm paksuisen porakaivon u-kirjaimen muotoinen keruuputki ankkuroidaan pohjapainolla kaivon pohjaan. Lämpökaivon sisällä on vettä ja kaivon ulkopinnat eristetään vedeltä. Kiinteään kallioon saakka upotetaan suojaputki, jonka päälle asetetaan suojarahattu. Suojarahattu voidaan nähdä, kun avataan maanpinnalla oleva huoltokaivon kansi. (Motiva Oy 2011.) Porakaivojen poraamisessa tulee huolehtia, etteivät pintavedet pääse kosketuksiin pohjaveden kanssa (Motiva Oy 2009).

Vaakavetona toteutettu lämmönkeruuputkisto vaatii riittävän suuren tontin. Keruuputkisto sijoitetaan noin metrin syvyyteen ja 1,5 metrin välein toisistaan. Lämmön tuotannon kannalta paras vaihtoehto vaakaputkistolle on kostea savimaa. Kivisessä maaperässä roudan vaikutuksesta liikkuvat kivet voivat vaurioittaa lämmönkeruuputkistoja. Keruuputkisto voidaan sijoittaa myös vesistön pohjaan. Hyvä sijoituspaikka on mahdollisimman lähellä rantaviivaa vähintään kaksi metriä syvä ranta, jonka pohjamutaan keruuputkistot ankkuroidaan painoilla. (Motiva Oy 2009.) Pientalon, jonka lämmitysenergian tarve on 25 000 kWh vuodessa ja lämpöpumpun lämpökerroin 2,5, tarvitsee Etelä-Suomen savimaassa 215 - 250 metri pitkän vaakaputkiston ja 320 - 375 m² maa-alan. Hiekkamaassa vastaavat lueumat ovat 330 m ja 500 m². Pohjois-Suomen savimaassa putken pituus on 330 - 375 metriä ja tarvittava maa-ala 500 - 560 m². Hiekkamaassa 750 - 1 000 m ja 1 130 - 1 500 m². (Heljo & Laine 2005.)

2.7.2 Järjestelmän soveltuvuus

Maalämpöpumppua voidaan käyttää lämmityksen lisäksi viilennyksen kesällä. Sisälämpötilaa voidaan laskea muutamalla asteella kierrättämällä keruupiirin viileää nestettä ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterin kautta. Viilennyksen aikana ainoastaan kiertovesipumppu kuluttaa energiaa. (Motiva Oy 2009.) Maalämpöratkaisua mietittäessä kannattaa laskea, miten kokonaislämmitysenergiankulutus jakaantuu tilojen lämmittämisen ja lämpimän käyttöveden valmistamisen kesken. (Sähkölämmityksen tehostamisohjelma Elvari 2014.)

Yösähköä käyttävässä kohteessa on yleensä suuri varaaja, josta lämmintä käyttövettä saadaan käyttövesikierukan kautta. Hyväkuntoinen ja hyvin eristetty vanha varaaja kannatta liittää osaksi maalämpöjärjestelmää, sillä se voi pidentää

lämpöpumpun ikää, parantaa vuosilämpökerrointa ja alentaa investointikustannuksia. Tulee kuitenkin huomata, että mitä suurempi varaaja sitä suurempi voi olla lämpöhäviö. Esimerkiksi 3 000 l varaajan lämpöhäviö voi olla 2 000 - 10 000 kWh/a. Tuolloin uuden pienemmän varaajan hankinta säästää energiaa ja pienentää energialaskua. (Sähkölämmityksen tehostamisohjelma Elvari 2014.)

Maalämpökompressorin avulla lämmitysvesi saadaan 50 - 65 °C:seen, joillakin malleilla käyttövesi saadaan 70 °C:seen. Jos pattereiden menoveden lämpötila on suurempi, kuin maalämpöjärjestelmällä saatava lämpötila, saadaan lisälämmitys yleensä sähkövastuksella. Jos lämpöpumpun tuottamaa lämpöä joudutaan lisälämmittämään sähkövastuksella, heikentyy lämpökerroin huomattavasti. (Sähkölämmityksen tehostamisohjelma Elvari 2014.)

Maalämpöjärjestelmää harkittaessa kannattaa nykyinen lämmönjakoverkosto tarkistaa ja säätää uudelleen. Lämmönjakoverkko kannattaa ilmata ja patterit ja termostaatit tarvittaessa vaihtaa. Menoveden lämpötila kannattaa tarkistaa, ettei se ole tarpeettoman korkea. Myös kohteen sisälämpötilan laskemista kannattaa harkita. Maalämpö toimii parhaiten kohteissa, joissa on ennestään vesikiertoinen lattialämmitysjärjestelmä tai erittäin matalalämpöinen vesipatteriverkosto. Myös suuri lämmitysenergiankulutus (yli 30 000 kWh) nostaa kannattavuutta. Lämmönkeruuta varten parhaat kohteet vaakavedolle ovat savimaat ja lämpöporakaivoille kohteet, joissa kallio on lähellä maanpintaa. (Sähkölämmityksen tehostamisohjelma Elvari 2014.)

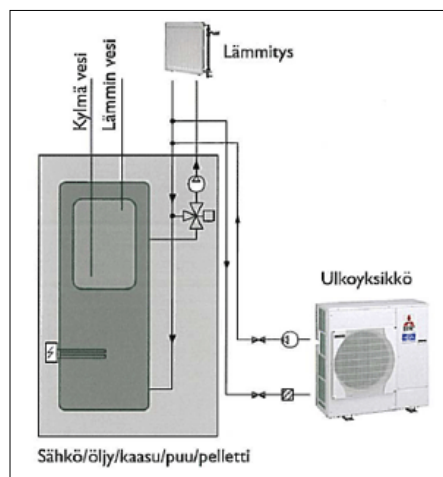
Maalämpöpumppu tarvitsee noin 1 m²:n lattiapinta-alan (Sähkölämmityksen tehostamisohjelma Elvari 2014). Jos järjestelmässä on puskurivaraaja, on tilantarve suurempi. Järjestelmän sijoittamista tekniseen tilaan suositellaan. (Motiva Oy 2009.) Teknisen tilan olisi hyvä olla lähellä ulkoseinää putkien läpivientien takia. Kustannustehokkuutta lisää myös, jos lämmitysjärjestelmäremontin yhteydessä tehdään muuta LV-remonttia. (Sähkölämmityksen tehostamisohjelma Elvari 2014.) Maalämpöjärjestelmä ei vaadi suuria huoltotoimenpiteitä. Lämpöpumpulle voidaan asentaa oma sähkömittari, josta voidaan tarkkailla tilojen lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden valmistukseen kuluvan sähköenergian määrää.

Pumpun kompressorin käyttöikä on 15 - 20 vuotta. Kompressorin voidaan vaihtaa ilman järjestelmän uusimista. (Motiva Oy 2009.)

2.8 Ilma-vesilämpöpumppu

2.8.1 Järjestelmän osat

Ilma-vesilämpöpumpputermosteeseen (kuva 6) kuuluvat pumpun ulkoyksikkö sekä sisälle tulevat sähkönohjauskeskus, kaukosäädin, lämmönvaihdin sekä lämminvesivaraaja. Järjestelmä voidaan liittää osaksi olemassa olevaa lämmitysjärjestelmää. Tuolloin ei tarvitse hankkia uutta lämminvesivaraajaa, vaan lämmönvaihdin liitetään entiseen varaajaan. Useissa tapauksissa lisätään myös erillinen käyttöveden lämmitin. Muut järjestelmän osat ovat samat, kuin uudiskohteeseen rakennettavassa järjestelmässä. (Kahil Oy 2009.)



Kuva 6. Ilma-vesilämpöpumpun osat. (Kuva: KylmäCenter Oy.)

Ulkoyksikkö asennetaan omalle telineelle tai seinäkannakkeiden varaan. Ulkoyksiköltä sisäyksikölle tehdään läpimeno kylmäputkille ja sähkökaapeleille. Sähkönohjauskeskukselle tuodaan 3-vaiheinen syöttökaapeli mittaritaululta. Sulakekoko valitaan sopivaksi. Lämmönvaihtimeen liitetään ulkoyksiköltä tulevat kylmäaineputket. Lämmönvaihtimen ja lämminvesivaraajan välille asennetaan lämminvesivaraajasta tuleva kylmävesiputki ja lämmönvaihtimesta menevä lämminvesiputki. Varaajaan asennetaan esimerkiksi sähkövastukset, jotka lämmittävät veden ulkolämpötilan laskiessa alle ilma-vesilämpöpumpun toiminta-alueen. Myös

muiden tukilämmitysmuotojen liittäminen varaajaan on mahdollista. (Kahil Oy 2009.)

Ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksikkö kannattaa sijoittaa paikkaan, jossa sen tuottama melu ei häiritse, ja jossa ilma pääsee kiertämään vapaasti sen ympärillä. On huomioitava, että pumpun ulkoyksikkö tuottaa vettä noin 10 l vuorokaudessa ja talvella vesi jäätyy maahan. Sääsuojaus ei ole välttämätöntä. Järjestelmän sisäyksikkö tulee sijoittaa tilaan, jossa on lattiakaivo. (Motiva Oy 2008.)

2.8.2 Toimintaperiaate

Ilma-vesilämpöpumpussa lämmitysenergiaa otetaan ulkoilmasta järjestelmän ulkoyksikön avulla ja sitä siirretään järjestelmän sisäyksikköön, josta saatua lämpöä hyödynnetään käyttöveden ja vesikiertoisen lämmönjakoverkoston veden lämmittämiseen (Motiva Oy 2009). Kompressorilla voidaan lämmittää lämmitys- ja käyttövesi noin 50 °C:seen. Tätä kuumemmaksi vesi saadaan lämmittämällä sitä tukilämmitysjärjestelmällä. Vesipatteri-lämmönjako-kohteissa lämpöpumpun hyötysuhde laskee, sillä pattereiden menovesi on pumpulla saatavaa lämpötilaa kuumempaa. (Motiva Oy 2013b.)

Laitteen toiminta perustuu kylmäaineen ja ulkoilman lämpötilaeroon. Kun ulkolämpötila laskee tarpeeksi, ei lämpötilaero riitä kattamaan koko lämmitystarvetta. Ilma-vesilämpöpumpulla saatavan lämmitysenergian määrä laskee ulkolämpötilan laskiessa, joten -20 °C:ssa lämpöpumpulla ei voida tuottaa erillispientalon koko lämmitystarvetta. (Motiva Oy 2013b.) Huoltotoimenpiteiden helpottamiseksi sijoittamista omaan tekniseen tilaan suositellaan. Ulkoyksikön huoltotoimenpiteisiin kuuluu huurteen sulattaminen tarvittaessa, sillä huurre haittaa lämmön siirtymistä sekä ilman vapaata virtaamista laitteen ympärillä. (Motiva Oy 2008.)

2.8.3 Lämpökerroin

Ulkolämpötilan muutokset laskevat myös pumpun hyötysuhdetta. Kun pakkasta on -20 °C astetta, saadaan pumpusta 50 % vähemmän tehoa, kuin ulkolämpötilassa +7 °C astetta. On huomattava, että laitteiden nimellisteho ilmoitetaan yleensä juuri +7 °C:een lämpötilassa. Markkinoilla on kuitenkin myös laitteita,

joilla päästää parempiin tehoihin myös alhaisemmillä ulkolämpötiloilla. Uusilla ja laadukkailla ilma-vesilämpöpumpuilla voidaan päästä -20 °C:een lämpötilassa lattialämmityskohteessa lämpökertoimeen 1,4 - 1,8 sulatusjaksot huomioiden. Vesipatterilämmityskohteissa vanhemmilla ja vaatimattomilla pumpuilla lämpökerroin voi tippua kovilla pakkasilla sähkölämmityksen tasolle. Tuolloin lämmitys tulee kalliiksi, sillä sähkön hinta on silloin korkeimmillaan. Kovimmilla pakkasilla lämmityskuluissa voi säästää lämmittämällä rakennusta puulla. Ilma-vesilämpöpumpuilla energiatehokkuuserot ovat suuria. (Motiva Oy 2013b.)

2.8.4 Vahvuudet ja heikkoudet

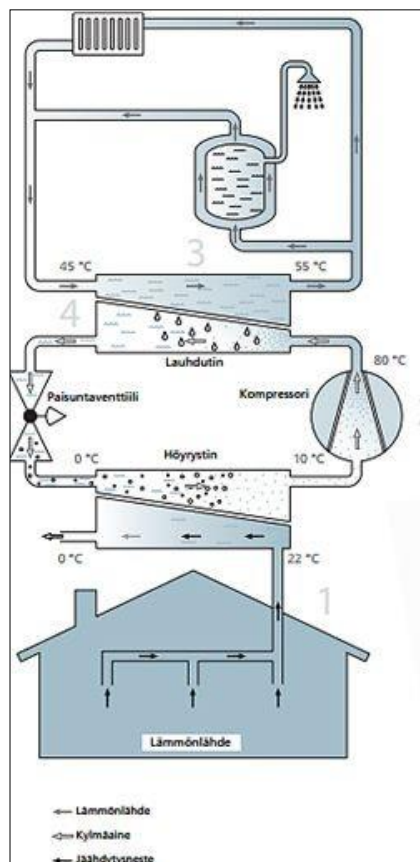
Ilma-vesilämpöpumppu on vaihtoehto, jos maalämpöjärjestelmää ei voida rakentaa. Sen investointi on yleensä maalämpöjärjestelmää edullisempi, mutta se antaa vuositasolla ilmaista energiaa vähemmän kuin maalämpöpumppu. Ilma-vesilämpöpumppu toimii energiatehokkaimmin Etelä-Suomen lauhemmissa lämpötiloissa. Kylmissä olosuhteissa lämpöpumppu voidaan asentaa energiaremontti-kohteissa toimivan vanhan, mahdollisesti uusiutuvia energiamuotoja käyttävän järjestelmän rinnalle. Tuolloin vanha järjestelmä tukee lämpöpumppua hybridiratkaisussa. (Motiva Oy 2013b.)

Vesipatteri-lämmönjakoverkosto-kohteissa tulee miettiä, onko vesi-ilmalämpöpumppu soveltuva ratkaisu lämmitysjärjestelmäksi, jos pattereiden menoveden lämpötila on niin korkea, ettei sitä pystytä tuottamaan pelkällä lämpöpumpulla. Lisäksi tulee huomioida, että järjestelmä vaatii rinnalleen täysteholle mitoitettun tukilämmitysjärjestelmän, jolla lämpö tuotetaan kovimmilla pakkasilla. Jos tukilämmitysjärjestelmänä ovat sähkövastukset, tulee lämmittäminen kalliiksi erityisesti alueilla, joissa on talven aikana pitkiä pakkasjaksoja. (Motiva Oy 2013b.)

2.9 Poistoilmalämpöpumppu

2.9.1 Toimintaperiaate

Poistoilmalämpöpumppua voidaan käyttää rakennuksissa, joissa on koneellinen ilmanvaihto. Tuolloin koneellisesti poistettavasta sisäilmasta otetaan lämpöä talteen. Pumppu tarvitsee toimiakseen jatkuvan poistoilmavirran, joka on noin 1/2 rakennuksen ilmatilavuudesta tunnissa. Pumppu (kuva 7) ottaa lämpimän ilman energian talteen ja luovuttaa sen rakennuksen tuloilman lämmittämiseen, lämpimän käyttöveden lämmitykseen ja lämmitysjärjestelmän käyttöön. (Motiva Oy 2008.) Myös poistoilmalämpöpumppu tarvitsee tukilämmitysjärjestelmän, sillä kovimmilla pakkasilla pumpun lämmitysteho ei riitä kattamaan koko erillispientalon lämmitystä. (Motiva Oy 2009.) Asumisviihtyvyyden kannalta tuloilman esilämmitystä suositellaan. Tuolloin vedon tunnetta sisällä ei pääse syntymään. (Motiva Oy 2008.)



Kuva 7. Poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate. (Kuva: Nibe Energy Systems Oy.)

2.9.2 Soveltuvat käyttökohteet

Poistoilmalämpöpumppu toimii parhaiten vähän energiaa kuluttavissa taloissa tai passiivienergiataloissa. Kannattavimpia kohteita ovat sisätilavuudeltaan suuret, mutta vähän energiaa kuluttavat kohteet. Poistoilmalämpöpumppu korvaa ilmanvaihtokoneen ja huolehtii talon lämmityksestä ja lämpimän käyttöveden valmistamisesta. Mitä kylmemmäksi poistoilma pumpulla saadaan, sitä korkeampi sen lämpökerroin on. (Motiva Oy 2013f.) Poistoilmalämpöpumpun huoltotoimenpiteisiin kuuluvat suodattimien vaihto keskimäärin kerran vuodessa (Motiva Oy 2008).

2.10 Aurinkolämpö

2.10.1 Aktiivinen ja passiivinen hyödyntäminen

Aurinkosäteilyn määrä Suomessa on lähes yhtä suurta kuin Keski-Euroopassa. Etelä-Suomessa jokaista neliometriä kohden tulee vaakatasossa laskettuna noin 1 000 kWh auringonsäteilyä vuodessa. Vuodenaikaiset vaihtelut ovat kuitenkin Suomessa suuria, eikä joulutammikuussa ole auringonsäteilyä juuri ollenkaan. Aurinkolämmön aktiivinen hyödyntäminen aurinkokeräimillä sopii hyvin lähes minkä tahansa päälämmitysjärjestelmän tukilämmitysjärjestelmäksi. Aurinkolämmitystä voidaan hyödyntää myös pelkän käyttöveden lämmitykseen esimerkiksi suorasähkölämmityksen rinnalla. (Motiva Oy 2012b.) Yhden neliometrin keräin tuottaa energiaa noin 250 - 400 kWh vuodessa (Motiva Oy 2010).

Auringon lämpösäteilyn hyödyntäminen voidaan jakaa aktiiviseen ja passiiviseen hyödyntämiseen. Passiivisella hyödyntämisellä tarkoitetaan auringon lämmön keräämistä talon rakenteisiin. Passiivisen hyödyntämisen tehokkuutta voidaan parantaa sijoittamalla talo etelärinteeseen ja suuntaamalla isot ikkunat etelään ja pienemmät ikkunat pohjoiseen. Talon hyvä lämmöneristys, tuulelta suojaisa sijainti, rakenteissa olevat, lämpöä hyvin varaavat materiaalit ja lasitetut viherhuoneet ovat tehokkaita keinoja auringon lämmön passiiviseen hyödyntämiseen. Kesäaikaan sopivan mittaiset räystäät, tuuletettavat viherhuoneet ja ikkunoiden kaihtimet ehkäisevät ei-toivottua sisäilman lämpenemistä. (Motiva Oy 2013e.) Aktiivisessa aurinkolämmön hyödyntämisessä käytetään aurinkokeräimiä (Motiva Oy 2012b). Keräimet voivat olla tasokeräimiä tai tyhjiöputkikeräimiä. Yleisin

Aurinkolämpöjärjestelmään kuuluu pumppu, joka kierrättää lämmönsiirtoainetta keräinten ja lämmönsiirtimen välillä. Järjestelmän ohjausyksikössä on termostaatti, joka ohjaa pumpun toimintaa keräimissä ja varaajassa olevien lämpötilantureiden avulla. Keräinten ja varaajan välistä lämpötilaeroa, jolla pumppu lähtee käyntiin, voidaan säätää. Toimintaperiaatteena on, että, kun keräinten lämmönsiirtoaineen ja varaajan veden välinen lämpötilaero ylittää tietyn arvon, pumppu käynnistyy ja alkaa siirtää lämpöä keräimistä varaajaan. (Motiva Oy 2012a.)

Ulkoilman viilentyessä ja lämpötilaeron laskiessa alle asetetun arvon, pumppu pysähtyy. Ohjausyksikköön on asetettu myös varaajan maksimilämpötila, jonka ylittämisen jälkeen pumppu pysähtyy, ettei tapahdu ylikuumentumista. Aurinkolämpöjärjestelmään kuuluvat myös paisuntasäiliö, tyhjennysventtiili sekä varoventtiili. Varaaja, pumppu ja paisuntasäiliö vaativat teknisen tilan, johon ne voidaan sijoittaa. (Motiva Oy 2012a.) Aurinkokeräimet ovat pitkäikäisiä, eivätkä vaadi suuria huoltotoimenpiteitä (Motiva Oy 2012b).

Ympärivuotisessa käytössä olevien keräinten lämmönsiirtoaine on jäätymätöntä. Jos järjestelmän lämmönsiirtoaineena on esimerkiksi vesi-glykoliseosta, keräimissä kiertävä neste erotetaan käyttövedestä ja varaajasta lämmönsiirtimen avulla. Aurinkolämpöjärjestelmässä varaajassa pyritään pitämään yllä veden lämpökerrostuneisuutta. Tähän tarkoitukseen pystymallinen varaaja on toimiva. Suuressa lämminvesivaraajassa aurinkolämpöä voidaan hyödyntää esimerkiksi esilämmittämällä varaajaan tuleva kylmä vesi varaajan alaosassa keräimistä saatavalla aurinkolämmöllä ja ylempänä varaajassa muulla lämmitysmuodolla. Jos aurinkokeräimet liitetään osaksi olemassa olevaa lämmitysjärjestelmää, tulee lämminvesivaraajassa olla tilaa aurinkokeräin- ja lämmönjakopiirin lämmönsiirtimille tai putkiyhteille. (Motiva Oy 2012a.)

Varaajan tulee olla paineistettu, jos käyttövesi otetaan suoraan varaajasta. Aktiivista aurinkoenergiaa hyödynnettäessä tilojen lämmitykseen lämmön jakaminen onnistuu parhaiten matalalämpöjärjestelmällä. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi ve-

sikiertoista lattialämmitystä tai ilmalämmitystä. Aurinkolämpöjärjestelmä toimii tuukilämmitysjärjestelmänä esimerkiksi sähkö-, pelletti- tai puulämmitysjärjestelmän rinnalla. (Motiva Oy 2012a.)

2.11 Pientuulivoima

2.11.1 Voimalatyypit ja mastot

Tuuli on ilmakehässä liikkuva maanpinnan suuntainen ilmavirtaus, joka on seurausta lämpötila- ja paine-erojen pyrkimyksestä tasoittua korkeapaineesta kohti matalapainetta (Ilmatieteen laitos 2014f). Pientuulivoimala/kiinteistökohtainen tuulivoimala muodostuu tuulienergiaa tuottavista, siirtävistä, muokkaavista, varastoivista sekä tuottamista tukevista komponenteista. Tuulivoima on ympärivuotista, uusiutuvaa energiaa, jota saadaan eniten alkusyksyn ja loppukevään välisenä aikana. Energiaa tuotetaan siis eniten silloin, kuin energiantarve on suurimmillaan. Pientuulivoimaa voidaan hyödyntää esimerkiksi kesämökeillä, omakotitaloissa, taloyhtiöissä, yrityksissä sekä maataloilla (Eklund 2011).

Potkurivoimalassa, vaaka-akselisessa voimalassa, tuulen liike-energiaa muutetaan sähköksi potkuria pyörittävän lapoihin syntyvän aerodynaamisen voiman avulla. Potkurivoimalassa tuulta kohtisuoraan vastaan oleva pinta-ala on pystyakselillista voimalaa suurempi, joten tuotannon hyötysuhde on parempi. (Eklund 2011.) Vaaka-akselinen voimala on vakaampi, sillä roottorilavat, eli voimalan siivet, ovat symmetrisesti turbiinin akseliin nähden. Kyseisellä voimalatyypillä säävutetaan pystyakselista voimalaa suurempi energiantuotanto samalla turbiinin halkaisijalla, jos voimala sijoitetaan korkean maston päähän suuriin tuulennopeuksiin. Vaaka-akseliset voimalat toimivat pystyakselisia heikommin lähellä maanpintaa sekä turbulentsisessa tulessa, sillä ne tarvitsevat mahdollisimman tasaisen ja laminaarisen virtauksen. Saman tehon tuottamiseen pystyakselivoimalalla tarvitaan enemmän tuulta, mutta voimala ei ole niin herkkä tuulen pyörteisyydelle (Eklund 2011).

Kiinteistökohtainen voimala asennetaan yleensä 15 - 30 metriä korkeaan mastoon, joka yletty useita metrejä puuston latvojen yläpuolelle (Eklund 2011). Mastoon kohdistuu tuulella suuri voima, joten sen on oltava mekaanista rasitusta kestävä sekä asianmukaisesti ukkossuojattu (Motiva Oy 2010). Talon katolle sijoitettavan tuulivoimalan tulee olla 10 metriä harjan yläpuolella, jotta talon aiheuttama tuulen pyörteisyys saataisiin minimoitua (Eklund 2011). Katon kiinnityskohdat tulee vaimentaa hyvin, etteivät voimalan värähdykset johdu ääninä talon rakenteisiin. Pientuulivoimalan, erityisesti voimaloiden, joiden potkurin halkaisija on alle kaksi metriä, siiven kärjet pyörivät jopa lähes puolella äänen nopeudella. Huolellisesti suunnitellut siivet, joissa kierrosnopeus pysyy muutamissa sadoissa kierroksissa, eivät aiheuta meluhaittaa. Ääntä alkaa syntyä tuulen nopeuden ylittäessä 8 m/s. (Eklund 2011.)

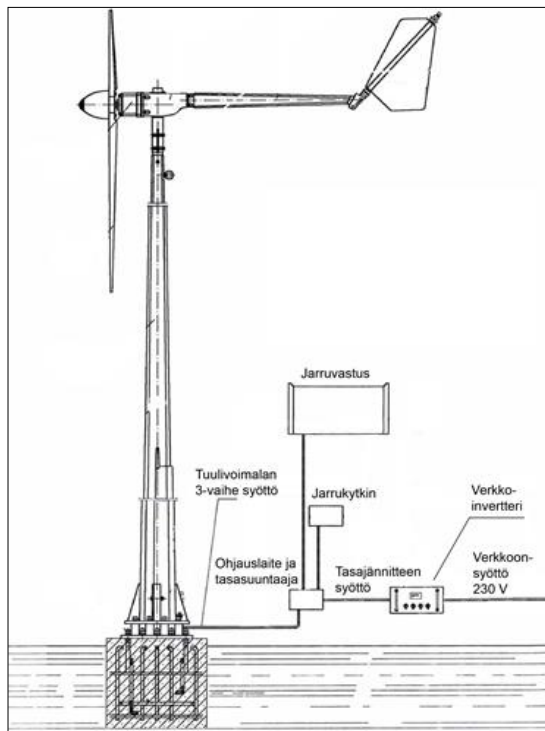
2.11.2 Sijoittamispaikka

Tuulivoimala kannattaa sijoittaa paikkaan, jossa vallitsevassa tuulensuunnassa on avoin, esteetön alue. Esteet aiheuttavat tuuleen pyörteisyyttä, minkä seurauksena tuulen teho laskee ja pyörteet rasittavat voimalaa ja lyhentävät sen käyttöikä. Voimala tulisi sijoittaa vähintään kymmenen kertaa esteen korkuiselle etäisyydelle vallitsevan tuulensuunnan puoleisesta esteestä. Esteen läheinen voimala tulisi sijoittaa kaksi kertaa esteen korkeuteen, mutta vähintään 7 - 10 metriä esteen yläpuolelle. Ideaalisia paikkoja voimalan sijoittamiselle ovat avointen mäkien huiput, jolloin tuuli pääsee esteettömästi kiihdyttämään vauhtia noustessaan rinnettä ylös. (Eklund 2011.)

Voimaloiden tuottokäyrät kertovat niiden kyvystä tuottaa sähköä eri tuulenopeuksilla. Huomiota kannattaa kiinnittää siihen, kuinka paljon voimala tuottaa yleisimmillä tuulenopeuksilla 4 - 6 m/s. Tuulivoimaloita myytäessä niistä ilmoitetaan nimellisteho. Tuottokäyrästä kannattaa tarkistaa, onko nimellisteho ilmoitettu matalan vai korkean tuulenopeuden mukaan. Jos nimellisteho on ilmoitettu korkean tuulenopeuden suhteen, se voi olla harhaanjohtavan korkea, ja tehot jäävät Suomen oloissa todellisuudessa huomattavasti alhaisemmiksi. Tuottokäyrästä on lisäksi hyvä varmistaa, että se on mitattu todellisissa olosuhteissa. (Eklund 2011.)

2.11.3 Järjestelmän osat ja toimintaperiaate

Lapoihin syntyvä aerodynaaminen voima sekä tuulen työntävä vaikutus saavat lavat pyörimään (kuva 9). Lavat puolestaan saavat roottorinnavan pyörimään, jolloin siihen kiinnitetty laakeroitu generaattorin akseli alkaa pyöriä ja kestopagneettigeneraattori toimia. (Eklund 2011.) Generaattori tuottaa tuulen voimakkuuden mukaan vaihtelevaa sähköä. Se muuttaa mekaanisen energian sähköenergiaksi roottorin pyöriessä samalla taajuudella pyörivän kestopagneettien aikaansaaman magneettikentän kanssa. Magneettikentässä pyörivään sähköjohtimeen (kiinnitetty roottoriin) indusoituu jännite ja sähkövirta. Jännitteen suuruus riippuu magneettikentän voimakkuudesta, johtimen pyörimisnopeudesta magneettikentässä sekä johtimen pituudesta. (Suvanto & Laajalehto 2008, 165 - 176.)



Kuva 9. Pientuulivoimalan osat. (Kuva: Esa Eklund.)

Generaattorin tuottama vaihtovirta siirretään voimalan ohjauslaitteelle, jossa sähkövirta muutetaan tasavirraksi (Eklund 2011). Sähkövirta on sähkövarauksellisten hiukkasten liikettä johtimessa (Suvanto & Laajalehto 2008, 82). Tasasuuntauksessa johtimessa suuntaa vaihtavat hiukkaset tasasuunnataan vakiinnuttamalla niiden liikkeen suunta. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi puolijohdekom-

ponenteilla, jotka päästävät hiukkaset liikkumaan vain toiseen suuntaan. (Suvalo & Laajalehto 2008, 497.) Tasasuuntauksen jälkeen sähkö syötetään invertterille tai akuille. Jos akut ovat täynnä tai sähköverkko poikki, kytkee ohjausyksikkö jarruvastuksen päälle. Ylijäämäenergia ohjataan vastukseen, joka kuumentuu voimakkaasti. (Eklund 2011.)

Omakotitalossa, taloyhtiöissä, maatilalla sekä tehdaskäytössä voimala kannattaa akkujen sijasta kytkeä osaksi vesikiertoista lämmitysjärjestelmää. Tätä varten tarvitaan lämmityssäädin, joka kytkee esimerkiksi lattialämmityksessä halutun lämmitystason mukaan vastuksia termostaatin ohjaamana päälle. Lämmityssäätimiä on saatavana suoraan yksittäiseen vastukseen liitettäväksi sekä useampiin vastuksiin kytkettäväksi. Omakotitalon lämmityksen hoitaminen kokonaan tuulivoimalla vaatii vähintään 5 kW:n tehoisen voimalan. (Eklund 2011.) Pientuulivoimalan tuottama sähkö voidaan ohjata lämmitysenergian tuotantoon vesikiertoisen lämmönjakojärjestelmän varaajaan, lämmitysenergian tuottamiseen lämpimän käyttöveden varaajaan tai suoraan sähköntuotantoon omakotitalon sähköverkkoon (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2014).

Tyynempiä jaksoja varten tuulivoimalle kannattaa hankkia varajärjestelmä, jolla selvittää kun kulutus on voimalan tuotantoa suurempi (Ultimarket 2014). Käytännön kokemuksen perusteella pientuulivoimalan tehot jäävät omakotitalon keski-kulutuksen alapuolelle. Voimala toimii keskimäärin 15 % teholla nimellistehostaan. Esimerkiksi 3 kW voimala tuottaa keskimäärin 450 W sähköä tunnissa. (Eklund 2011.)

2.11.4 Huolto

Kokoamisen jälkeen voimala tarvitsee laitekohtaisesti vaihtelevaa huoltoa. Peruseriaatteena on, että laakerit rasvataan, pulttien tiukkuus tarkistetaan ja siivet puhdistetaan 1 - 2 vuoden välein. (Eklund 2011.) Voimalaa valittaessa kannattaa toimittajalta kysyä varaosien saatavuudesta ja toimitusajoista (Parkkari & Perkiö 2011). Myrskyllä voimala tulee suojata. Vaaka-akselisissa voimaloissa se tehdään kääntämällä potkuri sivuun tai pysäyttämällä se. Voimalan voi suojata myös kääntämällä lapojen kulmaa tehon pienentämiseksi. Myös suojausmekanismit tulee huoltaa laitteiden ohjeiden mukaan. (Parkkari & Perkiö 2011.)

2.12 Hybridiratkaisut

Hybridiratkaisulla tarkoitetaan usean eri energialähteen käyttämistä lämmitykseen sekä lämpimän käyttöveden valmistamiseen. Esimerkiksi aurinkolämpö ja sähkö voivat toimia hybridiratkaisuna, jossa kesällä lämmin käyttövesi tuotetaan aurinkolämmöllä ja talvella lämmitys hoidetaan sähköllä. (Oilon Oy 2014.) Lämmitysjärjestelmien suunnittelussa ei enää valita välttämättä yhtä tapaa tuottaa lämpöä, vaan järjestelmä ajatellaan kokonaisuutena, joka voi muodostua useasta eri lämmöntuotantotavasta. Hybridijärjestelmässä energialähteet vaihtuvat yleensä vuodenajan mukaan. Esimerkiksi kesällä ei ole tarvetta tilojen lämmitykselle, vaan lämmitysenergiaa tarvitaan lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Tuolloin veden lämmittäminen voidaan hoitaa aurinkolämmöllä. Hybridijärjestelmän voi toteuttaa sekä uudiskohteessa että vanhemmissa taloissa. (Von Bell & Tala 2014b.)

2.13 Kaukolämpö

2.13.1 Toimintaperiaate

Kaukolämmityksellä tarkoitetaan sähköntuotannossa muuten hukkaan menevän lämpöenergian tai teollisuuden prosessien hukkalämmön käyttämistä kiinteistöjen lämmitykseen. Kaukolämpö siirretään lämpöverkossa kulkevan veden avulla kohteen lämmönsiirtimeen ja siirtimestä talon lämmönjakoverkoston. (Energiateollisuus ry 2014b.) Kaukolämpö on usean eri kulutuskohteen yhteinen lämmitysjärjestelmä. Tuotantolaitoksella lämmitetty vesi pumpataan jakeluverkkoa pitkin, lianerottimen läpi asiakkaan lämmönjakokeskukseen, jossa jakeluverkossa kiertävä vesi luovuttaa lämpöä lämmitys-, käyttövesi- ja/tai ilmanvaihtoverkostoihin lämmönsiirtimen välittämänä. (Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto 2006.)

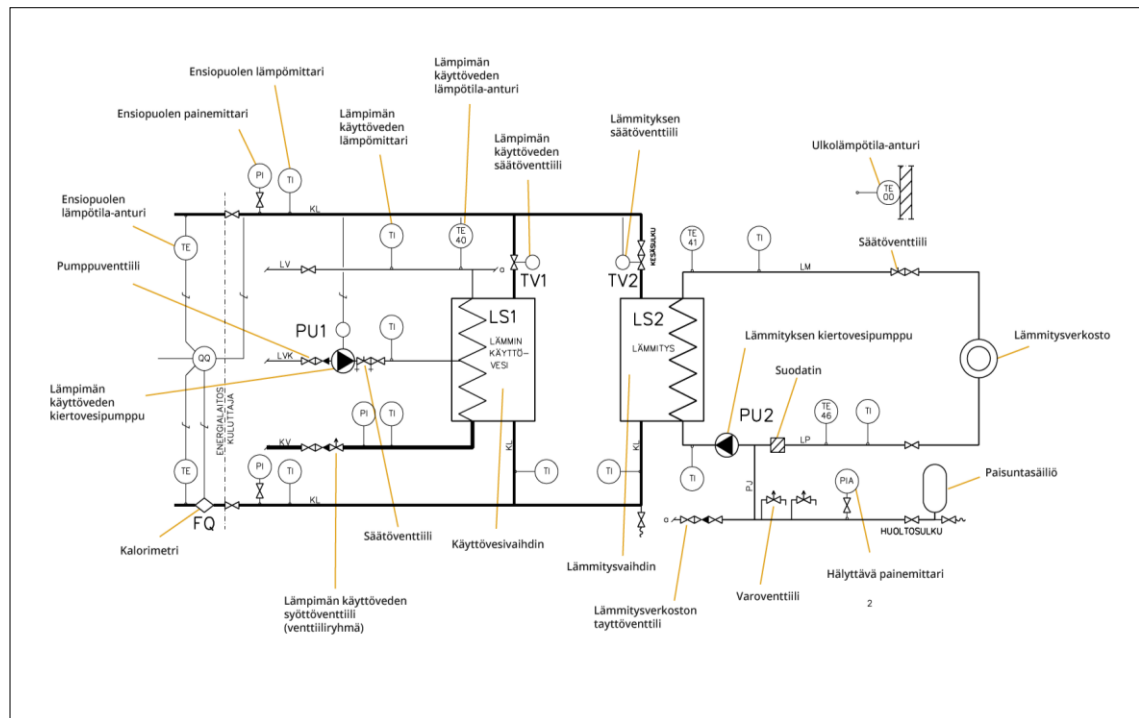
Lämmön luovuttanut verkon vesi palaa kaukolämpölaitokselle. Kaukolämmön myyjän ja asiakkaan putkiston ja laitteiden hoitovastuun rajana ovat kaukolämmön tulo- ja paluuputken sulkuventtiilit. Venttiilit kuuluvat lämmönmyyjän vas-

tuulle. Kaukolämmön toimittamisesta tehdään sopimus, jossa ilmenevät hintatiedot, kaukolämmön siirto, lämmön laatu sekä lämmön myyjän ja ostajan väliset vastuut ja velvollisuudet. (Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto 2006.)

Rakennuksen lämpöenergian kulutusta mitataan kaukolämmön myyjän omistamalla lämpöenergiamittarilla. Energiankulutusta mitataan kaukolämpöveden määrän sekä tulo- ja paluuveden lämpötilaeron perusteella yleensä MWh:na. Asiakkaan lämmönjakokeskus, lämmönsiirtimet, säätölaitteet, kiertovesipumput, paisunta- ja varolaitteet sekä putkistot, venttiilit ja mittarit, sijoitetaan lämmönmyyjän hyväksymään paikkaan lähelle kaukolämpöverkkoa. Kohteen lämmönsiirtimet mitoitetaan lämmitystehon mukaan. (Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto 2006.)

2.13.2 Järjestelmän osat

Kaukolämmön kytkentäkaavio on esitetty kuvassa 10. Tyypillisesti lämmönsiirtimet ovat ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä valmistettuja levylämmönsiirtimiä, joilla saavutetaan tehokas lämmönsiirto veden suuren virtausnopeuden ja pyörteisyyden ansiosta. Säätölaitteiden tehtävänä on säätää lämmönjakoverkoston lämpötilaa siten, että huonelämpötilat ovat sopivat ja rakennuksen tehontarve ja energiankulutus mahdollisimman alhainen. (Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto 2006.)



Kuva 10. Kaukolämmön kytkentäkaavio. (Kuva: Suomen ympäristöopisto SYKLI.)

Lämpimän käyttöveden lämpötila pidetään $+50 - 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa. Lämmityspumppu hoitaa rakennuksen lämmönjakoverkoston veden kierrättämisen ja ilmanvaihtopumppu hoitaa ilmanvaihtoverkoston lämmitysveden kierrättämisen. Käyttövesipumppu hoitaa lämpimän käyttöveden kierrättämisen niin, että lämmintä käyttövettä on nopeasti saatavilla. Paisuntalaitteet pitävät yllä lämmönjakoverkoston riittävää painetasoa ja tasaavat lämpötilan vaihtelusta johtuvaa veden tilavuuden muutosta. Sekä lämmitys- että käyttövesiverkostossa on varoventtiilit järjestelmän toimintahäiriön tai liiallisen paineen nousun aiheuttaman vaurion ehkäisemiseksi. Muita lämmönjakokeskuksessa olevia varusteita ovat paine- ja lämpötilamittarit. Painemittareilla voidaan tarkkailla kaukolämpöverkon paine-eroa sekä rakennuksen lämmönjakoverkoston painetasoa. Lämpömittareilla puolestaan tarkkaillaan meno- ja paluuv veden välistä lämpötilaeroa. (Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto 2006.)

2.13.3 Säädot ja huolto

Kaukolämmitys on helppo ja energiaa säästävä tapa tuottaa lämmitysenergiaa. Sen saatavuus on kuitenkin rajallista. Kaukolämmön lämmönsiirtimet ovat kestäviä ja niiden huollon tarve on pieni. Lämmitysverkon tasapainosta tulee huolehtia, jotta lämmitys toimisi moitteettomasti. Epätasapainossa oleva verkko tuhlaa lämmitysenergiaa, sillä talon pattereihin syötetään liian lämmintä vettä. Tasapainottaminen kannattaa jättää asiantuntijalle, joka voi samalla tarkastaa lämmityspumpun mitoituksen. (Energiateollisuus ry 2007.)

Lämmityksen säätäminen säätökäyrän avulla mahdollistaa lämmityksen menoveden lämpötilan asettamisen ulkolämpötilan perusteella. Säätökäyrä on asetettu oikein kun tilojen lämpötila pysyy halutulla tasolla ulkolämpötilan muutoksista huolimatta. Talon säätökeskuksessa saattaa olla lisätoimintoja, kuten optimointi, jonka käyttäminen kannattaa hallita. Käyttöveden säätölaitteiden käyttöön tulee tutustua, jotta käyttöveden lämpötila saadaan pysymään tasaisena. Lämmönjakoverkoston painetta, lämpötilaa ja varoventtiilin toimintaa tulee tarkkailla mahdollisten häiriöiden huomaamiseksi. (Energiateollisuus ry 2007.)

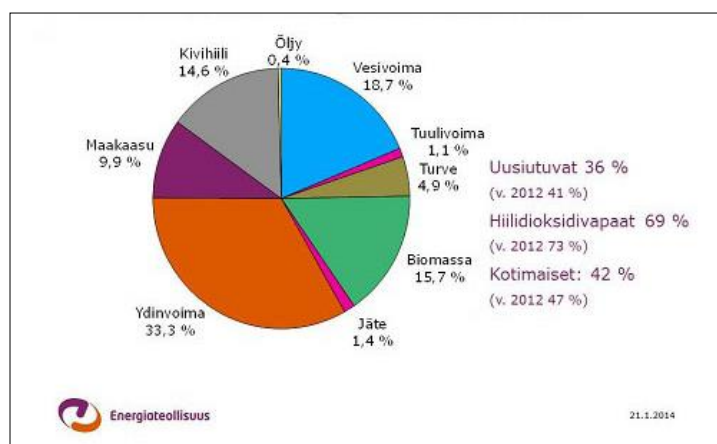
Talvella pakkasen ollessa yli -15 °C astetta, yölämpötilojen pudotukset tulee poistaa tai varmistaa, että automatiikka hoitaa sen. Tulee huolehtia, ettei lämmönvaihtokoneiden lämmityspattereissa ole jäätymisvaaraa. Kesällä tulee varmistaa säätöventtiilin sulkeutuminen ja kiinnipysyminen ja tarvittaessa sulkea kesäsulku. Jos lämmityspumput pysäytetään, tulee niitä käynnistää viikoittain. Keväällä ja syksyllä tulee varmistaa oikeat säätöarvot ja valita sopivat yölämpötilat ajastimen sekä suuntasiirron avulla. Ajastimien kellot tulee säätää kesä- ja talviaikojen vaihtuessa. Lämmitysverkon paine tulee tarkistaa lämmityskauden alkaessa. Myös lämpimän käyttöveden lämpötila tulee tarkistaa. (Energiateollisuus ry 2007.)

