

OMAKOTITALON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN MUUTOS

Vähä Sakari

Opinnäytetyö

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

2019

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Sakari Vähä	Vuosi	2019
Ohjaaja	Maria Tikka		
Toimeksiantaja	Kiinteistön omistaja		
Työn nimi	Omakotitalon lämmitysjärjestelmän muutos		
Sivu- ja liitesivumäärä	42 + 5		

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää vaihtoehtoja lämmitysenergian lähteeksi toimeksiantajan omakotitalossa. Tavoitteena oli löytää investoinniltaan ja käyttökustannuksiltaan kohteeseen parhaiten sopiva järjestelmä.

Työssä etsittiin tietoa lämmitysjärjestelmistä, niiden toiminnasta ja ominaisuuksista. Työssä käsiteltiin ja perehdyttiin sähkölämmitys-, ilma-vesilämpö-, maalämpö-, poistoilmalämpö-, kaukolämpö- ja aurinkolämpövaihtoehtoihin ja -muotoihin. Opinnäytetyössä selvitettiin myös lämmön tarvetta, järjestelmien kustannuksia ja elinkaarta.

Opinnäytetyön toimeksiantajan omakotitalokohteeseen parhaiten sopivista järjestelmistä vertailtaviksi valittiin sähkölämmitys, ilma-vesilämpö ja maalämpö.

Tutkittavana olevaan kohteeseen valikoitui investointi-, takaisinmaksu- ja käyttökustannuksiltaan parhaiten sopivaksi lämmitysjärjestelmäksi maalämpö.

Avainsanat lämmitysjärjestelmä, lämmitysjärjestelmän saneeraus,
kustannusvertailu ja takaisinmaksuaika

Degree Programme in Civil
Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Sakari Vähä	Year	2019
Supervisor	Maria Tikka		
Commissioned by	Property owner		
Subject of thesis	Renovating the Heating System of a Detached House		
Number of pages	42 + 5		

The aim of this thesis was to find alternative sources of heating energy in the commissioner's private home. The aim was to find the most suitable system in terms of the investment and the operating costs.

Information was searched on heating systems, their operation and properties. The alternatives and forms of electricity, air-to-water heating, geothermal heating, exhaust air heating, district heating and solar heating were dealt with and studied. The thesis also investigated the need for heat, the cost of the systems and the life cycle.

Electricity, air-to-water and geothermal energy were selected for the commissioner's detached as the most suitable system. Geothermal energy was selected as the most suitable heating system in terms of the investment, repayment and operating costs for the detached house studied in this thesis.

Key words

heating system, heating system renovation,
cost comparison and repayment

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	8
2 KOHTEEN ESITTELY JA PERUSTIEDOT	9
3 ENERGIANKULUTUS KOTITALOUKSISSA	11
3.1 Kotitalouksien energian jakautuminen	11
3.2 Lämmitys	11
3.3 Taloussähkö	12
3.4 Lämminvesi.....	12
4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT	13
4.1 Yleistä	13
4.2 Sähkölämmitys	13
4.2.1 Suorasähkölajit	13
4.2.2 Vesikiertoinenjärjestelmä	14
4.3 Ilmalämpöpumppu	15
4.4 Ilma-vesilämpöpumppu	16
4.5 Poistoilmalämpöpumppu.....	17
4.6 Maalämpö	19
4.7 Aurinkolämpö	21
4.8 Öljylämmitys	23
4.9 Kaukolämpö	24
4.10 Puulämmitys	25
5 LÄHTÖTIETOJEN MÄÄRITYS	26
5.1 Energiankulutus	26
5.1.1 Kokonaisenergiantarve.....	26
5.1.2 Lämminvesi	27
5.1.3 Taloussähkö	30
5.1.4 Lämmitysenergia	30
5.2 Kulutuksen normitus	30
6 VERTAILTAVAT JÄRJESTELMÄT	32
6.1 Lämmitysjärjestelmien vertailu	32
6.1.1 Nykyinen sähkölämmitys	32
6.1.2 Maalämpö	34