2.14 Sähkölämmitys

2.14.1 Sähköntuotanto

Sähköä tuotetaan Suomessa monella eri energialähteellä. Merkittävimmät energialähteet ovat ydinvoima, vesivoima, kivihiihi, maakaasu, puupolttoaineet sekä

turve (kuvio 1). Tuulivoiman osuus on vielä tällä hetkellä pieni. Lähes kolmasosa sähköstä tuotetaan yhteistuotannossa lämmöntuotannon kanssa ja 2/3 erillistuotantona. (Energiateollisuus ry 2014d.) Sähkön lämmityskäytön ympäristöystävällisyys riippuu merkittävästi sähköntuotannossa käytetystä energiamuodosta. (Heljo & Laine 2005.)



Kuvio 1. Sähköntuotanto energialähteittäin vuonna 2013. (Kuvio: Energiateollisuus ry.)

2.14.2 Suora ja varaava sähkölämmitys

Sähkölämmitys voi olla suoraa tai varaavaa. Sähköpatteri-, lattia- ja kattolämmitystä tai niiden yhdistelmää kutsutaan suoraksi sähkölämmitykseksi. Kyseiseen lämmitystapaan yhdistetään yleensä poistoilman lämmön talteenotto sekä tulisija, ja se sopii parhaiten uusiin, vähän lämmitysenergiaa kuluttaviin kohteisiin. Lämpimän käyttöveden tuottamista varten on erillinen sähkövastuksilla varustettu varaaja. Varaavassa sähkölämmitysjärjestelmässä varaajan vettä lämmitetään pääasiassa yöllä, halvemman sähkön aikaan. Lämmin käyttövesi saadaan erillisestä käyttövesivaraajasta, jonka vesi pyritään lämmittämään myös edullisemmän sähkönhinnan aikaan. (Sähköturvallisuuden edistämiskeskus 2009.)

Varaavaan sähkölämmitysjärjestelmään kuuluu sähkövastuksilla varustettu varaaja, jonka koko määritellään varaustehon, varausajan ja varaajan purkauslämpötilan perusteella. Säätölaitteet muuttavat lämmönjakoverkostossa kiertävän veden lämpötilaa automaattisesti ulkolämpötilan perusteella. Lämmönjakoverkosto voidaan jakaa eri vyöhykkeisiin, sillä rakennuksen sisällä huoneilman läm-

pötilatarpeet ovat erilaisia. Vyöhykkeisiin jakamisella voidaan pienentää lämmityskustannuksia sekä parantaa säätöolosuhteita. Järjestelmän kiertovesipumppu mitoitetaan lämmitysverkoston kokonaispainehäviön ja vesivirran perusteella. (Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto 1993.)

Lämmönjakoverkossa painehäviötä aiheuttavat putken seinämät, poikkileikkauksen äkilliset muutokset, mutkat, venttiilit ja suuttimet, jotka vastustavat virtausta (Suvanto 2010, 381). Kiertovesipumpun toimintaa säädetään ja mitataan pumpun yhteyteen asennetuilla kertasäätöventtiileillä sekä sulullisilla mittausyhteillä. Järjestelmän paisunta- ja varolaitteisiin kuuluvat varoventtiilit sekä kiehunputki. Niillä estetään lämmönjakoverkoston häiriötilanteesta johtuvan paineen nousun aiheuttama vaurio alentamalla verkoston painetta. (Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto 1993.)

2.14.3 Vahvuudet ja heikkoudet

Sähkölämmitys on helppokäyttöinen sekä vaivaton ja hyötysuhteeltaan hyvä. Se on myös turvallinen, helposti ohjattava ja lämmönvaihteluihin nopeasti mukautuva tapa lämmittää. Järjestelmän investointikustannukset ovat edulliset, eikä järjestelmä vaadi huoltotoimenpiteitä juuri lainkaan. Sähkölämmitys on mahdollista saada lähes kaikkialle. Vanhemmissa taloissa, joissa energiankulutus on suurta, sähkölämmitys on käyttökustannuksiltaan kallis ratkaisu. Sähkölämmityksen käyttökustannuksia pyritäänkin usein pienentämään lämpöpumpuilla sekä muilla tukilämmitysjärjestelmillä. (Energiateollisuus ry 2014c.)

2.15 Lämmitysjärjestelmän mitoittaminen

2.15.1 Lämmitysjärjestelmän mitoittamisen perusteet

Erillispientalon lämmitysjärjestelmän mitoittamiseksi lasketaan kohdekiinteistön lämmitysenergian kulutus sekä lämmitystehontarve. Lämmönkehityslaitteet mitoitetaan ja toteutetaan siten, että rakennuksen sisäilman lämpötila on jokaisessa lämmitettävässä huoneessa miellyttävä kaikissa olosuhteissa, energiankulutus on mahdollisimman alhainen ja kiinteistön lämmitystehontarve mahdollisimman pieni. Säätojärjestelmät valitaan niin, että rakennuksen sisäiset lämpökuormat voidaan hyödyntää lämmityksessä siten, että ne vähentävät lämmöntuotantoyksiköllä tuotettavan lämmitysenergian tarvetta. (Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto 1993.) Lämpökuormilla tarkoitetaan esimerkiksi ihmisistä ja sähkölaitteista vapautuvaa lämpöä, joka lämmittää rakennusta (Ympäristöministeriö 2008, 5 - 16).

Lämmönjakoverkoston eri osien toimintalämpötilat ovat säädettävissä ja niitä pidetään lämmöntehtarpeen kanssa samalla tasolla. Lämmönjakolaitteiston säädön tarve on mahdollisimman vähäistä, mutta se on tarvittaessa helppo suorittaa. (Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto 1993.) Eri lämmitysjärjestelmät mitoitetaan joko tuottamaan kaikki rakennuksen tarvitsema lämmitysenergia tai vain osa siitä. Puhutaan osateho- ja täystehomitoituksista. (Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto 2002.)

2.15.2 Lämmitysenergiankulutuksen laskenta

Rakennuksen lämmitysenergian kulutuksen laskennan lähtötietoina tarvitaan tiedot erillispientalon rakennustilavuudesta, bruttoalasta, kerroskorkeudesta, huonekorkeudesta, lämpimien tilojen tilavuudesta ja julkisivupinta-alasta. Lisäksi tarvitaan tiedot ulkoseinien, yläpohjan, alapohjan ja ovien pinta-aloista (m^2) sekä lämmönläpäisykertoimista (W/m^2K). Tiedot tarvitaan myös eri ilmansuuntiin olevien ikkunoiden pinta-aloista (m^2) sekä niiden lämmönläpäisykertoimista (W/m^2K). (Ympäristöministeriö 2008, 3.) Lämmitysenergian kulutus koostuu tilojen sekä lämpimän käyttöveden lämmitysenergian kulutuksesta. Rakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus saadaan laskemalla yhteen tilojen lämmityksen nettoenergiantarve ja tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia. Käyttöve-

den lämmityksen energiankulutus on käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia laskettuna yhteen käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergian kanssa. (Ympäristöministeriö 2008, 5 - 16.)

Tilojen lämmityksen nettoenergiatarve saadaan vähentämällä rakennuksen lämpöhäviöenergiasta lämmityksessä lämpökuormista hyödynnettävä energia. Lämpöhäviöenergiat koostuvat rakenteiden läpi johtuvista energioista, vuotoilman lämmityksen tarvitsemasta energiasta sekä ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta energiasta. Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat saadaan laskemalla yhteen tilojen lämmönkehityksen lämpöhäviöenergia sekä lämmön jakelun, luovutuksen ja säädön lämpöhäviöenergia. Lisäksi huomioidaan käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia. (Ympäristöministeriö 2008, 5 - 16.)

Lämpökuormiksi lasketaan henkilöiden luovuttama lämpöenergia, lämmityslaitteista vapautuva lämpökuormaenergia, valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva lämpökuormaenergia sekä ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia. Lopuksi huomioidaan lämpökuormien lämpöenergian hyödyntämisaste. (Ympäristöministeriö 2008, 5 - 16.)

2.15.3 Lämmitystehontarpeen laskenta

Tehontarpeen laskemiseksi tarvitaan tiedot rakennusosien pinta-aloista sekä lämmönläpäisykertoimista, rakennuksen ilmatilavuudesta, ilmanvaihdon ilmavirroista ja lämmöntalteenoton lämpötilaolosuhteista mitoitusstilanteessa, lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaamasta ja lämmitysjärjestelmien hyötysuhteista. Rakennuksen lämmitystehontarve riippuu rakenteiden johtumislämpöhäviöistä, ilma- vuodoista sekä ilmanvaihdosta. Tehontarve lasketaan paikkakunnan mitoittavalla ulkoilman lämpötilalla, jonka voi tarkistaa Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 liitteestä 2. (Ympäristöministeriö 2013.)

Rakennuksen lämmitystehontarve saadaan laskemalla yhteen tilakohtaiset samanaikaiset lämmitystehontarpeet, mahdollinen tuloilman lämmitystehontarve sekä lämpimän käyttöveden samanaikainen tehontarve. Auringon lämpösäteilyä ei huomioida. Sisäiset lämpökuormat huomioidaan vain, jos ne ovat merkittäviä.

Rakenteiden lämpökapasiteetti otetaan huomioon epäjatkuvan lämmityksen tapauksessa. Lämmöntuottolaitteistot voidaan mitoittaa laskettuun lämmitystehontarpeeseen nähden poikkeavasti. Jaksollisen ja osa-aikaisen lämmityksen laitteiden mitoitus riippuu palautuslämmityksen aikaisesta tehontarpeesta, johon vaikuttavat palautuslämmitysaika, rakenteiden lämpökapasiteetti, lämpötilan sallittu lasku sekä lämmitysjakson pituus. (Ympäristöministeriö 2013.)

2.15.4 Uusiutuvia energiamuotoja käyttävien lämmitysjärjestelmien mitoittaminen

Kiinteän polttoaineen, halko ja pelletti, kattila mitoitetaan rakennuksen lämmitystehontarpeen ja lämpimän käyttöveden tehontarpeen mukaan täystehomitoituksena. Käyttöveden lämmityksen tehontarve vaikuttaa lämmöntuotantoyksikön mitoittamiseen sellaisenaan, jos käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho on yli 20 % rakennuksen kokonaislämmitystarpeesta, eikä järjestelmän varauskyky ole riittävä eikä säätöautomaattikka ole varustettu lämmityksen lainauskytkennällä. Käyttöveden lämmityksen tehontarpeesta huomioidaan 20 %, jos käyttöveden lämmityksen tehontarve on yli 20 % rakennuksen kokonaislämmitystehontarpeesta, mutta järjestelmän varauskoko on riittävä tai säätöautomaattikka on varustettu lämmityksen lainauskytkennällä. (Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto 1993.)

Maalämpöpumpussa osateholle säädetyt lämpöpumpun enimmäisteho on 50 - 70 % rakennuksen lämmitystehon enimmäistarpeesta. Tuolloin maalämpöjärjestelmällä tuotetaan 80 - 95 % lämmitysenergian kokonaisvuositarpeesta. Loput lämmöstä tuotetaan sähköllä varaajaan asennetun vastuksen avulla. Osateholle mitoitettu maalämpöjärjestelmä toimii valtaosan vuodesta hyvällä hyötysuhteella. Tuolloin kompressorin pysähtymis- sekä käynnistymiskertoja on vähemmän ja sähkönkulutus, kuluminen ja lämpökertoimien aleneminen pienenevät. Täysteholle mitoitettu maalämpöjärjestelmä mitoitetaan rakennuksen lämmityksen vaatiman täystehon mukaan ja järjestelmä tuottaa kaiken tarvittavan lämmitysenergian. Täystehomitoituksessa investointikustannus on suurempi. (Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto 2002.)

Aurinkolämpöjärjestelmällä tuotettavan lämpöenergian määrä riippuu mm. keräinpinta-alasta. Kesäaikaan lämpimän käyttöveden tuottamiseen riittää 4 - 6 neliömetrin keräinpinta-ala veden kulutuksesta ja rakennuksen sijainnista riippuen. Kyseisellä mitoittamisella lämmin käyttövesi saadaan kokonaan tuotettua aurinkolämpöjärjestelmällä. Keräinpinta-alan olleessa 10 - 20 m², voidaan järjestelmällä tuottaa 20 - 30 % rakennuksen lämmityksen ja lämpimän käyttöveden vaatimasta energiantarpeesta. Jos aurinkolämmön osuus halutaan nostaa yli 30 prosenttiin, joudutaan käyttämään kausivarastointia. Aurinkolämpöjärjestelmän lämmivesivaraajan tulee olla yli 40 l/keräin-m². Aurinkolämmöllä ei voida kattaa Suomen oloissa koko rakennuksen lämmitysenergian vuosittaista tarvetta, vaan järjestelmä tarvitsee rinnalle toisen lämmitysmuodon. (Rakennussäätiö ja LVI-Keskusliitto 1992.) Aurinkolämpöjärjestelmää mitoittaessa lähtökohtana käytetään kesäkuukausien lämpöenergiankulutusta, eli lämpimän käyttöveden energiankulutusta (Motiva Oy 2013a.)

Tuulivoimala toimii sitä tehokkaammin, mitä enemmän tuulta on. Kun kohteen energiantarve tiedetään, voidaan laskea suuntaa-antavasti, miten tehokas voimala tarvitaan. Energiaa saadaan sitä enemmän talteen, mitä suuremmalta pinta-alalta sitä otetaan. Potkurivoimalassa se lasketaan kertomalla luonnonvakio π (pii 3,14) ympyrän säteen, eli tässä tapauksessa tuulivoimalan siiven pituuden toisella potenssilla r^2 . Tästä seuraa, että pinta-ala kasvaa nelinkertaiseksi siiven pituuden kaksinkertaistuessa. Tuulivoimalan toimintatehon kaavassa tuulennopeus on korotettuna kolmanteen potenssiin v^3 . Tämä tarkoittaa, että tuulennopeuden kaksinkertaistuessa saatu energiamäärä kahdeksankertaistuu. (Eklund 2011.)

Tuulivoimala ei ota tuulesta kaikkea energiaa pois, sillä ilmanvirtaus ei pysähdy voimalan taakse. Voimalan hyötysuhteen teoreettinen maksimi, eli tehokerroin C_p , on 59 %, joka voimalan häviöistä johtuen muuttuu 30 - 40 prosenttiin. Omakotitalon lämmityksen hoitaminen kokonaan pientuulivoimalla tuotetulla sähköllä vaatii vähintään 5 kW:n tehoisen voimalan. (Eklund 2011.) Tuulivoimala tarvitsee rinnalleen täysteholle mitoitettun tukilämmitysjärjestelmän vaihtelevien tuuliolosuhteiden takia (Parkkari & Perkkiö 2011).

Ilma-vesilämpöpumppu vähentää lämmityksen sähkönkulutusta keskimäärin 40 %, ja se sopii parhaiten suorasähkölämmitteiseen pientaloon jälkiasennettuna. Järjestelmä vaatii kuitenkin rinnalleen täysteholle mitoitettun tukijärjestelmän tuottamaan lämmitysenergiaa, energian tarpeen ollessa suurimmillaan. (Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto 2002.) Poistoilmalämpöpumppu säästää noin 40 % ostettavasta energiasta suoraan sähkölämmitykseen verrattuna (Motiva Oy 2009). Poistoilmalämpöpumppu ei tarvitse tukilämmitysjärjestelmäksi täysteholle mitoitettua ratkaisua, sillä poistoilman lämpötila pysyy lähes vakiona ulkolämpötilan vaihtelusta riippumatta. Lisäksi laite hyödyntää rakennuksen lämpökuormat. Kovimmilla pakkasilla riittävä tukilämmitysjärjestelmä vaaditaan. (Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto 2002.)

Kaukolämmön piirissä olevan rakennuksen kaikki tarvittava lämmitysenergia saadaan kaukolämpöverkosta. Lämmitettävän rakennuksen lämmönsiirtimien mitoituksessa pyritään kaukolämpöverkon veden mahdollisimman tehokkaaseen viilentämiseen. Tavoitteena on saada kaukolämpöverkon veteen sitoutunut lämpö siirtymään mahdollisimman tehokkaasti lämmönsiirtoaineeseen. (Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto 1993.) Rakennuksen vaatiman lämpötehon perusteella määritetään rakennuksen tarvitsema suurin tilausvesivirta. Tilausvesivirta määrittää, mikä on tilausteho. (Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto 2006.)

Varaava sähkölämmitys mitoitetaan mitoitusasteen mukaan. Mitoitusaste kertoo varausaikana tuotetun energian suhteen huippuvuorokauden lämmitys- ja käyttövesienergiantarpeeseen. Mitoitusasteen ollessa 1 järjestelmä on täysin varaava, eli varaajassa oleva vesi lämmitetään edullisimman sähkön aikaan yöllä. Tuolloin järjestelmä mitoitetaan täysteholle. (Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto 1993.)

2.16 Lämmitysjärjestelmän valinta

2.16.1 Valintaa ohjaavat tekijät

Kohdepientalot ja omistajien tarpeet ovat niin erilaisia, ettei ole yhtä järjestelmää, joka olisi paras vaihtoehto kaikkiin kohteisiin. Lämmitysjärjestelmän valinnasta tekee haastavan sen kymmenien vuosien käyttöikä: kustannusvertailussa pitäisi pystyä ennustamaan tulevia kustannuksia, mutta sen tekeminen edellisten vuosien kustannusten perusteella on vaikeaa. (Von Bell & Tala 2014a.)

Uutta lämmitysjärjestelmää mietittäessä tulee tutustua pientalon tontin ympäristön maankäyttöön. Lähellä sijaitsevat toiminnot, kuten lentokenttä tai pohjavesialue saattavat asettaa erityisiä vaatimuksia tai rajoitteita pientalon lämmitysjärjestelmän valintaan. Oman kunnan ympäristönsuojelusihteeri tai rakennustarkastaja pystyy kertomaan kunnan käytännöistä, kun esimerkiksi maalämpöjärjestelmää ollaan rakentamassa pohjavesialueelle. Pientalon tontin koko voi rajoittaa järjestelmän valintaa. Halko- sekä pellettijärjestelmät vaativat varastot polttoaineen säilytykseen. Polttoaineväestöjen tulee olla riittävän kokoiset ja niiden läheisyyteen tulee päästä kuljetus- ja huoltoajoneuvoilla. Vaakavetona toteutettava maalämpöjärjestelmä vaatii suuren pinta-alan ja sopivan maaperän. Aurinkolämmön tehokas hyödyntäminen vaatii avoimen varjottoman paikan, jossa keräimet voidaan suunnata sopivaan ilmansuuntaan sopivassa kaltevuuskulmassa.

Rakennuksen koko sekä asukkaiden lukumäärä ohjaavat valitsemaan suureen, monihenkisen perheen kotiin energianhinnaltaan edullisen vaihtoehdon (Motiva Oy 2009). Uuden järjestelmän valintaan vaikuttaa se, millainen entinen järjestelmä on ollut. Suorasähkölämmityksen muuttaminen vesikiertoiseen lämmitykseen vaatii koko talon lämmönjakoverkoston uudelleenrakentamista. Ajankohdasta on myös miettiä, onko entinen lämmitysjärjestelmä tarkoitus säilyttää varajärjestelmänä. Lämmitysjärjestelmät vaativat sähköä toimiakseen, joten pääjärjestelmän rinnalla tulee olla varajärjestelmä sähkökatkojen varalta (Motiva Oy 2009). Uuden lämmitystekniikan hankkimisen lisäksi tulee miettiä varaajan ja lämmönjakoverkoston uusimisen tarvetta. Vanhan talon lämmitysjärjestelmää uusittaessa ajankohtaiseksi saattaa tulla kohteen lämmöneristyksen tarkistaminen lämmönhukan minimoimiseksi. (Von Bell & Tala 2014a.)

Tärkeä osa oikean lämmitysjärjestelmän valintaa on, mitä asukkaat haluavat. Järjestelmän valintaa ohjaavat asukkaiden lämpimän käyttöveden kulutustottumukset sekä huoneiden lämpötilavaatimukset (Motiva Oy 2009). Omat polttopuuvarat voivat ohjata valitsemaan polttopuulla lämmittämisen, huolettomuutta ja helpoutta arvostavat saattavat päätyä maalämpöön. Lämmitysjärjestelmä valitaan kymmeniksi vuosiksi eteenpäin, joten valinnassa kannattaa harkita tarkkaan omat resurssit raaka-ainehuollon hoitamiseen sekä säännöllisiin huoltotoihin. (Motiva Oy 2009.)

Lämmitysjärjestelmää valittaessa tulee pohtia myös asumistarpeiden muutoksia. Usean kymmenen vuoden aikana rakennuksen lämmönhukka voi kasvaa ja asukkaiden lukumäärä muuttua. Mahdollisia muutoksia kannattaa miettiä etukäteen, jotta kohteeseen valitaan järjestelmä, joka voi sopeutua lämmöntarpeen muutoksiin kustannustehokkaasti. Lämmitysjärjestelmää valittaessa kannattaa miettiä investoinnin pitkän aikajänteen taloudellisuutta. Lämmitysjärjestelmä saattaa olla kertainvestointina suuri, mutta tuotetun lämmitysenergian hinta alhaisempi, kuin halvemman investoinnin lämmitysjärjestelmäratkaisuissa. Tulevaisuuden energian hintaa ei voi varmasti ennustaa, mutta se tuskin tulee laskemaan. Järjestelmää valittaessa järkevää on harkita lämmitysjärjestelmää, jonka energialähdettä voi vaihtaa. Tällöin lämmittäjä ei ole yhden polttoaineen hinnannuutosten armoilla, vaan voi valita useasta raaka-aineesta. (Motiva Oy 2009.)

2.16.2 Uusiutuvia energiamuotoja käyttävien lämmitysjärjestelmien investointi- ja käyttökustannukset

Seuraavaksi on tarkasteltu pientalon, jonka pinta-ala on 150 m², laskennallisia lämmitysjärjestelmän investointikustannuksia, joissa on huomioitu arvonlisäverot. Maalämpö-, halkolämmitys- sekä pellettijärjestelmäkustannukset sisältävät vesikiertoisen lattialämmityksen investointikustannuksen ja maalämpöjärjestelmä lisäksi porakaivon investointikustannuksen. Puukattilalämmityksen laitteet, asennus ja tilat sisältävä investointikustannus on 15 500 e. Laitteiden osuus on 9 000 e, asennus 3 500 e ja 6 m²:n teknisen tilan kustannus 3 000 e. Pellettilämmityksen laitteiden osuus on 12 000 e, asennus 3 500 e ja 6 m²:n tilan kustannus 3 000 e. Kokonaisinvestointi on 18 500e. Maalämpöpumpulla kokonaisinvestointi on 21 000 e, josta laitteiden osuus on 11 000 e, asennus 8 000 e ja 4 m²:n tilan

rakennuskustannus 2 000 e. Aurinkokeräimien investointikustannus on kaikkineen 3 000 - 7 000 e. (Kinnunen 2014.)

Kaukolämmön laitteisto pinta-alaltaan 150 m²:n taloon arvonlisäverot huomioiden maksaa yhteensä 14 400 euroa. Kustannukset koostuvat laitteista 4 000 e, asennuksesta 3 500 e, 2 m²:n tilan kustannuksista 1 000 e, ja liittymismaksusta 5 900 e. Suora sähkölämmitys patterein, kosteiden tilojen lattialämmityksellä sekä lämminvesivaraajalla maksaa 6 000 e. Kokonaisinvestoinnista laitteiden osuus on 3 000 e, asennus 2 500 e ja 1 m²:n tilakustannus 500 e. Varaava sähkölämmitys isolla varaajalla on puolestaan 11 000 euron investointi. Laitteet maksavat 6 000 e, asennus 3 500 e ja 3 m²:n tilakustannus on 1 500 e. Ilma-vesilämpöpumpun investointikustannus vaihtelee pientaloissa 7 000 - 14 000 euron välillä (Motiva Oy 2013b). Poistoilmalämpöpumpun investointikustannus uuteen taloon on 6 000 - 13 000 euroa (Motiva Oy 2013f).

Pientalon lämmitysjärjestelmään liitettävän pientuulivoimalan tulee olla teholtaan vähintään 5 kW. Jotta pientuulivoimalan voi liittää osaksi talon lämmitysjärjestelmää, tulee järjestelmään liittää lämmityssäädin, joka maksaa muutamista sadoista euroista 2 000 euroon riippuen siitä, kuinka moneen vastukseen säädin kytketään. (Eklund 2011.) Nimellisteholtaan 4 kW:n voimala 27 metrin mastolla maksaa 18 600 e (Vaasan energiainstituutti 2014). 2 kW:n pientuulivoimalan hankinnan kokonaiskustannukset ovat maston pituudesta ja perustuksista riippuen 10 000 - 20 000 euroa. 10 kW:n voimalan kustannukset nousevat 35 000 - 60 000 euroon. (Parkkari & Perkkiö 2011.)

150 m² pientalon, joka käyttää energiaa 20 000 kWh/a, energianhinnat vuosittain arvonlisäverot huomioituna ovat seuraavat. Puukattilalämmityksen lasketaan käyttävän vuosittain 28 i-m³ koivupilkettä ja järjestelmän huollon kustannuksien lasketaan olevan 150 e/a. Järjestelmän hyötysuhde on 70 %. Tuolloin energian hinnaksi tulee 1 550 e/a. Tämä tarkoittaa, että energia maksaa 77,5 e/MWh. Pellettijärjestelmän lasketaan kuluttavan 5,1 t polttoainetta hyötysuhteella 82 %. Järjestelmän vuosittaisen huoltokustannuksen lasketaan olevan 150 e. Tuolloin lämmityskustannukset ovat 1 450 e, 72,5 e/MWh. Maalämmön

lämpöjärjestelmän tuottaman lämpöenergian hinta lämpökertoimella 2,7 on laskettu olevan 1 111 e, 55,6 e/MWh. Aurinkolämpöjärjestelmällä saavutetaan optimitilanteessa 35 % lämmityskustannussäästö. (Kinnunen 2014.)

Kaukolämmön vuosikustannus 150 m²:n talossa arvonlisäverot huomioiden on 97 %:n hyötysuhteella 1 780 e, 89 e/MWh. Suoran sähkölämmityksen vuosikustannus on 3 000 e, 150 e/MWh. Varaavan sähkölämmityksen vuosikustannus hyötysuhteella 99 % on 2 850 e/a, 142,5 e/MWh. (Kinnunen 2014.)

Ilma-vesilämpöpumpun käyttökustannukset riippuvat kohteen lämmönjakojärjestelmästä, lämpimän käyttöveden vaatiman lämmitysenergian ja tilojen lämmityksen energiantarpeen suhteesta, ilma-vesilämpöpumpun mitoituksesta, ulkolämpötilan vaihtelusta, sähkösopimuksesta sekä valitusta pumpputekniikasta. Ilma-vesilämpöpumpulla päästään kohteesta riippuen 1,4 - 2,7 lämpökertoimeen. Tuukilämmitysjärjestelmä on usein sähkö, mutta myös muut lämmitysjärjestelmät toimivat hybridiratkaisuna pumpun kanssa. (Motiva Oy 2008.)

Poistoilmalämpöpumpun energiakustannukset riippuvat samoista asioista, kuin vesi-ilmalämpöpumpulla, mutta käyttökustannukset eivät ole niin riippuvaisia ulkolämpötilan muutoksista, sillä lämmönlähteenä on lämpötilaltaan lähes samana pysyvä poistettava sisäilma. Sopivassa kohteessa poistoilmalämpöpumpulla voidaan saavuttaa 40 % ostoenergian säästö suoraan sähkölämmitykseen verrattuna. (Motiva Oy 2013f.)

3 Tutkimuksen lähtökohdat ja tehtävät

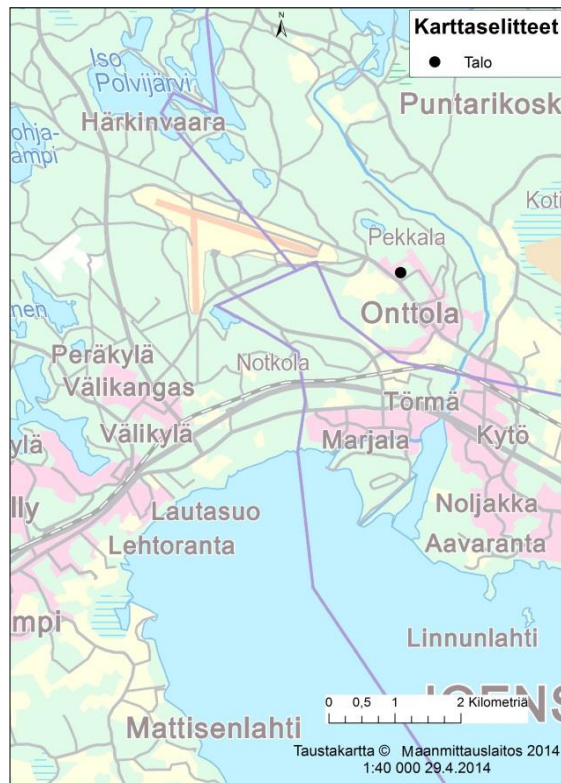
3.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Työn tarkoituksena oli kartoittaa erillispientalon lämmitysjärjestelmän uusimisen uusiutuvia energiamuotoja käyttävät tekniset vaihtoehdot, niiden kustannukset, sähkön hinnan vaikutus investoinnin kannattavuuteen sekä selvittää järjestelmävaihtoehtojen aiheuttamia päästökertoimia. Tavoitteena oli saada selville talon omistajien tarpeita vastaavat, uusiutuvia energiamuotoja käyttävät ja pitkällä tähtäimellä kustannustehokkaat ratkaisut uudeksi lämmitysjärjestelmäksi. Opiskelijoiden tavoitteena oli oman ammattiosaamisen kasvattaminen. Opinnäytetyönä tehtävä selvitys yhdisti ympäristötekniikan alan teoriaa sekä käytäntöä, ohjasi käyttämään alaan liittyvää lähdeaineistoa ja kehittämään uutta tietoa. Selvitys tuki ympäristötekniikan uusiutuvaan energiaan suuntautuneiden opiskelijoiden kirjallista, suullista sekä kuvallista esitystaitoa. Selvitys mahdollisti koulutusalaan liittyvien ongelmien ratkaisemisen sekä alalla käytettäviin työskentelymenetelmiin tutustumisen ja ohjasi etsimään tarkoitusta vastaavaa kustannustehokasta ratkaisua. (ks. Kauppinen, Nummi & Savola 2010, 157 - 158.)

3.2 Kehittämisasetelma

3.2.1 Erillispientalo ja sen ympäristö

Vuonna 1982 valmistunut erillispientalo sijaitsee Onttolan kylässä, Onttolantien varrella Joensuun lentokentän välittömässä läheisyydessä Kontiolahden kunnassa (kuva 11). Tontin pinta-ala on 4 100 m². Tontti sijaitsee pohjavesialueella. Kiinteistössä on talon lisäksi grillikatos, leikkimökki, autotalli ja puuliiteri. Tontilla kasvaa paljon puita. Talon kerrosala on 202 m² ja tilavuus 490 m³. Talossa on kolme kerrosta. Pohjapiirroksat ovat liitteessä 1. Rakennusoikeutta on jäljellä n. 100 m² (Silvennoinen 2014).



Kuva 11. Kohteen sijainti kartalla. (Kartta: Harri Lehikoinen.)

3.2.2 Talon asukkaat

Talossa asuu omistajien lisäksi heidän kaksi aikuista lastaan, jotka muuttavat muutaman vuoden kuluessa omilleen. Omistajat ovat iältään noin 60-vuotiaita. Perheen äiti on työelämässä ja tekee pitkää päivää. Isä on ollut työkyvyttömyyseläkkeellä lihassairauden vuoksi vuodesta 2005 alkaen. Äiti ei usein töiden jälkeen jaksaa lämmittää, mutta huolehti lämmityksestä viikonloppuisin ja saunapäivinä lämpimän veden riittävyden varmistamiseksi (Koivu 2014). Saunassa käydään 2 - 4 kertaa viikossa. Leivinuunia lämmitetään talviaikaan niin arkisin kuin viikonloppuisin. Sitä käytetään sekä ruuanlaittoon että lämmitykseen. Omistajat arvioivat asuvansa kiinteistössä enää maksimissaan 15 vuotta. Asukkailla on puulämmittämisestä usean vuosikymmenen kokemus. Lämmittämiseen tai lämmitysjärjestelmiin liittyen heillä ei ole muuta kokemusta.

Omistajilla ei ole vaatimuksena mitään tietynlaista lämmitysjärjestelmää. Kohteessa halutaan kuitenkin käyttää vain uusiutuvaa energiaa tai sähköä. Sähkönkulutusta ei haluta lisätä, joten pelkkä sähkölämmitys ei tule kyseeseen. (Koivu

& Koivu 2014.) Omistajat pitävät yhtenä vaihtoehtona sitä, että eivät itse tee energiaremonttia, vaan pitävät selvitystä myyntivalttina. Asukkaiden vedenkulutus tottumukset ovat sellaiset, että lämmintä vettä kuluu paljon.

3.2.3 Nykyinen lämmitysjärjestelmä

Kohteen lämmitysjärjestelmänä on vesikiertoinen keskuslämmityskattila, joka lämpenee sekä puulla että sähköllä. Kattila on malliltaan perinteinen yläpalokattila (Koivu 2014). Teknisenä tilana toimii pannuhuone, jonka yhtenä seinänä on varaaja, jonka sisällä on kattila tulipesineen (kuva 12). Kattilaa lämmitetään noin 1 metrin pituisilla haloilla, joiden halkaisija vaihtelee kuuden ja viidentoista senttimetrin välillä.

Varaajassa on kiinni kaksi 10 kW:n sähkövastusta, joiden kautta sähkölämmitys tapahtuu. Varaajan tilavuus on omistajan mukaan 4 m³. Kattila lämmitää varaajan veden 65 °C asteeseen. Vesi puolestaan lämmitää varaajan sisällä olevaa kuparikierukkaa, josta lämminvesi saadaan. Kierukasta lämminvesi johdetaan vesipatterikiertoon, lattialämmitykseen ja lämpimäksi käyttövedeksi kiertovesipumpun avulla. Lämmönjakoliitokset ovat pannuhuoneessa. Lattialämmitykselle on oma putkistonsa, vesipatterikierrolle omansa ja lämpimälle käyttövedelle omansa. (Koivu 2014.) Paisuntasäiliö on sijoitettu ullakkokerrokseen. Kattilan tehosta ei löytynyt tietoa, sillä kattila ei ole tehdasvalmisteinen. Lämmitysjärjestelmää ei ole remontoitu aiemmin eikä suoritettu erityisempiä huoltotoimenpiteitä. (Koivu 2014). Hormit nuohotaan vuosittain.

Lattialämmitys on pesuhuoneessa ja osassa saunan lattiaa. Talossa on 12 vesipatteria, mutta aktiivisessa käytössä on vain 8. Lämmityskattilan lisäksi puita kuuluu myös saunan ja leivinuunin lämmittämiseen. Vesipatterikierrolla lämmitetään vain kahta alinta kerrosta. Ullakkokerros lämmitetään sähköpattereilla eli ts. suoralla sähkölämmityksellä. Pohjakerroksessa patterikierron avulla lämmitetään lähinnä pohjapiirroksessa pukuhuoneeksi merkitty tila sekä wc ja kylpyhuone. Pohjakerros on osittain maan alla. Talon kaikkia pattereita ei lämmitetä yhtä aktiivisesti. Keskimmaisessä kerroksessa oleva kuisti on kylmätilana. Keskimääräinen sisälämpötila on 22 °C astetta, eikä sitä haluta vähentää, koska omistajat ovat

herkästi palelevia. Omistajat harkitsevat pienemmän lämminvesivaraajan hankkimista ja sijoittamista saunaan lauteiden alle käytettäväksi kesäaikaan. Nykyisen varaajan suuren vesimäärän lämmittäminen koetaan kesällä turhaksi. (Koivu & Koivu 2014.)

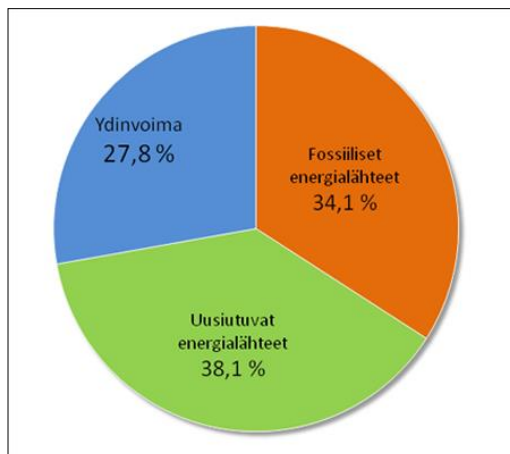


Kuva 12. Nykyinen kattila sähkövastuksineen ja varaaja. (Kuva: Minna Koivu-Asikainen.)

Kiinteistön asukkaat eivät omista metsää, vaan ostavat tarvitsemansa polttopuun lähialueelta. Puita ostetaan kerran vuodessa kuormallisen verran. Kuormassa on yleensä 10 - 15 i-m³ metrin mittaista koivu-halkoa (Koivu 2014). Mitään muuta puuta he eivät käytä. Puut varastoidaan kasoihin, joko puuliiteriin tai autotallin räystäään alla olevaan katokseen. Puut pienitään saunaan ja leivinuuniin sopiviksi moottorisahan ja kirveen avulla. Saunan kiukaaseen menee n. 30 cm pitkää puuta ja leivinuuniin n. 50 cm:n pituisia. Sisälle viedään kerrallaan pienehkö määrä pilkkeitä kuivumaan ja käytetään sitä mukaa. Lämmityskattilan pilkkeet

viedään pannuhuoneeseen ja muut pohjakerroksen muihin tiloihin. Välillä lämmityskattilassa poltetaan puun seassa pahvia, paperia ja kaniien kuivikkeena käytettyjä pellettejä. Puuta kuluu vuodessa omistajien arvion mukaan n. 10 m³. Tästä määrästä 2 m³ menee leivinuuniin, 3 m³ kuluu saunan lämmittämiseen ja loput 7 m³ lämmityskattilaan. (Koivu & Koivu 2014.)

Omistajilla on Oiva-sähkösopimus Pohjois-Karjalan Sähkön (PKS) kanssa. Sopimuksen mukaan yösähkö (klo 22 - 06) ja sunnuntaisähkö ovat tavallista edullisempia. Kesäkauden ajan on voimassa yösähkön hinta. Sähköä käytetään lämmitykseen tavallisen arkiviikon aikana yleensä viitenä päivänä (arkipäivät) ja puuta viikonloppuisin (Koivu 2014). Loma-aikana puulämmityksen osuus lisääntyy. Lämmityksen lisäksi sähköä kuluu kodinlaitteisiin ja ilmalämpöpumppuun. Ilmalämpöpumppu jätetään opinnäytetyössä huomioimatta, koska sitä käytetään talvella lämmitykseen ja kesällä jäähdytykseen, minkä vuoksi sen hyötysuhde on ±0. Kuviossa 2 esitetään Pohjois-Karjalan Sähkön myymän sähköenergian alkuperä energialähteittäin. Tiedot ovat vuodelta 2012.



Kuvio 2. Pohjois-Karjalan Sähkö Oy:n myymän sähköenergian alkuperä vuonna 2012. (Kuvio: Pohjois-Karjalan Sähkö Oy.)

3.3 Tutkimustehtävät

Opinnäytetyössä kartoitettiin vuonna 1982 valmistuneen erillispientalon lämmitysjärjestelmän uusimisen tekniset vaihtoehdot ja niiden kustannukset. Työssä tarkasteltiin uusiutuvilla energiamuodoilla toimivia, erillispientaloon soveltuvia järjestelmiä, joista rajattiin sopivat vaihtoehdot, joiden taloudellisuutta tarkasteltiin.

Esille nostettiin investoinnin suuruus, takaisinmaksuaika sekä lämmitysenergian hinta snt/kWh, jota verrattiin 0-vaihtoehtona olleeseen ratkaisuun, jossa kohteena olevan erillispientalon lämmitysenergia tuotettaisiin kokonaan sähköllä. Energian hinnalle tehtiin herkkyyshanalyysi, jolla selvitettiin sähkön hinnan muutoksien vaikutuksia soveltuvien järjestelmien taloudellisuuteen. Soveltuvien järjestelmien polttoaineiden välittömiä hiilidioksidiekvivalentti-päästökertoimia tarkasteltiin.

3.4 Opinnäytetyötä ohjaavat tekijät

Kohteessa työn ulkopuolelle rajattiin erillispientalon ullakkokerros, joka lämmitetään sähköpattereilla. Omistajat haluaisivat jättää ullakkokerroksen remontin ulkopuolelle sen haastavuuden ja kustannusten vuoksi. Vanha puukattila tulee jäämään paikoilleen, koska se olisi kallista purkaa ja toisaalta se halutaan säilyttää varalämmitysjärjestelmänä sähkökatkojen takia. Nykyinen vesikiertoinen patterijärjestelmä ja lattialämmitys halutaan säilyttää ennallaan. Uuden järjestelmän toivotaan olevan toimiva, luotettava, helppo, edullinen ja siisti, niin käytön kuin huollonkin osalta.

Puupolttoaineista hake rajattiin työn ulkopuolelle, sillä pienen kokoluokan kohteeseen soveltuvan hakkeen tulisi olla erittäin tasalaatuista sekä kuivaa lämmöntuotantoyksikön kunnollisen toiminnan varmistamiseksi. Erillispientalossa on leivinuuni, joka toimii varalämmitysjärjestelmänä sekä ilmalämpöpumppu, joka tukee päälämmitysjärjestelmää. Molemmat on tarkoitus säilyttää myös tulevaisuudessa.

4 Toimintaympäristö

4.1 Ilmastonmuutos

4.1.1 Määritelmä

Ilmastonmuutoksella tarkoitetaan kasvihuoneilmiön voimistumista. Kasvihuoneilmiössä lämmennyt maanpinta ja meri säteilevät infrapunasäteilyä, joka on näkyvää valoa pitkäaaltoisempaa. Ilmakehässä olevat kasvihuonekaasut ja vesi päästävät avaruudesta tulevan näkyvän valon säteilyn maan ilmakehään, mutta läpäisevät heikommin maanpinnan ja meren lähettämää infrapunasäteilyä avaruuteen. Auringosta tuleva näkyvän valon säteily lämmittää maapalloa, ja maapallo lähettää lämmitessään yhä enemmän infrapunasäteilyä. Ilmakehässä olevat kasvihuonekaasut heijastavat maapallon lähettämää infrapunasäteilyä tehokkaasti takaisin lämmittäen ilmakehää. (Hellgren, Heikkinen & Suomalainen 1996, 43 - 44.)

4.1.2 Vaikuttavat tekijät

Nykytietämyksen perusteella maapallon ilmasto on lämpenemässä, mutta lämpenemisnopeudesta eikä ihmisen toiminnan vaikutuksesta muutokseen olla yksimielisiä (Hellgren, Heikkinen & Suomalainen 1996, 45). Ihmisen toiminnan seurauksena fossiilisten polttoaineiden polttamisesta vapautuu hiilidioksidia, metaania sekä typpidioksidia. Kotieläintalous, kaatopaikat sekä riisinviljely vapauttavat metaania ja lannoitteiden käyttö ja teolliset prosessit typpidioksidia. Kasvihuonekaasuista merkittävä, hiilidioksidia, on ilmakehässä eniten 800 000 vuoteen. (Euroopan komissio 2014.)

Ilmastoasiantuntijoista 97 % on sitä mieltä, että ilmasto lämpenee, ja siihen vaikuttaa keskeisesti ihmisen toiminta. Sama kanta on myös hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin IPCC:n ilmastotutkijoilla (Euroopan komissio 2014.) Ilmastonmuutokseen johtavista syistä on tutkijoiden kesken myös eriäviä mielipiteitä. Joukko tutkijoita uskoo, ettei ilmastonmuutosta tapahdu, tai käynnissä olevat muutokset ilmaston lämpötilassa johtuvat luonnollisesta kausittaisesta vaihtelusta, eikä sitä aiheuta ihmisen toiminta. Maapallon keskilämpötila on noussut

1900-luvun alusta alkaen 0,6 - 0,9 °C astetta. Tutkijoiden enemmistö on sitä mieltä, että 1900-luvun alussa lämpeneminen on ollut luonnollisten tekijöiden aiheuttamaa, mutta 1970-luvulta lähtien lämpeneminen on kiihtynyt pääosin ihmisen aiheuttamien päästöjen takia. Vallitsevan näkemyksen mukaan ihmisen toiminnasta ilmakehään on vapautunut merkittävä määrä kasvihuonekaasuja, jotka pidättävät entistä enemmän maapallon lähettämää lämpösäteilyä. (Ilmatieteen laitos 2014c.)

Hiilidioksidin, metaanin sekä typpidioksidin määrä ilmakehässä on kasvanut teollisuutta edeltävästä ajasta nykyaikaan. IPCC:n viidennen arviointiraportin WG-1-osaraportin mukaan hiilidioksidin pitoisuus ilmakehässä on kasvanut 40 %, arvosta 280 ppm arvoon 390,5 ppm, ja suurin lisäys on tapahtunut vuosien 1958 - 2011 välisenä aikana. Raportin mukaan metaanin pitoisuus on kasvanut 150 %, arvosta 722 ppb arvoon 1 803 ppb, ja typpidioksidi on lisääntynyt 20 %, arvosta 270 ppb arvoon 324 ppb. (IPCC 2013, Ympäristöministeriö & Ilmatieteen laitos 2014 mukaan.) Lyhenne ppm tarkoittaa miljoonasosaa ja ppb miljardisosaa (Tieteen termipankki 2014).

4.1.3 Vaikutukset

Vuonna 2014 ilmestyneen IPCC:n viidennen arviointiraportin mukaan ilmastonmuutos vaikuttaa luonnon ja ihmisten hyvinvointiin negatiivisesti kaikkialla maailmassa (SYKE 2014b). 1900-luvun jälkimmäisellä puoliskolla ilmakehän ja merien lämpötila on noussut ja valtamerien pinnankorkeus kohonnut. Lumi ja jää ovat puolestaan vähentyneet. Ilmaston lämpenemisen seurauksena merien pH voi laskea, rankkasateet voivat yleistyä laajoilla alueilla ja lumipeite voi vähentyä. Kylmien ajanjaksojen määrä voi pudota ja kuumien lisääntyä, helleaallot sekä trooppiset hirmumyrskyt voivat yleistyä ja kuivuus voi vaivata laajoilla alueilla. (IPCC 2013, Ympäristöministeriö & Ilmatieteen laitos 2014 mukaan.) Sääolojen ennustetut muutokset voivat aiheuttaa negatiivisia muutoksia veden kiertokulkuun, biologisiin järjestelmiin sekä ihmisen toimintamahdollisuuksiin (IPCC 2014).

Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta Suomen ilmaston ennustetaan lämpenevän ja muuttuvan sateisemmaksi. Muutokset aiheuttavat uhkan monimuotoisten

ekosysteemien sekä hyvälaatuisten vesivarojen säilymiselle. Haitallisia vaikutuksia ennustetaan myös maa-, metsä- ja kalataloudelle sekä kaupunkien ympäristön maankäytölle. Sään ääri-ilmiöiden esiintymisten yleistyminen voi aiheuttaa kustannuksia sekä työmäärän lisääntymistä. Negatiivisten vaikutusten ohella ilmaston lämpeneminen voi vähentää lämmittämisen tarvetta, kasvattaa satoja ja nopeuttaa metsien kasvua. Kokonaisvaikutuksia tarkasteltaessa ilmaston lämpenemisen haitalliset seuraukset ovat kansainvälisellä tasolla huomattavasti merkittävämmät kuin yksittäiset hyödyt. (SYKE 2013.)

Ilmastonmuutosten vaikutusten voimakkuus riippuu lämpötilan nousun voimakkuudesta. Nyt huomattavia ilmaston lämpenemisen vaikutuksia ovat kasvillisuusvyöhykkeiden siirtyminen kohti pohjoista ja eteläisten lajien siirtyminen yhä pohjoisemmaksi. Ilmaston lämmitessä lumen ja jään määrä voi vähentyä ja veden kierto muuttua. Sisävesien tulvien voimakkuus ja ajankohta saattavat kokea muutoksen, sillä talven vedenkorkeudet ja virtaamat voivat kasvaa erityisesti Etelä- ja Keski-Suomessa. Keväällä tulvat voivat pienentyä, sillä talven lumenmäärän ennustetaan vähenevän. Rannikkovesissä rehevöityminen ja veden samentuminen saattavat lisääntyä ja suolaisuus vähentyä. (SYKE 2013.)

4.2 Ilmastopolitiikka

4.2.1 Kansainvälinen ilmastopolitiikka

YK:n puitesopimus vuonna 1992 oli ensimmäinen suuri kansainvälinen ilmastonmuutossopimus. Sopimuksen on ratifioinut 194 maata. YK:n puitesopimus loi pohjan kansainväliselle yhteistyölle, jonka tavoitteena on estää ihmisen ilmastojärjestelmälle aiheuttamia vaaroja. Puitesopimuksen täydennykseksi laadittiin vuonna 1997 Kioton pöytäkirja, joka tuli voimaan vuonna 2005. Pöytäkirjassa asetettiin teollisuusmaille sitovat vähentämistavoitteet kasvihuonekaasupäästöjen osalta. Pöytäkirjan periaatteen mukaan teollisuusmaiden on oltava vetovastuussa ilmastonmuutoksen torjunnassa, sillä suurin osa teollisen vallankumouksen päästöistä on peräisin teollistuneista maista. Kyseisillä mailla on myös kehittämättömpiä maita suuremmat taloudelliset resurssit ongelman ratkaisuun. (Euroopan komissio 2014.)

Kioton pöytäkirjan ensimmäisellä velvoitekaudella 2008 - 2012 kolmellekymmenele seitsemälle teollisuusmaalle asetettiin sitova tavoite vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 5 %:lla valittuun vertailuvuoteen, yleensä vuoteen 1990, nähden. Uutta kattavaa YK:n ilmastosopimusta yritettiin tehdä vuosina 2007 - 2009. Sopimuksen mukaisesti toimiin sitoutui kuitenkin lähes puolet vähemmän valtioita (100 maata), kuin vuoden 1992 sopimukseen. Vuonna 2011 YK:n ilmastokonferenssissa päätettiin käynnistää uusi neuvottelukierros, jotta päästäisiin sopimukseen niin teollisuusmaita kuin kehitysmaita sitovasta maailmanlaajuisesta ilmastosopimuksesta. Tavoitteena on, että maat hyväksyvät sopimuksen vuonna 2015, ja se tulee voimaan vuonna 2020. (Euroopan komissio 2014.)

Kioton pöytäkirjan toinen kahdeksanvuotinen kausi vuoteen 2020 saakka on soveltamisalaltaan hyvin rajattu, ja kattaa maailmanlaajuisista päästöistä vain 14 %. Tämän takia on tärkeää, että kaikkia maita sitovaan ilmastosopimukseen päästään mahdollisimman pian. Tulevaisuudessa yhä suurempi osa maailman päästöistä tulee muualta kuin teollistuneista maista. Arvioidaan, että vuonna 2020 koko maailman päästöistä 2/3 tulee kehittymättömimmistä maista. (Euroopan komissio 2014.)

Uuden sopimuksen lisäksi tavoitteena on myös maailmanlaajuisen ilmastotoimien tavoitetason nostaminen vuoteen 2020 mennessä, jotta saavutetaan päästövähennykset, jotka mahdollistavat maapallon keskilämpötilan nousun pitämisen alle 2 °C:ssa. Tutkimusten mukaan tämä tarkoittaa, että kasvihuonekaasupäästöjen lisääntymisen tulee pysähtyä viimeistään vuonna 2020 ja päästöt jäävät enintään puolet vuoden 1990 tasosta vuonna 2050. (Euroopan komissio 2014.)

4.2.2 Euroopan unionin ilmastopolitiikka

EU:n tavoitteena on vähentää päästöjä, edistää puhdasta energiaa sekä energiatehokkuutta ja siirtyä vähähiiliseen talouteen mahdollisimman kustannustehokkaasti. Eräs merkittävimmistä välineistä tavoitteiden saavuttamiseksi on ollut Euroopan unionin päästökauppajärjestelmä, jolla pyritään tuomaan ilmastomuutoksen seuraukset osaksi liike-elämää, asettamalla hiilidioksidipäästöille hinta. Vuonna 2005 käyttöön otettu järjestelmä kattaa noin 45 % EU:n, Islannin,

Liechtensteinin ja Norjan yli 12 000 energiantuotantolaitoksesta ja muista energiaintensiivisistä laitoksista, jotka kuuluvat päästökaupan piiriin. Kyseisten laitosten yhteen laskettaville hiilidioksidipäästöille on asetettu katto. Annettujen rajojen sisällä laitokset voivat ostaa ja luovuttaa päästöoikeuksia, jotka vastaavat tiettyä määrää hiilidioksidipäästöjä. Vähäpäästöiset laitokset voivat myydä ylimääräiset päästöoikeudet ja suurempia päästöjä tuottavat laitokset voivat joko investoida puhtaampiin teknologioihin tai ostaa päästöoikeuksia toisilta laitoksilta. Kaupankäynti mahdollistaa päästöjen vähentämisen kustannustehokkuuden. Vuonna 2020 Euroopan unionin päästökaupan piiriin kuuluvien laitosten päästöjen tulee olla 21 % pienemmät kuin vuonna 2005. EU:n tavoitteena on, että kansainvälisillä hiilimarkkinoilla eri päästökauppajärjestelmät muodostaisivat yhteensopivan verkoston. (Euroopan komissio 2014.)

Päästökaupan ansiosta kasvihuonekaasupäästöt ovat pysyneet tavoitteiden rajoissa, mutta päästöoikeuksien liian alhaista hintaa on arvosteltu ja markkinaehtoiseen järjestelmään halutaan puuttua poliittisesti. Päästöoikeuksia jaetaan liikaa, sillä jako on tehty aikaisempien päästömäärien perusteella. Kun päästöoikeuksia on päästökauppariikinoilla liikaa, putoaa yksittäisen päästöoikeuden hinta kysynnän ja tarjonnan perusteella. Ilmaiseksi jaetut päästöoikeudet ovat lisänneet sähköyhtiöiden ja niiden osakkeenomistajien tuloja, sillä päästöoikeuden markkinahinta on lisätty sähkön hintaan kuluttajan maksettavaksi, vaikka yhtiön ei ole siitä tarvinnut maksaa. (Kakkonen 2013.)

Pohjoismaisessa sähköpörssissä tukkuhinnan määrää kallein hyväksytty tarjoushinta. Tämä tarkoittaa, että kaikki sähköpörssissä myytävä sähkö hinnoitellaan kalleimman hyväksytyn tarjoushinnan perusteella. Yleensä kalleinta sähköä on kivihieillä tuotettu lauhdevoima, jonka tarjouksissa päästöoikeuden hinta on huomioitu. Tuolloin myös kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttamattomat sähköntuottajat, esimerkiksi ydinvoiman tuottajat, saavat tuottamastaan energiasta hinnan, johon on sisällytetty päästöoikeuksien markkinahinta. Vuonna 2013 alkaneella kolmannella kaudella sähköntuottajat eivät enää saa päästöoikeuksia ilmaiseksi ja kaukolämmöntuottajat joutuvat maksamaan osasta oikeuksistaan. (Kakkonen 2013.)

Euroopan unioni sitoutui vuonna 1990 pitämään hiilidioksidipäästöjen määrän kyseisen vuoden tasolla vuoteen 2000 mennessä. Tämän jälkeen EU on suorittanut monia ympäristöpoliittisia toimia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Vuonna 2000 unionissa perustettiin eurooppalainen ilmastonmuutosohjelma. Kyseisen ohjelman lisäksi monilla EU:n mailla on kansallisia tavoitteita kasvihuonekaasujen vähentämiseksi. Tällä hetkellä EU on maailman ensimmäinen alue, jossa on annettu sitovaa lainsäädäntöä tavoitteiden saavuttamiseksi. Kioton sopimuksen ensimmäisen velvoitekauden päätyttyä vuonna 2012, alkoi toinen kahdeksanvuotinen jakso, jonka aikana EU on sitoutunut pitämään kasvihuonekaasupäästöt 20 %, osin jopa 30 %, pienempänä kuin vertailuvuonna 1990. (Euroopan komissio 2014.)

Yhtenä Eurooppa 2020 -strategian viidestä pääteemasta on ilmastonmuutoksen torjunta. Strategian teeman tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 20 %:lla, energiahyötysuhteen parantaminen 20 %:lla ja, että 20 % Euroopan unionin energiasta on peräisin uusiutuvista energialähteistä. (Euroopan komissio 2014.) Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen jakaantuu päästökauppasektorin päästöihin sekä päästökaupan ulkopuolisen sektorin päästöihin. Päästökauppasektorin päästöjen vähentämistavoite on 21 % ja päästökaupan ulkopuolisen sektorin päästövähennystavoite on 10 % vuoden 2005 tasosta. Kokonaisuutena kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoite (20 %) on sidottu vuoden 1990 päästötasoon. Uusiutuvien energialähteiden tavoitellaan olevan 20 % energian loppukulutuksesta ja biopolttoaineiden osuuden tavoite tieliikenteen polttoaineista on 10 %. Energiatehokkuutta pyritään parantamaan 20 %:lla vuonna 2007 arvioituun kehitykseen verrattuna. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.)

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen sekä uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämisen tavoitteet on sisällytetty osaksi jäsenmaita sitovaa lainsäädäntöä vuonna 2009. Lainsäädännössä annetaan kansalliset sitovat tavoitteet uusiutuvien energialähteiden käytölle. EU-maiden erilaiset lähtökohdat ja mahdollisuudet uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämiseen ja päästöjen vähentämi-

seen, EU:n päästökaupan ulkopuolisilla sektoreilla, on huomioitu. Täten kansalliset uusiutuvien energialähteiden käytön tavoitteet vaihtelevat Maltaan 10 %:sta Ruotsin 49 %:iin. (Euroopan komissio 2014.)

55 % Euroopan unionin päästöistä tulee päästökaupan ulkopuolisilta sektoreilta, esimerkiksi liikenteestä ja rakentamisesta. Vuonna 2010 uusiutuvista energialähteistä saadun energian osuus oli unionin alueella 12,5 %. Myös energiahyötysuhteen parantamisesta annettiin lainsäädäntöä vuonna 2012, mutta siihen liittyvät kansalliset tavoitteet eivät ole sitovia. Energiatehokkuutta pyritään parantamaan energiaketjun jokaisessa vaiheessa. EU:n jäsenmaissa otetaan käyttöön energiatehokkuusvelvoitejärjestelmät ja energiapolitiittiset toimenpiteet energiankäytön tehostamiseksi esimerkiksi kotitalouksissa. Lisäksi kuluttajilla tulee olla mahdollisuus seurata omaa energiankulutustaan. Vuonna 2013 annetun lainsäädännön perusteella jäsenmaiden on tehtävä vuosittain tilastot viljelysmaiden sekä metsien sitoman hiilen määrästä, sekä ilmakehään vapautuvasta määrästä. Tarkoituksena on tuoda maa- ja metsätalous osaksi päästöjen vähentämistoimia. (Euroopan komissio 2014.)

Vuoden 2050 tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 80 - 95 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Tämän lisäksi tavoitteena on pitää maapallon lämpötilan nousu alle 2 °C:ssa. Tavoitteiden toteutuessa Euroopan unionista tulee vähähiilinen talous. Vuonna 2011 Euroopan komissio julkaisi toimintasuunnitelman siirtymisestä kustannustehokkaasti kilpailukykyiseen vähähiiliseen talouteen. Toimintasuunnitelma käsittää eri toimialat energiantuotannosta maatalouteen sekä keinot tavoitteiden saavuttamiseksi. Tavoitteiden saavuttamiseksi energiantuotannon tulisi olla vuonna 2050 täysin hiilidioksidipäästötöntä. Energiankulutusta voitaisiin vähentää 30 % parantamalla energiatehokkuutta ja paikallisella energiantuotannolla voitaisiin vähentää riippuvuutta tuontienergiasta. (Euroopan komissio 2014.)

4.2.3 Kansallinen ilmastopolitiikka

Kansallisen ilmastopolitiikan keskeiset tavoitteet ja toimenpiteet niiden saavuttamiseksi on määritelty vuonna 2008 hyväksytyssä Pitkän aikavälin energia- ja ilmastostrategiassa. Valtioneuvosto antoi vuonna 2013 selonteon eduskunnalle

strategian päivittämiseksi. Päivityksen keskeisenä tavoitteena on huolehtia, että vuoteen 2020 asetetut kansalliset tavoitteet saavutetaan. Lisäksi päivityksessä suunnitellaan keinoja Euroopan unionin pitkän aikavälin energia- ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi vuodelle 2050. Tavoitteiden saavuttamisessa painotetaan kustannustehokkuutta, energiaomavaraisuuden lisäämistä sekä riittävän ja kohtuullisen hintaisen sähkön saatavuutta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.)

Talouden kasvu vaatii varmuuden energian saatavuudesta ja kohtuullisesta hinnasta. Kansainvälinen energiajärjestö IEA ennustaa öljyn hinnan säilyvän korkeana ja nousevan mahdollisesti edelleen kysynnän ollessa korkealla tasolla. Kaasun hinnankehitys säilynee Euroopassa maltillisempaan maailmanlaajuisen kaupan yleistyessä sekä otettaessa käyttöön uusia kaasuvaroja. Kivihiiltä tulee todennäköisesti olemaan tarjolla kilpailukykyiseen hintaan, mutta ympäristövaatimukset sekä niistä aiheutuvat kustannukset pienentävät kivihiilen kilpailukykyä. Jotta Euroopan unionin asettamaan pitkän aikavälin tavoitteeseen päästään, tulee energiankäyttöä tehostaa ja uusiutuvat energialähteet on otettava osaksi energiajärjestelmiä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.)

Suomi on sitoutunut YK:n ilmastopöytäkirjaan, Kioton pöytäkirjaan sekä EU:n lainsäädäntöön. EU:n lainsäädäntö ja ilmastopolitiikka ohjaavat pitkälti jäsenmaiden kansallista toimintaa. Euroopan unionin vuodelle 2020 asetetuista tavoitteista Suomella on korkeampia kansallisia tavoitteita päästökaupan ulkopuolisen sektorin päästövähennyksille, uusiutuvien energialähteiden osuudelle energian loppukulutuksesta sekä tieliikenteen biopolttoaineiden osuudelle. Päästökaupan ulkopuolisen sektorin päästövähennystavoite on 16 % vuoden 2005 päästöihin verrattuna. Uusiutuvien energialähteiden osuuden tavoite energian loppukulutuksesta on 38 % ja biopolttoaineiden osuuden tavoite liikenteen polttoaineista 20 %. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.)

Päästökauppajärjestelmässä unionin kokonaispäästömäärälle asetettu katto huolehtii, että päästökaupan sektoriin kuuluvat toimijat pääsevät EU:n kasvihuonekaasujen päästövähennystavoitteisiin. Suomen hallitusohjelman perusteella valmistellaan esitystä kansallisen ilmastolain säätämisestä. Sen tavoitteena olisi

vähentää päästökaupan ulkopuolisen sektorin päästöjä suunnitelmallisesti ja enakoivasti. Päästökaupan ulkopuolisten sektoreiden päästövähennystavoitteiden saavuttaminen on mahdollista jo tehtyjen kansallisten toimenpiteiden ansiosta. Päästökaupan ulkopuolisen sektorin päästövähennystavoitteiden täyttymiselle oli merkittävää, että metsäkadon päästöjen kompensatiosta poistumisesta sovittiin Suomen kannalta edullisella tavalla. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.) Vuonna 2011 voimaan tullut hiilinielujen laskentatavan muuttaminen sai aikaan sen, että Suomen metsistä vapautuvan hiilen määrä oli laskennallisesti suurempi kuin metsiin sitoutuvan hiilen määrä. Nyt hyväksytyssä mallissa Suomen metsänhoidon nielu on kuitenkin paljon suurempi kuin metsien kaadosta syntyvä päästö. (Ympäristöministeriö 2014.)

Energiansäästöavoitteeksi asetettiin 37 TWh vuoteen 2020 mennessä. Säästöistä sähkön osuus on 5 TWh ja loput lämpöenergiaa ja liikennepolttoainetta. Säästöjen toteutuessa energian loppukulutus olisi vuonna 2020 310 TWh. Laskelmien perusteella sähkön osalta säästö saavutetaan, sillä talouskasvu on hidastunut ja taloudessa on tapahtunut rakennemuutos. Muun energian osalta säästöavoitteeseen pääseminen on epävarmaa. Sähkönkulutuksen on arvioitu olevan 103 TWh vuonna 2020, mutta edellä mainittujen talouden muutosten seurauksena vuonna 2020 voidaan päästä 94 TWh:iin. Suomen tavoitteena on kehittää sähkön omavaraisuusastetta, sillä tuontiriippuvuus talven kylmimpinä kuu-kausina on voimakasta. Omavaraisuuteen pyritään pääsemään rakentamalla lisää ydinvoimaa sekä yleistämällä hajautettua energiantuotantoa. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.)

Jotta päästäisiin varmasti vuoden 2020 tavoitteisiin sekä vuoden 2050 pitkän tähtäimen tavoitteisiin, tarvitaan lisätoimia. Euroopan unionin tavoitteiden ohella Suomi kehittää Puhtaan energian ohjelmaa, joka onnistuessaan lisää kotimaista päästötöntä energiantuotantoa ja luo kymmeniä tuhansia työpaikkoja energialle. Ohjelman tavoitteina on vähentää Suomen riippuvuutta ulkomaalaisesta energiasta, parantaa vaihtotasetta, vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja tehdä Suomesta puhtaan energian edelläkävijävaltio. Ohjelma toimii osana unionin vuodelle 2050 asetettujen tavoitteiden saavuttamista. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.)

Tavoitteiden saavuttamiseksi panostetaan kotimaisiin biopolttoaineisiin ja 10 % maakaasusta korvataan biomassapohjaisilla ratkaisuilla, jotka voivat hyödyntää nykyisiä kaasuputkistoja ja voimalaitoksia. Kivihiilellä tuotetun lauhdevoiman osuutta vähennetään korvaamalla se ydinvoimalla sekä tuulivoimalla. Myös tuon-tisähkön osuutta pienennetään. Kaupunkien lämmöntuotannon kivihiili korvataan suurimmaksi osaksi biovoimalla. Kiinteistökohtaisten lämpöpumppujen, aurinko-lämmön ja kiinteistökohtaisen energian pientuotannon käyttöä edistetään. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.)

Julkisen vallan käyttämiä puhtaan energian käytön edistämistoimia tulee lisätä entisestään. Tavoitteiden saavuttaminen edellyttää rahoituksen lisäämistä ja lupia uusien ydinvoimaloiden rakentamiseen. Lisäksi tuulivoimaloiden syöttötariffia tulee jatkaa vuosina 2020 - 2025 toimintansa aloittaville voimaloille. Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa käytettävien uusiutuvien polttoaineiden käyttö tulee turvata, tarvittaessa verotuksen tai muiden ohjauskeinojen avulla. Lämmitysener-gian kulutuksen lasketaan olevan vuonna 2020 lisätoimien seurauksena 9 % (6,5 TWh) pienempi kuin vuonna 2012 ja vuonna 2030 20 % (15 TWh) pienempi. Energiankulutuksen vähennyksiin päästään huoltamalla rakennuksia hyvin sekä parantamalla rakennusten energiatehokkuutta aina korjausten yhteydessä, jol-loin se on kustannustehokkainta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.)

4.2.4 Itä-Suomen energiaomavaraisuustavoitteet

Itä-Suomen tavoitteena bioenergian osalta on omavaraisuus ja mahdollisuus bio-energian myyntiin myös alueen ulkopuolelle. Lisäksi tavoitteena on bioenergiaan liittyvien liiketoimintamallien kehittäminen ja alan toimijoiden verkostoitumisen parantaminen. Jatkuvan parantamisen kohteena on jo nyt suurelta osin biomas-soja hyödyntävän yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon biopolttoaineiden osuu-den kasvattaminen. (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2011.)

Ohjelman ensisijainen tavoite on energian säästö ja energiatehokkuuden paran-taminen. Tavoitteena on myös täyttää energiantarve uusiutuvilla energialähteillä. Uusiutuvan energian osuus primäärienergiankäytöstä oli vuonna 2008 55 % ja

energiaomavaraisuusaste sähkön- ja lämmöntuotannossa 56 %. Uudessa ohjelmassa Itä-Suomi tavoittelee uusiutuvan energian osuuden nostamista 78 prosenttiin ja omavaraisuusasteen korottamista 83 prosenttiin. Energianhankintaketju ja tuotantoverkosto on tarkoitus tehdä kuljetuksen kannalta mahdollisimman tehokkaaksi ja toimintavarmaksi. (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2011.)

Jotta tavoitteisiin päästään, mukaan halutaan teollisuus, julkinen sektori, yritykset ja kotitaloudet. Erityisen tärkeänä pidetään kuntien rakennusvalvonnan toimintaa rakennusten ohjauksessa kohti uusiutuvan energian ratkaisuja. Uusiutuvista energiamuodoista esille nousevat metsähake, polttopuu, puupelletti, jalostetut biopolttoaineet, vesivoima, tuulivoima, lämpöpumput, biokaasu, peltobiomassat, aurinkoenergia ja liikenteen uusiutuvat polttoaineet. Hajautetun energiantuotannon tavoitteena on kehittää pienen luokan energiaratkaisuja, joilla varmistetaan huoltovarmuus, uusien työpaikkojen syntyminen ja osaamisen hyödyntäminen. Tämän toteutuminen vaatii uudistuksia lukuisissa aluelämpölaitoksissa, kiinteistökohtaisissa ratkaisuissa sekä uusia maatilojen yhteyteen perustettavia biokaasureaktoreita. Alueen elinvoimaisuuden kannalta tärkeää on työllisyyden kasvattaminen erityisesti metsäbioenergiasektorilla sekä muilla uusiutuvan energian aloilla. Lisäksi tavoitteena on hyödyntää itäsuomalaista osaamista myös kansanvälisesti. (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2011.)

Metsähakkeen osalta alueen tavoitteena on nostaa osuus 12,5 prosenttiin alueen primäärienergiantuotannosta (7 500 GWh) teknis-taloudellisen korjauspotentiaalin ollessa lähes 12 000 GWh. Pienikiinteistöjen polttopuun tuotannon ja käytön tavoite on 4 000 GWh sen oltua edellisessä suunnitelmassa 3 000 GWh. Polttopuun käytön odotetaan kasvavan alueella maltillisesti ja mahdollisuudet polttopuuyrittäjyydelle energian hinnan noustessa ovat hyvät. (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2011.)

Puupellettiä on tarkoitus tuottaa 2 000 GWh, josta alueella käyttöön tulisi 500 GWh. Ennen alueen pelletintuotanto oli 50 000 - 70 000 tonnin välillä, mikä tarkoittaa noin puolta tuotantokapasiteetista. Pelletin käytön uskotaan kasvavan voimakkaasti niin kotitalouksissa kuin myös lämpölaitoksissa. Pelletin kysynnän

määrä riippuu tulevaisuudessa Keski-Euroopan markkinoista sekä kivihiililaitosten mahdollisesta siirtymisestä puupelletin käyttöön. Tulevaisuudessa pelletin valmistukseen hyödynnetään metsäteollisuuden sivutuotteiden lisäksi pienpuuta. (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2011.)

Puupohjaisten biopolttoaineiden käytön tavoite on 1 700 GWh ja tuotannon tavoite huomattavasti suurempi. Tähän ryhmään kuuluvat uudet lämmityksessä, sähköntuotannossa ja liikenteessä käytettävät tuotteet. Alue on suunnitelman mukaan otollinen uusien energiantuotantoteknologioiden, kuten kaasutusteknologioiden, käyttöönotolle. (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2011.)

Tuulivoimaloita ei alueella ollut vielä edellisen suunnitelman aikana, mutta Itä- ja Keski-Suomessa etsitään sopivaa paikkaa suurelle tuulipuistolle. Alueen tavoitteena on tuottaa vuoteen 2020 mennessä 500 GWh tuulivoimaa, mikä tarkoittaa prosenttia alueen energian loppukulutuksesta. Lämpöpumpuilla pyritään 1 500 GWh:iin. Pumppujen käyttöä korjausrakentamisessa ja sähköllä lämpiävissä rakennuksissa edistetään. Lisäksi maalämmön hyödyntämistä edistetään kohteissa, joissa se on kannattavaa. Aurinkoenergian käyttöä suositaan vapaa-ajan asunnoissa, haja-asutusalueella sekä muiden lämmitysratkaisujen tukena. (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2011.)

4.3 Kasvihuonekaasupäästöjen tarkastelu

4.3.1 Energiaketju

Primäärienergiälähteen matkaa energialähteiltä loppukäyttöön ja käytöstä syntyvien jätteiden poistoon voidaan kutsua energiaketjuksi (Hellgren, Heikkinen & Suomalainen 1996, 33 - 34). Primäärienergialla tarkoitetaan energiaa, jota ei ole jalostettu tai kuljetettu. Primäärienergia on niiden aineiden ja ilmiöiden energiaa, jotka ovat ensimmäistä kertaa sellaisessa tilassa, että niitä voidaan käyttää energialähteenä. Esimerkkejä primäärienergiasta ovat tuuli, metsässä oleva puu, aurinko ja maaperässä oleva öljy. (Bröckl, Pesola & Vanhanen 2010.)

Ketjun päävaiheita ovat primäärienergiälähteen hyödyntäminen, esimerkiksi uraanin louhiminen tai puiden kaataminen, raaka-aineen kuljettaminen jalostettavaksi, raaka-aineen jalostaminen polttoaineeksi, polttoaineen kuljettaminen loppukäyttökohteeseen, polttoaineen käyttäminen energiantuotantoon, energian siirtäminen loppukäyttäjille, energian käyttö sekä ketjun aikana syntyneiden jätteiden ja päästöjen käsittely. Kaikki edellä mainitut ketjun vaiheet eivät sisällä kaikkien energiamuotojen hyödyntämiseen. (Hellgren, Heikkinen & Suomalainen 1996, 33 - 34.)

Esimerkiksi puu voidaan siirtää jalostamisen jälkeen loppukäyttäjälle ja tuulta ja auringon säteilyä voidaan käyttää energiantuotantoon ilman jalostustoimenpiteitä. Jokainen energiaketjun päävaihe sisältää energiamuodosta riippuvan määrän erilaisia toimenpiteitä, jotka kuluttavat energiaa. (Hellgren, Heikkinen & Suomalainen 1996, 33 - 34.) Onkin hyvä muistaa, että energian loppukäytöstä aiheutuvat päästöt ovat vain osa koko totuutta. Energiaketjun aikana, energialähteen hyödyntämisessä, kuljettamisessa, jalostamisessa ja jätteiden käsittelyssä kuluva energia tuotetaan yleensä fossiilisilla polttoaineilla, jolloin syntyy kasvihuonekaasupäästöjä.

4.3.2 Hiilidioksidiekvivalentti-päästötarkastelu

Hiilidioksidiekvivalentti-päästötarkastelussa kuvataan ihmisen tuottamien kasvihuonekaasujen vaikutusta muutettuna vastaamaan hiilidioksidin ilmastovaikutusta 100 vuoden tarkastelujaksolla. Ihmisen aiheuttamiksi kasvihuonekaasuiksi lasketaan hiilidioksidi, metaani sekä typpidioksidi. Kyseisille kasvihuonekaasuille annetaan kertoimet, joilla ne muutetaan vastaamaan hiilidioksidin ilmastovaikutusta. Metaani kerrotaan 21:llä ja typpidioksidi 310:llä. (Heljo, Nippala & Nuuttila 2005.)

4.3.3 Välilliset ja välittömät päästökertoimet

Välillisten päästökertoimien avulla vertaillaan eri polttoaineiden välillisiä ilmastovaikutuksia. Välillisiä ilmastovaikutuksia syntyy energiaketjun aikana esimerkiksi polttoaineen jalostamisesta ja kuljetuksesta. Päästökertoimina työssä käytetään hiilidioksidiekvivalenttia (kg CO₂-ekv/MWh). Välillisiä päästökertoimia saattaa

syntyä myös energiamuodoille, joiden hyödyntämisestä ei lasketa aiheutuvan välittömiä kasviuonekaasupäästöjä. (Keto 2010).

Puun poltosta aiheutuvat kasviuonekaasupäästöt jätetään huomiotta, sillä poltosta vapautuvan hiilidioksidin ajatellaan vapautuvan ilmakehään kuitenkin, jos puu pääsee lahoamaan (Heljo, Nippala & Nuutila 2005). Puun polton välitön päästökerroin on siis 0, mutta välillinen kerroin > 0 . Välillisiä päästökertoimia voi muodostua myös energiamuodoille, joiden hyödyntämiselle on laskettu välitön päästökerroin. Työssä energiantuotantolaitosten rakentamisen aiheuttamia hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä ei ole otettu laskuihin mukaan. Välittömillä päästökertoimilla tarkoitetaan polttoaineen palamisen välittömille seurauksille laskettua kerrointa, jolla vertaillaan eri polttoaineiden käyttämisen välittömiä ilmastovaikutuksia. Päästökertoimenä työssä käytetään hiilidioksidiekvivalenttia (kg CO₂-ekv/MWh) (Heljo & Laine 2005).

4.3.4 Sähköntuotannon välilliset päästökertoimet

Hiilidioksidiekvivalentti-päästötarkastelussa ydinvoimalla tuotetulla sähköllä ei katsota olevan kasviuonekaasupäästöjä ollenkaan, sillä ydinvoiman tuottaminen reaktorissa ei vapauta hiilidioksidia, metaania tai typpidioksidia ilmakehään. On kuitenkin mielenkiintoista tarkastella ydinvoiman energiaketjun kasviuonekaasupäästöjä. Jotta ydinvoimaloiden käyttämä polttoaine saadaan sopivaan muotoon, tulee uraanimalmia louhia, uraani erottaa malmista ja rikastaa. Tämän jälkeen rikastetusta uraanista valmistetaan polttoainetta, joka kuljetetaan energiantuotantolaitoksille. Polttoainetta käytetään voimaloissa sähkön tuottamiseen. Voimalaitoksista sähkö siirretään loppukäyttäjälle ja käytetty polttoaine joko jälleenkäsitellään uudeksi polttoaineeksi, välivarastoidaan tai loppusijoitetaan. (Hellgren, Heikkinen & Suomalainen 1996, 37 - 38.) Välillisiä kasviuonekaasupäästöjä ydinvoimalla on, sillä voimalan käyttämän polttoaineen louhinta, kuljetus, käsittely ja polttoaineen valmistus tapahtuvat fossiilisiin energiamuotoihin turvautuen.

Kivihiilen energiaketjun päävaiheet ovat hiilen louhiminen, laiva-, rautatie-, maantie- tai putkikuljetus, hiilen käyttö, poltosta syntyvien jätteiden käsittely ja energian siirtäminen loppukäyttäjälle. Hiilen poltosta syntyvät hiilidioksidi-, rikkidioksidi-päästöt ja typen oksidien päästöt sekä raskasmetalli- sekä lentotuhkapäästöt

syntyvät hiilen loppukäytöstä. On kuitenkin syytä huomioida poltosta syntyvien päästöjen lisäksi myös muut energiaketjun vaiheet, joista päästöjä syntyy. (Hellgren, Heikkinen & Suomalainen 1996, 35 - 36.)

Uusiutuvia energialähteitä käyttävän sähköntuotannon välilliset päästökertoimet syntyvät energiaketjun eri vaiheiden vaatimista hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä aiheuttavista toimista. Energiaketjut on esitelty sähköntuotannosta yleisesti käytettävistä uusiutuvista energialähteistä eli vesivoimasta, tuulivoimasta, puuteollisuuden sivutuotteista sekä hakkeesta. Energiaketjun eri vaiheet ovat energiamuotokohtaisia ja vaihtelevat merkittävästi keskenään.

Vesivoiman energiaketju alkaa muuttamalla veden potentiaalienergia voimalan turbiinissa mekaaniseksi energiaksi. Turbiinin mekaaninen energia muutetaan generaattorissa sähköenergiaksi, joka siirretään vesivoimalaitokselta siirtolinjoja pitkin teollisuuden, yhdyskuntien ja kotitalouksien käyttöön. (Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu & Motiva Oy 2003f.) Tuulivoimalassa lapihin syntyvä aerodynaaminen voima sekä tuulen työntävä vaikutus saavat lavat pyörimään. Lavat puolestaan saavat roottorinnavan pyörimään, jolloin siihen kiinnitetty laakeroitu generaattorin akseli alkaa pyöriä ja kestromagneettigeneraattori toimii. (Eklund 2011.) Voimaloiden tuottama sähköenergia siirretään siirtoverkkoa pitkin teollisuudelle sekä yhdyskunnille sekä kotitalouksille (Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu & Motiva Oy 2003e). Vesi- ja tuulivoimalla tuotetulla sähköllä ei ole välillisiä hiilidioksidiekvivalenttipäästökertoimia.

Puuteollisuuden sivutuotteiden hyödyntämisen energiaketju alkaa kemiallisesta metsäteollisuudesta tai mekaanisesta metsäteollisuudesta. Kemiallisen metsäteollisuuden, esimerkiksi paperi- ja kartonki- sekä pakkausteollisuuden, tuotannossa jää yli kuituja ja kemikaaleja, joita ei tarvita tuotannossa. Syntyviä jäteliemiä hyödynnetään energiantuotannossa. Esimerkiksi sellutehtaan keiton jäteliemi on pääasiassa ligniiniä, joka sisältää paljon energiaa. Jäteliemi siirretään sellutehtaalta energiantuotantolaitokselle, jossa sitä poltetaan sopivissa kattiloissa. Energiantuotantolaitokset sijaitsevat yleensä sellutehtaan yhteydessä, jolloin polton raaka-aineen kuljetuksesta energiantuotantopaikalle ei synny suuria

hiilidioksidiekvivalentti-päästöjä. (Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu & Motiva Oy 2003c.)

Sähköntuotannossa polttoainetta poltetaan höyrykattilassa. Kuuma höyry johdetaan turbiinille, joka alkaa pyöriä ja pyörittää samalla generaattoria. Sähkö johdetaan laitoksesta muuntajan kautta siirtoverkkoon. Teollisuuslaitosten yhteydessä olevien sähköntuotantolaitosten ylimääräistä höyryä sekä lämmönvaihtimelta saatavaa lämpöä hyödynnetään teollisuuslaitoksissa. (Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu & Motiva Oy 2003d.) Energiantuotantolaitokselta sähkö siirretään selluntuotantolaitokselle sekä siirtoverkkoa pitkin sähkön loppukäyttäjille.

Mekaanisen metsäteollisuuden, eli saha-, levy- ja huonekaluteollisuuden tuotannossa syntyviä jalostukseen kelpaamattomia jakeita hyödynnetään lämmitysenergian tuotannon lisäksi sähkön tuotannossa. Ylijäävät jakeet, kuten sahanpurut, pöly, kuoret ja lastut siirretään sähköntuotantolaitokselle. Laitokselta tuotettu sähkö siirretään siirtoverkkoa pitkin sähkön loppukäyttäjille. Koko energiaketjua tarkasteltaessa metsäteollisuuden sivutuotteilla on välillisiä hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä, jotka koostuvat mm. raaka-aineen kuljetuksesta sekä jalostusprosessista, josta energian tuotantoon käytettävä ylimääräinen jae saadaan. (Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu & Motiva Oy 2003c.)

Metsähaketta saadaan hakkuutähteistä tai pienpuusta. Hakkuutähteistä saatavan hakkeen energiaketju voi edetä usealla tavalla. Haketus voidaan hoitaa palstahaketuksena, jolloin haketettava puu kasataan hakkuun yhteydessä kasoihin ja hakkuun jälkeen haketetaan suoraan kasoista konttiin. Hakkuutähteet voidaan myös kuljettaa metsäkoneilla tienvarteen. Vaihtoehtona on myös hakkuutähteiden paalaus risutukeiksi ja kuljetus metsästä tienvarteen. Tienvarteen tuodut paalatut tai paalaamattomat hakkuutähteet voidaan hakettaa tienvarressa tai kuljettaa hakettamattomana paalattuna tai paalaamattomana korjuutähteenä keskitettyyn haketuspaikkaan tai käyttöpaikalle odottamaan haketusta. Palstalla konttiin haketettu hake sekä tienvarressa haketettu hake kuljetetaan kaukokuljetuksena energiantuotantolaitokselle. Hakkuutähdehake käytetään energiantuotantopaikalla. (Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu & Motiva Oy 2003a.)

Pienpuusta tehtävän hakkeen energiaketju alkaa pienpuun korjuulla metsästä. Esimerkiksi metsurityönä tehdyt puut kuivataan kasoissa joko palstalla tai tienvarressa. Palstalla kuivatettu pienpuu haketetaan palstalla tai kuljetetaan tienvarseen haketettavaksi. Hake kuljetetaan kaukokuljetuksena energiantuotantolaitokselle käytettäväksi. (Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu & Motiva Oy 2003a.) Metsähakkeen energiaketjun välilliset hiilidioksidiekvivalentti-päästökertoimet riippuvat haketettavasta laitteistosta sekä hakkeen kuljetusmatkoista sekä kuljetustavoista.

4.3.5 Polttopuun, pelletin ja aurinkolämmön välilliset päästökertoimet

Polttopuun energiaketju alkaa puun katkomisella metsässä 3 - 6 metriä pitkiksi rangoiksi. Puut kasataan ja kuljetetaan metsästä polttopuun pilkontapaikalle. Polttopuiden tekeminen aloitetaan sahaamalla rangat haluttuun pituuteen joko haloiksi tai klapeiksi. Sopivan pituiset polttopuut halkaistaan ja pinotaan kuivamaan. Polttopuut voidaan tehdä valmiiksi jo metsässä, jonne ne pinotaan kuivamaan. Ulkokuivatuksella voidaan päästä lähelle polttopuun tavoitekosteutta. Polttopuiden ulkokuivatuksen jälkeen ne siirretään katettuun ja ilmavaan varastoon, jossa polttopuut kuivavat tarvittavaan kosteuteen. (Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu & Motiva Oy 2003b.) Polttopuun välilliset hiilidioksidiekvivalenttikertoimet riippuvat kuljetusmatkoista, kuljetustavasta, polttopuiden tekemiseen käytettävistä laitteista sekä polttopuiden kuivatustavasta. Polttopuita ammatikseen tekevät voivat käyttää puun kuivatukseen ilmastoituja halleja. Puun kuivattaminen kylmää tai kuumaa ilmaan käyttämällä vaatii energiaa.

Pelletin valmistaminen alkaa raaka-aineen käsittelyllä. Käsittelyksi lasketaan raaka-aineen kuljetus, kuivaus ja jauhatus. Raaka-aineen optimikosteus on 10 - 15 %. Pelletöintilaitokselle tulevan sahanpurun kosteusprosentti voi olla yli 50 %, joten se vaatii kuivaamisen. Kuivaaminen suoritetaan ainakin osittain ennen jauhamista. Kuivatuksen jälkeen kosteuden on oltava noin 10 %. Kuivatukseen kuluu energiaa noin 1 MWh/kuivaraaka-ainetonna. (Paukkunen 2014b).