6.1.3	Ulkoilma-vesilämpöpumppu UVLP	35
6.2	Lämmitysjärjestelmien vertailu laskenta.....	36
7	POHDINTA	38
	LÄHTEET	39
	LIITTEET	43

ALKUSANAT

Haluan kiittää perhettäni tuesta, jonka olette antaneet minulle opiskeluuni ja opinnäytetyöhön liittyen. Olette ottanut huomioon opiskelujeni vaatiman ajan ja vaatimukset. Lisäksi haluan lausua erityiset kiitokset Tommille, työnantajalleni ja esimiehelleni, mahdollisuudesta opiskeluun työn ohessa. Kiitän myös opinnäytetyön toimeksiantajia Samu K ja Mirva K alkutiedoista ja mahdollisuudesta toteuttaa opinnäytetyö.

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

COP	Coefficient of Performance
ILP	Ilmalämpöpumppu
MLP	Maalämpöpumppu
PILP	Poistoilmalämpöpumppu
SCOP	Season Coefficient of performance
SPF	Seasonal Performance Factor

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tutkitaan ja vertaillaan vuonna 1976 rakennetun omakotitalon lämmitysjärjestelmän remonttia/vaihtoa ja vertaillaan vaihtoehtoja tämänpäiväisen tiedon ja kannattavuuden perusteella.

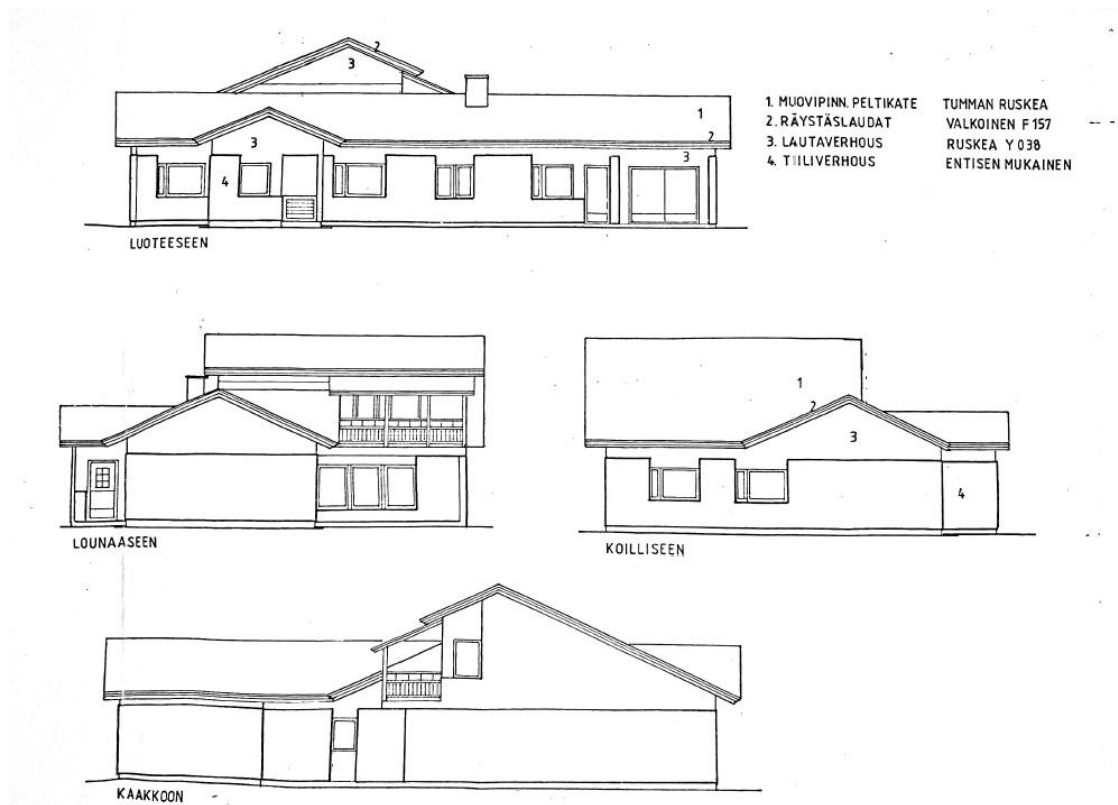
Kiinteistöön on tehty remonteja ja laajennus vuonna 2002 ja silloin käytöstä on poistettu öljykattila ja jätetty suoralla sähköllä toimiva varaaja käyttöön. Lämmönjako tapahtuu vesikiertoisella patterijärjestelmällä.