Raaka-aineen käsittelyn jälkeen on pelletin puristusvaihe. Sen aikana pelletöitävä materiaali puristetaan matriisin reikien läpi pelletiksi. Puristuksen aikana raaka-aineen lämpötila nousee ja puun hartsit ja ligniini pehmenevät hetkellisesti.

Pelletit pysyvät kasassa partikkelien kuitumaisten osien, sisäpintojen koheesion sekä ligniinin aiheuttaman adheesion vaikutuksesta. Puristuksen jälkeen kuumat pelletit jäädytetään ja seulotaan täryseulalla, jonka tarkoituksena on erottaa pelleteistä raakapuru ja hienoaines. Seulonnalla saadaan tasalaatuisempaa polttoainetta, joka aiheuttaa vähemmän häiriöitä polttolaitteissa. Pelletin valmistuksen energiataseen perusteella 1 % pelletin energiasisällöstä kuluu raaka-aineen kuljetukseen pellettilaitokselle. 21 % energiasisällöstä kuluu pelletin valmistukseen ja 0,4 % energiasisällöstä kuluu pellettien jakeluun loppukäyttökohteisiin. Lämmöksi pelletin loppukäyttäjän polttimessa muuttuu 20 % polttoaineen energiasisällöstä. (Paukkunen 2014b).

Aurinkolämpö on tarkasteltu kiinteistökohtaisena ratkaisuna, jossa sitä hyödynnetään aktiivisesti ja passiivisesti. Aurinkolämmön energiaketju on lyhyt, sillä lämpö hyödynnetään käyttöpaikalla. Energiaketjun aikana ei aiheudu välillisiä hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä.

4.3.6 Sähköntuotannon päästökertoimet

Sähköntuotannon CO₂-ekv-päästökertoimet on jaettu perustehoalueen, välitehoalueen ja huipputehoalueen kertoimiin (kg CO₂-ekv/MWh). Perustehoalueen päästökertoimena käytetään arvoa 100, välitehon arvona 400 - 450 riippuen yhdistetyn lämmön- ja sähköntuotannon polttoaineesta ja huipputehoalueen sähkölle hiililauhdesähkön päästökerrointa 800 - 900. Lämmityssähkön keskimääräisenä päästökertoimena käytetään arvoa 400 ja sähkön keskimääräisenä arvona kerrointa 204. Kaukolämmön arvona käytetään tuotantovasta riippuen lukua 226 ja puupolttoaineille arvoa 18. (Heljo & Laine 2005).

Sähkön kohdalla käytettävän kertoimen määrittäminen on haastavaa, sillä kerroin vaihtelee vuodenajan mukaan. Ydinvoimalla tuotettavan sähkön määrä pysyy lähes samalla tasolla vuodenajasta riippumatta. Ydinvoiman katsotaan tuottavan kuukaudesta toiseen tasaisena pysyvä sähköntarve. Samoin vesivoiman ja tuuli voiman hyödyntäminen on kuukaudesta toiseen suhteellisen tasaista. Vesivoimaa käytetään perusvoimana sekä säätövoimana. Yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon sekä lauhdevoiman osuus kuitenkin vaihtelee merkittävästi vuoden ajasta riippuen. Yhteistuotannon määrä seuraa lämmityksen tarvetta, sillä sähköä

ja lämpöä tuotetaan lähes vakiosuhteella. Kovilla pakkasilla yhteistuotannon ollessa kokonaan käytössä, otetaan energiantuotannossa käyttöön lauhdevoimat. Talvella sähkön kysynnän ollessa huipussaan, lauhdevoimalla tuotettu sähkö nostaa sähkön CO₂-ekv-päästökerrointa, sillä lauhdevoima tuotetaan pääasiassa kivihieillä. Yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon polttoainevalinnalla on myös suuri merkitys tuotetun sähkön CO₂-ekv-päästökertoimeen (Heljo & Laine 2005).

Todellisten päästöjen laskemiseksi päästökerroin tulee määrittää erikseen taloussähkölle, tilojen lämmityssähkölle sekä käyttöveden lämmitykselle, koska niiden aiheuttamat päästöt poikkeavat toisistaan. Sähkölämmittäjän sähkön käytön päästökertoimen määrittäminen on haastavaa, sillä sähkön tuotannossa käytetään useita eri tuotantomuotoja. Laskelmissa voidaan perustellusti käyttää sähkön käytön päästöjen laskemiseksi sähkön ja lämmön yhteistuotannon päästökerrointa, sillä kyseisen tuotantomuodon osuus tuotantoprofiilista on merkittävä. (Heljo & Laine 2005.)

Lämpimän käyttöveden tuottaminen on suhteellisen tasaista ympäri vuoden, joten tuotantoon käytettävän sähkön voidaan ajatella olevan keskimääräistä sähköä. Tilojen lämmitys puolestaan riippuu ulkolämpötilasta. Tilojen lämmityksen sähkölle voidaan käyttää sähkön yhteistuotannon päästökerrointa. Yhteistuotannon päästökertoimien määrittäminen on haastavaa, sillä päästöjen jakamisesta sähkölle ja lämmölle ei ole yhtä vakiintunutta tapaa. Syntyvät päästöt voidaan jakaa joko tuotettujen energiamäärien suhteessa tai polttoaineen kulutuksien suhteessa niin, että lämmön- ja sähköntuotanto ajatellaan erillistuotantona. Kun pakkasen laskee alle 5 °C asteen, tarvitaan lauhdevoimalaitoksilla tuotettavaa lisäsähköä, jonka päästökertoimena käytetään hiililauhdesähkön päästökerrointa. Lauhdevoimaa käytetään tasaaman myös sähkön tuonnin vaihteluita. (Heljo & Laine 2005.)

4.4 Sähkön hinta

4.4.1 Nykyiset sähkömarkkinat

Sähkön hinta määräytyy Pohjoismaisessa sähköpörssissä (Energiateollisuus ry 2014a). Nord Poolin, sähköpörssin, markkina-alueeseen kuuluvat Suomi, Ruotsi, Tanska ja Norja. Kauppaa käyvät sähkön tuottajat, vähittäismyyjät sekä suuret sähkön käyttäjät. Hinta määräytyy sähkön kysynnän ja tarjonnan perusteella. Sähkön ostajat ilmoittavat, millä hinnalla ja miten paljon sähköä he haluavat ostaa ja myyjät vastaavat siihen omalla tarjouksellaan. Tukkuhinta määräytyy kaikkien ostotarjousten ja kaikkien myyntitarjousten leikkauspisteeseen, kohtaan missä kysyntä ja tarjonta kohtaavat. Sähköntuottajat haluavat tuottaa saman verran sähköä, mitä asiakkaat ovat sitä valmiita ostamaan. (Energiateollisuus ry 2014a.)

Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla tukkusähkön hinta ei ole aina sama. Pullonkaulatilanteissa, eli kun siirtoverkossa on rajoitteita, sähkön hinta voi olla eri alueilla erilainen. Tilanteita pyritään ehkäisemään lisäämällä sähkön siirtokapasiteettia. Pullonkauloja voidaan vähentää myös hajauttamalla sähköntuotantoalueita niin, ettei synny suuria alituotanto- ja ylituotantoalueita. (Energiateollisuus ry 2014a.) Nord Poolissa voidaan solmia sopimuksia myös tulevista sähkön hinnoista tietyille aikavälille. Näin sähkön ostaja ja myyjä pääsevät eroon markkinahintojen päivittäisestä heilahtelusta sitomalla hinnan tiettyyn tasoon. (Oulun Sähkömyynti Oy 2014.)

4.4.2 Sähkön hintaan vaikuttavat tekijät

Sähkön hintaan vaikuttavat mm. päästökauppa, Pohjoismaiden vesitilanne, Keski-Euroopan markkinat sekä polttoaineiden hinnat. Päästökauppa vaikuttaa hintaan tuotantokustannusten kautta. Päästöoikeuksien hinnat vaikuttavat erityisesti kivihiihilauhdepohjaisen sähkön tuotantokustannuksiin. Normaalitylanteessa noin 50 % Pohjoismaiden käyttämästä sähköstä tuotetaan vesivoimalla. Tämän takia Norjan ja Ruotsin suurten vesivarastojen täyttöaste ja tunturialueiden lumen vesiarvo vaikuttavat merkittävästi hintaodotuksiin.

Sähkön siirtoyhteydet Keski-Eurooppaan lisääntyvät ja hinnat Keski-Euroopan ja Pohjoismaiden välillä tulevat todennäköisesti tasoittumaan. Tulevaisuudessa Keski-Euroopan sähköntarve näyttää kasvavan, jonka seurauksena sähkön vienti Pohjoismaista lisääntyy ja Keski-Euroopan korkeampi hintataso alkaa näkyä myös Suomen markkinoilla. Öljyn hinnan nousu vaikuttaa maakaasun sekä kivihillen hintaan. Kivihillen hintaa nostaa myös Aasian kova kysyntä. Öljyn hintaan vaikuttavat puolestaan mm. maailman taloudellinen tilanne ja öljyntuottajamaiden sääntely. Sähköntuotannon polttoaineiden hinnannousu on vaikuttanut merkittävästi myös sähkön hintaan. (Oulun Sähkömyynti Oy 2014.)

4.4.3 Sähkömarkkinat tulevaisuudessa

Tulevaisuudessa vanhoja hiilivoimaloita poistuu käytöstä ja uusiutuvien energialähteiden käyttö tulee lisääntymään. Sähkö on edullisinta silloin kun kysyntä on pienimmillään. Edullisen sähkön ostamiseksi sähkönkäyttäjän on edullista ottaa huomioon tuotannon muutokset. Sähkönkäyttäjien tulee olla aktiivisia ja hankkia tietoa sähkön tuotannon muutoksista. Alueellisia sähköntuotannon eroja tasataan toimivilla siirtoyhteyksillä. Hyvät siirtoyhteydet mahdollistavat myös uusiutuvien polttoaineiden tehokkaamman käytön sähköntuotannossa. Siirtoverkot tulevat yhdistämään toisiinsa kaupunkeja, voimalaitoksia, suurteollisuutta ja maita ja jakeluverkot liittävät kotitaloudet osaksi tätä verkkoa. Tehokkaalla verkolla voidaan siirtää sähköä edullisimmista tuotantopaikoista kalliimpien tuotantopaikkojen kuluttajille. (Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2011.)

Verkkojen suunnittelussa pyritään minimoimaan siirtorajoitukset. Merkittävät siirtorajoitukset jakavat pörssin alueen pienempiin hinta-alueisiin, joissa tukkuhinta on tietynä aikana sama. Suurilla hinta-alueilla sähköntuotantokapasiteetti on tehokkaasti hyödynnettävissä. Tuolloin asiakkaalla on enemmän valinnanmahdollisuuksia ja markkinoilla on enemmän kilpailua. Hintaluokalla toimivat sähköntuottajat kilpailevat ilman sähkönsiirron rajoitteita. Sähkökauppiat ostavat sähkön tukkuhinnasta ja tarjoavat sitä suurelle asiakasjoukolle. (Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2011.)

Sähkön aluehinta on vaihdellut Suomessa vuodesta 2000 lähtien välillä 30 - 55 e/MWh. Kyseistä hintaa huomattavasti korkeammat hintapiikit liittyvät yleensä

huonoon vesitilanteeseen, joka on aiheuttanut vesivoiman käytön supistumista, sekä poikkeuksellisen kylmistä säistä. Edellisiin hintapiikkejä aiheuttaneisiin tilanteisiin on voinut liittyä lisäksi suuren sähköntuotantolaitoksen häiriötilanne. Korkeimpien aluehinnan hintapiikkien aikaan Suomen aluehinta on seurannut Tukholman vastaavaa. Ajoittain kesäaikaan Suomen aluehinta on ollut Tukholman hintaa korkeampi, sillä muissa Pohjoismaissa on ollut runsasta vesivoiman tarjontaa, joka on laskenut tuotettavan sähkön hintaa. Rajallinen siirtokapasiteetti on kuitenkin estänyt alhaisemman hintatason pääsyn Suomeen. Näin Suomen aluehinta on ollut muita hinta-alueita korkeampi. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012.)

Asiakkaat voivat seurata omaa sähkönkäyttöään ja ajoittaa käytön pienimmän kysynnän ajankohtiin, jolloin sähkönhinta on edullisimmillaan. Uusiutuvien energialähteiden lisääntyvä käyttäminen tulee todennäköisesti lisäämään sähkön hinnan tunnitaitaista vaihtelua. Tämä johtuu siitä, että sähkön tuottaminen tuulivoimailloilla sekä aurinkovoimailloilla on riippuvaista säästä. (Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2011.) Uusiutuvan sähkön hyödyntämistä tehostavat kattavat siirtoverkostot, joilla uusiutuvaa energiaa voidaan siirtää suuremman tarjonnan alueilta alueille, joissa kysyntä on samaan aikaan suurta. Myös kuluttajien sähkönkäytön ajoittaminen pienemmän kysynnän ajankohtiin sekä sähkön varastointi silloin, kun sen tarjonta on suurta, tasaa kulutuspiikkejä. Älykkäisiin sähköverkkoihin siirtyminen mahdollistaa asiakkaiden oman sähköntuotannon. (Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2011.)

Base-skenaarion mukaan Suomen sähkön aluehinnan vaihtelun uskotaan pysyvän suhteellisen vakaana 2020-luvun alkuun saakka. Base-skenaario on Työ- ja elinkeinoministeriön ennuste Suomen sähkön aluehinnan kehityksestä perustilanteessa, jossa huomioidaan tuetun tuulivoiman maltillinen lisääminen, uuden ydinvoimalakapasiteetin käyttöönotto 2020-luvun puolivälissä ja vanhan ydinvoimalakapasiteetin käytöstä poistaminen 2020-luvun loppupuolella. Skenaarion mukaan sähköntuotanto kasvaa sähkön kysyntää voimakkaammin. Sähkön tuotannon ennustetaan lisääntyvän tuuli- ja ydinvoiman sektoreilla lähes 50 TWh, kun kulutuksen kasvun ennustetaan olevan tästä reilu kolmannes. 2020-luvun alkuun mennessä sähkön tuotannon kasvusta lähes puolet on ydinvoimaa, jonka

tuotantoprofiili on tasainen. Tämä tarkoittaa, että ydinvoimalla tuotetun sähkön hinta ei muutu tuuli- ja aurinkovoiman tapaan sään vaihteluiden mukaan. Suomeen suunnitellut, 2020-luvun puolivälissä aikataulun perusteella valmistuvat, ydinvoimalat tulevat toimiessaan tasaamaan päivän tuntien korkeita hintoja sekä laskemaan yöajan sekä kesän hintoja. 2020-luvun loppupuolella Suomessa käytöstä todennäköisesti poistettavat ydinvoimalat tulevat poistuessaan aiheuttamaan ydinvoimakapasiteetin lisäykselle vastakkaisen reaktion. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012.)

Saksa ja Iso-Britannia ovat valmistelleet kapasiteettimarkkinan käyttöönottoa. Kapasiteettimekanismilla pyritään varmistamaan suurimman tarvitun sähköteho- ja hontarpeen saanti sekä tasaamaan tuuli- ja aurinkoenergialla tuotettavan sähkön epätasaisesta tuotantoprofiilista aiheutuvia sähkön hinnan heilahteluja. Saksan tuotantokapasiteetin lisäämisen tarve johtuu päätöksestä luopua ydinvoimasta sekä uusiutuvan sähköntuotannon voimakkaasta kasvusta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012.)

Base-skenaarion perusteella ennustettuna 2010-luvun aikana normaalivuoden huippukulutuksen aikainen sähkön tuontitarve tulee olemaan yli puolet tuotantokapasiteetista. Uuden ydinvoimalan mahdollinen käyttöönotto sekä Suomen ja Viron välinen sähkönsiirtoyhteys tulevat laskemaan normaalivuoden tuontitarpeen kolmannekseen tuontikapasiteetista. Ennen 2020-luvun puolivälissä valmistuvaksi ennakoitua ydinvoimalaa, huippukulutuksen aikainen tuontitarve kasvaa reiluun puoleen tuontikapasiteetista. Huippukulutuksen aikainen sähkön tuonnintarve tulee ennusteiden perusteella säilymään myös toisen 2020-luvun puolivälissä valmistuvaksi suunnitellun ydinvoimalan käyttöönoton jälkeen. Ennusteiden perusteella Suomessa ei ole välttämättä tarvetta uudelle kapasiteettimekanismille, mutta poikkeustilanteisiin varautuminen nykyisen kaltaisella tehoreservijärjestelmällä on perusteltua huippukulutuksen aikaisen sähkön tuontiriippuvuuden takia. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012.)

Sähköä tuotetaan edullisimmilla käytössä olevilla menetelmillä. Päästöoikeuksien hinta tulee tulevaisuudessa todennäköisesti nousemaan ja uusiutuvia polt-

toaineita käyttävä sähköntuotanto tulee todennäköisesti nykyistä edullisemmaksi. Päästöoikeuksien nouseva hinta ohjaa investoimaan vähäpäästöisiin tuotantomuotoihin. Tämän seurauksena uusiutuvan energian tarvitsema tuen määrä tulee vähenemään. On todennäköistä, että tulevaisuuden sähköntuotantoa ei tueta verovaroin, vaan uusi tuotantokapasiteetti rahoitetaan sähkön myynnistä saatavilla tuloilla. Tulevaisuudessa sähköä tuotetaan yhä enemmän uusiutuvilla energiamuodoilla sekä ydinvoimalla, jolloin energiantuotannon hiilidioksidipäästöt vähenevät. (Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2011.)

Base-skenaarion perusteella päästöoikeuden hinnan nousu 10 eurolla nostaa pohjoismaisten sähkömarkkinoiden hiililauhdesähkön tuotantokustannuksia 8,2 e/MWh. Tuotantokustannusten vaikutus sähkön hintaan riippuu hiililauhdesähkön osuudesta markkinoilla sekä lähialueiden kehityksestä. 2010-luvulla päästöoikeuden hinnan korottaminen 10 eurolla nostaisi Pohjoismaista systeemihintaa 6 e/MWh. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012). Systeemihinnalla tarkoitetaan pörs-sialueelle lähetettyjen osto- ja myyntitarjouksien muodostamien tarjouskäyrien leikkauspistettä (Energiateollisuus ry 2014e).

2020-valmistuviksi ennustetut ydinvoimalat sekä tuulivoimalat tulevat toimies-saan vähentämään hiililauhdesähkön käyttötarvetta. Ydin- ja tuulivoimalla tuote-tun sähkön välittömien päästöjen ollessa 0, vähenee myös päästöoikeuden hin-nan merkitys sähkönhinnan määrittelyssä. Tuolloin 10 euroa korkeampi päästö-oikeuden hinta nostaa sähkön hintaa 4 e/MWh. Päästöoikeuden hinnan ennus-tettu vaikutus Suomen aluehinnan kehitykseen pienenee suunniteltujen ydinvoi-maloiden valmistuessa, sillä hiililauhdesähkön tuotannon tarve vähenee. Muutos-herkkyyttä pienentää myös se, että päästöoikeuden hinnan kallistuessa lisääntyy Venäjältä tuotavan sähkön määrä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012.)

Tulevaisuudessa saatetaan siirtyä koko Euroopan kattavaan sähköpörssiin, joka perustuu yhteisiin sähkömarkkinasääntöihin, markkinamalleihin sekä riittävään siirtoverkkoon. Yhteiset pelisäännöt pyrkivät takaamaan energian saatavuuden ja toimitusvarmuuden, resurssien tehokkaan hyödyntämisen sekä EU:n kilpailu-kyvyn tukemisen ja tuen ilmastopolitiikan tavoitteille. Toimivat sisämarkkinat sekä

hyvät siirtoyhteydet parantavat energiaomavaraisuutta ja tehostavat tuotantoresurssien käyttöä. Suuri alue ja toimivat siirtoyhteydet helpottavat uusiutuvaan energiantuotantoon pohjautuvaa sähköntuotantoa, sillä tuotannon lisäykset voidaan hyödyntää yli rajojen. (Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2011.)

4.4.4 Hintatason ennustaminen

Vuoden 2012 lopulla kotitaloussähkö oli EU:n kalleinta Tanskassa, jossa sähkön hinta oli keskimäärin 29,7 snt/kWh. Suomessa vastaava hinta oli 15,6 snt/kWh. Saksassa kotitaloussähkö oli EU:n toiseksi kalleinta hinnalla 26,8 snt/kWh. (STT 2013.) Tulevaisuudessa ydinvoimalla tuotetun sähkön osuus Suomessa todennäköisesti kasvaa. Kasvua tapahtuu myös uusiutuvien energiamuotojen käyttämisessä sähköntuotannossa, jotta uusiutuville energiamuodoille asetetut tavoitteet täyttyvät. Tuettu tuulivoiman lisääminen tulee todennäköisesti kattamaan merkittävän osan uusiutuvien energiamuotojen tavoitteesta sähköntuotannon sektorilla. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012.)

Vuosina 2013 - 2022 Suomen sähkön aluehinnan nousun uskotaan pysyvän kohtuullisena maltillisen sähkönkulutuksen kasvun, lisääntyvän ydinvoiman tuotannon sekä tuetun tuulivoimarakentamisen ansiosta. 2020-luvulla käyttöön tullaan todennäköisesti ottamaan 2 uutta ydinvoimalaa, jotka laskevat sähkönhintaa, kunnes vanhempia ydinvoimaloita joudutaan ajamaan alas. Tämän seurauksena sähkön tuotannon ja kulutuksen välinen tase laskee. Taseen tiukkenemisen myötä maiden välisessä sähköpörssissä sähkön aluehinta Suomessa lähtee nousuun. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012.)

Tulevaisuuden sähkön hinnan eri skenaarioiden tulokset kuvaavat keskimääräistä hintatasoa ja ovat reaalihintaisia vuoden 2012 hintatasossa. Base-skenaariossa Suomen aluehinta seuraa hiililauhdesähkön muuttuvien kustannusten kehitystä 2010-luvun loppuun. Hinnan arvioidaan olevan 45 - 46 e/MWh. Seuraavalla vuosikymmenellä todennäköisesti tapahtuva ydinvoimakapasiteetin lisääminen laskee sähkön aluehinnan hiililauhdesähkön tuotantokustannusten alapuolelle arvoon 44 e/MWh. Loviisan ydinvoimalaitosten alasajo on todennäköistä käyttöluopien päättyessä 2020-luvulla. Ydinvoimaloiden alasajo sekä tuulivoimakapasiteetin lisäämisen hidastuminen aiheuttavat todennäköisesti aluehinnan

nousun 2020-luvun lopulla. Tuolloin hinnan arvioidaan nousevan takaisin arvoon 45 - 46 e/MWh. 2030-luvulla hinnan nousun arvioidaan jatkuvan, ja vuoteen 2037 mennessä se voi nousta 53 euroon megawattitunnilta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012.)

Base-skenaarion perusteella Suomen aluehinta pysyy huomattavasti Saksan hintaa alhaisemmalla tasolla, sillä Saksan hintatason arvioidaan olevan 2010-luvun lopulla lähes 50 e/MWh ja hinnan ennustetun nousun jatkuessa 77 e/MWh vuonna 2037. Saksan aluehinnan ennustettuun kehitykseen 2020-luvulla vaikuttavat voimakkaasti maan päätös luopua ydinvoimasta sekä ikääntyvän lauhdevoimalakapasiteetin poistaminen käytöstä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012.) Jos tulevaisuudessa siirrytään koko Euroopan kattavaan sähköpörssiin, voi se luoda huomattavia nousupaineita Suomen aluehinnalle (Oulun rakennusvalvonta 2013).

RES High -skenaariossa tuulivoiman tuotannon oletettiin kasvavan Pohjoismaissa, Baltiassa sekä tarkastelluissa Keski-Euroopan maissa Base-skenaariota nopeammin 2020-luvun alkuun mennessä. Laskelmien mukaan Suomen aluehinta olisi euron edullisempi kuin Base-skenaarion mukainen hinta 2010-luvun loppuun mennessä, jos Pohjoismaiden tuulivoimantuotanto olisi 6TWh suunniteltua korkeampi. 2020- ja 2030-luvuilla RES High -skenaarion mukainen hinta pysyy 1 - 3 euroa edullisempänä kuin Base-skenaarion mukainen hinta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012.)

PEO-skenaariossa, joka jäljittelee Puhtaan energian ohjelman tavoiteuran mukaista kehitystä, tuulivoiman tuotannon ajateltiin olevan Suomessa 3 TWh Base-skenaariota korkeampi vuoteen 2025 mennessä. PEO-skenaarion mukaan ennustetun sähkön aluehinnan uskotaan pysyvän 2010-luvun ajan lähellä Base-skenaarion ennustettua hintaa. 2020-luvulla hinnan uskotaan laskevan RES-High -skenaarion mukaiselle tasolle arvoon 42 e/MWh. 2030-luvun aikana hinnan ennustetaan nousevan noin euron korkeammaksi kuin RES-High -skenaarion mukaisessa hintakehityksessä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012.)

EUA Low -skenaariossa EU:n päästökaupan tulevan päästökauppakauden päästöoikeuksien määrää ei leikattaisi pysyvästi. Tämän sijaan päästöoikeuksien tarjontaa siirrettäisiin päästökauppakauden lopulle. Kyseisen toimenpiteen seurauksena päästöoikeuden hinta olisi muita skenaarioita huomattavasti alhaisempi. Alhaisemmat päästöoikeuksien hinnat laskevat tuotantokustannuksia, joten skenaarion mukainen Suomen aluehinta on selkeästi muita skenaarioita alhaisempi. 2010-luvun loppuun mennessä hinnan ennustetaan olevan 42 e/MWh. 2020-luvulla hinnan uskotaan laskevan lähelle arvoa 40 e/MWh. Hinnan ei uskota nousevan yli arvon 50 e/MWh, edes 2030-luvun loppupuolella. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012.)

NUC Slow -skenaariossa ajateltiin, että vain toinen Suomeen suunnitelluista uusista ydinvoimaloista valmistuu 2020-luvun puoliväliin mennessä. Skenaarion mukainen hinnankehitys todennäköisesti noudattelisi hiililauhdesähkön muuttuvien kustannusten arvoa 2020-luvun puoliväliin saakka. Vuoteen 2027 mennessä toisen ydinvoimalan jäädessä valmistumatta, ennustetaan sähkön aluehinnan nousevan arvoon 46 e/MWh. Hinnan kehityksen uskotaan jatkuvan samanlaisena, ja 2030-luvun aikana hinta saattaa ylittää lähelle arvoa 60 e/MWh. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012.)

5 Toiminnan eteneminen ja työskentelyn kuvaus

5.1 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö oli haastattelemalla sekä kohdekiinteistöön tutustumalla tehty kenttätutkimus. Kenttätutkimuksessa kohteeseen tutustuttiin luonnollisissa olosuhteissa keräämällä havaintoaineistoa tarkkailemalla ja haastattelemalla. Kerättävä havaintoaineisto sekä haastattelut tallennettiin kenttämuistiinpanoin. (Syrjälä, Ahonen, Syrjäläinen & Saari 1994, 84 - 85.)

Havainnoimalla saatiin tietoa erillispientalon ympäristön maankäytöstä sekä ympäristön luonnonolosuhteista. Tontin ja erillispientalon asettamia rajoitteita pystyttiin havainnoimaan kohteeseen tutustumalla. Heti kohteeseen saapumisen jälkeen huomattiin esimerkiksi, että erillispientalo sijaitsee tilavalla tontilla, jossa kiinteää polttoainetta käyttävän lämmityskattilan polttoainehuolto pystyttäisiin toteuttamaan. Samaan aikaan havaittiin myös, että pihan lukuisat puut rajoittavat aurinkolämmön käytön mahdollisuuksia ilman puuston merkittävää vähentämistä.

Tiedonhankinta haastattelemalla oli joustavaa, sillä aineiston keräämistä pystyttiin muuttamaan tilanteen ja vastaajan edellyttämällä tavalla. Haastattelun aiheiden järjestystä pystyttiin muuttamaan ja haastateltavan vastauksia voitiin tulkita jo haastattelun aikana. Tämä mahdollisti tarkentavien kysymysten tekemisen sekä uusien aihepiirien nostamisen osaksi haastattelua. Haastattelussa vastaajalla oli mahdollisuus ilmaista itseään vapaasti ja olla tutkimuksen aktiivinen osallistuja. Aktiivisen osallistumisen kautta haastateltavat pystyivät antamaan myös sellaista tietoa, mitä haastattelijat eivät osanneet kysyä. Haastattelemalla saatiin vastaus kaikilta opinnäytetyön etenemisen kannalta merkittäviltä henkilöiltä. Vastaukset saatiin kaikkiin kysymyksiin, sillä tarvittaessa haastattelijalla pystyi tekemään kysymyksiin tarkennuksia, jos haastateltava ei osannut vastata kysymyseen. Haastattelun aikana, jos kyseessä ei ollut puhelinhaastattelu, haastattelijalla näki haastateltavan ilmeet ja eleet, jotka antoivat tukea vastausten tulkintaan. (ks. Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 1997, 200 - 203.)

Selvityksessä käytettävä haastattelun muoto oli teemahaastattelu. Opinnäytetyössä Kontiolahden kunnan ympäristönsuojelusihterin sekä tarkastusinsinöörin haastattelut ja Fortum Oyj:n kaukolämpöasiantuntijan haastattelu suoritettiin puhelimesta. Puhelinhaastatteluja varten oli laadittu tarkat kysymykset, joihin halettiin vastaus. Opinnäytetyössä erillispientalon omistajien haastattelut toteutettiin ilman haastattelulomaketta tai tarkasti muotoiltuja ja järjestettyjä kysymyksiä. Haastattelun aihepiiri oli kuitenkin tiedossa ja kysymyksiä oli valmiiksi valmisteltuna, joten haastattelut eivät olleet täysin strukturoimattomia. Erillispientalon omistajien haastattelut toteutettiin sekä yksilö- että parihaastatteluna. Parihaastattelussa saatiin kerralla paljon tietoa siitä, millainen lämmitysjärjestelmä kohteeseen halutaan. (ks. Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 1997, 205 - 208.)

5.2 Työn eteneminen

Opinnäytetyö koostui erillispientaloon kohdistuvasta kenttätutkimuksesta sekä selvityksen pohjaksi tarvittavan tietoperustan hankinnasta. Tietoperustan hankinta aloitettiin ennen kenttätutkimusta selvittämällä, millainen tarve lämmitysjärjestelmäremonteille on suomalaisissa erillispientaloissa. Tämän jälkeen avattiin lämmitysjärjestelmän käsitettä ja eriteltiin erillispientaloon soveltuvia, uusiutuvia energiamuotoja käyttäviä lämmitysjärjestelmäratkaisuja. Teknisten vaihtoehtojen kartoittamisen aikaan toinen opiskelija haastatteli erillispientalon omistajia.

Kun erillispientaloon lähtökohtaisesti soveltuvat lämmitysjärjestelmävaihtoehdot oli kartoitettu, ryhdyttiin rajaamaan vaihtoehtoja. Rajaamista lähestyttiin tutustumalla erillispientalon ympäristön maankäyttöön sekä luonnon ympäristön aiheuttamiin rajoitteisiin, tontin ominaisuuksiin, erillispientaloon sekä nykyiseen lämmitysjärjestelmään ja talon omistajien toiveisiin. Erillispientalon ympäristön maankäytön sekä kohteen luonnonympäristön aiheuttamien rajoitteiden sekä tontin rajoitteiden selvittämiseksi oltiin yhteydessä Kontiolahden kunnan ympäristönsuojelusihteriin ja tontin rakennusoikeuden selvittämiseksi Kontiolahden kunnan tarkastusinsinööriin. Kaukolämpöverkkoon liittymisen mahdollisuutta tiedusteltiin Fortum Oyj:n kaukolämpöasiantuntijalta. Tontin asettamia rajoitteita selvitettiin myös havainnoimalla. Erillispientaloon ja nykyiseen lämmitysjärjestelmään tutustuttiin havainnoimalla ja haastattelemalla talon omistajia. Tietojen selvittämisen

tarvetta vähensi huomattavasti Minna Koivu-Asikaisen tieto lapsuudenkodistaan. Aukkaiden tavoitteet ja toiveet selvitettiin haastattelemalla erillispientalon omistajia.

Vaihtoehtojen rajaamiseen tarvittavien tietojen jälkeen hankittiin tietoperustaa lämmitysjärjestelmän mitoittamisesta. Selvitettiin lämmitysenergian kulutuksen ja tehontarpeen laskennan perusteet ja esiteltiin jokaisen erillispientaloon soveltuvan, uusiutuvia energiamuotoja käyttävän, lämmitysjärjestelmän mitoittamisen perusteet sekä lämmitysjärjestelmien suuntaa antavat investointi- ja käyttökustannukset. Laskentateorian jälkeen ryhdyttiin miettimään erillispientaloon soveltuvaa laskentatapaa. Työn tietoperustassa esitelty lämpöhäviöihin perustuva tapa hylättiin, sillä laskennan vaatimat tiedot eristepaksuuksista ja materiaaleista eivät olleet käytettävissä. Monimutkaisella laskentakaavalla ei olisi saatu työhön merkittävää lisäarvoa, sillä opinnäytetyön ei ole tarkoitus keskittyä ainoastaan järjestelmän mitoittamiseen. Toinen vaihtoehto oli laskea lämmitysenergian kulutus sekä tehontarve sähkön kulutuksen ja käytetyn polttopuumäärän perusteella. Erillispientalon käyttämästä sähkön määrästä oli kuitenkin vaikea määrittää lämmitykseen käytettävä osuus, sillä lämpöä tuotetaan satunnaisesti myös halkokattilalla. Energiankulutus mittaamalla hylättiin aikataulun rajallisuuden takia.

Laskennan epävarmuustekijöiden takia päädyttiin lämmitysenergian kulutus määrittämään Työ- ja elinkeinoministeriön tutkimuksen perusteella, jossa oli laskettu lämmitysenergian kulutuksia pinta-alaa kohden eri-ikäisille rakennuksille. Lämpimän käyttöveden energiankulutus saatiin kulutetun vesimäärän perusteella laskemalla, että käytetystä vedestä noin 40 % on lämmintä käyttövettä (Motiva Oy 2013i). Erillispientalon lämmitysenergian kulutuksen laskennan ohella myös lämmityksen tehontarpeen laskenta poikkeaa tietoperustassa esitetystä tavasta. Kohteen lämmitystehontarve laskettiin energian kulutuksen, lämpimän käyttöveden energian kulutuksen, paikkakunnan mitoitusulkolämpötilan sekä normaali-vuoden lämmitystarveluvun avulla.

Kun erillispientalon lämmitysenergian kulutus sekä tehontarve oli laskettu, selvitettiin lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä. Kohteeseen liittyvien

rajoitteiden, uusiutuvia energiamuotoja käyttävien lämmitysjärjestelmävaihtoehtojen ominaisuuksien sekä valintaa ohjaavien tekijöiden kautta ryhdyttiin rajaamaan pois järjestelmiä. Rajauksen jälkeen jäljelle jääneille vaihtoehdoille laskettiin investointikustannukset, energian hinta sekä takaisinmaksuaika.

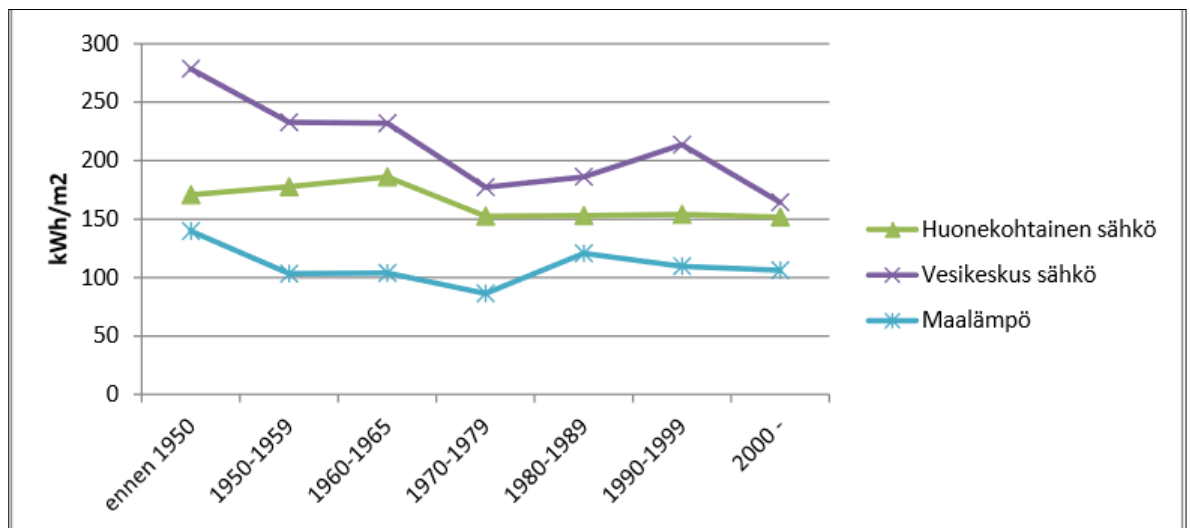
Uusiutuvia energiamuotoja käyttävien lämmitysjärjestelmävaihtoehtojen kartoittamisen pohjaksi kirjoitettiin työhön luku Toimintaympäristö, jossa tuodaan esille työn aiheeseen olennaisesti liittyvät poliittiset, lainsäädännölliset, taloudelliset sekä luonnonympäristöön liittyvät tekijät. Luvussa esitellään ilmastomuutoksen vaikutuksia politiikkaan sekä lainsäädäntöön. Esille tuodaan hiilidioksidiekvivalenttipäästöjen tarkastelu energiaketjun kautta, sähkön hintakehityksen ennusteet sekä Itä-Suomen energiaomavaraisuus. Toimintaympäristön tarkoituksena on taustoittaa uusiutuviin energiamuotoihin siirtymisen syitä ja ennustaa, millaista energiantuotantoa tulevaisuudessa on ja miten mahdolliset muutokset vaikuttavat sähkön hintatasoon. Toimintaympäristö toimii pohjana tutkittaessa lämmitysjärjestelmävaihtoehtojen päästökertoimia sekä laskettaessa sähkön hintatason muutosten vaikutusta lämmitysjärjestelmäinvestoinnin kannattavuuteen pitkällä aikavälillä.

Työn viimeisenä vaiheena oli saatujen tulosten, työn tarkoituksen ja tavoitteiden, tietoperustan sekä toimintaympäristön tuominen yhteen tulosten tarkastelussa ja johtopäätöksissä. Pohdinnassa arvioitiin työn toteutusta sekä käytettyjä menetelmiä, parin työnjaon onnistumista ja työn eettisyyttä ja luotettavuutta. Myös opinnäytetyöhön liittyviä kehittämissideoita ja työn yleistettävyyttä pohdittiin.

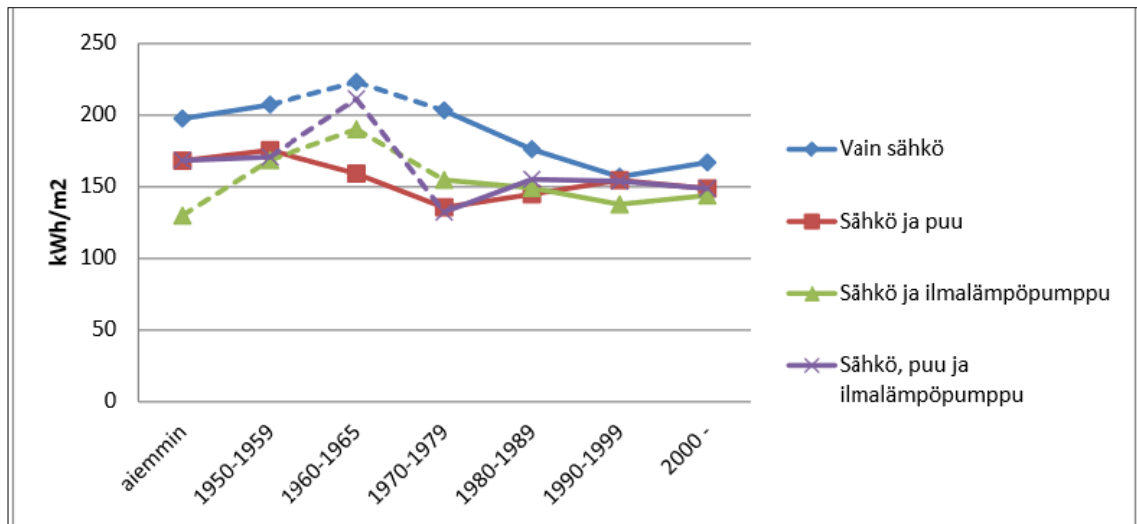
6 Tulokset

6.1 Lämmitysenergian kulutus

Työ- ja elinkeinoministeriön tutkimuksen mukaan sähkölämmityksen energiankulutus pinta-alayksikköä kohden 80-luvulla rakennetuissa taloissa on 180 kWh/m² (kuvio 3), kun lämmitysjärjestelmänä on sähkölämmiteinen vesikeskuslämmitys. Saman tutkimuksen mukaan huonekohtainen lämmitys pelkästään sähköllä kuluttaa tämänikäisissä taloissa 175 kWh/m² (kuvio 4). Huonekohtaisella lämmityksellä tarkoitetaan huoneessa kiinteästi olevalla sähköpatterilla (suora sähkölämmitys), tulisijalla tai lämpöpumpulla lämmittämistä.



Kuvio 3. Sähkölämmitysten sähkönkäyttö pinta-alayksikköä kohden eri-ikäisissä omakotitaloissa. (Kuvio: TEM.)



Kuvio 4. Huonekohtaisen lämmityksen pinta-alalla jaettu sähkönkäyttö energia-
lähdeyhdistelmän ja rakennusvuoden mukaan omakotitaloissa. (Kuvio: TEM.)

Kohteena olevassa erillispientalossa lämmitetään sähkö- ja puukäyttöisellä vesikiertoisella keskuslämmitysjärjestelmällä 180 m² ala ja huonekohtaisella sähkölämmityksellä 20 m² ala eli ullakkokerros. TEM:in tutkimuksen perusteella vastaavan talon lämmittämiseen kuluu energiaa 180 m² * 180 kWh/m² + 20 m² * 175 kWh/m² = 35 900 kWh vuodessa.

Kohteen tarvitseman lämmitysenergian määrän laskemiseksi omistajia pyydettiin arvioimaan, paljonko heillä kuluisi polttopuita vuodessa, jos lämmitykseen käytettäisiin vain halkoja. Omistajien arvio oli n. 30 i-m³. Energiasisältö koivupuulla on 1 010 kWh/i-m³ (Metsäkeskus 2014). Näiden tietojen perusteella voidaan laskea, että kohteen vuotuinen lämmitysenergian tarve on 30 i-m³ · 1 010 kWh/i-m³ = 30 300 kWh. Lasketatavan epävarmuuksien takia lämmitysenergiatarve päädyttiin laskemaan TEM:in tutkimuksen esimerkkikohteen perusteella. Ullakkokerroksen lämmitysenergian kulutuksen mukana oleminen vääristää laskelmia jonkin verran, koska uudella lämmitysjärjestelmällä hoidetaan vain kahden alimman kerroksen lämmitys. Lämmitysenergian- ja tehontarve laskettiin eri tavalla kuin luvussa 2.15 esiteltiin, koska kaikkia sen vaatimia tietoja ei ollut saatavissa.

Erillispientalon vedenkulutus saatiin selville vesilaskuista. Kun lämpimän käyttöveden määrää ei ole mitattu erikseen, oletetaan sen olevan asuinrakennuksissa 40 % veden kokonaiskulutuksesta (Motiva Oy 2013i). Taulukkoon 1 on kirjattu

veden kokonaiskulutukset ja lämpimän käyttöveden osuudet vuosilta 2011 - 2013.