Vertailuna laaditaan teoreettiset laskelmat todellisten kulutustietojen pohjalta. Vertailun tavoitteena on saada selville todellisen investoinnin mahdollistava suunnitelma.

Toimeksi antajana toimii kiinteistön omistaja.

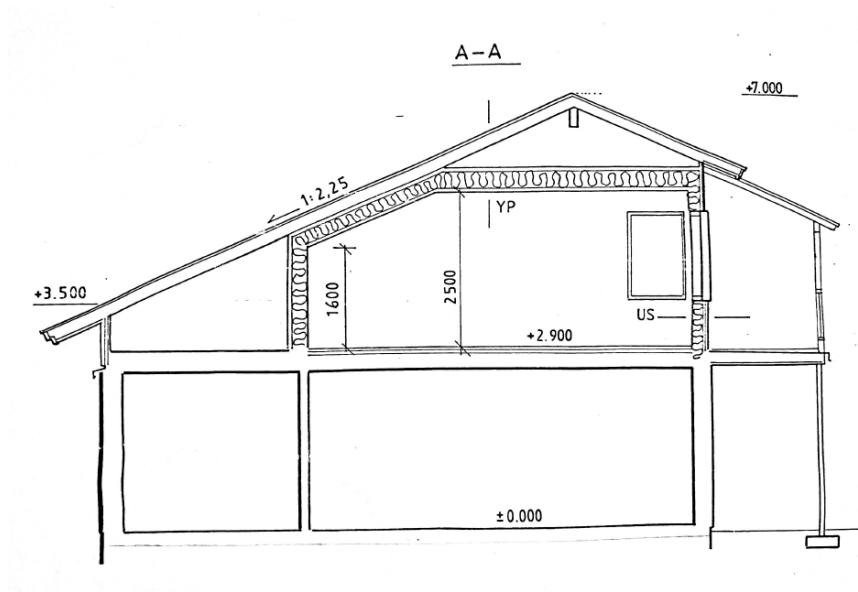
2 KOHTEEN ESITTELY JA PERUSTIEDOT

Opinnäytetyössä tarkasteltava kohde sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla Oulun lähistöllä. Kiinteistö sijaitsee omalla 2500 m²:n tontilla. Kohde (kuvio 1) on rakennettu vuonna 1976 ja se on tyypillinen 70-luvulla rakennettu täystiilitalo loivalla pulpettikatolla.



Kuvio 1. Julkisivukuvat (Korpela 2000)

Rakennuksen kerrosala on n. 210 m² ja tilavuus 627 m³. Kohde on hyvin pidetty ja hyväkuntoinen. Kohteeseen on tehty isompi remontti 2002, jolloin tasakatto muutettiin harjakatoksi ja L-mallisen talon toiseen osaan tehtiin kehäristikkorakenteella toinen kerros (kuvio 2).



Kuvio 2. Leikkauskuva (Korpela 2000)

Rakennuksessa on sähkölämmitys ja koneellinen ilmanvaihto. Vuonna 2002 remontin yhteydessä poistettiin öljykattila ja se korvattiin 2500 litran vesivaraajalla. Lämmitysjärjestelmän vesikiertoiset patterit ovat alkuperäisiä paitsi toisen kerroksen laajennuksen vesipatterit. Samassa remontissa kohteeseen asennettiin myös tulisija.

3 ENERGIANKULUTUS KOTITALOUKSISSA

3.1 Kotitalouksien energian jakautuminen

Kotitalouksien energiankulutus jakautuu pääsääntöisesti lämmityksen, taloussähkön ja lämpimän käyttöveden suhteen (Kuvio 3). Asuminen kuluttaa aina sähköä ja energiaa. Kulutettu energian määrä riippuu useista eri tekijöistä kuten asuimuodosta, lämmitystavasta, asukasmäärästä sekä käyttötottumuksista. (Vattenfall 2019a.)



Kuvio 3. Sähkönkulutuksen jakautuminen (Vattenfall 2019a)

3.2 Lämmitys

Lämmitykseen kuluu noin puolet kotitalouksien energiasta. Se on suurin yksittäinen kuluerä kotitalouksissa. Lämmitysenergia jakaantuu yleensä rakennuksen johtumishäviön, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden kesken likimain yhtä suuriin osiin. (Tampereen sähkölaitos 2018.)

Johtumishäviö on rakennuksen rakenteiden eli seinien, kattojen, ikkunoiden, alapohjan yms. läpi siirtynyttä lämpöä. Tähän vaikuttaa rakenneratkaisut, ilmatiiveys ja lämpötilaerot sisä- ja ulkotilojen välillä. Ilmanvaihdolla on myös iso merkitys

energiankulutuksessa. Lämmöntalteenotolla varustetulla ilmanvaihtokoneella voi energian säästö olla 50 % verrattuna poistoilmanvaihtoon. (Tampereen sähkölaitos 2018)

3.3 Taloussähkö

Taloussähkö pitää sisällään pääpiirteittäin kylmälaitteiden, valaistuksen, ruuanvalmistuksen, pyykinpesun ja kodin elektroniikan käyttämän energian. Osa sähkölaitteiden käyttämästä sähköstä muuttuu lämpöenergiaksi.

3.4 Lämminvesi

Pientaloissa keskimääräinen vedenkulutus on n. 140 l/asukas/vrk. Kulutus tottumuksissa on isoja eroja ja määrät voivat vaihdella 60–270 l/asukas/vrk. Lämpimän käyttöveden osuus on noin 40% käytetystä vedestä. Veden lämmitys ei ole riippuvainen ulkolämpötiloista, joten se erotetaan normitettavasta lämmitysenergiankulutuksesta. Käyttöveden tarvitsema energian määrä riippuu myös lämpimän vedenkiertojohtoon lämpöhäviöistä, jotka voivat olla usein merkittäviä. (Motiva 2019a).

4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

4.1 Yleistä

Lämmitysjärjestelmällä on hyvin keskeinen vaikutus käyttökustannuksiin ja asumismukavuuteen. Lämmitysjärjestelmien vaihtoehtoja on useita ja valintaperusteita ovat ekologisuus, polttoaineen ja energian hinta, helppohoitoisuus, investointi- ja käyttökustannukset sekä tilantarve. Lämmitysjärjestelmä jaetaan toiminnallisesti eri osiin, joita ovat lämmönkehityslaitteet, lämmön varastointi, lämmönjakojärjestelmiin ja säätö- ja ohjauslaitteisiin. Järjestelmää valittaessa on otettava huomioon investoinnin suuruus, rakennuspaikan vaikutus ja mahdollisuudet sekä järjestelmien ominaisuudet ja vaatimukset. (Energiatehokaskoti 2018.)

4.2 Sähkölämmitys

Sähkölämmitys on mahdollista toteuttaa suorasähköjärjestelmällä tai vesikiertoisella patteri-/lattialämmityksellä. Patteri/lattialämmityksessä veden lämmitykseen käytetään erillistä sähkövastuksilla varustettua varaajaa. Sähkölämmitys yleisesti ei vaadi korkeita alkuinvestointeja, eikä siinä ole kuluvia osia. Sähkölämmitys on turvallinen ympäristölle ja se on myös jäätymätön. (Vattenfall 2019.)

4.2.1 Suorasähköjärjestelmät

Suorasähköjärjestelmästä käytetään myös nimitystä huonekohtainen sähkölämmitys. Järjestelmässä voi olla sähköpatterit tai lämmitysvastuskaapelit lattiassa. Tämän järjestelmän etuja ovat nopea reagointi ja tarkka lämpötilansäätö sekä korkea vuosihyötysuhde. Lämpötilan säätö tapahtuu seinässä tai patterissa olevasta termostaatista. Suorasähkölämmitys on hyvin usein vara- tai lisälämmityksenä riippumatta päälämmitysmuodosta. (Energiatehokas koti 2017a.)