Taulukko 1. Erillispientalon veden kokonaiskulutus ja lämpimän käyttöveden kulutus vuosina 2010 - 2013.

Aika	Veden kokonaiskulutus (m ³)	Lämpimän käyttöveden osuus (m ³)
2011 - 2012	286	114,4
2012 - 2013	245	98

Nyt lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kulunut energia voidaan laskea kaavalla 1. Lämpimän käyttöveden kulutuksena käytetään taulukon 1 lukemia.

$$Q = \frac{\rho \cdot c_p \cdot V \cdot (t_2 - t_1)}{3\,600} \quad (1.)$$

jossa

Q	=	veden lämmittämiseen kulunut energia (kWh)
ρ	=	veden tiheys (1 000 kg/m ³)
c_p	=	veden ominaislämpökapasiteetti (4,2 kJ/kg°C)
V	=	vedenkulutus (m ³)
t_2	=	lämmitetyn veden lämpötila
t_1	=	lämmitettävän veden lämpötila
3 600	=	yksikkömuunnoskerroin (kJ → kWh).

Kohteena olevan erillispientalon veden lämpötila tiedot saatiin omistajilta. Ne ovat seuraavia: $t_2 = 58 \text{ °C}$ ja $t_1 = 7 \text{ °C}$. Näillä tiedoilla saadaan laskettua veden lämmittämiseen kulunut energia. Se laskettiin erikseen molemmille vuosille. Lopuksi laskettiin lukemien keskiarvo, joka oli 6 319 kWh. Tätä lukua käytetään laskennassa jatkossa.

6.2 Tehontarve

Lämmityksen huipputehontarvetta voidaan arvioida tietyn ajanjakson lämpöenergian tai polttoaineen kulutuksen perusteella. Huipputehontarve voidaan laskea kaavalla 2 niille rakennuksille, joissa ei ole koneellista ilmastointia. (Rakennustietosäätiö RTS 2014.)

$$\Phi_{mit} = \frac{(Q - Q_{kv}) \cdot (17 - t_u)}{24 \cdot S} \quad (2.)$$

jossa

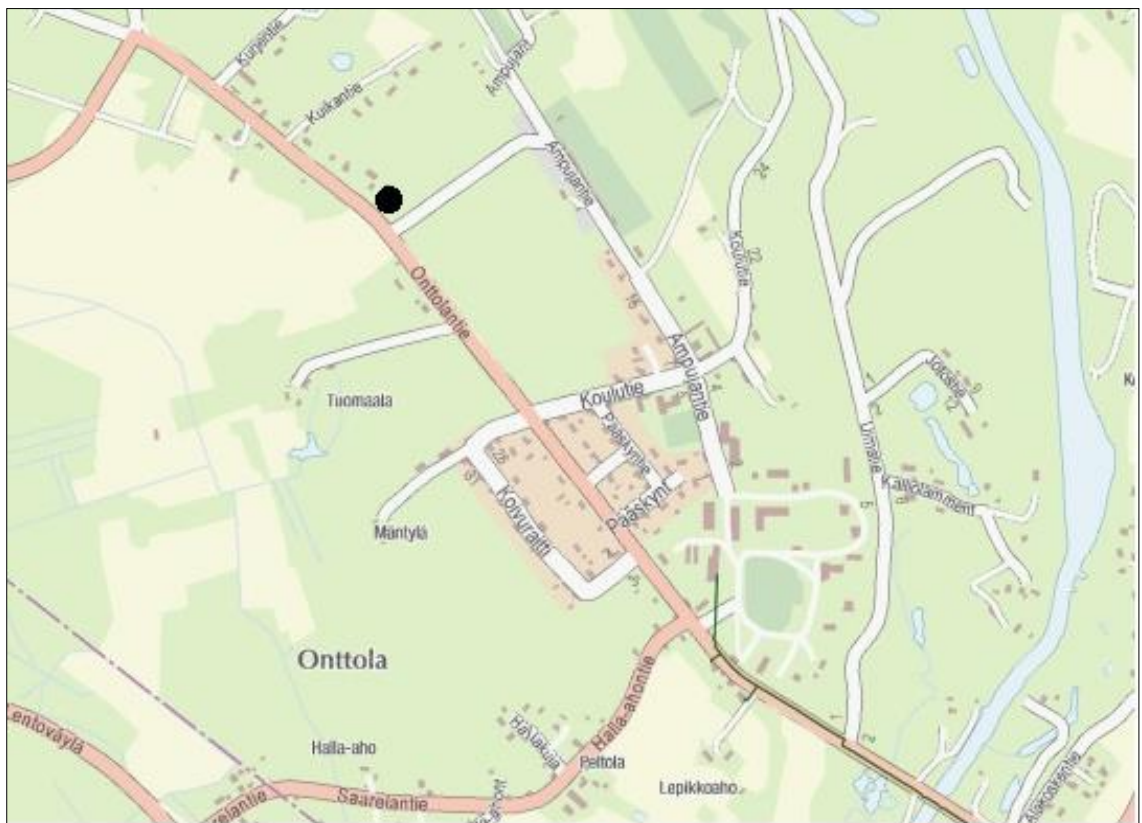
Φ_{mit}	=	Lämmityksen huipputehontarve (kW)
Q	=	Energiankulutus tarkasteluaikana (MWh)
Q_{kv}	=	Käyttöveden lämmittämiseen kulunut lämmitysenergia tarkasteluaikana (MWh)
t_u	=	Paikkakunnan mitoitusulkolämpötila (°C)
S	=	Normaalivuoden lämmitystarveluku tarkasteluaikana.

Normaalivuoden lämmitystarveluku Kontiolahden vertailupaikkakunnalla Joensuuissa on 4 984 (Ilmatieteen laitos 2014e). Normittamisen avulla eri kuukausien ja vuosien lämmitysenergiakulutusta voidaan vertailla keskenään (Motiva Oy 2013c). Paikkakunnan mitoitusulkolämpötila määräytyy sen perusteella, millä Suomen neljästä vyöhykkeestä paikkakunta sijaitsee. Kontiolahti sijaitsee vyöhykkeellä III, joten sen mitoitusulkolämpötila on -32 °C. (Ilmatieteen laitos 2014e.) Kun nämä luvut sijoitetaan kaavaan, saadaan kohteena olevan erillispientalon lämmityksen huipputehontarpeeksi 11 kW.

6.3 Lämmitysjärjestelmävaihtoehtojen rajaaminen

6.3.1 Ympäristön maankäyttö

Erillispientalo sijaitsee Joensuun lentokentän tuntumassa suorassa linjassa kiitoradan kanssa (ks. kuva 11). Lentokoneet laskeutuvat ja nousevat useimmiten suoraan talon ja tontin ylitse. Niiden yllento tapahtuu aika matalalta ja aiheuttaa toisinaan pihapuiden latvoihin voimakasta turbulenssia. Kontiolahden kunnan ympäristönsuojelusihteerin Antti Suontaman (2014) mukaan tällainen turbulenssi voisi rikkoa tuulimyllyn. Siksi pientuulivoiman hyödyntäminen kohteessa on pois suljettua. Lähin liittymäkohta kaukolämpöverkkoon sijaitsee rajavartioston pääsisäänkäynnin kohdalla, noin kilometrin päässä erillispientalosta (kuva 13). Kuvassa kaukolämpöverkko on merkitty vihreällä viivalla ja erillispientalo mustalla pisteellä. Fortum ei aio laajentaa kaukolämpöverkkoaan Onttolan alakoulua pidemmälle. Tällöinkin kaukolämpöverkon lähin liittymäkohta jäisi n. 800 metrin päähän. Kaukolämpöön liittyminen tulisi niin kalliiksi, ettei se ole järkevää tai edes mahdollista kummankaan osapuolen kannalta. (Hiltunen 2014.)

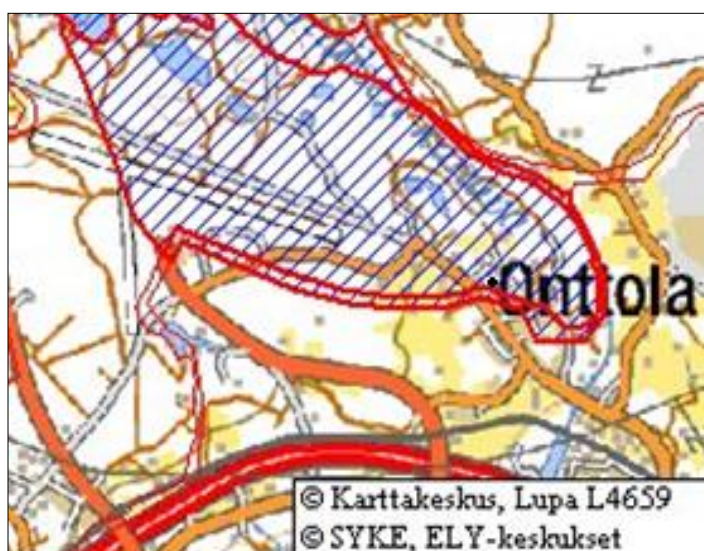


Kuva 13. Erillispientaloa lähinnä olevan kaukolämpöverkon liittymäkohdan sijainti. (Kartta: Karttakeskus.)

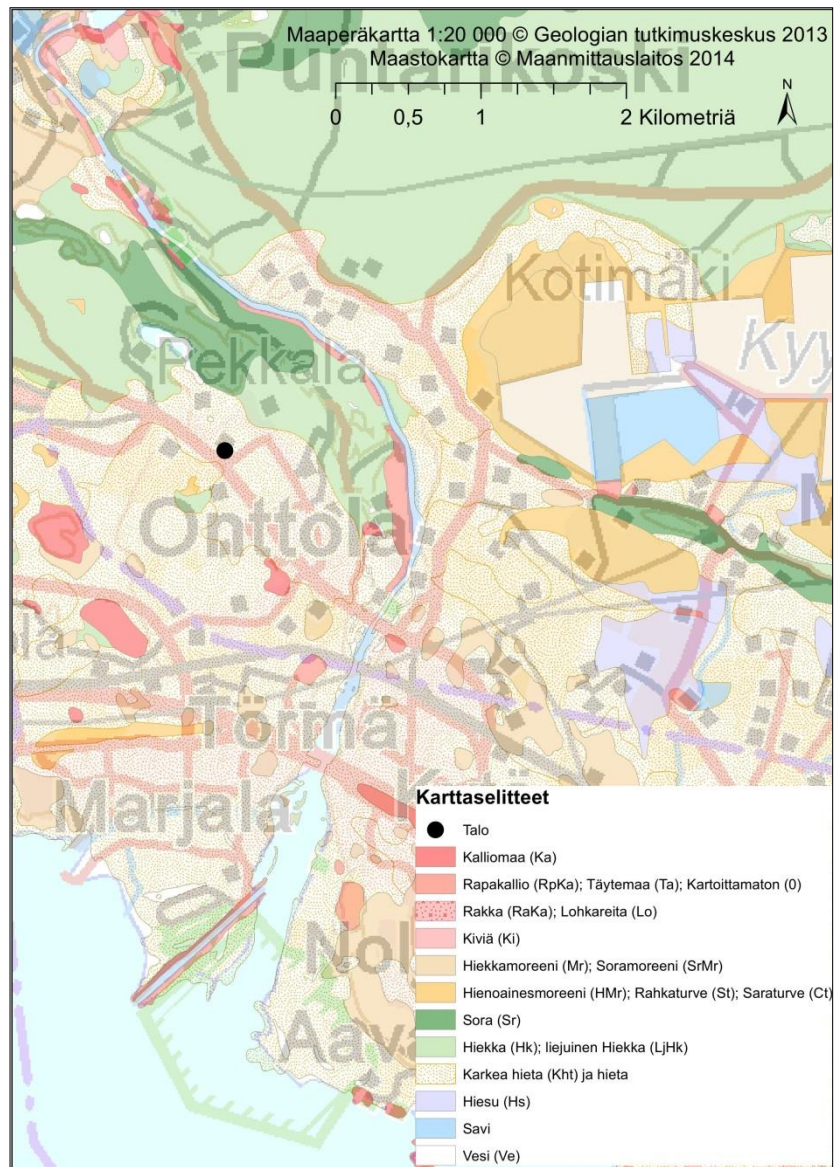
6.3.2 Tontti

Talo on rakennettu tontille lounas-koillissuuntaisesti, niin että mahdolliset aurinkokeräimet sijoittuisivat kohti lounasta, joka on sopiva ilmansuunta. Tontilla kuitenkin kasvaa paljon puita, lähes yksinomaan suuria koivuja. Puista suurin osa pitäisi kaataa, jotta aurinkokeräimiin pääsisi riittävästi auringon lämpösäteilyä. Omistajat eivät ole kuitenkaan halukkaita kaatamaan puita, koska ne viilentävät taloa kesäisin ja antavat hyvin näkösuojaa lisäten siten yksityisyyttä.

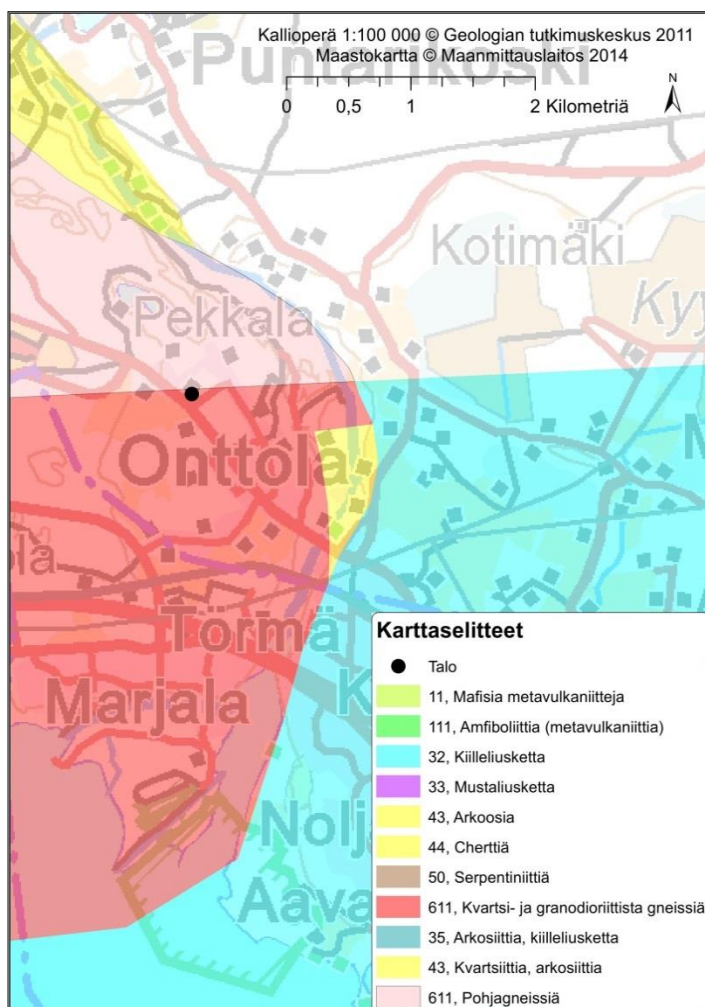
Kiinteistö sijaitsee pohjavesi-alueella (kuva 14), mutta se ei estä maalämmön rakentamista. Sekä maalämpökaivot että pintakeräyskenttä ovat mahdollisia, mutta paikan soveltuvuus maa- ja kallioperän puolesta tulee selvittää alan asiantuntijoilta (kuvat 15 ja 16). Tontilta on etäisyyttä vedenottamoihin riittävän paljon ja pohjavesi virtaa ko. alueella pois päin mahdollisista kaivoista. Uusia ottamoita ei ole tulossa alueelle, koska vedessä on luontaisesti liuenneita metalleja. Maalämpöjärjestelmään tulee laittaa myrkytön esim. etanolipohjainen lämmönsiirtoneste. (Suontama 2014.)



Kuva 14. Lykylammen pohjavesialueen sijainti Onttolan alueella. (Kartta: Karttakeskus.)



Kuva 15. Maaperäkartta. (Kartta: Harri Lehikoinen.)



Kuva 16. Kallioperäkartta. (Kartta: Harri Lehikoinen.)

6.3.3 Erillispientalo ja nykyinen lämmitysjärjestelmä

Myös erillispientalo asettaa lämmitysjärjestelmän valinnalle omat rajoitteensa. Talossa oleva vesipatteriverkko ei ole matalalämpöverkko, minkä vuoksi ilma-vesilämpöpumpun lämpökerroin voi tippua kovilla pakkasilla sähkölämmityksen tasolle (Hirvonen 2014). Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että tällaisessa tilanteessa talo lämpenisi käytännössä sähkölämmityksellä.

6.3.4 Asukkaat

Asukkaiden toiveissa on saada nykyistä helppokäyttöisempi, luotettava, siisti ja vähän huoltotoimenpiteitä vaativa lämmitysjärjestelmä. Tämän vuoksi uuden pilkkeillä lämmitettävän kattilan hankkiminen ei ole vaihtoehto. Se ei olisi juurikaan

entistä järjestelmää helpompi tapa lämmittää. Asukkaiden mielestä pelkkä sähkölämmitys tulee liian kalliiksi, joten sitäkään ei oteta huomioon. Onttolan alueella on suhteellisen usein sähkökatkoksia, joten erillispientalon lämmitys ei voi olla riippuvainen pelkästään sähköä toimiakseen vaativasta laitteistosta. Omistajat haluavatkin pitää vanhan leivinuunin varalämmitysjärjestelmänä.

6.4 Kustannukset

6.4.1 Pelletti

Laskelmissa vertailukohtana käytettäväksi 0-vaihtoehdoksi valittiin varaava sähkölämmitys. Varaavan sähkölämmityksen vaatimia remontointi kustannuksia ei otettu laskelmissa huomioon, koska saman remontin kustannuksineen oletetaan olevan edessä myös pelletti ja maalämpö vaihtoehdoilla. Laskemiseen käytetään TEM:in raportista saadun keskimääräisen vuonna 1982 rakennetun omakotitalon energiankulutustietoja. Laskelmat pohjautuvat siis oletukseen, että erillispientalon lämmönkulutus on 35 900 kWh vuodessa. Sähkön hintana käytetään erillispientalon omistajien sähköstään maksamaa hintaa. Hinta tieto on saatu viimeisimmästä sähkölaskusta. Sähkön hinta on 11,65 snt/kWh. Tällä sähkön hinnalla erillispientalon tarvitseman lämmön tuottaminen pelkällä sähköllä maksaa 4 184 e. Laskelmien suorittamista varten valittiin pellettikattilan hyötysuhteeksi 90 %, joka erilaisten pellettikattilamallien ominaisuuksiin tutustumisen jälkeen osoittautui sopivaksi keskiarvolukemaksi.

Kun tiedetään järjestelmältä vaadittava lämmöntuotantomäärä, hyötysuhde ja pelletin lämpöarvo, saadaan laskettua vuodessa kuluvan pelletin määrä. Ensin lasketaan, paljonko järjestelmällä on tuotettava lämpöenergiaa hyötysuhde huomioonottaen. Tämä summa jaetaan pelletin lämpöarvolla ja lopuksi vielä tuhannella, jotta saadaan tulos tonneina. Erillispientalon vuosittaiseksi pellettien kuluukseksi saatiin 8,3 tonnia. Pelletin hinta on 287 e/t (Tilastokeskus 2014). Kun kerrotaan hinta tarvittavalla pellettien määrällä, saadaan laskettua pelletin ostamisesta aiheutuvat vuosittaiset kustannukset. Ne ovat 2 388 e.

Pellettijärjestelmä kuluttaa sähköä 500 kWh vuodessa (Tuohiniitty 2014). Tästä kertyy kustannuksia $500 \text{ kWh} \cdot 11,65 \text{ snt/kWh} = 58 \text{ e}$. Yhteensä pellettilämmitys-järjestelmän vuosikustannukset ovat 2 446 e, joten säästöä syntyy $4 184 \text{ e} - 2 446 \text{ e} = 1 738 \text{ e}$. Kohteeseen soveltuvan automaattisen pellettijärjestelmän investointikustannukset ovat 18 000 euroa (Paukkunen 2014c). Kun investointikus-tannukset ovat 18 000 e, saadaan takaisinmaksuajaksi inflaatio huomioon- ottaen 32 vuotta. Kun 2 446 e hinnalla saadaan tuotettua 35 900 kWh energiaa, sääste-tään lämmön hinnassa 4,84 snt/kWh. Tällöin lämmön hinnaksi saadaan 5,66 snt/kWh.

Sisäinen korko laskettiin Excelin korko-funktiolla. Siihen syötettiin tiedot maksu-kausien lukumäärästä, vuosittain kertyvistä voitoista, investoinneista ja jään-nösarvosta. Maksukausien lukumäärällä tarkoitetaan niitä vuosia, joiden aikana investoinnin tuottamat tulot otetaan laskelmassa huomioon. Työn laskelmissa va-littiin maksukausien määräksi 25 vuotta, mikä on keskimääräinen lämmitysjärjes-telmän toiminta-aika ilman suurempien remonttien tekemistä. Jäännösarvoksi va-littiin laskennassa nolla, mikä tarkoittaa sitä, ettei käytetylle laitteistolle aseteta jälleenmyynti arvoa, jolla se myytäisiin eteenpäin. Sisäinen korko pellettijärjestel-mälle on 8 %.

Tuottojen nykyarvo laskettiin Excelin nettonykyarvo-funktiolla. Funktio vaatii tie-dot asetetusta korkovaatimuksesta ja saatavista tuloista. Työn laskelmissa valit-tiin korkovaatimukseksi 2 %, jolla huomioidaan inflaation vaikutus tuottoihin. Saa-tavat tulot ovat lämmitysjärjestelmän muutoksella saadut säästöt tarkastelujak-son, 25 vuotta, ajalta. Pellettijärjestelmän tuottojen nykyarvoksi laskettiin 14 482 e. Kustannusten nykyarvo tarkoittaa investointikustannuksien määrää. Ne täytyy ilmoittaa negatiivisina nettonykyarvon laskentaa varten. Nettonykyarvo on tuotto-jen nykyarvon ja kustannusten nykyarvon summa. Pellettijärjestelmän nettonyky-arvoksi laskettiin - 3 519 e, mikä tarkoittaa, ettei järjestelmä ole maksanut itseään takaisin vielä laskelmissa käytetyn 25 vuoden takaisinmaksuajan puitteissa.

Pellettijärjestelmän takaisinmaksuaika selvitettiin haarukoimalla, montako vuotta vaaditaan siihen, että nettonykyarvoksi saadaan nolla. Haarukointi suoritettiin kokeilemalla eri takaisinmaksuajoilla, milloin nettonykyarvoksi saadaan nolla. Tulokset ilmoitetaan vuoden tarkkuudella. Laskelmat esitellään taulukossa 2.

Taulukko 2. Pellettijärjestelmän kustannukset, kannattavuus ja takaisin maksuaika.

Hinta (e/t)	287
Lämpöarvo (kWh/kg)	4,8
Kattilan hyötysuhde	90 %
Kulutus (t/a)	8,3
Polttoainekustannukset (e/a)	2388
Järjestelmän kuluttaman sähkön määrä (kWh/a)	500
Järjestelmän kuluttaman sähkön kustannukset (e/a)	58
Järjestelmän kustannukset (e/a)	2 446
Säästöt (e/a)	1 738
Säästö lämmön hinnassa (snt/kWh)	4,8
Lämmön hinta (snt/kWh)	5,7
Investointikustannukset (e)	18 000
Sisäinen korko	5 %
Tuottojen nykyarvo (e)	11 078
Kustannusten nykyarvo (e)	-18 000
Nettonykyarvo (e)	-6 922
Takaisinmaksuaika (a)	32

6.4.2 Maalämpö

Maalämmön osalta kustannuslaskelmat suoritettiin kahdelle vaihtoehdolle. Ensimmäisessä vaihtoehdossa maalämpö mitoitetaan huipputehontarpeen mukaan eli täystehomitoituksena ja toisessa kattamaan 60 % huipputehontarpeesta eli osatehomitoituksena. Tällöin täysteholle mitoitettun järjestelmän teho on 11 kW ja osateholle mitoitettun vaihtoehdon 6,6 kW. Suomen rakentamismääräyskokoelman liitteestä D5 vuodelta 2012 löytyneen taulukon ja kaavojen avulla laskettiin, kuinka suuri osa erillispientalon kokonaislämmöntarpeesta saadaan katettua maalämpöpumpulla. Ensimmäisellä vaihtoehdolla saadaan katettua 98 % ja toisella 88 % tarpeesta. Laskelmissa oletetaan, että loput tarvittavasta lämpöenergiasta tuotetaan varaavalla sähkölämmityksellä.

Teholtaan 11 kW oleva maalämpöpumppu tuottaa lämpöenergiaa $0,98 \cdot 35\,900$ kWh = 35 182 kWh. Tällöin sähkölämmityksellä jää tuotettavaksi 718 kWh. Puolestaan maalämpöpumppu, jonka teho on 6,6 kW tuottaa lämpöenergiaa $0,88 \cdot 35\,900$ kWh = 31 592 kWh. Sähkölämmityksellä tuotettavaksi jää 4 308 kWh. Maalämpöpumpun kuluttaman sähkön määrä saadaan laskettua jakamalla pumpulla tuotettu lämpöenergian määrä pumpun lämpökertoimella. Maalämpöpumpulle tavallinen, hyvä lämpökerroin on 3. Laskennassa päädyttiin kuitenkin käyttämään lämpökerrointa 2,5, koska kohteena oleva erillispientalo on ominaisuuksiltaan sellainen, ettei lämpökerroin kolme ole realistinen.

Täysteho vaihtoehdon sähkönkulutukseksi laskettiin $35\,182 \text{ (kWh/a)}/2,5 = 14\,073$ kWh ja osateho vaihtoehdon 12 637 kWh. Maalämpöjärjestelmän käyttämän sähkön ja sähköllä tuotetun lisälämmön määrät laskettiin yhteen ja kerrottiin erillispientalon omistajien maksamalla sähkön hinnalla, 11,65 snt/kWh, ja lopuksi vielä sadalla, jolloin saatiin vuodessa lämmitykseen kuluvan sähkön hinta euroina. Täysteho järjestelmällä sähkön kulutuksesta aiheutuvat kustannukset ovat $(718 \text{ kWh} + 14\,073 \text{ kWh}) \cdot 11,65 \cdot 100 = 1\,724$ e ja osateho järjestelmällä 1 975 e. Tällöin täysteho järjestelmällä kertyy vuodessa säästöjä $4\,184 - 1\,724 = 2\,460$ e ja osateho järjestelmällä 2 209 e. Lämmönhinnassa säästetään täysteho vaihtoehdolla 6,9 snt/kWh, jolloin lämmönhinnaksi laskettiin 3,6 snt/kWh. Osateho vaihtoehdolla lämmönhinnassa säästetään 6,2 snt/kWh, jolloin lämmön hinnaksi laskettiin 4,3 snt/kWh.

Maalämpöjärjestelmien esimerkkilaitteistot saatiin Lämpövinkki Oy:n internet-sivuilta löytyneen Soile-maalämmön esisuunnittelulomakkeen avulla (Lämpövinkki Oy 2014). Täysteholle mitoitettu esimerkkilaitteisto koostuu 12 kW:n Nibe F1245 -maalämpöpumpusta, puskurivaraajasta ja lämpökaivosta. Lämpökaivon syvyydeksi lomakkeessa suositellaan 220 m. Pumpun hinta on 7 293 e, kaivo porauksineen maksaa 7 616 e, puskurivaraajan hinta on 546 e ja asennustyön kustannukset ovat 3 068 e. Yhteensä kustannukset nousevat 18 521 euroon. Osateholle mitoitettun järjestelmän esimerkkilaitteisto koostuu 10 kW:n Nibe F1245 -maalämpöpumpusta, puskurivaraajasta, asennustyöstä ja 180 m pitkistä lämpökaivosta. Lämpöpumppu maksaa 6 823 e, lämpökaivo porauksineen maksaa 6 231 e, puskurivaraajan hinta on 408 e ja asennustyön kustannukset 3 067 e. Yhteensä kustannuksia kertyy 16 529 euroa. (Soile-maalämpökauppa 2014.)

Maalämmölle suoritettiin kustannuslaskenta samalla tavoin kuin pelletille. Maksumaksuajaksi määräksi valittiin 25 ja jäännösarvoksi nolla samoin perustein kuin pelletin kohdalla. Molempien mitoitusvaihtoehtojen sisäiseksi koroksi laskettiin 13 %. Täysteholle mitoitettun järjestelmän tuottojen nykyarvoksi saatiin 20 910 e ja osateholle mitoitettulle järjestelmälle 18 408 e. Täysteholle mitoitettun maalämpöjärjestelmän nettonykyarvoksi laskettiin 2 389 e ja osateholle mitoitettun järjestelmän 1 880 e. Takaisinmaksuajaksi laskettiin molemmille mitoitusvaihtoehdoille 23 vuotta.

Taulukko 3. Maalämpöjärjestelmän kustannukset, kannattavuus ja takaisinmaksuaika.

	Täysteho mitoitus	Osateho mitoitus.
Lämpökerroin:	2,5	2,5
Mitoitus teho (kW)	11,0	6,6
Lämmön tuotanto kokonaistarpeesta (%)	0,98	0,88
Maalämmöllä tuotettu lämpömäärä kWh/a	35 182	31 592
Sähköllä tuotettu lämpömäärä kWh/a	718	4 308
Maalämmön sähkönkulutus kWh/a	14 073	12 637
Järjestelmän käyttämän sähkön kustannukset e/a	1 724	1 975
Säästöt e/a	2 460	2 209
Säästö lämmön hinnassa snt/kWh	6,9	6,2
Lämmön hinta snt/kWh	3,6	4,3
Investointikustannukset (e)	18 521	16 529
Sisäinen korko	13 %	13 %
Tuottojen nykyarvo (e)	20 910	18 408
Kustannusten nykyarvo (e)	-18 521	-16 529
Nettonykyarvo (e)	2 389	1 880
Takaisinmaksuaika (a)	23	23

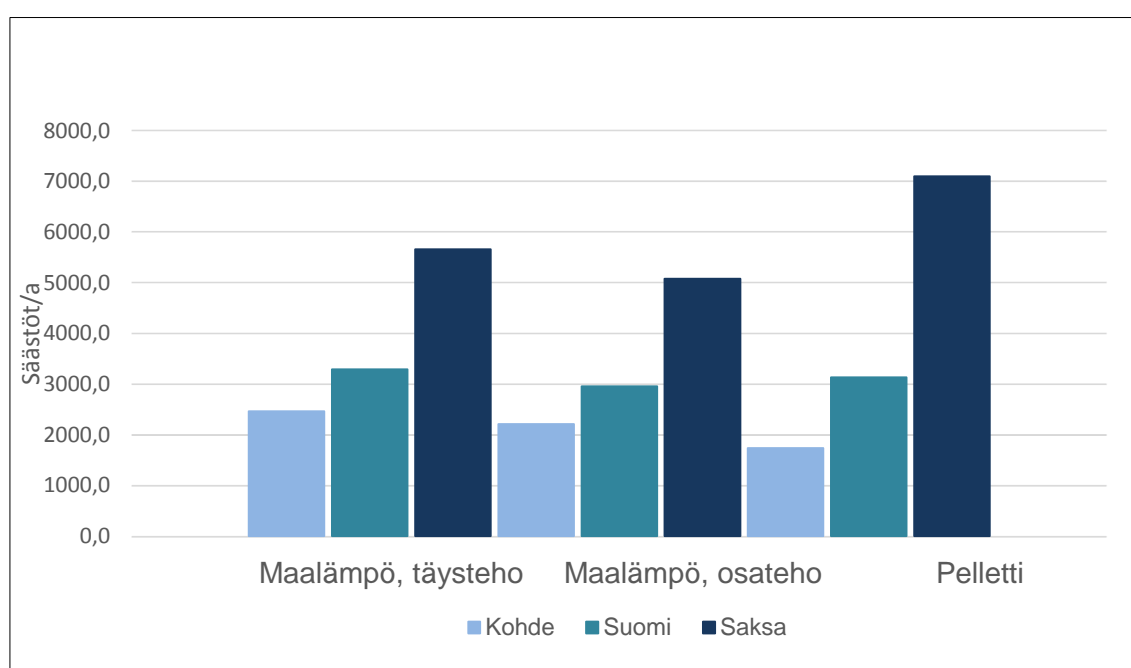
6.4.3 Sähkön hinnan muutosten vaikutus

Sähkön hinnan muutosten vaikutuksia kertyviin säästöihin, kullakin vaihtoehdolla tuotetun lämmön hintaan ja takaisinmaksuaikoihin tutkittiin käyttämällä erillispien-talon omistajien maksaman sähkön hinnan vertailukohtina Suomen ja Saksan kuluttajasähkön keskihintoja vuoden 2012 lopulta. Suomessa kotitaloussähkön hinta tuolloin oli 15,6 snt/kWh ja Saksassa 26,8 snt/kWh (STT 2013). Erillispien-talon omistajien maksamaa sähkön hintaa halvemmilla hinnoilla ei pidetty mielekkäänä laskea, koska sähkön hinta ei tulevaisuudessa tule todennäköisesti laskemaan ja omistajat maksavat muutenkin erittäin edullista hintaa sähköstään.

Herkkyysanalyysissä ei ole huomioitu sähkön hinnan nousun vaikutuksia pelletin hintaan. Todellisuudessa sähkönhinnan nousu nostaa pelletin hintaa, koska pellettien valmistusprosessissa kuluu sähköenergiaa. Valmistajat siirtävät sähkön

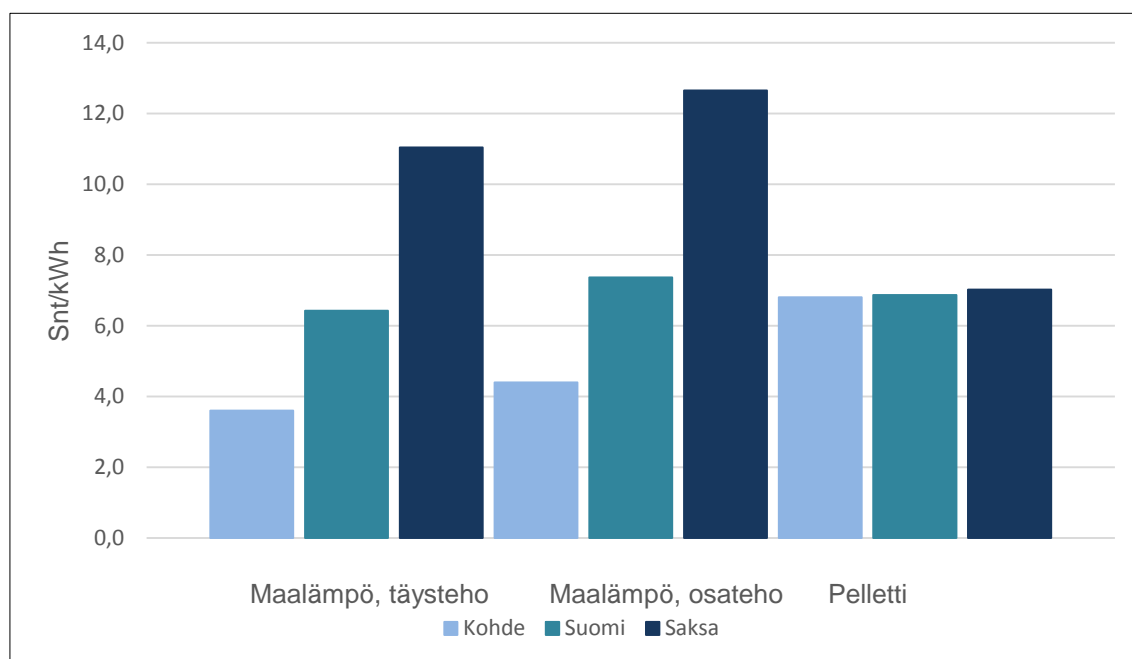
hinnan aiheuttamat lisäkustannukset suoraan pelletin hintaan. Tämän vuoksi pellettijärjestelmän käytöstä kertyvät säästöt ovat pienempiä, lämmön hinta korkeampi ja takaisinmaksuajat pitempiä kuin alla olevat kuviot osoittavat.

Herkkyysanalyysissä havaittiin, että sähkön hinnan noustessa uusiutuvaan energiaan pohjautuvaa lämmitysjärjestelmää käytettäessä vuodessa kertyvien säästöjen määrä kasvaa sitä enemmän, mitä kalliimpaa sähkö on. Selvintä säästöjen lisääntyminen on pellettijärjestelmää käytettäessä, jos pelletin hintaa ei oteta huomioon (Kuvio 5).



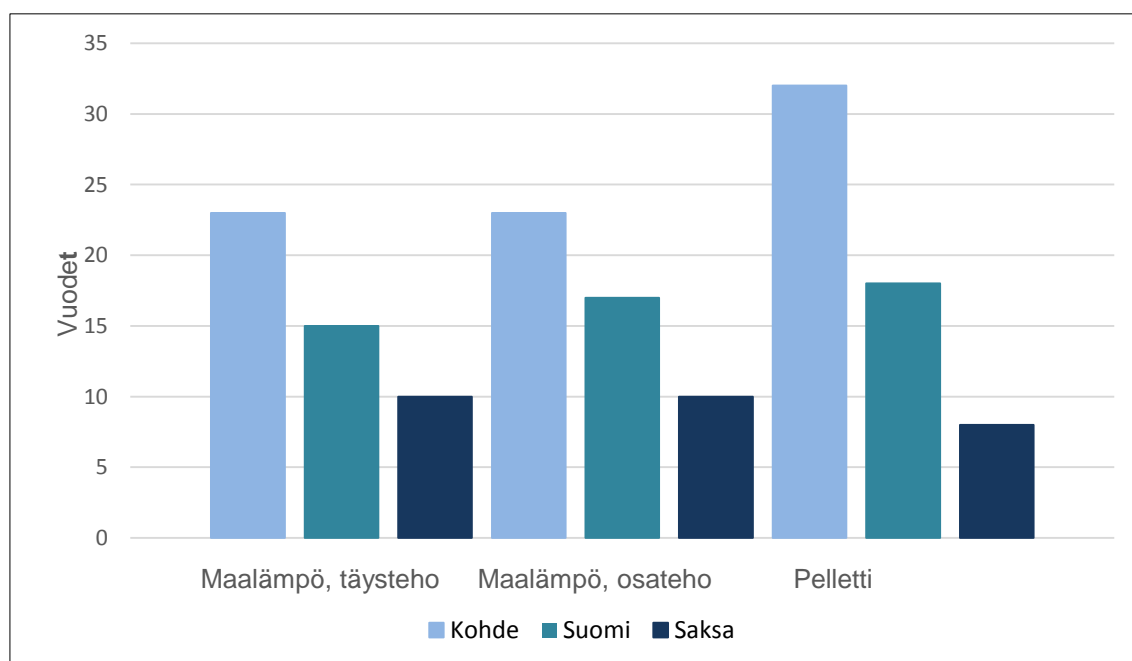
Kuvio 5. Sähkön hinnan vaikutus kertyviin säästöihin eri lämmitysjärjestelmä vaihtoehdoissa.

Kuviosta 6 nähdään, että sähkön hinnan noustessa myös eri lämmitysjärjestelmillä tuotetun lämmön hinta nousee. Pelletti lämmityksen kohdalla nousu on kaikkein hillityintä. Pelletin hinnan vaikutuksia ei ole otettu huomioon.



Kuvio 6. Sähkön hinnan vaikutus eri lämmitysjärjestelmillä tuotetun lämmön hintaan.

Kuviosta 7 havaitaan, että sähkön hinnan noustessa kunkin lämmitysjärjestelmän takaisin maksuajat lyhenevät. Eniten lyhenee pelletin ja vähiten osateholle mitoitettua maalämmön.



Kuvio 7. Sähkön hinnan vaikutus kunkin lämmitysjärjestelmän takaisinmaksu-aikaan.

6.5 Pelletti- ja maalämpöjärjestelmän välittömien päästökertoimien tarkastelu

6.5.1 Pelletti

Pellettilämmitysjärjestelmällä ei lasketa olevan välittömiä hiilidioksidiekvivalenttipäästökertoimia, sillä poltosta vapautuvan hiilidioksidin ajatellaan vapautuvan ilmakehään kuitenkin, jos puu pääsee lahoamaan (Heljo, Nippala & Nuuttila 2005). Pellettijärjestelmä tarvitsee kuitenkin toimiakseen 500 kWh sähköä vuodessa (Tuohiniitty 2014). Erillispientalon omistajilla on käytössään Pohjois-Karjalan sähkön Oiva-sähkösopimus. Oiva-sähkö on sekasähköä, joka sisältää noin 27,8 % ydinvoimaa, 38,1 % uusiutuvaa energiaa ja 34,1 % fossiilista energiaa (Pohjois-Karjalan Sähkö Oy 2014a). Laskelmissa sähkön hiilidioksidiekvivalenttipäästöille käytetään sähkön välitehoalueen päästökerrointa 400 - 450 kg CO₂-ekv/MWh (Heljo, Nippala & Nuuttila 2005). Välitehoalueen päästökerroin on valittu, jotta se kuvastaisi sähköntuotannon keskimääräistä päästökerrointa.

$(500 \text{ kWh/a} / 1\,000 \text{ kWh/MWh}) * 425 \text{ kg CO}_2\text{-ekv/MWh} = 212,5 \text{ kg CO}_2\text{-ekv/a.}$

6.5.2 Maalämpö

Maalämpöjärjestelmässä hiilidioksidiekvivalenttipäästökertoimia ei synny itse maalämmön hyödyntämisestä. Maalämpöjärjestelmä vaatii toimiakseen kuitenkin sähköä, joka aiheuttaa päästöjä. Maalämpöpumpun lämpökerroin riippuu pumpputyypistä sekä käyttöolosuhteista. Maalämpöpumpun toiminnalle edullisinta on, että lämpötila josta lämpöä otetaan, on mahdollisimman korkea, ja lämmön käyttölämpötila mahdollisimman matala. Maalämpöjärjestelmälle suotuisimmat lämmönjakotavat ovat täten lattialämmitys sekä ilmalämmitys. (Sähkölämmityksen tehostamisohjelma Elvari 2014.)

Lämpöpumppu voidaan mitoittaa joko täysteholle tai osateholle. Täysteholle mitoitettu järjestelmä kattaa kaiken rakennuksen tarvitseman lämpöenergian. Huipputehoa tarvitaan kuitenkin vain lyhyinä ajanjaksoina talven kylmimpinä kuukausina, joten maalämpöpumpulla on ylikapasiteettia suurimman osan vuodesta. (Heljo & Laine 2005.) Osateholle mitoitettu järjestelmä on mitoitettu 50 - 70 %:lle rakennuksen lämmitystehon enimmäistarpeesta, jolloin maalämpöjärjestelmällä tuotetaan 80 - 95 % lämmitysenergian kokonaistarpeesta. Loppu

tarvittava lämpö tuotetaan esimerkiksi varaajan sähkövastuksen avulla. (Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto 2002.) Käyttöveden lämmitys hoidetaan täysteholle mitoitetuissa järjestelmissä tyypillisesti tulistusmenetelmällä ja osateholle mitoitetuissa järjestelmissä sähkövastuksien avulla (Heljo & Laine 2005).

Erillispientalon huipputehontarve on 11 kW. Osatehomitoituksessa lämpöpumpujärjestelmä mitoitetaan 50 - 70 %:lle lämmitysenergian enimmäistarpeesta. Mitoitetaan lämpöpumppu 60 %:n teholla. Tuolloin pumpun teho on 6,6 kW. Erillispientalon lämmitysenergian tarve on 35 900 kWh/a. Osateholle mitoitetulla järjestelmällä voidaan tuottaa 80 - 95 % erillispientalon vaatimasta lämmitysenergiantarpeesta. Keskiarvona tämä tarkoittaa 87,5 %. $35\,900\text{ kWh/a} * 0,875 = 31\,413\text{ kWh/a}$. (Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto 2002.)