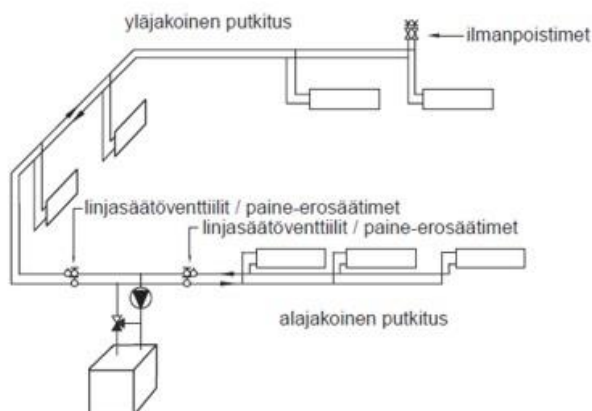
4.2.2 Vesikiertoinen järjestelmä

Vesikiertoinen sähkölämmitysjärjestelmä toteutetaan joko vesikiertoisella lattialämmitysputkistolla (kuvio 4) tai vesikiertoisella patterijärjestelmällä. Vesi lämmitetään varaajassa sähköllä.



Kuvio 4. Vesikiertoinen lattialämmitysputkisto (Vähä 2018)

Patterilämmitys on perinteinen toteutustapa (kuvio 5), joka oli hyvin yleinen 1990-lukua ennen valmistuneissa taloissa. Tämän päivän sähkön hinnalla se ei ole taloudellisesti kannattava päälämmitysmuotona. Lämmönsäätö tapahtuu huonekohtaisesti patterissa olevasta termostaatista. (Motiva 2017a.)



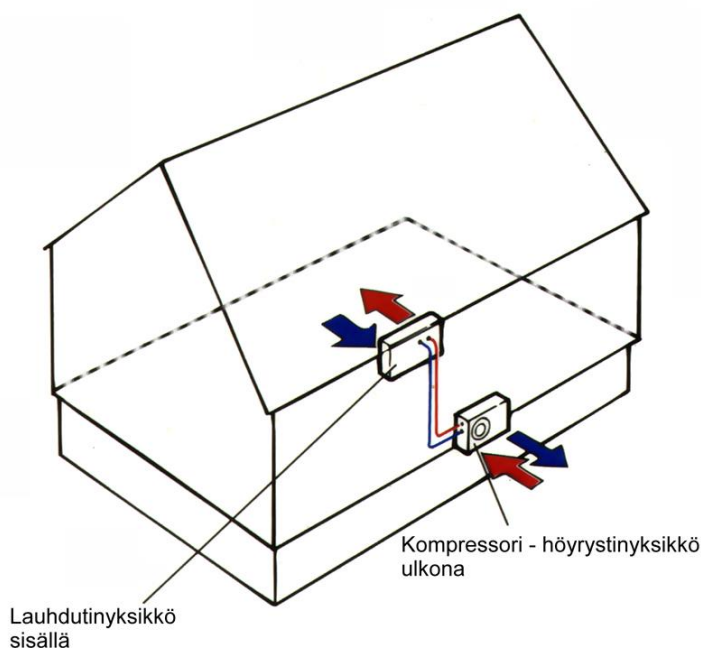
Kuvio 5. Vesikiertoinen patterijärjestelmä (Rakennustieto 2002)

Vesikiertoinen lattialämmitys on asumisviihtyvyyden kannalta mukavampi. Lämmönsäädöltään se reagoi hitaammin kuin patterilämmitys, koska se varaa lämpöä betonilaattaan. Järjestelmä sopii kaikkiin tiloihin ja käytettäväksi kaikkien pintamateriaalien kanssa. Lämmönsäätö tapahtuu huonekohtaisesti termostaatti ohjattuna. (Vattenfall 2019.)