Käyttövesi lämmitetään erillispientaloon tulevan veden lämpötilasta 7 °C astetta lämpötilaan 50 °C astetta lämpöpumpulla. Käyttöveden lisälämmitystarve 50 °C:sta erillispientalon pattereiden menoveden lämpötilaan 58 °C:seen hoidetaan sähkövastuksilla. Käytetään maalämpöpumpun lämpökertoimena arvoa 2,5, sillä erillispientalossa on lämmönjakojärjestelmänä vesikiertoiset patterit. (Sähkölämmityksen tehostamisohjelma Elvari 2014.) Tuolloin 1/2,5 lämmöstä tulee sähköstä ja loput maalämpönä. (Heljo & Laine 2005.)

Osateholle mitoitettut maalämpöjärjestelmät toimivat parhaiten ulkolämpötilan pysyessä yli -6 °C asteessa. Lämpötilan laskiessa kyseisen lämpötilan alle lisääntyy sähkönkulutus. Järjestelmien sähkönkulutus on suurimmilla kovimpien pakkasjaksojen aikaan, jolloin myös sähkön kysyntä on suurinta. Kohteen osateholle mitoitettu lämmitysjärjestelmä käyttäisi sähköä $31\,413\text{ kWh/a} / 2,5 = 12\,565\text{ kWh/a}$.

Laskuissa oletetaan, että maalämmitysjärjestelmän tukilämmitysjärjestelmänä toimivat sähkövastukset. Tämä tarkoittaa, että maalämpöjärjestelmän tarvitsema lisälämpö tuotetaan sähköllä, eli sähköä kuluu $35\,900\text{ kWh/a} - 31\,413\text{ kWh/a} = 4\,487\text{ kWh/a}$.

Erillispientalon käyttämä sähkö on PKS:n Oiva-sähkösopimuksen mukaista se-
kasähköä. Laskelmissa sähkön hiilidioksidiekvivalenttipäästöille käytetään säh-
kön välitehoalueen päästökerrointa 400 - 450 kg CO₂-ekv/MWh (Heljo, Nippala
& Nuutila 2005). Välitehoalueen päästökerroin on valittu, jotta se kuvastaisi säh-
köntuotannon keskimääräistä päästökerrointa. Erillispientalon kohdalla tämä tar-
koittaa, että osateholle mitoitettu järjestelmä kuluttaisi sähköä
 $12\,565 \text{ kWh/a} + 4\,487 \text{ kWh/a} = 17\,052 \text{ kWh/a}$. Hiilidioksidiekvivalenttipäästönä
tämä tarkoittaa $(17\,052 \text{ kWh/a} / 1\,000 \text{ kWh/MWh}) * 425 \text{ CO}_2\text{-ekv/MWh}$
 $= 7\,247 \text{ kg CO}_2\text{-ekv/a}$.

Täyستهolle mitoitetussa järjestelmässä kaikki tarvittava lämpöenergia tuotetaan
maalämpöjärjestelmällä. Lämpötilan laskiessa alle pumpun mitoitukslämpötilan
tarvitaan lisälämmitystä, joka on yleensä toteutettu sähkövastuksilla. Käyttövesi
saadaan tulistusmenetelmällä. Täydelle teholle mitoitettu järjestelmä tuottaa siis
kaiken tarvitsemansa energian maalämpöjärjestelmällä, jonka lämpökertoimena
käytetään arvoa 2,5. Järjestelmän sähkötarpeeksi saadaan
 $35\,900 \text{ kWh/a} / 2,5 = 14\,360 \text{ kWh/a}$.

Käytetään hiilidioksidiekvivalenttikertoimena sähkön välitehon arvoa 400 - 450 kg
CO₂-ekv/MWh. Päästökertoimeksi saadaan $(14\,360 \text{ kWh/a} / 1\,000 \text{ kWh/MWh}) * 425$
 $\text{kg CO}_2\text{-ekv/MWh} = 6\,103 \text{ kg CO}_2\text{-ekv/a}$.

7 Pohdinta

7.1 Tulosten tarkastelu

7.1.1 Lämmitysjärjestelmävaihtoehdot

Erillispientalon lähellä sijaitsevaa Joensuun lentokenttää käyttävät lentokoneet lentävät kohdekiinteistön yläpuolelta noustessaan sekä laskeutuessaan. Lentokoneiden kulku aiheuttaa erillispientalon yläpuolella ilman turbulენტtista virtausta. Turbulenttinen virtaus on ajoittain havaittavissa puiden latvojen heilumisena lentokoneen lennettyä erillispientalon yli. Kiinteistökohtainen pientuulivoimala asennetaan 15 - 30 metriä korkeaan mastoon, joka ulottuu useita metrejä puuston yläpuolelle. Jos lentokoneiden ylilento aiheuttaa turbulenssia tontin puiden latvoissa, aiheuttaa se todennäköisesti epätasaista virtausta myös tuulivoimalan ympärillä.

Tuulivoimala kannattaa sijoittaa vallitsevasta tuulensuunnasta avoimeen, esteetömään paikkaan, jotta siihen kohdistuva ilmavirta olisi mahdollisimman tasainen. Turbulenttisuus rasittaa voimalan rakenteita ja lyhentää sen käyttöikää. Edellä mainittujen syiden takia tuulivoiman soveltuvuus kohteeseen on kyseenalaista. Järjestelmän huoltotarpeen sekä nykyiseen lämmönjakoverkoston liitettävyyden kannalta pientuulivoimala olisi ollut vaivattomuutta arvostavaan kohteeseen soveltuva vaihtoehto. Tuulivoimalla tuotetun lämmitysenergian eduksi voidaan laskea myös sen päästöttömyys.

Erillispientalon omistajille ensisijainen lämmitysjärjestelmävaihtoehto olisi ollut kaukolämpöverkkoon liittyminen. Joensuussa kaukolämpöä toimittavan Fortum Oyj:n kaukolämpöverkon lähin piste on kuitenkin yli kilometrin päässä erillispientalosta, eikä Fortum Oyj suunnittele laajentavansa kaukolämpöverkkoa niin, että erillispientalon liittyminen verkkoon olisi taloudellisesti kannattavaa. Kaukolämpö olisi ollut lämmitysjärjestelmävaihtoehdoista kohteeseen soveltuva, sillä se on siisti ja vaivaton käyttää. Kaukolämmityksen voidaan katsoa olevan ympäristöystävällistä, sillä siinä hyödynnetään teollisuudessa tai sähköntuotannossa muuten

hukkaan menevää lämpöenergiaa. Erityisen ympäristöystävällistä kaukolämpö on, jos sitä saadaan käyttämällä uusiutuvia energialähteitä.

Lämpöpumppujen asentamisessa on huomioitava lämmönjakojärjestelmän vaatima, lattialämmitystä huomattavasti korkeampi menoveden lämpötila. Lämpöpumppujen lämpökerroin on sitä parempi, mitä vähemmän lämpötilaa pumpulla joudutaan nostamaan. Vesipatteri-lämmönjakoverkostoissa lämpöpumppu tulee valita niin, että sillä pystytään nostamaan veden lämpötila patteriverkon menoveden sekä lämpimän käyttöveden vaatimaan lämpötilaan, tai ainakin lähelle sitä. Jos lämpöpumppu ei pysty lämmittämään vettä tarpeeksi, tulee valitulla tukilämmitysjärjestelmällä tuottaa puuttuva energiamäärä. Puuttuvan energiamäärän tuottaminen heikentää pumpun lämpökerrointa.

Erillispientalossa lämmönjako hoidetaan vesikiertoisilla pattereilla sekä kosteiden tilojen lattialämmityksellä. Kohteessa ei ole koneellista ilmanvaihtoa, vaan ilmanvaihto hoituu painovoimaisesti. Koneellisen ilmanvaihdon puuttuminen rajaa poistoilmalämpöpumpun käyttömahdollisuuden pois, sillä se käyttää lämmönlähteenä koneellisesti poistettavan sisäilman lämpöä. Toimiakseen pumppu tarvitsee jatkuvan poistoilmavirran, joka on suuruudeltaan 1/2 rakennuksen ilmatilavuudesta tunnissa.

Omistajien mielestä erillispientalon ilmanvaihtojärjestelmän remontoiminen ja muuttaminen koneelliseksi alkaa olla ajankohtaista. Toteutuessaan tällainen remontti nostaisi poistoilmalämpöpumpun mahdolliseksi vaihtoehdoksi. Poistoilmalämpöpumppu toimii parhaiten vähän lämmitysenergiaa kuluttavissa kohteissa tai passiivienergiataloissa. Erillispientalo kuluttaa kuitenkin paljon lämmitysenergiaa, minkä vuoksi poistoilmapumppu ei ole ideaalinen ratkaisu kohteeseen. Poistoilmalämpöpumppu olisi huoltotoimenpiteiden vähäisyyden ja vaivattomuuden takia ollut kohteeseen soveltuva ratkaisu.

Ilma-vesilämpöpumppu tarvitsee rinnalleen täysteholle mitoitettun tukilämmitysjärjestelmän. Erillispientalossa tukilämmitysjärjestelmänä voisi toimia halko-lämmitysjärjestelmä tai sähkö. Nykyisen järjestelmän yhteensopivuus uuden järjestelmän kanssa tulisi kuitenkin varmistaa. Tukilämmitysjärjestelmää valittaessa

kannattaa myös selvittää, missä kunnossa entinen järjestelmä on ja onko tuki-lämmitysjärjestelmän hoitamiseen resursseja. Sähkölämmitys ilma-vesilämpöpumpun tukena vaatii vain vähän huoltotoimenpiteitä, mutta voi tulla kalliiksi. Talon lämmönjakojärjestelmä heikentää ilma-vesilämpöpumpun lämpökerrointa, sillä kompressorilla lämmitys- ja käyttövesi voidaan lämmittää noin 50 °C:seen. Kohteessa on kuitenkin vesipatterilämmitys, jossa menoveden lämpötila on säädetty 58 °C:seen. Tämä tarkoittaa, että lämpöpumpun lämmöntuottokyvyn ylittävä osuus energiasta tulee tuottaa jollakin muulla energiantuotantotavalla. Tyyppillisimmin käytetään sähkövastuksia.

Myös ulkolämpötilan vaihtelut vaikuttavat merkittävästi lämpöpumpun hyötysuhteeseen. Esimerkiksi -20 °C asteen pakkasella ilma-vesilämpöpumpusta saadaan 50 % vähemmän tehoa kuin lämpötilassa +7 °C astetta. Markkinoilla on kuitenkin myös järjestelmiä, joilla voidaan päästä -20 °C asteen pakkasella lämpökertoimeen 1,4 - 1,8 lattialämmityskohteissa. Tämä tarkoittaa, että pumppu ottaa yhden yksikön sähköä ja tuottaa 1,4 - 1,8 yksikköä lämpöä. Vaatimattomammilla ilma-vesilämpöpumppuratkaisuilla lämpökerroin voi pudota sähkölämmityksen tasolle kovilla pakkasilla. Ilma-vesilämpöpumppu toimiikin paremmin Etelä-Suomen lauhissa talvissa, kuin Itä-Suomen ajoittain pitkien pakkasjaksojen aikaan. Lämpöpumppu sopisi kohteeseen sen vähäisen huollontarpeen seurauksena, mutta kylmät talvet sekä kohteen lämmönjakojärjestelmä aiheuttavat ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhteen pienentymisen.

Pumpun asentaminen kohteeseen olisi taloudellisinta, jos se liitettäisiin osaksi vanhaa lämmitysjärjestelmää. Opinnäytetyön kohteessa ilma-vesilämpöpumpun asentaminen vanhan halkolämmityksen rinnalle ei kuitenkaan ole järkevää, sillä halkolämmityksen vaatimasta polttopuiden käsittelystä halutaan päästä eroon. Vesi-ilmalämpöpumpun asentaminen täysteholle mitoitettujen sähkövastusten kanssa ei ole taloudellisesti kannattavaa, sillä pumpun lämmöntuotantokapasiteetin ylittämä lämmitystarve tulisi hoitaa sähköllä. Kylmien pakkasjaksojen aikana lämmityssähkön kulutus kasvaisi suurimmaksi sen hinnan ollessa korkeimmillaan.

Erillispientalo käyttää tällä hetkellä lämmitykseen sähköä viitenä päivänä viikossa ja halkoa kahtena päivänä viikossa. Nykyisellä lämmityssuhteella ratkaisua ei pidetä taloudellisesti järkevänä, joten siirtyminen kokonaan varaavaan sähkölämmitysjärjestelmään on pitkällä tähtäimellä pois suljettu vaihtoehto. On kuitenkin huomioitava, että nykyisen sähkösopimuksen hinnalla laskettuna kohteeseen soveltuvien pelletti- ja maalämpöjärjestelmän takaisinmaksuajat ovat pitkät. Pelkäämään taloudellisesta näkökulmasta katsottuna lämmityksen hoitaminen varaavalla sähkölämmityksellä on tällä hetkellä taloudellisin vaihtoehto. Varaavaa sähkölämmitystä ei ole kuitenkaan otettu osaksi soveltuvia vaihtoehtoja, sillä ratkaisun halutaan olevan pitkällä tähtäimellä kustannustehokas.

Sähkön hinta tuskin pysyy seuraavan 30 vuoden ajan nykyisellä tasolla, joten pelletti- ja maalämpöjärjestelmien takaisinmaksuajat voivat lyhentyä merkittävästi, kuten sähkön hinnan herkkyyssanalyysissä huomattiin. Varaavan sähkölämmityksen kohdalla kustannuksia nostaa myös varaajan todennäköinen uusiminen, sillä nykyinen lämmöntuotantoyksikkö-varaaja on jo yli 30 vuotta vanha. Sähkölämmitteisen varaajan hankkiminen osaksi lämmitysjärjestelmää katsottiin olevan vain väliaikainen ratkaisu. Varaavaa sähkölämmitystä ei myöskään nähty talon arvoa nostavana myyntivalttina mahdollisessa myyntitilanteessa. Jos lämmitysjärjestelmän uusimista olisi tarkasteltu vain seuraavan kymmenen vuoden jaksolle, kohteeseen olisi todennäköisesti, opinnäytetyön tarkoituksen mukaisesti, ehdotettu uusiutuvilla energiamuodoilla tuotettuun sähköön perustuvaa varaavaa sähkölämmitystä.

Erillispientalon käyttämä Oiva-sähkö sopimus on asukkaille edullinen, joten se on tarkoitus pitää myös tulevaisuudessa. Sopimuksen sekasähkö ei ole tuotettu pelkästään uusiutuvilla energiamuodoilla, joten opinnäytetyön tarkoituksesta poiketen erillispientalon lämmitys tullaan hoitamaan osittain fossiilisilla polttoaineilla. Sähkölämmitys olisi kustannukset poisluettuna asukkaiden tarpeisiin hyvin soveltuva vaihtoehto, sillä se on vaivaton, helppokäyttöinen ja helposti ohjattava.

Halkolämmityksen vaatimasta työmäärästä halutaan kohteessa päästä eroon. Kehittyneissä halko- ja pilkelämmityskattiloissa, kuten käänteispalokattilassa, jär-

jestelmän vaatimat huoltotoimet ovat nykyistä järjestelmää vähäisemmät. Kohteen lämmitysjärjestelmän halutaan kuitenkin olevan helppohoitoinen, vähän huoltoa vaativa ja siisti. Lämmitysjärjestelmän käyttöön liittyvien toiveiden takia uusi halko- tai pilkelämmitys ei ole kohteeseen parhaiten sopiva ratkaisu, vaikka alapalokattilalla sekä käänteispalokattilalla polttoainehuollon määrä vähenisi ja järjestelmässä voitaisiin käyttää halkoja pienempiä klapeja. Polttoainehuollon lisäksi lämmöntuotantoyksikkö tarvitsee valitusta järjestelmästä riippuvan määrän nuohousta ja tuhkien poistoa. Polttopuulla lämmittäminen soveltuisi kohteeseen muuten hyvin, sillä asukkailla on kokemusta halkolämmityksestä ja polttoaineena puu on kohtuuhintaista, eikä sillä lasketa olevan poltosta syntyviä välittömiä hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä. Polttopuun hinnankehitys saattaa olla tulevaisuudessa useita polttoaineita maltillisempaa, sillä sen valmistaminen ei vaadi suurta energiapanosta.

Erillispientaloon soveltuviksi lämmitysjärjestelmävaihtoehtoiksi valikoituivat pellettilämmitysjärjestelmä sekä maalämpöjärjestelmä. Mahdollisuutena pidetään myös aurinkolämmön liittämistä osaksi lämmitysjärjestelmää tulevaisuudessa. Pellettijärjestelmä soveltuu sekä vanhoihin että uusiin kohteisiin. Se soveltuu hyvin erillispientalon vesikiertoisilla pattereilla sekä lattialämmityksellä toteutettuun lämmönjakojärjestelmään. Pellettipoltin voidaan asentaa moniin markkinoilla oleviin puukattiloihin, mutta kohteena olevan erillispientalon kattilan on ainutlaatuisen, eikä sitä ole hankittu puulämmityslaitteistojen toimittajalta.

Kattilan ja lämminvesivaraajan yhdistelmä on rakennettu taloon rakennuksen valmistumisen kanssa yhtä aikaa. Pellettipolttimen asentaminen nykyiseen puukattilaan vaatii asiantuntijoiden arviota polttimon soveltuvuudesta. Kokonaan uuden pellettijärjestelmän hankkimista puoltaa kohteen nykyinen tarpeettoman suuri, 4 m³:n kokoinen, kattilan yhteyteen rakennettu lämminvesivaraaja. Nykyinen järjestelmä on vuonna 1982 valmistunut, joten järjestelmän toimintakunto kannattaa kartoittaa perusteellisesti, jos lämmöntuotantoyksikön käyttöä on tarkoitus jossain muodossa jatkaa.

Riittäväkokoisen teknisentilan mahdolliset sijoituspaikat erillispientalon alimmassa kerroksessa tulee selvittää, sillä pellettijärjestelmän tilantarve on kohtuullisen suuri. Tontilla on tarpeeksi tilaa polttoainehuollon hoitamiseen ja rakennus-oikeutta on jäljellä polttoainesiilon rakentamista varten. Jos polttoainetta ostaa vuosivaraston verran kerrallaan, tulee puhallusautolla päästä vuosisiilon läheisyyteen. Polttoainesiilo tulee sijoittaa sopivalle etäisyydelle talon teknisestä tilasta, jossa pellettikattila sijaitsee. Polttoaineen vaatima tilantarve on suhteellisen pieni verrattuna polttopuun vaatimiin varastoihin, sillä pelletin energiasisältö on korkea. Pelletin yleinen saatavuus Suomessa on hyvällä tasolla. Paikallisten tuottajien kohdalla kysyntä voi väliaikaisesti kasvaa tarjontaa suuremmaksi, sillä saateisen kesän jälkeen puusepänteollisuuden kuiville raaka-ainejakeille on kysyntää myös kuivikkeena. Maan suurimmilla pelletintuottajilla toimitusvarmuus on hyvä.

Pellettijärjestelmistä huollontarpeen suhteen soveltuvimpia ovat automatisoidut yhdistelmäkatilat, jotka vaativat huoltoa vain muutaman kerran vuodessa. Automatisoiduissa yhdistelmäkatiloissa on yleensä automaattinen puhdistustekniikka. Automaattijärjestelmällä varustetut laitteistot ovat luonnollisesti investointikustannuksiltaan kalliimpia. Pelletin hiukkaspäästöt ovat puupolttoaineista pienimmät, eikä pelletin energiakäytöllä lasketa olevan välittömiä päästökertoimia. Pellettilämmityksen vaatima sähkön määrä on myös huomattavan pieni verrattuna lämpöpumppujen käyttämään sähkömäärään.

Maalämpöjärjestelmä soveltuu kohteeseen vähäisen huollontarpeen sekä helpouden takia. Maalämpöjärjestelmässä haasteita aiheuttavat samat asiat kuin muidenkin lämpöpumppujen kohdalla: pumpun lämpökertoimen alentumista aiheuttaa kohteen lämmönjakojärjestelmä. Maalämpökompressorin avulla vesi saadaan kuumenemaan 50 - 65 °C:seen, jopa 70 °C:seen, laitteesta riippuen. Tästä ylimenevä osuus lämmitetään yleensä sähkövastuksella, jonka seurauksena maalämpöpumpun lämpökerroin huononee. Kohteeseen tulee valita lämpökompressori, jolla pattereiden menovesi saadaan nostettua lämpötilaan 58 °C astetta, jotta järjestelmän hyötysuhde pysyy kohtuullisella tasolla.

Lämmitysjärjestelmäremontin yhteydessä maalämpöjärjestelmä on mahdollista liittää vanhaan, toimivaan ja riittävän suureen varaajaan. Soveltuva varaaja voi pidentää lämpöpumpun ikää, parantaa lämpökerrointa sekä pienentää investointikustannuksia. Tulee kuitenkin huomata, että vanhoissa, suurissa varaajissa voi olla merkittävät lämpöhäviöt, jolloin uuden varaajan hankkiminen pienentää energiankulutusta. Kohteen kattila-varaajayhdistelmän liittämismahdollisuudet maalämpöjärjestelmään tulee selvittää. Kohteen varaaja on kooltaan suuri, joten sen lämpöhäviötkin voivat olla merkittäviä.

Lämmitysjärjestelmä-remonttikohteissa kannattaa maalämpöjärjestelmää suunniteltaessa tarkistaa, onko sisälämpötila liian korkea, miten tilojen lämmittämisen vaatima ja lämpimän käyttöveden tarvitsema lämmitysenergiankulutus jakaantuvat, sekä selvittää, onko pattereiden menoveden lämpötila hyvällä tasolla. Kohteen suuri lämmitysenergiakulutus, yli 30 000 kWh/a, nostaa järjestelmän kannattavuutta. Teknisen tilan sijoittamismahdollisuudet lähelle ulkoseinää tulee selvittää putkien läpivientien käytännönjärjestelyjen helpottamiseksi. Maalämpöpumppu ei vaadi suuria huoltotoimenpiteitä. Kompressori tulee uusia 15 - 20 vuoden välein.

Kohde sijaitsee pohjavesialueella, mutta tämä ei Kontiolahden kunnan ympäristönsuojelusihteerin mukaan estä järjestelmän rakentamista, sillä suojavyöhykkeet vedenpumppaamoihin ovat riittävät ja pohjavesi virtaa alueelta pois päin. Porakaivoja tehtäessä tulee huomioida, etteivät pintavedet pääse kosketuksiin pohjaveden kanssa. Lämmönsiirtonesteeksi tulee valita myrkytön vaihtoehto. Kohteeseen soveltuu todennäköisesti paremmin lämpöporakaivo kun vaakavetona toteutettu lämmönkeruuputkisto, sillä pientalo, jonka lämmitysenergian tarve on 25 000 kWh vuodessa ja lämpöpumpun lämpökerroin 2,5, tarvitsee pohjoisen Suomen alueella savimaahan vedettävän vaakaputkiston, jonka pituus on 330 - 375 metriä ja tarvittava maa-ala 500 - 560 m². Hiekkamaassa 750 - 1 000 m ja 1 130 - 1 500 m².

Kohteessa on maaperäkartan perusteella karkeaa hietaa, joten vaakavetona toteutettavan putkiston pituus ja tarvittava ala ovat lähempänä hiekkamaan kuin savimaan arvoja. Lämpöporakaivon tekemisen mahdollisuudet tulee selvittää.

Kallioperäkartan perusteella kohteessa on kvartsi- ja granodioriittista gneissia, mutta maanpinnan ja kallion välinen etäisyys ei ole tiedossa. Maalämpöpumppu soveltuu lämmittämisen lisäksi tilojen viilentämiseen kesällä kierrättämällä keruupiirin viileää vettä kiertovesipumpulla. Helteisellä paikalla sijaitsevalle kohteelle tämä on hyvä mahdollisuus.

Uuden lämmitysjärjestelmän osaksi on mahdollista liittää aurinkolämpöjärjestelmä tuottamaan lämmintä käyttövedtä erityisesti kesäaikaan. Aurinkolämmön hyödyntäminen kohteessa vaatii kuitenkin tontin valo-olosuhteiden muuttamista, eikä siihen toimenpiteeseen olla talon omistajien perusteella ryhtymässä lähiaikoina. Aurinkolämpöjärjestelmän lisääminen päälämmitysjärjestelmän tukilämmitysjärjestelmäksi onnistuu kuitenkin hyvin myös myöhemmin.

Talon asukkaiden lukumäärä pienentyy muutamassa vuodessa puoleen, kun perheen aikuiset lapset muuttavat opintojen ja työn vuoksi pois kotoa. Tämä vähentää lämpimän käyttöveden kulutuksen asukkaiden henkilökohtaisten kulutustottumusten vuoksi hieman alle puoleen nykyisestä. Tämän seurauksena käyttöveden lämmittämiseen kuluu selvästi vähemmän energiaa. Ullakkokerroksen tilat jäävät lasten poismuuton myötä käyttämättömiksi, ja ne voidaan jättää peruslämmölle. Se vähentää suorasta sähkölämmityksestä aiheutuvia kustannuksia. Omistajat aikovat lämmityskustannusten pienentämiseksi parantaa yläpohjan eristystä.

7.1.2 Sähkön hinnan vaikutus kannattavuuteen

Alkuinvestoinnit ovat sekä maalämmöllä että pelletillä melko suuret, mikä on luonnollistakin. Koska maalämmön investointikustannukset on laskettu yhden esimerkkilaitteiston ja sen hintatietojen pohjalta, ne eivät ole täysin luotettavia. Kustannusarvioihin vaikuttavat ratkaisevasti paikanpäällä suoritettavat arviointikäynnit sekä urakkatarjouksien pyytäminen useammalta yritykseltä. Maalämmön takaisinmaksuajat osoittautuivat hieman odotettua pitemmiksi. Muuten saadut tulokset olivat sellaisia, kuin odotettiin.

Pellettijärjestelmän takaisinmaksuaika vaikuttaa laskelmissa luonnottoman pitkältä. Tähän vaikuttaa ratkaisevasti se, että sähkön hinnan nousun vaikutusta

pellettilämmityksellä saataviin säästöihin ei otettu huomioon. Todellisuudessa pellettijärjestelmällä saatavat säästöt lisääntyvät, kun sähkön hinta nousee. Tarkasteluvälillä, jolla laskelmat on suoritettu, sähkön hinta nousee jatkuvasti. Tällöin säästöt lisääntyvät vuosi vuodelta ja takaisinmaksuaika lyhenee. Toisaalta myöskään sähkön hinnan nousun vaikutusta pelletin hinnan kehitykseen ei otettu huomioon. Koska pelletin tuotannossa tarvitaan sähköenergiaa, nousee pelletinkin hinta sähkön hinnan noustessa. Se puolestaan vähentää saatavia säästöjä.

Herkkyysanalyysi osoitti, että sähkön hinnan noustessa luonnollisesti myös uusiutuvia energiamuotoja käyttävien lämmitysjärjestelmien, tässä tapauksessa pelletin ja maalämmön, kannattavuus paranee takaisinmaksuajan lyhentyessä. Mitä kalliimpaa sähkö on, sitä nopeammin maalämpö ja pelletti maksavat itsensä takaisin. Sama pätee säästöihin. Mitä kalliimpaa sähkö on, sitä enemmän pelletin tai maalämmön käyttäjä säästää lämmityskuluissaan. Sähkön hinnan noustessa luonnollisesti lämmönhintaa nousee myös, olipa se tuotettu millä järjestelmällä hyvänsä. Lämmöntuotanto pelletillä tai maalämmöllä on sähkön hinnan kasvaessa suhteessa halvempaa kuin alhaisilla sähkön hinnoilla.

Herkkyysanalyysissä tutkittiin sähkön hinnan muutosten vaikutusta investoinnin kannattavuuteen. Sähkön hinnan arvoina käytettiin erillispientalon nykyisen sähkösopimuksen hintaa, Suomen keskimääräistä sähkön hintaa sekä Saksan keskimääräistä sähkön hintaa. Keskieurooppalainen sähkön hinta valittiin vertailuvoksi sillä, jos tulevaisuudessa siirrytään Euroopan laajuiseen sähköpörssiin, luo se nousupaineita sähkön hinnan tasolle Suomessa. Tämä kannattaa ottaa huomioon lämmitysjärjestelmäremonttia suunniteltaessa, sillä sähkön hintataso Suomessa on Euroopan edullisimpien joukossa. Lämmitysjärjestelmä hankitaan useiksi kymmeniksi vuosiksi eteenpäin, joten sähkön hinnassa voi tapahtua tuona aikana merkittäviä muutoksia.

7.1.3 Päästötarkastelu

Pellettilämmitysjärjestelmällä ei lasketa olevan välittömiä päästökertoimia. Laitteisto tarvitsee kuitenkin sähköä, jonka välittömiä päästökertoimia laskussa tarkasteltiin. Laskuissa ei huomioitu pelletin energiaketjun aikaisia päästöjä, sillä

päästöjen laskemiseksi energiaketjun kaikki vaiheet tulisi tuntea hyvin. Pelletti-järjestelmän käyttämän sähkön hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä laskettaessa sähkön päästökertoimena käytettiin välitehoalueen kerrointa, sillä välitehoalueen kertoimen mukaisia päästöjä tuottavalla yhteistuotannolla tuotetaan merkittävä osa sähköstä. Pellettijärjestelmän sähkön kulutuksen kohdalla tulee huomata, että se käyttää sähköä vuodenajasta riippumatta saman verran. Se ei aiheuta lämpöpumppujen tapaan sähkönkulutukseen teräviä tehontarvepiikkejä kovimpien pakkasten aikaan.

Maalämpöjärjestelmän päästökertoimet osoittautuivat pienemmiksi täystehomitoituksessa. Osateholle mitoitettu maalämpöjärjestelmä aiheuttaa teräviä huipputehontarvepiikkejä. Osateholle mitoitettut maalämpöjärjestelmät toimivat parhaiten ulkolämpötilan pysyessä yli -6 °C asteessa. Tuolloin lämpöpumppu tuottaa suurimman osan lämmitykseen tarvittavasta energiasta. Kun lämpötila laskee kyseisen lämpötilan alapuolelle, lisääntyy lisävastuksilla tai muulla tukilämmitysjärjestelmällä tuotettavan energian osuus. Jos lisälämmitys hoidetaan sähkövastuksella, lisää maalämpöjärjestelmien käyttö sähkönkulutusta merkittävästi erityisesti kovien pakkasten aikaan. Erillispientalon maalämpöjärjestelmän päästökertoimien laskennassa on käytetty välitehoalueen hiilidioksidiekvivalenttikerrointa. Lämpöpumput alentavat siis sähkön tarvetta, mutta tekevät tehontarvepiikeistä entistä terävämmät. Jos tehontarvepiikki ajoittuvat kaikissa Pohjoismaissa samaan ajanjaksoon, tulee tehontarpeen kysyntään vastata varavoimalla, jonka käyttöaste jää pieneksi.

Varavoima on tyypillisesti hiililauhdevoimaa. Tuolloin sähkön päästökertoimena käytetään huipputehoalueen kerrointa 800 - 900 kg CO₂-ekv. Sähkön tuotannon huipputehoalueen kerroin on puolet suurempi, joten erillispientalon maalämpöjärjestelmän laskelmissa käytetty sähkön välitehon alueen hiilidioksidiekvivalenttipäästökertoimen arvo voi olla liian pieni, sillä suurin sähköntarve järjestelmällä suurimpien kulutuspiikkien aikaan, jolloin myös sähkön hiililauhdetuotanto on käynnissä.

Täysteholle mitoitettu maalämpöjärjestelmä tuottaa päästökerroinlaskelman perusteella vähemmän hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä, sillä lisälämmöntarve syntyy

vasta kun ulkolämpötila laskee pumpun mitoituslämpötilan alle. Lämpimän käyttöveden valmistaminen ei lisää lisävastusten sähkönkulutusta, sillä se hoidetaan tulistusmenetelmällä. Tärkein toimenpide päästöjen lämmitysenergian tuottamien päästöjen vähentämiseksi on energian kulutuksen vähentäminen lämmön hukkaa pienentämällä. Myös tulisijojen käyttö pakkaskausilla vähentää sekasähköä käyttävien kohteiden lämmityksen aiheuttamia päästökertoimia.

Päästökerrointarkastelussa olisi ollut mielenkiintoista tarkastella eri lämmitysjärjestelmien kokonaispäästökertoimia. Ainoastaan välittömien päästökertoimien tarkastelu ei anna todellista kuvaa siitä, millaiset ilmastovaikutukset energiamuodoilla todellisuudessa on. Työssä esitetyt päästölaskelmat ovat vain esimerkki välittömien päästöjen vertailusta. Työn toimintaympäristössä esitelty energiamuotojen energiaketjun käsittely on päästöjen vertailemisen kannalta todellisuudessa merkittävämmässä osassa. Tiedon hankkiminen energiamuotojen energiaketjun kokonaispäästökertoimista osoittautui kuitenkin erittäin haastavaksi, eikä tarvittavia tietoja kokonaispäästöjen vertailemiseksi saatu. Tämä on ihan ymmärrettävää, sillä saman energiamuodon energiaketjut voivat vaihdella suuresti esimerkiksi kuljetusmatkojen osalta. Tämän takia yleispätevien kertoimien laskeminen tietyille energiamuodoille on haastavaa.

7.1.4 Ilmastopolitiikan ohjausvaikutus

Nykytietämyksen perusteella ihmisen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä tulisi vähentää merkittävästi, sillä ilmaston muutoksen seuraukset vaikuttavat luontoon ja ihmisiin negatiivisesti kaikkialla maapallolla. Ilmastopolitiikka ohjaa merkittävästi päästökaupan piiriin kuuluvaa energiantuotantoa sekä vaikuttaa myös päästökaupan ulkopuoliseen sektoriin, kuten pientalojen lämmitysjärjestelmävalintoihin. Kansainvälisen ilmastopolitiikan pitkän tähtäimen tavoitteena on kasvihuonekaasujen lisääntymisen pysäyttäminen vuoteen 2020 mennessä ja päästöjä tulisi olla enää 50 % vuoden 1990 tasosta vuonna 2050.

Euroopan unioni tavoittelee päästöjen vähennystä, puhtaan energian käytön edistämistä, energiatehokkuuden lisäämistä sekä vähähiiliseen talouteen siirtymistä mahdollisimman kustannustehokkaasti. Tavoitteiden saavuttamiseksi tar-

vittaviin toimiin tullaan kannustamaan taloudellisen ohjauksen avulla. Erillispientalon kohdalla tämä tarkoittaa, että päästöjä aiheuttavat lämmitysmuodot tulevat tulevaisuudessa yhä kalliimmiksi. Energiatehokkuuden tavoitteet tulevat ohjaamaan rakentamista ja korjausrakentamista yhä vähemmän energiaa käyttäviin rakennuksiin.

Vuonna 2020 EU:n päästökaupan piiriin kuuluvien laitosten päästöjen tulee olla 21 % pienemmät kuin vuonna 2005. Vuonna 2013 alkaneella päästökaupakaudella päästöoikeuksien ilmaista jakoa on rajoitettu. Tämä tulee todennäköisesti nostamaan kuluttajasähkön hintaa, jos energiantuotannossa ei siirrytä tarpeeksi nopeasti päästöttömän energian tuotantoon. Pohjoismaisessa sähköpörssissä myytävän sähkön hinta määräytyy kalleimman hyväksytyin tarjoushinnan perusteella. Kallein hinta muodostuu yleensä hiililauhdesähkölle, minkä seurauksena myös päästöttömällä energiantuotantomuodoilla tuotetun sähkön hinta nousee. Päästöttömällä energiamuodoilla tuotetusta sähköstä maksetaan siis hintaa, jossa on mukana päästöoikeuden vaikutus, vaikka päästötöntä energiaa tuottavan laitoksen ei ole päästöoikeuksia tarvinnut ostaa.

Eurooppa 2020 -strategian tavoitteissa yhtenä pääteemana on ilmastonmuutoksen torjunta. Tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 %, lisätä energiatehokkuutta 20 % ja varmistaa, että 20 % EU:n energiasta on peräisin uusiutuvista lähteistä. Päästövähennystavoitteet sekä päästökaupan piiriin kuuluvien laitosten osalta sekä päästökaupan ulkopuolisilta sektoreilta vaikuttavat erillispientalojen lämmitysjärjestelmien kannattavuuteen. Suomalaisella sähkön tuotantoprofiililla tuotettu sähkö tulee päästöoikeuksien leikkaamisen johdosta todennäköisesti kallistumaan. Sähköä käyttävien lämmitysjärjestelmien kohdalla kannattaa tarkastella sähkön hinnan ennusteita järjestelmän kannattavuuden varmistamiseksi. Uusiutuvien energiamuotojen käyttöön tullaan todennäköisesti kannustamaan. Sähkön hinnan kehityksen vaikutusta biopolttoaineiden hintaan on mielenkiintoista seurata. Korkeasti jalostetut polttoaineet saattavat kallistua, jolloin kuluttajat haluavat valita vähemmän energiapanoksia vaativan energiamuodon osaksi lämmitysjärjestelmää. Rakentamisessa tullaan todennäköisesti ohjaamaan voimakkaasti kohti yhä energiatehokkaampia ratkaisuja.

Kansallinen ilmastopolitiikka myötäilee EU:n linjaa. Valtioneuvosto antoi vuonna 2013 selonteon eduskunnalle Pitkän aikavälin energia- ja ilmastostrategiasta. Strategiassa asetettuihin tavoitteisiin pyritään pääsemään kustannustehokkaasti, energiaomavaraisuutta lisäämällä sekä varmistamalla riittävä kohtuuhintaisen sähkön saanti. Kohtuuhintainen sähkö sekä riippumattomuus sähkön tuonnista pyritään turvaamaan rakentamalla uutta ydinvoimatuotantoa. Myös uusiutuvat energiamuodot halutaan ottaa osaksi energiajärjestelmiä. Osana EU:n vuodelle 2050 asetettuja päästövähennystavoitteita, Suomi on laatinut Puhtaan energian ohjelman, jolla pyritään nostamaan kotimaisten biopolttoaineiden käyttöastetta, kiinteistökohtaista energian pientuotantoa sekä lämpöpumppujen ja aurinkolämmön käyttöä sekä parantamaan energiatehokkuutta.

Puhtaan energian ohjelman tavoitteiden kanssa samoihin päämääriin pyrkii myös Itä-Suomen bioenergiaohjelma 2020. Alueen tavoitteena on bioenergian osalta omavaraisuus, energian säästö sekä energiatehokkuus. Ohjelman onnistumisen kannalta tärkeässä osassa ovat kotitaloudet. Ohjelman tavoitteiden mukaisiin päämääriin pääsemiseksi kunnan rakennusviranomaisilla on tärkeä rooli ohjaamassa kotitalouksia kohti uusiutuvien energiamuotojen käyttöä. Ohjelman tavoitteena on itäsuomalaisten pienkiinteistöjen polttopuun käytön lisääminen. Myös alueen pelletintuotantoa ja käyttöä on tarkoitus lisätä. Pelletin käytön uskotaan kasvavan voimakkaasti kotitalouksissa. Ohjelman perusteella alueella panostetaan puuperäisten polttoaineiden sekä lämpöpumppujen käyttöön pienkiinteistöjen lämmityksessä. Ohjelman tavoitteiden mukaan alueella tulisi olemaan paikallista pelletintuotantoa, jolloin erillispientaloon mahdollisesti tuleva pellettilämmitysjärjestelmä saisi polttoainetta lähialueelta.

7.2 Sähkön hinnan kehityksen arviointi

Sähkön hinta määräytyy Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla kysynnän ja tarjonnan mukaan. Hintaan vaikuttavat päästökaupan päästöoikeuden hinta, Pohjoismaiden vesitilanne Keski-Euroopan markkinat sekä polttoaineiden hinnat. Tulevaisuuden sähköntuotannossa kivihiilen osuus tulee vähentymään, jotta ilmastopolitiikan tavoitteet on mahdollista saavuttaa. Uusiutuvat energiamuodot tulevat lisääntymään ja ydinvoimalla tasataan uusiutuvien energiamuotojen aiheuttamaa tuotannon kausittaisuutta. Uusiutuvien polttoaineiden tuotannon kausittaisuus

asettaa haasteita sähkön kuluttajalle, sillä sähkön hinnan tunnittainen vaihtelu tulee todennäköisesti lisääntymään, vaikka sitä pyritään tasaamaan ydinvoimaloiden tasaisella tuotannolla, hyvillä siirtoyhteyksillä sekä sähköä varastoimalla.

Hinnan vaihtelun seurauksena kuluttajien tulisi pystyä ajoittamaan sähkön käyttö kulutuksen piikkien kanssa eri aikaan, kustannusten vähentämiseksi. Tämä tulee todennäköisesti olemaan haastavaa erityisesti vanhempiin rakennuksiin asennettavien osateholle mitoitettavien maalämpöpumppujen sekä ilma-vesilämpöpumppujen kohdalla, sillä ne vähentävät kyllä sähköenergian kokonaistarvetta, mutta ulkolämpötilan laskiessa terävöittävät tehontarvepiikkejä. Tuolloin sähkö on kuluttajalle kalleinta. Vähän energiaa käyttävissä uudisrakennuksissa vaikutukset eivät todennäköisesti tule olemaan niin suuria.

Suomen sähkön hinnan kehityksen ennustaminen base-skenaarion perusteella pohjautuu tuulivoiman maltilliseen lisäämiseen, uuden ydinvoimakapasiteetin käyttöön ottamiseen 2020-luvun puolessa välissä, sekä vanhan ydinvoimakapasiteetin käytöstä poistumiseen 2020-luvun lopulla. Skenaarion mukainen hinnan nousu pysyisi maltillisena. Skenaarion mukaan 2010-luvulla hinta olisi 45 e/MWh ja 2030-luvun lopulla 53 e/MWh, kun vuodesta 2000 lähtien hinta on vaihdellut välillä 30 - 55 e/MWh. Jos edullisen ja tasaisen energian saannin kannalta merkittävistä, mahdollisesti 2020-luvun puolivälissä käyttöön otettavista, ydinvoimaloista toinen jää rakentamatta, voi sähkön hinta nousta 60 euroon/MWh. Saksassa ennustettu sähkön hinta on Suomen ennustettua merkittävästi korkeampi. Ennusteen mukaan 2010-luvulla hinta pysyy arvossa 50 e/MWh, mutta nousee 2030-luvun lopulla jopa arvoon 77 e/MWh. Hintaa nostaa ennusteen mukaan maan päätös luopua ydinvoimasta sekä vanhenevien hiililaudevoimaloiden alasaajo.

Ennusteen mukaan Suomen sähkön hinnan suhteellisen maltillinen kehitys on riippuvaista uusien ydinvoimaloiden valmistumisesta ajallaan. Koska ydinvoimaloiden tuottamalle sähkölle laskettu välitön hiilidioksidiekvivalenttikerroin on 0, ei päästöoikeuden hinnan kallistuminen nosta sähkön hintaa niin merkittävästi, kuin

hiililauhdesähkön tapauksessa. Toisaalta mahdollinen siirtyminen koko Euroopan unionin kattavaan sähköpörssiin nostaa sähkön hinnan korottamisen paineita Suomessa, sillä kotitaloussähkö on täällä Euroopan edullisimpien joukossa.

7.3 Toteutuksen ja menetelmien arviointi

Opinnäytetyö oli haastattelemalla sekä kohdekiinteistöön tutustumalla tehtävä kenttätutkimus. Opinnäytetyön kohteena ollut erillispientalo on toisen opiskelijan, Minna Koivu-Asikaisen, lapsuudenkoti, joten hänelle talon nykyinen lämmitysjärjestelmä oli tuttu. Toinen opiskelija kävi tutustumassa kohteeseen Koivu-Asikaisen sekä talon toisen omistajan Matti Koivun opastuksella. Vierailu kohteessa oli erittäin havainnollinen.

Kenttätutkimuksessa kohteeseen tutustuttiin luonnollisissa olosuhteissa keräämällä havaintoaineistoa tarkkailemalla ja haastattelemalla. Kerätty havaintoaineisto ja haastattelemalla saadut vastaukset tallennettiin kenttämuistiinpanoihin. Kenttätutkimuksessa kohde, johon lämmitysjärjestelmää suunniteltiin, tuli tutuksi myös toiselle opiskelijalle. Oli erittäin havainnollista käydä kohteessa katsomassa, millaista maankäyttöä erillispientalon ympärillä on, miten suuri tontti on ja millaiset mahdollisuudet tontille on sijoittaa mahdollisia uusia rakenteita. Ensimmäisen tärkeää oli myös haastatella talon toista omistajaa, jolla oli selkeä näkemys siitä, mitä uudelta lämmitysjärjestelmältä halutaan. Kenttätutkimuksena tehty vierailu kohteeseen oli erittäin onnistunut ja selkeytti työn tekemistä huomattavasti.

Erillispientalon omistajien haastattelun lisäksi työn aikana käytiin puhelinkeskusteluja Kontiolahden kunnan ympäristönsuojelusihterin, Kontiolahden kunnan tarkastusinsinöörin sekä Fortum Oyj:n kaukolämpöasiantuntijan kanssa. Ympäristönsuojelusihteriltä saatiin merkittävästi tietoa maalämpöjärjestelmän sijoittamisen mahdollisuuksista pohjavesialueelle sekä pientuulivoiman soveltuvuudesta kohteeseen. Fortum Oyj:n edustajan haastattelun kautta selvitettiin kaukolämpöverkkoon liittymisen mahdollisuuksia. Haastattelujen seurauksena lämmitysjärjestelmävaihtoehtojen rajaaminen helpottui huomattavasti ja työ edistyi sujuvasti.

Opinnäytetyössä on käytetty runsaasti lähteitä. Lähteiden valinnassa tavoitteena oli monipuolisuus, luotettavuus ja ajantasaisuus. Lähteiden monipuolisuus toteutui työssä kiitettävästi. Lähteinä on kirjoja, tutkimusraportteja sekä yleisesti tunnettujen organisaatioiden ohjeita ja julkaisuja. Lähteiden etsinnässä hyödynnettiin Karelia-ammattikorkeakoulun Nelli-portaalia, jonka kautta löytyi monia työn kannalta merkittäviä julkaisuja. Myös Euroopan unionin www-sivuilta löytyi ajantasaisia aiheeseen liittyviä teoksia. Lähteinä käytettiin ensisijaisesti primäärlähteitä. Mahdollisimman uuden tiedon saaminen pyrittiin varmistamaan hakemalla tietoa useasta eri lähteestä. Muutamia työn aihepiirejä, kuten hiilidioksidiekvivalenttipäästötarkastelu, olivat erittäin haastavia tiedonhankinnan kannalta.

Suurin osa opinnäytetyöstä tehtiin etsimällä tietoa sekä internet-julkaisuista että kirjallisuudesta. Kenttätutkimuksen osuus työssä oli vähäinen. Tähän vaikutti merkittävästi Minna Koivu-Asikaisen tietämys kohteena olleesta erillispientalosta, jossa hän on ennen asunut. Haastattelut ja puhelinkeskustelut työn kannalta merkittävien asiantuntijoiden kanssa muodostivat pienen, mutta tärkeän osan työtä. Haastatteluissa saadut tiedot mahdollistivat järjestelmävaihtoehtojen rajaamisen yhdistämällä haastattelujen annin työn tietoperustaan sekä toimintaympäristöön.

Sähkön hinnan vaikutusten arvioinnilla lämmitysjärjestelmävaihtoehtojen investointi- ja käyttökustannuksiin haluttiin tuoda kustannustarkasteluun pitkän tähtäimen kustannustehokkuutta. Lämmitysjärjestelmä valitaan useiksi kymmeniksi vuosiksi eteenpäin, joten investointikustannuksiltaan edullisin ratkaisu voi olla käyttökustannuksiltaan kallein ja päinvastoin. Monet lämmitysjärjestelmävaihtoehdot käyttävät sähköä eniten juuri suurimman kysynnän aikaan, jolloin nykyisen kaltaisella sähkön hinnan muodostumisella myös hinta on suurimmillaan. Sähkön hinnan muutosten ennustaminen toi lisäarvoa ja uutta näkökulmaa lämmitysjärjestelmän rajaamiseen.

Lämmitysjärjestelmävaihtoehtojen päästökertoimien laskennalla haluttiin nostaa esille erityisesti sähkön tuotannon päästöjen haasteellinen määrittäminen. Päästökertoimien kohdalla haluttiin selvittää sähköä käyttävien järjestelmien ilmasto-vaikutusta sekä pohtia tulevaisuuden rakennusten sekä lämmitysjärjestelmävaih-

toehtojen asettamia haasteita muuttuvaan sähköntuotantorakenteeseen. Päästökertoimet laskettiin työssä erillispientaloon soveltuviksi rajatuille vaihtoehdoille maalämpö- ja pellettijärjestelmälle. Laskujen tekeminen kokonaispäästökertoimien avulla olisi ollut päästöjen todellisen määrän selvittämisen kannalta merkittävää. Tarvittavien tietojen hankkiminen laskennan tekemiseksi osoittautui kuitenkin työn aikataulun rajoissa liian haastavaksi tehtäväksi, sillä energiamuotojen energiaketjut olisi tullut tuntea tarkasti luotettavien tulosten saamiseksi.

Päästökerrointen laskennan tulokset ovat laskennassa käytettyjen oletusten takia vain suuntaa-antavia. Päästökertoimien käsittelyllä haluttiin nostaa esille sähköntuotantorakenteen aiheuttamat suuret energialähteestä riippuvat päästökerrointen vaihtelut. Lisäksi haluttiin nostaa esille energiamuodon hyödyntämisen elinkaaren aikaiset päästöt energiaketju-ajattelun kautta. Päästökertoimien käsittely ja energiaketju-ajattelun esille nostaminen vastasivat opiskelijoiden tavoitteeseen kehittää omaa ammattiosaamistaan.

7.4 Työn yleistettävyys

Selvitys tehtiin vastaamaan yhden erillispientalon tarpeita. Työtä voidaan hyödyntää mahdollisuuksien mukaan vastaavan tyyppisten kohteiden lämmitysjärjestelmäremonttia mietittäessä. Uusiutuvia energiamuotoja käyttävien lämmitysjärjestelmien esittelyssä panostettiin havainnolliseen järjestelmän toiminnan kuvaamiseen sekä siihen, että järjestelmien kohdalla tulisi selkeästi esille, millaisiin kohteisiin ne soveltuvat. Tältä osin työtä voidaan hyödyntää hyvin erilaisissa kohteissa.

Työn helpoiten yleistettävää antia on kuitenkin sähkön hinnan kehityksen huomiointaminen sekä erityisesti sähkön tuotannon päästökertoimien tarkastelu. Opinnäytetyössä sähkön hinnan määräytymisen avaamisella sekä tulevaisuuden sähkömarkkinoiden ja niiden mukaisten sähkön hintojen ennusteita erittelemällä pyrittiin työhön liittämään pitkän tähtäimen kustannustehokkuusajattelua. Lämmitysjärjestelmä valitaan kohteeseen useaksi kymmeneksi vuodeksi eteenpäin, joten suunnittelussa kannattaa pohtia, mitkä kustannukset saattavat muuttua ajan kuluessa. Monesti lämmitysjärjestelmän valintaa ohjaa merkittävästi kertainvestoinnin suuruus, eikä pitkän aikavälin kokonaistaloudellisuutta mietitä.

Koko Euroopan kattavaan sähköpörssiin siirtyminen luo tapahtuessaan paineita sähkön hinnan nousulle Suomessa. Hinnan noustessa sähkөөn perustuvien lämmitysjärjestelmien kannattavuus erityisesti paljon energiaa kuluttavissa kohteissa tulee laskemaan. Uudessa rakennuskannassa vaikutus ei todennäköisesti ole niin merkittävä, sillä lämmitysenergiankulutus on pientä. Sähkön hinnan noustessa sähköenergiaintensiivisten talojen kohdalla taloudellisimmaksi toimeksi tulee todennäköisesti lämmönhukan minimointi. Sähkön hinnan noustessa myös lämmitysjärjestelmien polttoaineen hinta tulee todennäköisesti nousemaan. Hinnan nousu todennäköisesti suosii vähän tuotannon energiapanoksia vaativia polttoaineita, kuten polttopuuta.

Päästökerrointen vertailulla pyrittiin energiaketju-ajatuksen avulla pohtimaan uusiutuvien sekä uusiutumattomien energiamuotojen päästöjä elinkaaren ajalta. Päästökertoimia käsitellessä tuli esille, että nykyisen kaltaisella sähköntuotantoprofiililla sähkөөn turvautuva lämmittäminen ei ole Suomen oloissa päästöjen kannalta hyvä asia. Toinen esille tullut asia oli, että erityisesti osateholle mitoitettujen lämpöpumppujen käyttäminen vähentää tarvittavaa lämmityssähkön määrää vuositasolla, mutta talven kylmimpien kuukausien aikana aiheuttaa yhä terävämmät kulutuspiikit.

Nykyisen kaltaisella tuotantoprofiililla se tarkoittaisi, että kulutuspiikkeihin vastataan vähälle käytölle jäävillä hiililauhdevoimaloilla, joita tulee kuitenkin olla, jotta hetkittäinen huipputehontarve voidaan kattaa. Huipputehontarvepiikkien terävöityminen kannattaa ottaa huomioon, kun taloja ohjataan käyttämään lämpöpumppuja. Ympäristövaikutusten kannalta tulee pohtia, onko järkevää vähentää energiakulutusta, mutta samalla lisätä riippuvuutta hiililauhdevoimasta. On mielenkiintoista nähdä, miten huipputehontarvepiikit katetaan tulevaisuudessa, kun hiililauhdevoimasta tulee siirtyä vähemmän päästöjä aiheuttaviin tuotantomuotoihin.

Suomen sähköntuotantorakenne tulee muuttumaan vähähiilisempään suuntaan, jotta kansainväliset, Euroopan unionin asettamat sekä kansalliset päästöjenvähennystarpeet saavutetaan. Vähähiilisempään energiantuotantoon siirtyminen

tulee tulevaisuudessa todennäköisesti pienentämään sähkön lämmityskäytön päästökertoimia. Ydinvoimalla tullaan tuottamaan säätövoimaa tasaamaan uusiutuvilla energiamuodoilla tuotettavan sähkön vaihteluita. Tulevaisuudessa haasteita voi aiheuttaa tuuli- ja aurinkosähkön sääoloista riippuvan tuotannon yhdistäminen lämpöpumppeihin perustuviin lämmitysjärjestelmiin, jolloin kovilla pakasilla huipputehontarpeen piikit kasvavat yhä korkeammiksi. Matalaenergiatalojen lisääntyminen ja pelkästään sähkөөn perustuvien lämmitysjärjestelmien vähentyminen tulevat todennäköisesti vähentämään sähkön kokonaistarvetta, mutta lisäävät hetkittäisiin kysyntäpiikkeihin varautumisen tarvetta. Ilmaston lämpeneminen voi omalta osaltaan vähentää lämmityksen tarvetta, mutta mahdollisten sään ääri-ilmiöiden lisääntyminen ja voimistuminen voivat heikentää sähkön huoltovarmuutta.

Lämmitysenergian tuotannon päästökertoimet tulevat todennäköisesti tulevaisuudessa pienenevään Euroopan unionin sekä kansallisten velvoitteiden mukaisesti. Toisaalta sähkön tuotannon päästökertoimien laskennassa ei huomioida elinkaaren aikaisia päästöjä, jolloin esimerkiksi ydinvoiman katsotaan olevan päästötöntä, vaikka sen energiaketjun päävaiheissa käytetään fossiilista energiaa. Uudiskohteiden energiankulutus on pientä verrattuna vanhempiin kohteisiin, joten valitun lämmitysjärjestelmän käyttämän energialähteen hinnalla ei ole niin suurta merkitystä kuin paljon lämmitysenergiaa kuluttavissa kohteissa. Lämmitysjärjestelmäremonttia suunnitteleville valitun energialähteen hinnan kehitys tulevaisuudessa on merkittävä valintaa ohjaava tekijä. Lämmityssähkön ja kiinteiden polttoaineiden kallistuminen saavat vanhempien talojen omistajat miettimään energiansäästötoimia. Tulevaisuudessa mahdollisesti kallistuva lämmitysenergian hinta ohjaa parantamaan rakennusten lämmöneristystä.

7.5 Työn eettisyyden ja luotettavuuden arviointi

Opinnäytetyöraportin kirjoittamisessa noudatettiin tieteellisen kirjoittamisen vaatimuksia. Teksti on perustelevaa ja eri vaihtoehtoja esille tuovaa. Opinnäytetyön tekijöiden oma tuotos ja lainattu teksti on erotettu selvästi toisistaan Karelia-ammattikorkeakoulun kirjoitusohjeen 2013 mukaisin lähdeviitemerkinnöin ja lähdeluetteloin. Opinnäytetyössä käytetyt tutkimusmenetelmät sekä aineistot ovat edustavia ja ne, sekä niiden raja-alue esitellään lukijalle perustellusti. Raportointi

suoritettiin objektiivisesti. Opinnäytetyöraportti kirjoitettiin johdonmukaiseksi hyvällä yleiskielellä. Sujuva yleiskieli tekee tekstistä yksitulkintaista, täsmällistä ja selkeää. Teksti jäseneltiin ja otsikoitiin sopivalla tavalla ja käsitteet määriteltiin. Virke- ja lauserakenteissa pyrittiin virheettömyyteen ja lukijan huomioimiseen. (ks. Kielijelppi 2014.)

Opinnäytetyössä käytettiin ensisijaisesti monipuolisia primäärilähteitä, kuten asiantuntija-artikkeleja sekä tutkimusraportteja. Tietolähteiden valinnassa käytettiin harkintaa. Lähteiden alkuperäinen tarkoitus tunnistettiin ja puolueeton tieto erotettiin kaupallisiin tarkoituksiin tähtäävistä lähteistä. Lähteiden tietoja vertailtiin ja tieto hankittiin tuoreimmasta mahdollisesta lähteestä. Lähteistä saatuun tietoon suhtauduttiin kriittisesti. Opinnäytetyötä tehtäessä ei turvauduttu ainoastaan internetin hakukoneella löytyviin tiedonlähteisiin, vaan lisäksi käytettiin kirjastojen tietokokoelmia. Internet-dokumenteista suosittiin arkistoja, toimitettuja julkaisuja sekä dokumentteja joita alkuperäinen kirjoittaja ei pääse enää muokkaamaan. (ks. Kauppinen, Nummi & Savola 2010, 146–151.)

Opinnäytetyö tehtiin hyvän tieteellisen käytännön mukaan. Työssä noudatettiin rehellisyyttä, huolellisuutta ja tarkkuutta tutkimuksissa, tulosten kirjaamisessa, esittämisessä sekä arvioinnissa. Käytettävät tiedonhankinta- ja arviointimenetelmät ovat tieteellisen tutkimuksen kriteerien mukaisia, eettisesti kestäviä ja noudattavat avoimuutta tuloksia julkaistaessa. Opinnäytetyön tekijöillä oli vastuu olla tuomatta julki selvityksen aikana ilmenneitä luottamuksellisia tietoja toimeksiantajasta. Työssä lähdekirjallisuutena käytettävät teokset otettiin huomioon asianmukaisesti ja kunnioittavasti. (ks. Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2002, 386–387.) Työssä esitettäviin kuviin ja kuvioihin pyydettiin käyttöoikeudet niiden tekijänoikeuksien haltijoilta (liite 2).

Opinnäytetyö suunniteltiin, toteutettiin ja raportoitiin yksityiskohtaisesti ja tieteelliselle tiedolle kuuluvien vaatimusten mukaan. Parityönä tehtävässä työssä kummankin osapuolen asema, oikeudet, tehtävät, vastuut ja velvollisuudet määriteltiin, mutta parin välinen työnjako ei opinnäytetyössä toiminut parhaalla mahdollisella tavalla. Opinnäytetyön rahoituslähteet ja työn kannalta muut merkittävät si-

donnaisuudet raportoitiin tuloksia julkaistaessa. (ks. Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2002, 386–387.) Työn tekijät tunsivat vastuun oman ammattitaidon ylläpitämisestä ja kasvattamisesta, jotta työn välittämä tieto olisi niin luotettavaa kuin mahdollista (ks. Pietarinen 2002, 60).

Työn luotettavuuden kannalta haastavia osia olivat lämmitysjärjestelmän mitoittaminen ja mitoittamisen perusteella tehtävien kustannustietojen selvittäminen. Myös päästökerrointen laskemat sisältävät useita epävarmuustekijöitä. Erillispientalon lämmitysenergian kulutuksen laskeminen oli kohteessa haastavaa, sillä lämmitystä oli hoidettu sekä halkokattilalla että vesivaraajassa olevilla sähkövastuksilla. Polttopuun ja sähkön käytölle ei osattu hahmottaa selkeää jakoa, jonka perusteella lämmitysenergiankulutus olisi voitu laskea kuluvan polttopuumäärän tai sähkölaskujen perusteella. Tämän takia työssä päädyttiin ratkaisuun, jossa lämmitysenergiankulutukset on otettu esimerkkikohteesta, joka ei vastaa täysin työn kohteena olevaa erillispientaloa.

Mitoittamisen epävarmuudet vaikuttavat myös vaihtoehtoisten järjestelmien kustannustietojen luotettavuuteen. Tämän lisäksi kustannustietoja oli suhteellisen vähän saatavilla, ainakin juuri kohteeseen sopivien ratkaisujen kohdalla. Kustannustiedot ovat ainoastaan suuntaa-antavia, eivätkä välttämättä vastaa todellista tilannetta. Lisäksi on huomioitava, ettei kohteessa ole käynyt esimerkiksi maalämpöjärjestelmien asentajat katsomassa, onko kohde soveltuva maalämmön hyödyntämiseen kallioperän sijainnin takia. Tämä ja monet muut tekijät voivat muuttaa lämmitysjärjestelmän kustannuksia merkittävästi.

Työn luotettavuuden kannalta haastavaa oli myös pellettilämmitysjärjestelmän sekä maalämpöjärjestelmän laittaminen kustannusten kannalta samalle tasolle. Investointien vertailemisen kannalta lämmitysjärjestelmää harkitsevalle on tärkeää saada selville se kustannus, mitä nykyiselle lämmitysjärjestelmälle tulee tehdä, että uusi järjestelmä on käyttökunnossa. Tältä osin opinnäytetyössä ilmoitetut kustannukset ovat suuntaa antavia, sillä työssä ei selvitetty, tarvitseeko toinen kartoitetuista lämmitysjärjestelmävaihtoehdoista enemmän muutoksia nykyiseen lämmitysjärjestelmään kuin toinen.

Päästökerrointen laskennassa epäluotettavuutta aiheutti kohteessa käytettävän sähkön päästökertoimen valinta. Laskuissa käytettiin päästökertoimen keskimääräistä arvoa, mutta tämä ei välttämättä vastaa todellisuutta. Tarkempien laskutoimitusten tekemiseksi energiamuotojen energiaketjut tulisi olla tarkasti selvillä. Sähkön tuotannon päästökertoimien laskennassa epävarmuutta aiheutti se, ettei päästökertoimien määrittelyssä kerrottu selkeästi, ovatko ne välilliset ja välittömät kertoimet yhdistäviä kokonaispäästökertoimia.

7.6 Opinnäytetyön tekijöiden oppimisprosessi

7.6.1 Riikka Tanskanen

Opinnäytetyössä haastavinta oli Tanskasen mukaan työhön sopivan aiheen valinta ja rajaaminen. Parityöhön päättymisen taustalla oli toisen opiskelijan valmis aihe. Opinnäytetyön haastavin osuus oli itsenäisen tutkimustyön aikatauluttaminen siten, että työ valmistuisi ennalta päätetyssä rajallisessa ajassa. Työn aikataulu ei kuitenkaan aiheuttanut suuria haasteita, sillä itse asetetut aikarajat olivat tiedossa alusta saakka ja työ oli suunniteltu huolellisesti ajalliset rajoitteet huomioiden. Merkittävin tekijä, jotta työ valmistui täysin aikataulun mukaan, oli opiskelijan huolellinen suunnittelu sekä tehokas ja määrätietoinen tutkimus- sekä kirjoitustyö.

Karelia-ammattikorkeakoulussa on selkeät kuvaukset erilaisista opinnäytetyöprosesseista. Erityisen onnistuneet ovat opiskelijan mielestä kirjallisen raportin laatimisen ohjeet, jotka ovat erittäin ymmärrettävät ja kattavat. Kaikki itse opinnäytetyön tekemiseen liittyvä on ohjeistettu ja helposti ymmärrettävissä, mutta aihe tulee opiskelijan yleensä etsiä itse. Oli vaikeaa yrittää miettiä, millainen kokonaisuus vastaa 15 opintopisteen opinnäytetyön laajuutta. Työn laajuuden ymmärtämiseksi tuli laskea, kuinka monta täyttä työpäivää 15 opintopistettä vaatii. Tästä ei kuitenkaan auttanut hahmottamaan täysin, kuinka suuren työn kyseisessä ajassa voi tehdä.

Prosessi opetti, että opinnäytetyön aiheen miettiminen tai toimeksiantajan kanssa neuvottelemisen kannattaa aloittaa ajoissa, jotta työ valmistuu halutussa aikataulussa. Ainakin, jos opinnäytetyö on toimeksianto, kannattaa aihe olla tiedossa ainakin puoli vuotta ennen työn määriteltäessä valmistumisajankohtaa. Työn aiheen rajaaminen selkeäksi kokonaisuudeksi ennen itse tutkimus- ja kirjoitusprosessin alkua säästää paljon aikaa ja turhaa työtä. Aiheen miettiminen opetti, että asiasta kannattaa keskustella toisten opiskelijoiden kanssa. Aiheen valinta mietityttää monia. Opiskelijalle sopiva työn aihe löytyi parin kautta.

Opiskelijan oppimisen kannalta merkittävää oli myös opinnäytetyön tekeminen niin, että työn luotettavuus ja eettisyys olisivat mahdollisimman hyvää tasoa. Työn edetessä tuli toistuvasti miettiä, millaisia lähteitä käyttää ja millaista tietoa valituista lähteistä hyödyntää. Työn aikana eettisyyden ja luotettavuuden toteuttaminen parhaalla mahdollisella tavalla vaati pohdintaa. Opiskelijalle oli erittäin tärkeää, että opinnäytetyössä lähteiden tieto erotetaan opiskelijoiden näkemyksistä selkeästi ja annettujen ohjeiden mukaan. Opiskelija tunsikin vastuuta työn luotettavuuden varmistamisesta. Erityisesti laskutoimituksien kohdalla tuli monta kertaa miettiä, onko laskut oikein tai ettei numeerista tietoa referoidessa tulisi kirjaamisvirheitä. Vastuu tuntui huomattavasti suuremmalta kuin missään kirjallisessa työssä aikaisemmin.

Työn jokaisessa vaiheessa tärkein tuki olivat ne muutamat saman vuosikurssin opiskelijat, joiden kanssa opinnäytetyötä tehtiin yhtä aikaa. Vaikka kanssaopiskelijoiden työn aihe oli aivan erilainen, sai heiltä aina kysyä neuvoa ja mielipidettä työn eri vaiheissa. He auttoivat työn edistymisessä erittäin paljon. Tulevaisuudessa opinnäytetyöpajojen käyttö osana prosessia olisi opiskelijoiden kannalta merkittävä asia. Tuolloin jokaisen opiskelijan työ tulisi arvioiduksi useaan kertaan projektin aikana, eikä opinnäytetyöhön liittyviä asioita tarvitsisi miettiä yksin. Jos opinnäytetyön tekijän vuosikurssilaiset eivät tee työtä samaan aikaan, on työn tekeminen yksinäistä, vaikka ohjaajalta saa varmasti aina tarvittaessa tukea. Se ei kuitenkaan ole sama asia kuin muiden samassa tilanteessa olevien opiskelijoiden vertaistuki. Tämä oli opinnäytetyön yksi suurimmista opetuksista.

Opiskelutovereiden korvaamattomasta tuesta riippumatta jokaisen opiskelijan on aikataulutettava itse projektinsa ja pidettävä aikataulusta kiinni. Opiskelijalla tulee olla riittävä työmoraali ja periksiantamattomuutta, sillä kukaan ei ole jatkuvasti vahtimassa työn etenemistä. Opinnäytetyöprosessi eteni täysin aikataulussa ja on sisällöltään opiskelijan itselleen asettamat tavoitteet täyttävä, hyvän suunnittelun ja määrätietoisen työskentelyn ansiosta.

Opinnäytetyön suurimmat opetukset liittyivät työn aiheesta riippumattomaan prosessiin. Ammatillista kehitystä tapahtui varmasti omaan opiskelualaan liittyvän opinnäytetyön aiheen tiimoilta, mutta tärkein opittu asia oli toisten opinnäytetyön tekijöiden tuki. Hyvä työmoraali ja periksiantamattomuus palkittiin. Opiskelija aikoo hyödyntää kaikkea oppimaansa tulevassa opiskelussaan sekä työelämässään.

7.6.2 Minna Koivu-Asikainen

Opinnäytetyö oli oppimisprosessina erittäin antoisa ja työelämän kannalta hyödyllinen. Työelämässä olisi erittäin mieluisaa päästä suorittamaan tämän opinnäytetyön kaltaisia lämmitysjärjestelmien remontoitus suunnitelmia laskelmineen. Siksi opinnäytetyö oli opiskelijalle erittäin hyödyllinen, ja antoi työelämää varten tarpeellista kokemusta, näkemystä ja tietotaitoa.

Opinnäytetyötä tehdessäni tiedot erilaisista lämmitysjärjestelmistä lisääntyivät ja monipuolistuivat. Opinnäytetyö auttoi hahmottamaan entistä paremmin eri lämmitysjärjestelmien ominaisuuksia ja vaatimuksia. Arvokasta oli myös tutustua erilaisiin luotettaviin tietolähteisiin, joista on varmasti hyötyä myös työelämässä. Hyödyllisiä ovat myös kuvalliseen, kirjalliseen ja suulliseen esittämiseen ja esiintymiseen liittyvien taitojen ja kokemusten karttuminen seminaariesitysten myötä.

7.7 Opinnäytetyön työnjaon arviointi

Opinnäytetyön yksityiskohtainen työnjako on esitetty luvussa 1. Opinnäytetyön aikataulu oli melko tiukka, mutta siinä pystyttiin siitä huolimatta pysymään. Minna Koivu-Asikaisen mukaan opinnäytetyön tekeminen parin kanssa yhteisenä prosessina toimi hyvin, vaikkei työmäärä jakaantunutkaan aivan tasaisesti. Toinen

osapuoli kirjoitti suuremman osan opinnäytetyö raportista toisen hoitaessa haastatteluja ja tiedonkeruuta enemmän.

Koivu-Asikaisen näkemyksen mukaan työnjaossa otettiin huomioon molempien osapuolten toiveet ja lähtötilanne. Näin opinnäytetyöprosessista ja sen etenemisestä saatiin mahdollisimman sujuva ja looginen. Työskentely tapahtui pääasiassa molempien omilla tahoilla itsenäisesti. Viikoittaisissa tapaamisissa tarkasteltiin työn etenemistä. Tarvittaessa pidettiin yhteyttä puhelimitse ja sähköpostitse. Tämä työskentelytapa toimi hänen näkemyksen mukaan molempien osalta hyvin.

Työn alusta saakka oli tiedossa työlle laadittu haastava aikataulu. Tämän aikataulun puitteissa opinnäytetyön vaatimat työt jaettiin tasan opiskelijoiden kesken. Riikka Tanskasen mukaan työsuunnitelman kirjoittamisen aikana työn tekeminen ja vastuun kantaminen opinnäytetyöprosessin etenemisestä siirtyi hänelle. Tilanne jatkui samalla tavalla työn loppuun saakka. Tanskanen antaa kuitenkin tunnustusta parilleen työn onnistumisen kannalta välttämättömien tietojen hankinnasta työn kohteena olleen erillispientalon omistajilta.

Työnjaon epätasaisen jakautumisen taustalla saattaa olla opiskelijoiden erilaiset tavat toimia ja erilaiset näkemykset siitä, mitä työhön sisällytetään ja millaisen työmäärän se opiskelijalta vaatii. Tanskasen näkemyksen mukaan hän teki opinnäytetyöstä suurimman osan, sillä työ ei olisi valmistunut ennalta määrätystä aikataulussa, jos hän olisi jäänyt odottamaan, että pari tekee puolet työmäärästä. Tanskasen mielestä hän vastasi suurelta osin opinnäytetyöprojektin sisällön suunnittelusta, aikataulutuksesta sekä toteutuksesta. Tiukka ja projektin alusta saakka tiedossa ollut aikataulu ei jättänyt mahdollisuutta käyttää työhön enempää aikaa, joten Tanskasen mukaan hänen oli otettava vastuu työn valmistumisesta. Epätasaisesta työmäärän jakautumisesta huolimatta työ valmistui täysin aikataulun mukaisesti.

Lähteet

- Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT tiedotteita 2045. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>. 28.4.2014.
- Ariterm Oy. 2011. Arimax puulämmitys. <http://195.67.82.150/ariterm/Puulammitys%20low%20res.pdf>. 15.4.2014.
- Ariterm Oy. 2014a. Lämmityskattila Arimax 240 Yläpalokattila. Taloon Yhtiöt Oy. <http://www.taloon.com/lammityskattila-arimax-240-ylapalokattila/LVI-5010160/dp>. 15.4.2014.
- Ariterm Oy. 2014b. Puukattila Ariterm 60+ Alapalokattila. Taloon Yhtiöt Oy. <http://www.taloon.com/puukattila-ariterm-60-alapalokattila/LVI-5012083/dp>. 15.4.2014.
- Ariterm Oy. 2014c. Puukattila Ariterm 25+ Käänteispalokattila. Taloon Yhtiöt Oy. <http://www.taloon.com/puukattila-ariterm-25-kaanteispalokattila/LVI-5012081/dp>. 14.4.2014.
- Bioenergia ry. 2014a. Pellettilämmitys pientalossa on suurimpia ilmastotekoja. <http://www.pellettienergia.fi/Pientalot>. 15.4.2014.
- Bioenergia ry. 2014b. Säännöllinen käyttö ja huolto varmistaa häiriöttömän toiminnan. <http://www.pellettienergia.fi/K%C3%A4ytt%C3%B6%20ja%20huolto>. 15.4.2014.
- Bröckl, M., Pesola, A. & Vanhanen, J. 2010. Primäärienergia ja kaukolämmön kilpailukyky. Gaia Consulting Oy. http://energia.fi/sites/default/files/primaarienergia_ja_kaukolammon_kilpailukyky_gaia.pdf. 24.4.2014.
- Eklund, E. 2011. Tampereella tuulee-Jokamiehen opas pientuulivoiman käyttöön. Tampereella tuulee projekti. Sitra. ECO2 Ekotehokas Tampere 2020. http://www.motiva.fi/files/6010/Joka_miehen_opas_pientuulivoiman_kayttoon.pdf. 23.4.2014.
- Energiateollisuus ry. 2007. Käytä kaukolämpöä oikein. http://energia.fi/sites/default/files/kayta_kaukolampoa_oikein_0.pdf. 16.4.2014.
- Energiateollisuus ry. 2014a. Hinnan määräytyminen sähköpörssissä. <http://energia.fi/sahkomarkkinat/tukkumarkkinat/hinnan-maaraytyminen-sahkoporssissa>. 4.5.2014.
- Energiateollisuus ry. 2014b. Kaukolämmitys. <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>. 17.3.2014.
- Energiateollisuus ry. 2014c. Sähkölämmitys. <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/sahkolammitys>. 16.4.2014.
- Energiateollisuus ry. 2014d. Sähköntuotanto. <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/sahkontuotanto>. 16.4.2014.
- Energiateollisuus ry. 2014e. Sähköpörssin ammattisanasto. <http://energia.fi/sahkomarkkinat/tukkumarkkinat/sahkoporssin-ammattisanasto>. 29.4.2014.
- Fortum Oyj. 2013. Lauhdevoima. <https://www.fortum.fi/fi/energiantuotanto/lauhdelaitokset/pages/default.aspx>. 26.3.2014.
- Heljo, J. & Laine, H. 2005. Sähkölämmitys ja lämpöpumput sähkökäyttäjinä ja päästöjen aiheuttajina Suomessa. Näkökulma ja malli sähkökäytön

- aiheuttamien CO₂ - ekv päästöjen arviointia varten. Tampereen teknillinen yliopisto. http://webhotel2.tut.fi/ee/Materiaali/Ekorem/EKOREM_LP_ja_sahko_raportti_051128.pdf. 26.3.2014.
- Heljo, J., Nippala, E. & Nuutila, H. 2005. Rakennusten energiankulutus ja CO₂ - ekv päästöt Suomessa. Ympäristöklusterin tutkimusohjelma. Rakennuskannan ekotehokkaampi energiakäyttö (EKOREM) - projekti, loppuraportti. Tampereen teknillinen yliopisto. VTT. http://webhotel2.tut.fi/ee/Materiaali/Ekorem/EKOREM_Loppuraportti_051214.pdf. 26.3.2014.
- Hellgren, M., Heikkinen, L. & Suomalainen, L. 1996. Energia ja ympäristö. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Hiltunen, K. 2014. Kaukolämpöasiantuntija. Fortum Oyj. Puhelinhaastattelu 24.4.2014.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 1997. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Kirjayhtymä Oy.
- Hirvonen, M. 2014. Projektikoordinaattori. Karelia - ammattikorkeakoulu. Tiedonanto 15.4.2014.
- Ilmanlaatuportaali. 2014. Tyypidioksidi. <http://www.ilmanlaatu.fi/ilmansaasteet/komponentit/no2.html>. 26.3.2014.
- Ilmasto-opas. 2014. Rakennusten lämmityksen ilmastovaikutukset. <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/73fa2827-42d1-4fd7-a757-175aca58b441>. 2.5.2014.
- Ilmatieteen laitos. 2013. Metaanin vapautuminen ilmakehään suuri huoli. <http://ilmatieteenlaitos.fi/ajankohtaista/1229894>. 26.3.2014.
- Ilmatieteen laitos. 2014a. Energialaskennan testivuodet nykyilmastossa. <http://ilmatieteenlaitos.fi/energialaskennan-testivuodet-nyky>. 6.5.2014.
- Ilmatieteen laitos. 2014b. Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku. Ilmasto-opas. <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/1e92115d-8938-48f2-8687-dc4e3068bdbd/hiilidioksidi-ja-hiilen-kiertokulku.html>. 26.3.2014.
- Ilmatieteen laitos. 2014c. Ilmastonmuutos. <http://ilmatieteenlaitos.fi/ilmastonmuutoskysymyksiä>. 30.4.2014.
- Ilmatieteen laitos. 2014d. Kasvihuonekaasut lämmittävät. Ilmasto-opas. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/3a576a6e-bec5-44bc-a01d-11497ebdc441/kasvihuonekaasut-lammittavat.html>. 26.3.2014.
- Ilmatieteen laitos. 2014e. Lämmitystarveluku eli astepäiväluku. <http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>. 25.4.2014.
- Ilmatieteen laitos. 2014f. Tuuli ja myrskyt. <http://ilmatieteenlaitos.fi/kysymyksiä-tuuli-ja-myrskyt#4>. 10.4.2014.
- IPCC. 2014. The Working Group 2, Contribution to the IPCC's fifth assesment report. Diaesitys.
- Kahil Oy. 2009. Vesi-ilmalämpöpumput/Toimintaperiaate. <http://www.gree.fi/index.php?page=1006&lang=1#laitteisto>. 14.4.2014.
- Kakkonen, J. 2013. EU:n päästökauppa. Energiateollisuus ry. http://energia.fi/sites/default/files/eun_paastokauppa_vedos.pdf. 23.4.2014.
- Karelia-amk Opinnäytetyöryhmä. 2013. Opinnäytetyön ohje. Karelia-ammattikorkeakoulu. http://www.karelia.fi/lomakkeet/opinnayte/Karelia_Opinnaytetyon_ohje_2012_joulukuu.pdf. 13.3.2014.
- Karttakeskus. 2014a. Kartta Fortum Oyj:n kaukolämpöverkosta Joensuussa.
- Karttakeskus. 2014b. Lykylammen pohjavesialue - kartta. Oiva-palvelu.

- Kauppinen, A., Nummi, J. & Savola, T. 2010. Tekniikan viestintä. Helsinki: Edita.
- Keto, M. 2010. Energiamuotojen kerroin, Yleiset perusteet ja toteutuneen sähkön- ja lämmöntuotannon kertoimet. Raportti Ympäristöministeriölle. Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu.
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:pMENCBKVTIYJ:www.ym.fi/download/no-name/%257BA6ABCFF7-55FA-412C-A0C7-FEE5CC0A2F24%257D/30744+&cd=1&hl=fi&ct=clnk&gl=fi>.
8.4.2014.
- Kielijelppi. 2014. Tieteellisen kirjoittamisen lähtökohtia. <http://www.kielijelppi.fi/kirjoitusviestinta/tieteellisen-kirjoittamisen-lahtokohtia>.
12.3.2014.
- Kinnunen, E. 2014. Vaihtoehtoja kodin lämmitykseen. Biomass Bioenergiaa maaseudulle. <http://www.biomass.fi/upload/Esa%20Kinnunen%20Vaihtoehtoja%20kodin%20l%C3%A4mmitykseen%20.pdf>.
17.4.2014.
- Koivu, M. E. & Koivu, M. K. 2014. Erillispientalon omistajat. Haastattelu
14.3.2014.
- Koivu, M. K. 2014b. Erillispientalon omistaja. Haastattelu 2.4.2014.
- Koivu, M. K. 2014a. Erillispientalon omistaja. Haastattelu 8.3.2014.
- Kuosmanen, K. 2014. TM Rakennus Maailma. Monipuolinen energiavalikoima järkevää lämmityksessä. <http://rakennusmaailma.fi/artikkelit/monipuolinen-energiavalikoima-jarkevaa-lammityksessa>. 1.4.2014.
- KylmäCenter Oy. 2014. Mitsubishi Electric PUHZ (H)W Kompaktimallin ilmavesilämpöpumppu sisäisellä levylämmönsiirtimellä. <http://kylmacenter.fi/fi/yksityisille/ilma-vesilampopumput/mitsubishi-puhz-kompaktimallit/>. 14.4.2014.
- Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 2011. Sähkömarkkinat 2030 - visio euroopalaisista sähkömarkkinoista. http://energia.fi/sites/default/files/sahkomarkkinat_2030_visio_taskuesite.pdf. 24.4.2014.
- Lehikoinen, H. 2014a. Kallioperäkartta. Koostettu Maanmittauslaitoksen ja Geologian tutkimuskeskuksen aineiston pohjalta.
- Lehikoinen, H. 2014b. Maaperäkartta. Koostettu Maanmittauslaitoksen ja Geologian tutkimuskeskuksen aineiston pohjalta.
- Lehikoinen, H. 2014c. Peruskartta. Koostettu Maanmittauslaitoksen aineiston pohjalta.
- Lämpövinkki Oy. 2014. Soile - maalämmön esisuunnittelu. <http://www.lampovinkki.fi/soile/>. 5.5.2014.
- Metsäkeskus. 2014. Termit ja mittayksiköt. <http://www.halkoliiteri.com/?id=586>.
10.4.2014.
- Motiva Oy. 2008. Lämpöä ilmassa. <http://www.motiva.fi/files/175/Ilmalampopumput.pdf>. 14.4.2014.
- Motiva Oy. 2009. Pientalon lämmitysjärjestelmät. http://www.motiva.fi/files/2701/Pientalon_lammitysjarjestelmat.pdf. 17.3.2014.
- Motiva Oy. 2010. Selvitys hajautetusta ja paikallisesta energiantuotannosta erilaisilla asuinalueilla. Loppuraportti. http://www.motiva.fi/files/7938/Selvitys_hajautetusta_ja_paikallisesta_energiantuotannosta_erilaisilla_asuinalueilla_Loppuraportti.pdf. 11.4.2014.
- Motiva Oy. 2011. Hanki hallitusti maalämpöjärjestelmä. http://www.motiva.fi/files/4764/Hanki_hallitusti_maalampojarjestelma.pdf. 3.5.2014.

- Motiva Oy. 2012a. Auringosta lämpöä ja sähköä. http://www.motiva.fi/files/6137/Auringosta_lampoa_ja_sahkoa2012.pdf. 10.4.2014.
- Motiva Oy. 2012b. Aurinkolämpö. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo. 26.3.2014.
- Motiva Oy. 2013a. Aurinkokeräimet. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/aurinkokeraimet. 16.4.2014.
- Motiva Oy. 2013b. Ilma-vesilämpöpumppu. http://www.motiva.fi/rakentamisen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu. 16.4.2014.
- Motiva Oy. 2013c. Kulutuksen normitus. http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energian kayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus. 25.4.2014.
- Motiva Oy. 2013d. Mitä ovat lämmitystarveluvut? http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energian kayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/mita_ovat_lammitystarveluvut. 29.3.2014.
- Motiva Oy. 2013e. Passiivinen aurinkoenergia. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/passiivinen_aurinkoenergia. 10.4.2014.
- Motiva Oy. 2013f. Poistoilmalämpöpumppu. http://www.motiva.fi/rakentamisen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu. 16.4.2014.
- Motiva Oy. 2013g. Tukilämmitysjärjestelmät. http://www.motiva.fi/rakentamisen/lammitysjarjestelman_valinta/tukilammitysjarjestelmat. 2.4.2014.
- Motiva Oy. 2013h. Tyhjiöputkikeräimet. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/tyhjioputkikeraimet. 15.4.2014.
- Motiva Oy. 2013i. Vedenkulutus. http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus. 7.5.2014.
- Motiva Oy. 2014a. Alapalokattila. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa/keskuslammityskattilat/alapalokattila. 15.4.2014.
- Motiva Oy. 2014b. Käänteispalokattila. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa/keskuslammityskattilat/kaanteispalokattila. 15.4.2014.
- Motiva Oy. 2014c. Lämpöpumput. http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/lampopumput. 3.5.2014.
- Motiva Oy. 2014d. Uusiutuva energia. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia. 26.3.2014.
- Motiva Oy. 2014e. Yläpalokattila. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa/keskuslammityskattilat/ylapalokattila. 15.4.2014.
- Motiva Oy, Suomen Tuulivoimayhdistys ry, Darrox Oy, Eagle Windpower Oy, Finnwind Oy, Mypower Finland Oy & Posira Oy. 2010. Omaa tuulienergiaa. http://pientuulivoimala.files.wordpress.com/2013/06/pientuuliopas_a3_2402.pdf. 10.4.2014.
- Nibe Energy Systems Oy. 2013. Uuden sukupolven lämpöpumppu saneeraukseen ja uudisrakentamiseen. Rakentaja.fi. http://www.rakentaja.fi/artikkelit/10748/poistoilmalampopumppu_saneeraukseen_nibe.htm#.U0vaB_mAfTo. 14.4.2014.

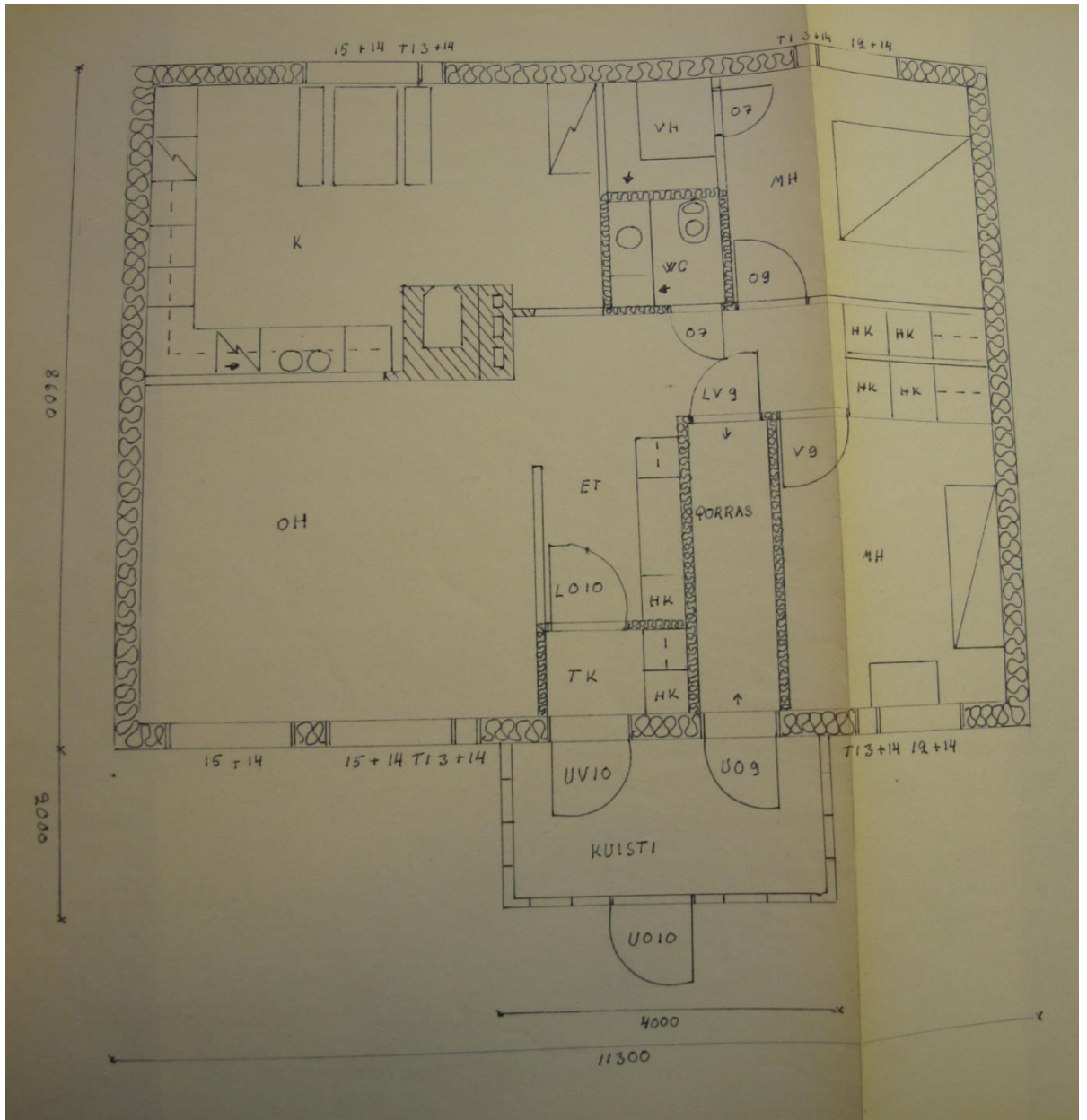
- NunnaUuni Oy. 2014. Varaava NunnaUuni - tulisija palaa tehokkaasti ja puhtaasti. http://www.nunnauuni.com/suomi/aito/kultainen_tuli.html. 15.4.2014.
- Oilon Oy. 2014. Hybridiratkaisut. <http://oilon.com/oilon-home/tuotteet/hybridiratkaisut/>. 17.3.2014.
- Oulun rakennusvalvonta. 2013. Sähkölämmitys. http://www.energiakorjaus.info/pages/kortit/Pientalo_14_Sahkolammitys_2013_02_01.pdf. 10.4.2014.
- Oulun Sähkömyynti Oy. 2014. Sähköpörssi-Sähkön markkinahinnan määräytymispaikka. http://www.sahkosalkku.fi/tietoa_energiasta/sahkon_hinta. 24.4.2014.
- Oxford University Press. 2014. Definition of dry matter in English. Oxford Dictionaries. <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/dry-matter>. 14.4.2014.
- Oy Callidus Ab. 2014. Aurinkolämpö. <http://www.callidus.fi/fi/lammitys/ratkaisut/aurinkolampo>. 16.4.2014.
- Parkkari, M. & Perkkiö, T. 2011. Opas pientuulivoimalan hankintaan. Suomen Tuulivoimayhdistys ry. <http://www.tuulivoimayhdistys.fi/fi/files/Opas%20oman%20pientuulivoimalan%20hankintaan%20-%20Parkkari,%20Perkki%C3%B6.pdf>. 16.4.2014.
- Paukkunen, S. 2014a. Pelletti polttoaineena ja käyttötekniikan esittely. Karelia-ammattikorkeakoulu. Luentokalvot.
- Paukkunen, S. 2014b. Pelletin valmistaminen. Karelia-ammattikorkeakoulu. Luentokalvot.
- Paukkunen, S. 2014c. Projektiasiantuntia. Karelia-ammattikorkeakoulu. Tiedonanto 24.4. 2014.
- Pietarinen, J. 2002. Eettiset perusvaatimukset tutkimustyössä. Teoksessa Karjalainen, S., Launis, V., Pelkonen, R. & Pietarinen, J. (toim.) Tutkijan eettiset valinnat. Helsinki: Gaudeamus.
- Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu & Motiva Oy. 2003a. Metsähake. http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/energiaverkko/energian_tuotanto/metsahake.htm#. 28.4.2014.
- Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu & Motiva Oy. 2003b. Polttopuu. http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/energiaverkko/energian_tuotanto/polttopuu.htm. 28.4.2014.
- Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu & Motiva Oy. 2003c. Puuteollisuuden sivutuotteet. http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/energiaverkko/energian_tuotanto/sivutuotteet.htm. 28.4.2014.
- Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu & Motiva Oy. 2003d. Teollisuuden sähkön, lämmön ja höyryn tuotantoprosessi. http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/energiaverkko/energian_tuotanto/tuotantoprosessit/sahko_lampo_hoyry.htm. 28.4.2014.
- Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu & Motiva Oy. 2003e. Tuulivoima. http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/energiaverkko/energian_tuotanto/tuuli.htm#. 28.4.2014.
- Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu & Motiva Oy. 2003f. Vesivoima. http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/energiaverkko/energian_tuotanto/vesi.htm. 28.4.2014.
- Pohjois-Karjalan maakuntaliitto. 2011. Itä-Suomi Uusiutuu, Itä-Suomen bioenergiaohjelma 2020. <http://www.isbeo2020.fi/dman/Document.phx?documentId=sk33911104629743&cmd=download>. 2.4.2014.

- Pohjois-Karjalan Sähkö Oy. 2014a. Sähkön alkuperä vuonna 2012. <http://www.pks.fi/sahkon-alkuperä>. 9.4.2014.
- Pohjois-Karjalan Sähkö Oy. 2014b. Sähköpörssi pähkinänkuoressa. <http://www.pks.fi/sahkoporssi>. 6.5.2014.
- Rakennustietosäätiö RTS. 2014. Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. K1/2013. 28.4.2014.
- Rakennussäätiö ja LVI-Keskusliitto. 1992. Aurinkolämmitys. Rakennustieto.
- Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto. 1993. Lämmönkehityslaitteiden mitoitus. Rakennustieto.
- Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto. 2002. Lämpöpumput. Rakennustieto.
- Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto. 2006. Kaukolämmitys. Rakennustieto.
- Rakentaja.fi. 2013. Puiden poltto alkaa sytyttämisestä. http://www.rakentaja.fi/artikkelit/7489/puiden_poltto_alkaa.htm#.U00wPvmzJ8G. 15.4.2014.
- Rakentamisen+asumisen energianeuvonta. 2014. Mitkä ovat pellettilämmityksen hyvät ja huonot puolet? <http://www.neuvoo.fi/tabid/3864/Article/43643/Default.aspx?k=Uudisrakentaja>. 15.4.2014.
- Rouvinen, S., Ihalainen, T. & Matero, J. 2010. Pelletin tuotanto ja kotitalousmarkkinat Suomessa. Metla. Metlan työraportteja 183. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp183.pdf>. 10.4.2014.
- Sanoma Media Finland Oy. 2014. Taloussanakirja: herkkyyssanalyysi. Taloussanomien. <http://www.taloussanomien.fi/porssi/sanakirja/termi/herkkyyssanalyysi/>. 6.5.2014.
- Silvennoinen, M. 2014. Tarkastusinsinööri. Kontiolahden kunta. Puhelinhaastattelu 23.4.2014.
- Soile-maalämpökauppa. 2014. Soile-maalämmön esisuunnittelu. Lämpövinkki Oy.
- STT. 2013. EU:n kallein sähkö-kaksi kertaa Suomen hinnat. Kauppalehti. <http://www.kauppalehti.fi/etusivu/eun+kallein+sahko+-+kaksi+ker-taa+suomen+hinnat/201305428749>. 28.4.2014.
- Suomen Lämpöpumpputekniikka Oy. 2014. Maaenergiaan liittyvää sanastoa. Lämpöässä. <http://www.lampoassa.fi/fi/maaenergiaan-liittyvaa-sanastoa>. 6.5.2014.
- Suomen Tuulivoimayhdistys ry. 2014. Tietoja ostajalle. http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoja_ostajalle. 16.4.2014.
- Suomen ympäristöopisto SYKLI. 2014. Lämmönlähteet. <http://www.ymparistosaava.fi/kiinteistonhoitoala/index.php?k=22532>. 16.4.2014.
- Suomi, U., Hietaniemi, J. & Hellgrén, M. 2004. Motiva Oy. Yksittäisen kohteen CO₂ - päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO₂ - päästöker-toimet. http://www.motiva.fi/files/8886/CO2-laskentaohje_Yksittai-nen_kohde.pdf. 3.5.2014.
- Suontama, A. 2014. Ympäristönsuojelusihteeri. Kontiolahden kunta. Puhelinhaastattelu 17.4.2014.
- Suvanto, K. 2010. Tekniikan fysiikka 1. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Suvanto, K. & Laajalehto, K. 2008. Tekniikan fysiikka 2. Helsinki: Edita Prima Oy.

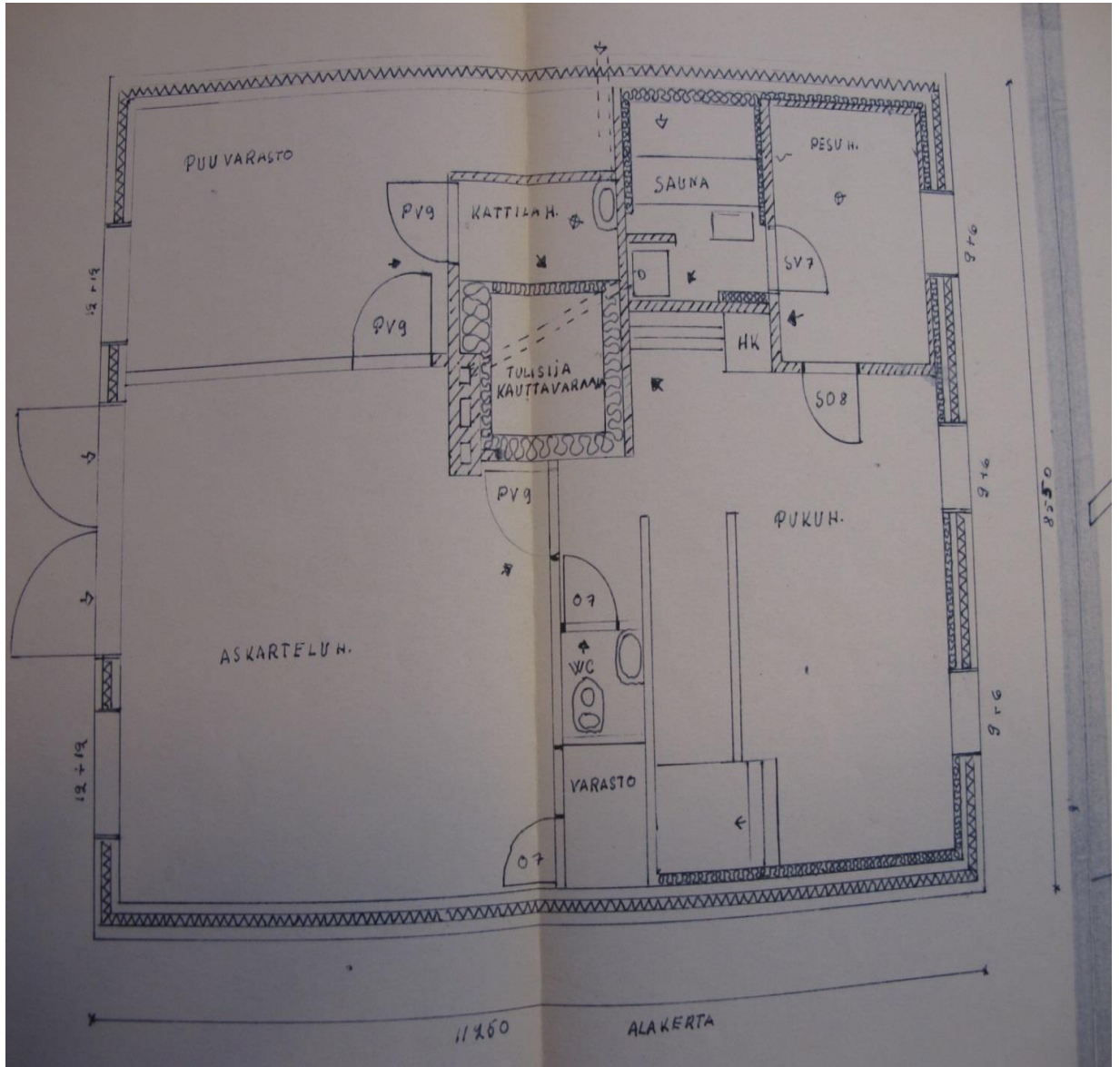
- SYKE. 2013. Ilmastonmuutos vaikuttaa suuresti luontoon ja ihmisten elinympäristöön. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilmasto/Ilmastonmuutoksen_vaikutukset. 1.5.2014.
- SYKE. 2014a. Uusiutuva energia Suomessa. Ilmasto-opas. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/0bd05ecc-8c68-4fb6-a6e9-2c4ad90d577d/uusiutuva-energia.html>. 26.3.2014.
- SYKE. 2014b. IPCC:n uusin raportti: Ilmastonmuutos aiheuttaa riskejä luonnon ja ihmisen hyvinvoinnille. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/IPCCn_uusin_raportti_Ilmastonmuutos_aihe\(28795\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/IPCCn_uusin_raportti_Ilmastonmuutos_aihe(28795)). 8.4.2014.
- Syrjälä, L., Ahonen, S., Syrjäläinen, E. & Saari, S. 1994. Laadullisen tutkimuksen työtapoja. Helsinki: Kirjayhtymä Oy.
- Sähkölämmityksen tehostamisohjelma Elvari. 2014. Maalämpö sopii suuriin taloihin. Motiva Oy. http://www.energiatehokaskoti.fi/files/393/Maalampo_sopii_suuriin_taloihin_lokakuu.pdf. 16.4.2014.
- Säköturvallisuuden edistämiskeskus. 2009. Suora vai varaava sähkölämmitys? http://www.stek.fi/sahko_ja_rakentaja/pientalon_sahkolammitys/fi_FI/suora_vai_varaava_sahkolammitys/. 18.3.2014.
- Taloyhtiöt.net. 2014. Painovoimainen ilmanvaihto. <http://www.taloyhtio.net/talotekniikka/iv/painovoimainen/>. 6.5.2014
- Teknologiaeollisuus. 2014. Yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto. <http://www.teknologiaeollisuus.fi/fi/palvelut/yhdistetty-lammon-ja-sahkon-tuotanto.html>. 26.3.2014.
- Termocal. 2014. Miksi pelletti? Yläneen Bioenergia Oy. <http://www.ylaneenbioenergia.fi/pellettilammitys/>. 14.4.2014.
- Tieteen termipankki. 2014. Biologia: ppb. <http://tieteentermipankki.fi/wiki/Biologia:ppb>. 6.5.2014.
- Tilastokeskus. 2014. Tuottajahintaindeksit 2014. Liitetaulukko 25. Puupelletin kuluttajahinta.
- Tuohiniitty, H. 2013. Pelletillä on hyvä valtakunnallinen saatavuus. Maaseudun Tulevaisuus 25.1.2013. <http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/mielipiteet/lukijalta/pelletill%C3%A4-on-hyv%C3%A4-valtakunnallinen-saatavuus-1.32202>. 15.4.2014.
- Tuohiniitty, H. 2014. Pelletin- ja pienkäytön sekä lämpöyrittäjyyden toimialapäällikkö. Bioenergia ry. Puhelinhaastattelu. 5.5.2014.
- Turvatekniikan keskus. 2009. Kiinteän polttoaineen lämmityskattiloiden turvallisuus. http://www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet_ja_opaat/Kattilaopas.pdf. 16.4.2014.
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 2002. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausten käsitteleminen. Teoksessa Karjalainen, S., Launis, V., Pelkonen, R. & Pietarinen, J. (toim.) Tutkijan eettiset valinnat. Helsinki: Gaudeamus.
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2012. Sähkömarkkinaskaenaariot vuoteen 2035. http://www.tem.fi/files/35135/Sahkomarkkinaskaenaariot_2035_10122012_Final.pdf. 29.4.2014.
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2013. Kansallinen energia- ja ilmastostrategia, Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 20. päivänä maaliskuuta 2013. https://www.tem.fi/files/36266/Energia_ja_ilmastostrategia_nettijulkaisu_SUOMENKIELINEN.pdf. 23.4.2014.
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2014. Päästökauppa. <http://www.tem.fi/index.phtml?s=1017>. 22.4.2014.

- Ultimarket. 2014. Tuulivoimakäsikirja. <http://www.ultimatemarket.com/files/inno-ros/html/Tuulivoima.pdf>. 10.4.2014.
- Vaasan energiainstituutti. 2014. Pientuulivoimalat. http://vindkraft.fi/public/index.php?cmd=smarty&id=100_lfi&PHPSES-SID=95c1f37b3b60fb904b3d6635e1e073f4. 17.4.2014.
- Valtion ympäristöhallinto. 2014a. Lämpöä puusta ja hakkeesta. Korjaustieto. <http://www.korjaustieto.fi/pientalot/pientalojen-energiatehokkuus/mista-lampoa-pientaloon/lampoa-puusta-ja-hakkeesta.html>. 17.3.2014.
- Valtion ympäristöhallinto. 2014b. Maalämpö on auringon lämpöä. Korjaustieto. <http://www.korjaustieto.fi/pientalot/pientalojen-energiatehokkuus/mista-lampoa-pientaloon/maalampo-on-auringon-lampoa.html>. 17.3.2014.
- Virtuaali-ammattikorkeakoulu. 2014. Herkkyysanalyysi. <http://www2.amk.fi/digma.fi/eetu/www.amk.fi/opintojak-sot/500/1138278559722/1138279515236/1138279585712/1138283839148.html>. 27.3.2014.
- Von Bell, C. & Tala, M. 2014a. Kuinka valita pientalon lämmitysjärjestelmä. Suomela.
- Von Bell, C. & Tala, M. 2014b. Sopsisiko hybridilämmitys sinun taloosi. Suomela.
- Ympäristöministeriö. 2008. Rakennuksen energiatodistus ja energiatehokkuusluvun määrittäminen - uudispientalon energiatodistusesimerkki. Moniste.
- Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. 2013. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ympäristöministeriö. http://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D5_2012.pdf. 20.3.2014.
- Ympäristöministeriö. 2014. EU:lta hyvitys Suomelle Durbanin ilmastokokouksessa sovitusta metsien hiilinielun laskentatavasta. http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/EUIta_hyvitys_Suomelle_Durbanin_ilmastok. 23.4.2014.
- Ympäristöministeriö & Ilmatieteen laitos. 2014. IPCC 5. arviointiraportti, osaraportti 1: Ilmastonmuutoksen tieteellinen tausta. Ilmasto - opas. https://ilmasto-opas.fi/ilocms-portlet/article/178e8529-faff-4f28-a2eb-f9c322eefe54/r/eb709668-84d3-4d98-8415-2c8debf210ea/ipcc5_arviointiraportti_osa1_2609_final_cmyk.pdf. 1.5.2014.

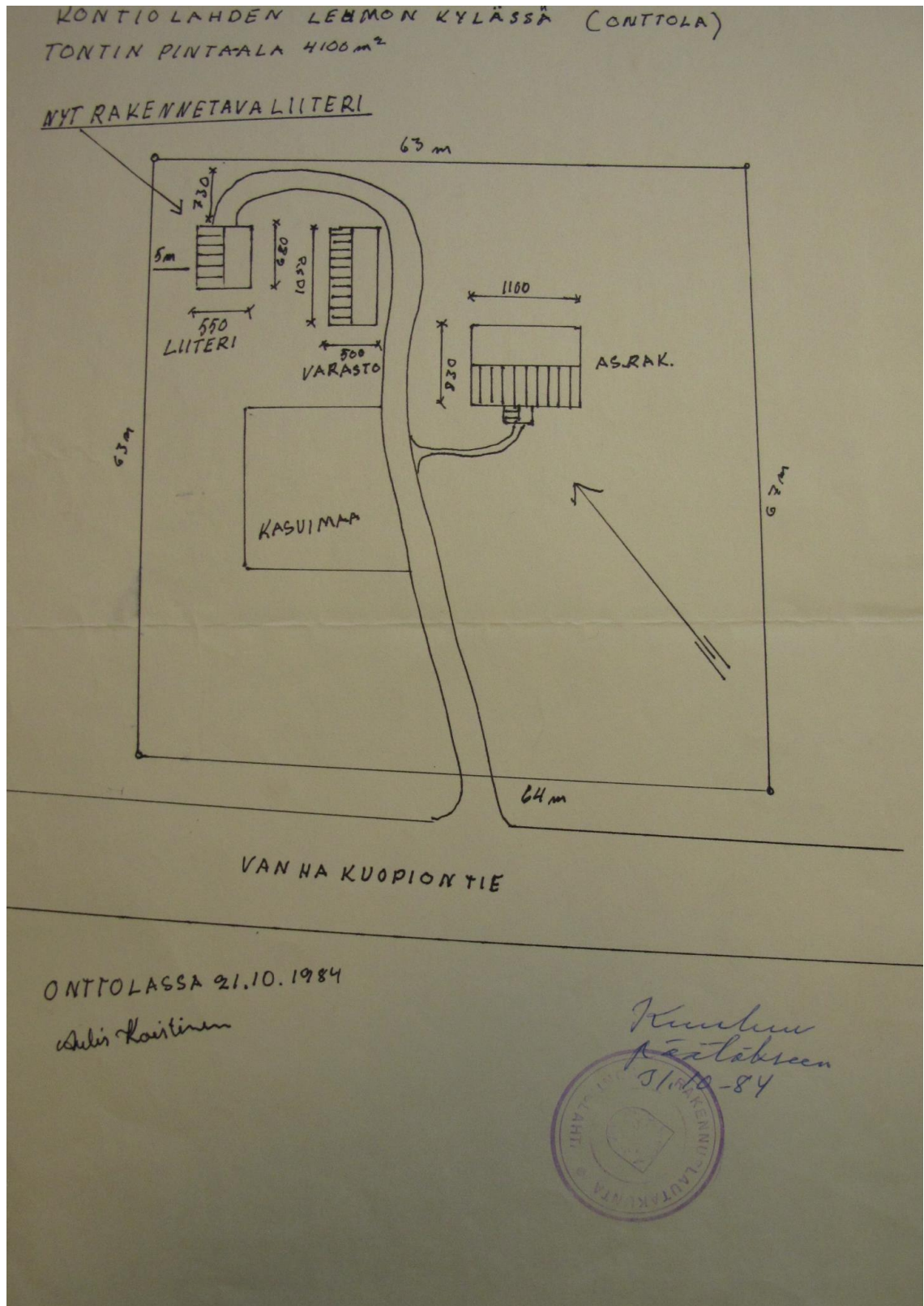
Erillispientalon pohjapiirrokset ja rakennuksen sijainti tontilla



Erillispientalon pohjapiirrokset ja rakennuksen sijainti tontilla



Erillispientalon pohjapiirrokset ja rakennuksen sijainti tontilla



Erillispientalon pohjapiirrokset ja rakennuksen sijainti tontilla

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

3.5.2014

VS: Ariterm

VS: Ariterm

Tanskanen Riikka-Mari

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 13:56

Vastaanottaja: Veijo Kilkkilä [veijo.kilkkila@ariterm.fi]

Kiitos vastauksestasi!

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen

Lähetäjä: Veijo Kilkkilä [veijo.kilkkila@ariterm.fi]

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 13:52

Vastaanottaja: Tanskanen Riikka-Mari

Aihe: Ariterm

Terve

Voit käyttää Ariterm Oy:n tuotekuvia opinnäytetyössasi.

tv

Veijo Kilkkilä
Ariterm Oy
0500 451 610

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

3.5.2014

VS: Kuvan käyttöoikeus

VS: Kuvan käyttöoikeus

Tanskanen Riikka-Mari

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 8:58

Vastaanottaja: Jari Kivistö [jari.kivisto@termocal.fi]

Kiitos vastauksestasi!

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen

Lähettiläjä: Jari Kivistö [jari.kivisto@termocal.fi]

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 8:50

Vastaanottaja: Tanskanen Riikka-Mari

Aihe: VS: Kuvan käyttöoikeus

No huomenta,
Juu käytä vaan
T: Jari K.

-----Alkuperäinen viesti-----

Lähettiläjä: Tanskanen Riikka-Mari

[<mailto:Riikka-Mari.Tanskanen@edu.karelia.fi>]

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 8:25

Vastaanottaja: termocal@termocal.fi

Aihe: Kuvan käyttöoikeus

Huomenta!

Tiedustelen oikeutta käyttää opinnäytetyössäni kuvaanne
pellettilämmityslaitteiston toimintaperiaate - kaaviosta. Kuva löytyy
seuraavasta osoitteesta

http://www.ylaneenbioenergia.profiili.fi/SIRA_Files/downloads/toimintaperiaatekaavio_iso.jpg

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen
050 493 5867
Karelia - ammattikorkeakoulu

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

3.5.2014

VS: Kuvien käyttöoikeus

VS: Kuvien käyttöoikeus

Tanskanen Riikka-Mari

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 10:59

Vastaanottaja: Minna Myllykoski [Minna.Myllykoski@sykli.fi]

Kiitos vastauksestasi!
Kuvan lähde tullaan mainitsemaan työssä!

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen

Lähetetty: Minna Myllykoski [Minna.Myllykoski@sykli.fi]

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 10:52

Vastaanottaja: Tanskanen Riikka-Mari

Aihe: VS: Kuvien käyttöoikeus

Hei,

Voit käyttää kuvia, kunhan mainitset lähteen:
www.ymparistoosaava.fi/kiinteistonhoitoala.

Ystävällisin terveisin,
Minna Myllykoski

Minna Myllykoski
Koulutuskoordinaattori

Suomen ympäristöopisto SYKLI
Malmin kauppatie 8B, 00700 Helsinki
puh. 040 740 6028
minna.myllykoski@sykli.fi

www.sykli.fi

-----Alkuperäinen viesti-----

Lähetetty: Tanskanen Riikka-Mari [<mailto:Riikka-Mari.Tanskanen@edu.karelia.fi>]

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 8:49

Vastaanottaja: Minna Myllykoski

Aihe: Kuvien käyttöoikeus

Huomenta!
Tiedustelen oikeutta käyttää kuvianne maalämpöjärjestelmän toimintaperiaatteesta ja kaukolämmön kytkentäkaaviosta opinnäytetyössäni. Kuvat löytyvät www - osoitteesta

<http://www.ymparistoosaava.fi/kiinteistonhoitoala/index.php?k=22532>

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen
050 493 5867
Karelia - ammattikorkeakoulu

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

3.5.2014

VS: Kuvan käyttöoikeus

VS: Kuvan käyttöoikeus

Tanskanen Riikka-Mari

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 10:46

Vastaanottaja: myynti@kylmacenter.fi

Kiitos vastauksestasi!

Lähteet tulevat tietenkin näkyviin!

Ystävällisin terveisin

Riikka Tanskanen

Lähetetty: kimmo.pisila@gmail.com [kimmo.pisila@gmail.com] käyttäjän KylmäCenter [myynti@kylmacenter.fi] puolesta

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 10:43

Vastaanottaja: Tanskanen Riikka-Mari

Aihe: Re: Kuvan käyttöoikeus

Hei.

Saat käyttää kun lähteet näkyvillä.

23.4.2014 8.29 kirjoitti "Tanskanen Riikka-Mari" <Riikka-Mari.Tanskanen@edu.karelia.fi>:

Hyvää huomenta!

Tiedustelen oikeutta käyttää kuvaanne ilma - vesilämpöpumpun toimintaperiaatteesta oppinäytetyössäni. Kuva löytyy seuraavasta www - osoitteesta.

<http://kylmacenter.fi/fi/yksityisille/ilma-vesilampopumput/mitsubishi-puhz-kompaktimallit/>

Ystävällisin terveisin

Riikka Tanskanen

050 493 5867

Karelia - ammattikorkeakoulu

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

3.5.2014

Kuvan käyttö

Kuvan käyttö

Monica Mäkelä [Monica.Makela@nibe.fi]

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 17:38

Vastaanottaja: Tanskanen Riikka-Mari

Hei Riikka-Mari,

Kuvan käyttö on ihan ok.

Terveisin
Monica

Ystävällisin terveisin/Med vänliga hälsningar/Best regards

Monica Mäkelä
Myynti- ja markkinointipäällikkö

GSM + 358 50 355 3559
Tel + 358 9 274 69721
Fax + 358 9 274 69740
monica.makela(a)nibe.fi

NIBE Energy Systems Oy
Juurakkotie 3
01510 Vantaa
www.nibe.fi

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

3.5.2014

VS: Kuvien käyttöoikeus

VS: Kuvien käyttöoikeus

Tanskanen Riikka-Mari

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 9:26

Vastaanottaja: Niina Esko - Callidus FI [Niina.Esko@callidus.fi]

Kiitos vastauksestasi!
Luonnollisesti mainitsen lähteeksi Oy Callidus Ab:n.

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen

Lähtettäjä: Niina Esko - Callidus FI [Niina.Esko@callidus.fi]

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 9:23

Vastaanottaja: Tanskanen Riikka-Mari

Aihe: VS: Kuvien käyttöoikeus

Hei,

Voit käyttää kuvia. Mainitsethan lähteenä Oy Callidus Ab.

terveisin

OY CALLIDUS AB
Niina Esko
markkinointivastaava
Tel +358 9 3747 5519
niina.esko@callidus.fi
www.callidus.fi

-----Alkuperäinen viesti-----

Lähtettäjä: Tanskanen Riikka-Mari [<mailto:Riikka-Mari.Tanskanen@edu.karelia.fi>]

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 8:55

Vastaanottaja: Fi Info

Aihe: Kuvien käyttöoikeus

Hyvää huomenta!
Tiedustelen oikeutta käyttää kuvaanne aurinkolämpöjärjestelmästä
tukilämmitysjärjestelmänä opinnäytetyössäni. Kuva löytyy www - osoitteesta

<http://www.callidus.fi/fi/lammitys/ratkaisut/aurinkolampo>

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen
050 493 5867
Karelia - ammattikorkeakoulu

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

3.5.2014

Re: VS: VS: Kuvan käyttöoikeus

```
>>
>> Hei,
>>
>> Kiitos pyynnöstä, ole hyvä vaan, voit käyttää kuvaa. Piirros perustuu jonkin
kiinalaisen valmistajan kuvaan, jota on siistitty ja piirretty osittain uudelleen.
>>
>> Terveisin,
>>
>> -Esa
>>
>> --
>> Lähetetty saunan takaa
>> Sent from Sauna
>>
>>> Tanskanen Riikka-Mari <Riikka-Mari.Tanskanen@edu.karelia.fi> kirjoitti
23.4.2014 kello 9.12:
>>>
>>> Hyvää huomenta!
>>> Tiedustelen oikeutta käyttää dokumnetin Jokamiehen opas pientuulivoiman
käyttöön kuvaa 6 Tuulivoimalajärjestelmän osat opinnäytetyössäni. Kuva löytyy www
- osoitteesta
>>>
>>> http://www.motiva.fi/files/6010/Joka\_miehen\_opas\_pientuulivoiman\_kayttoon.pdf
>>>
>>> Ystävällisin terveisin
>>> Riikka Tanskanen
>>> 050 493 5867
>>> Karelia - ammattikorkeakoulu
```

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

3.5.2014

VS: Kuvien käyttöoikeus

VS: Kuvien käyttöoikeus

Tanskanen Riikka-Mari

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 10:59

Vastaanottaja: Minna Myllykoski [Minna.Myllykoski@sykli.fi]

Kiitos vastauksestasi!
Kuvan lähde tullaan mainitsemaan työssä!

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen

Lähettiläjä: Minna Myllykoski [Minna.Myllykoski@sykli.fi]

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 10:52

Vastaanottaja: Tanskanen Riikka-Mari

Aihe: VS: Kuvien käyttöoikeus

Hei,

Voit käyttää kuvia, kunhan mainitset lähteen:
www.ymparistoosaava.fi/kiinteistonhoitoala.

Ystävällisin terveisin,
Minna Myllykoski

Minna Myllykoski
Koulutuskoordinaattori

Suomen ympäristöopisto SYKLI
Malmin kauppatie 8B, 00700 Helsinki
puh. 040 740 6028
minna.myllykoski@sykli.fi

www.sykli.fi

-----Alkuperäinen viesti-----

Lähettiläjä: Tanskanen Riikka-Mari [<mailto:Riikka-Mari.Tanskanen@edu.karelia.fi>]

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 8:49

Vastaanottaja: Minna Myllykoski

Aihe: Kuvien käyttöoikeus

Huomenta!
Tiedustelen oikeutta käyttää kuvianne maalämpöjärjestelmän toimintaperiaatteesta ja kaukolämmön kytkentäkaaviosta opinnäytetyössäni. Kuvat löytyvät ww - osoitteesta

<http://www.ymparistoosaava.fi/kiinteistonhoitoala/index.php?k=22532>

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen
050 493 5867
Karelia - ammattikorkeakoulu

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

3.5.2014

VS: Kuvan käyttöoikeus

VS: Kuvan käyttöoikeus

Tanskanen Riikka-Mari

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 10:22

Vastaanottaja: Oesch Pia [Pia.Oesch@energia.fi]

Kiitos!
Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen

 Lähettäjä: Oesch Pia [Pia.Oesch@energia.fi]

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 10:18

Vastaanottaja: Tanskanen Riikka-Mari

Aihe: VS: Kuvan käyttöoikeus

Hienoa! Asia siis kunnossa:-) Onnea työllesi.

- Pia

 Lähettäjä: Tanskanen Riikka-Mari

Lähetetty: 23.4.2014 10:13

Vastaanottaja: Oesch Pia

Aihe: VS: Kuvan käyttöoikeus

Kiitos vastauksesta!
Kuvien yhteyteen tulee lähdeviitteeksi Energiateollisuus ry. Myös lähdeluetteloon tulee kattavat lähdemerkinnät kuviin liittyen. Kuvien tarkkuus on riittävä.

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen

 Lähettäjä: Oesch Pia [Pia.Oesch@energia.fi]

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 10:06

Vastaanottaja: Tanskanen Riikka-Mari

Kopio: Kortelainen Jukka

Aihe: VS: Kuvan käyttöoikeus

Hei,

Kiitos yhteydenotostasi. Kuvaa saa käyttää, kun mainitsee lähteen (Energiateollisuus ry). Riittääkö kuvan tarkkuus työhösi?

Terveisin Pia Oesch

 Lähettäjä: Tanskanen Riikka-Mari

Lähetetty: 23.4.2014 9:33

Vastaanottaja: Oesch Pia

Aihe: Kuvan käyttöoikeus

Hyvää huomenta!
Tiedustelen oikeutta käyttää kuviotanne Sähkön tuotanto energialähteittäin 2013 opinnäytetyössäni. Kuvio löytyy www - osoitteesta

<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/sahkontuotanto>

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen
050 493 5867
Karelia - ammattikorkeakoulu

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

3.5.2014

VS: Karttojen käyttöoikeus

VS: Karttojen käyttöoikeus

Lehikoinen Harri K.

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 10:15

Vastaanottaja: Tanskanen Riikka-Mari

Hei!

Voit käyttää koostamiani kuvia.

- Harri Lehikoinen

Lähetäjä: Tanskanen Riikka-Mari

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 10:04

Vastaanottaja: Lehikoinen Harri K.

Aihe: Karttojen käyttöoikeus

Huomenta!

Tiedustelen oikeutta käyttää tekemiäsi maaperäkarttaa sekä kallioperäkarttaa opinnäytetyössäni.

Ystävällisin terveisin

Riikka Tanskanen

Karelia - ammattikorkeakoulu

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

3.5.2014

VS: Kuvion käyttöoikeus

VS: Kuvion käyttöoikeus

Tanskanen Riikka-Mari

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 13:35

Vastaanottaja: Asiakaspalvelu [asiakaspalvelu@pks.fi]

Kiitos vastauksestasi!
Hyvää kevään jatkoa teillekin!

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen

Lähetetty: Tapanen Tiina [Tiina.Tapanen@pks.fi] käyttäjän
Asiakaspalvelu [asiakaspalvelu@pks.fi] puolesta
Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 13:02
Vastaanottaja: Tanskanen Riikka-Mari
Aihe: VS: Kuvion käyttöoikeus

Hei!

Kiitos yhteydenotostasi.

Voit toki käyttää kuviota opinnäytetyössäsi.

Hyvää kevään jatkoa ja opiskeluintoa toivotellen

Tiina Tapanen

--

Tiina Tapanen
palveluvastaava
Asiakaspalvelu
Pohjois-Karjalan Sähkö Oy
PL 141, 80101 Joensuu
puh. 0800 98093
asiakaspalvelu@pks.fi
www.pks.fi

-----Alkuperäinen viesti-----

Lähetetty: Tanskanen Riikka-Mari [<mailto:Riikka-Mari.Tanskanen@edu.karelia.fi>]

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 9:40

Vastaanottaja: Asiakaspalvelu

Aihe: Kuvion käyttöoikeus

Huomenta!
Tiedustelen oikeutta käyttää kuviotanne Pohjois - Karjalan Sähkö Oy:n myymän sähköenergian alkuperä vuonna 2012 opinnäytetyössäni. Kuvio löytyy www - osoitteesta

<http://www.pks.fi/sahkon-alkupera>

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen
050 493 5867
Karelia - ammattikorkeakoulu

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

3.5.2014

VS: Kuvien käyttöoikeus

VS: Kuvien käyttöoikeus

Tanskanen Riikka-Mari

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 14:21

Vastaanottaja:Heli.Saijets@tem.fi

Kiitos viestistäsi!

Lähteet tulevat työssä näkyviin ja kuvien taustaoletukset ja rajoitukset otetaan huomioon.

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen

Lähtettäjä: Heli.Saijets@tem.fi [Heli.Saijets@tem.fi]

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 14:18

Vastaanottaja: Tanskanen Riikka-Mari

Aihe: VS: Kuvien käyttöoikeus

Riikka-Mari Tanskanen, hei,

Kiitos kysymästä, voit käyttää kuvia, lähde mainiten. Lisäksi on hyvä selittää (esim. alaviitteessä) raportin tekstissä mainitut varaukset/selitykset kuvien taustaoletuksista, rajoituksista yms.

Terveisin,
Heli Saijets

Heli Saijets

Neuvotteleva virkamies / Ministerial Adviser

Työ- ja elinkeinoministeriö, Energiatehokkuus- ja kasvu -ryhmä /

Ministry of Employment and the Economy, Energy efficiency and growth

Aleksanterinkatu 4, Helsinki, PL 32, 00023 Valtioneuvosto / P.O.Box 32, FIN-00023

Government

email: heli.saijets@tem.fi

GSM +358 50 396 0097

Tel. +358 29 504 7030

-----Alkuperäinen viesti-----

Lähtettäjä: Tanskanen Riikka-Mari [<mailto:Riikka-Mari.Tanskanen@edu.karelia.fi>]

Lähetetty: 23. huhtikuuta 2014 9:54

Vastaanottaja: Saijets Heli TEM

Aihe: Kuvien käyttöoikeus

Hyvää huomenta!

Tiedustelen oikeutta käyttää Työ- ja elinkeinoministeriön tutkimusraportin Kotitalouksien sähkönkäyttö vuonna 2011 kuvia 4 ja 5 opinnäytetyössäni. Kuvat löytyvät [www](http://www.tem.fi/files/35856/Kotitalouksien_sahkonkaytto_2011_raportti.pdf) - osoitteesta

http://www.tem.fi/files/35856/Kotitalouksien_sahkonkaytto_2011_raportti.pdf

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen
050 493 5867
Karelia - ammattikorkeakoulu

Kuvien ja kuvioiden käyttöoikeudet

3.5.2014

VS: Opinnäytetyö

VS: Opinnäytetyö

Tanskanen Riikka-Mari

Lähetetty: 26. huhtikuuta 2014 8:37

Vastaanottaja: Pönkkä Päivi [Paivi.Ponkka@Karttakeskus.fi]

Hei!

Kiitos vastauksestasi!
Teen ehdotuksesi mukaisesti.

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen

Lähettäjä: Pönkkä Päivi [Paivi.Ponkka@Karttakeskus.fi]

Lähetetty: 25. huhtikuuta 2014 15:43

Vastaanottaja: Tanskanen Riikka-Mari

Aihe: VS: Opinnäytetyö

Hei!

Kiitos vastauksesta. Jos siis kysymys on vain tästä yhdestä karttaotteesta (joka kopioidaan Oiva-palvelusta), emme peri siitä erillistä tekijänoikeuskorvausta. Mikäli opinnäytetyötä/karttaotetta haluat joskus julkaista enemmän määriin, pyydän ottamaan uudelleen yhteyttä.

Karttaan tai muuhun hyväksi katsomaasi paikkaan pyydän kirjoittamaan tekijänoikeusmerkinnän:
Pohjakartta © Karttakeskus Oy, Helsinki.

Sekä pyydän kirjoittamaan merkinnän yhteyteen, että kartta on kopioitu internetissä olevasta Oiva-palvelusta.

Hyvää kevään jatkoa!

t.Päivi

Ystävällisin terveisin
Päivi Pönkkä
Karttakeskus Oy

-----Alkuperäinen viesti-----

Lähettäjä: Tanskanen Riikka-Mari [<mailto:Riikka-Mari.Tanskanen@edu.karelia.fi>]

Lähetetty: 25. huhtikuuta 2014 14:34

Vastaanottaja: Pönkkä Päivi

Aihe: VS: Opinnäytetyö

Hei!

Opinnäytetyö julkaistaan netissä opinnäytetöiden tietokannassa. Se on kaikkien luettavissa ilmaiseksi. Opinnäytetyön tekijät voivat teettää itselleen työstä kansitetun version omakustanteisesti. Kuvia ei tulla siis käyttämään työssä, jota myydään.

Ystävällisin terveisin
Riikka Tanskanen

Lähettäjä: Pönkkä Päivi [Paivi.Ponkka@Karttakeskus.fi]

Lähetetty: 25. huhtikuuta 2014 11:12

Vastaanottaja: Tanskanen Riikka-Mari

Aihe: Opinnäytetyö

Hei!