4.3 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu (ILP) on seinään asennettava lämpöpumppu, joka koostuu sisä- ja ulkoyksiköstä (kuvio 6). Yksiköiden välillä kiertää kylmäaine. Kylmäaine höyrystetään ulkoyksikössä ja höyrystyessään se sitoo tehokkaasti lämpöenergiaa. Sitten kylmäaine siirretään sisäyksikölle ja se nesteytetään, jolloin se luovuttaa lämpöenergiaa lauhdutinyksikön kautta sisätiloihin. Prosessin pyörittämiseen tarvitaan vain noin viidesosa sähköenergiaa verrattuna sen antamaan lämpöenergiaan. (Scanoffice 2018.)

Ilmalämpöpumppu soveltuu lähes kaikkiin taloihin. Se on helppo asennettava eikä vaadi monimutkaisia ratkaisuja rakenteissa. Ilmalämpöpumpput hankitaan usein tukemaan esimerkiksi öljy- ja sähkölämmitystä. (Scanoffice 2018.)



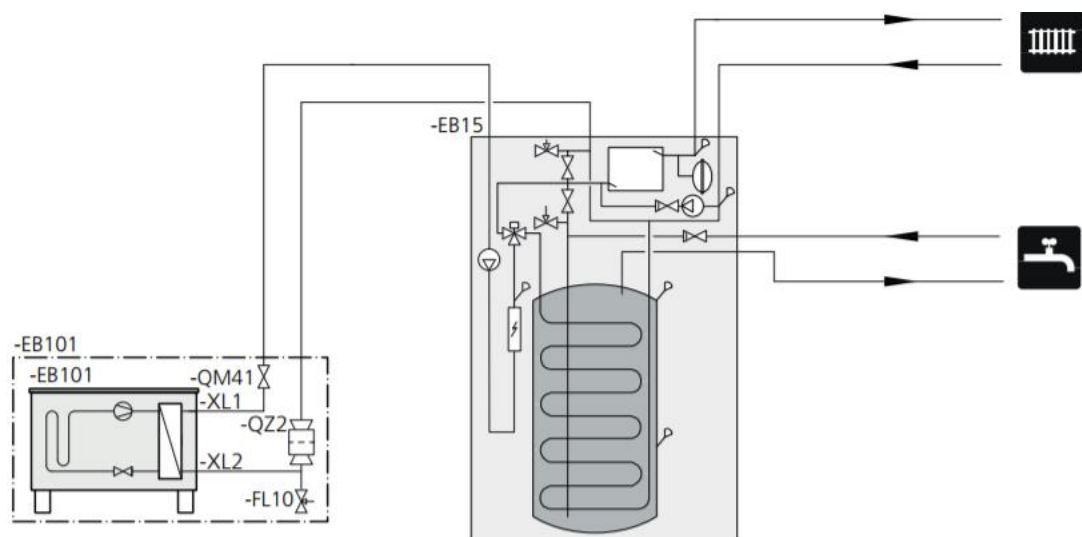
Kuvio 6. Ilmalämpöpumppu (Suomen lämpöpumppuyhdistys 2019a)

Ilmalämpöpumppujen lämpökerroin COP-arvo (Coefficient Of Performance) standardin EN 14511 mukaisesti $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$:n ulkolämpötilassa ei kerro paljoakaan laitteen tehokkuudesta pohjoisissa olosuhteissa. Suomessa lämmityskausi alkaa noin $+12\sim+15\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa ja pumpun tulee toimia ja lämmittää myös $-25\sim-30\text{ }^{\circ}\text{C}$:n lämpötiloissa. (Scanoffice 2018.)

Ilmalämpöpumpun vuosihyötysuhde eli SCOP (Season Coefficient of Performance) kertoo koko lämmityskauden hyötysuhteen eli tiedetään tarkemmin laitteen oikea hyötysuhde markkina-alueella. EN 14825 on SCOP-luvun standardi. (Suutari 2018.)

4.4 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu (UVPL) ottaa ilmalämpöpumpun tavoin energiaa ulkoilmasta. Toimintaperiaate (kuvio 7) on saman tapainen kuin ilmalämpöpumpussa, paitsi lämmitysenergia siirtyy vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään ilman sijaan. (Motiva 2019b.)



EB15 Sisäyksikkö (VVM 320)

EB101 Lämpöpumppu (F2120)

FL10 Varoventtiili, lämpöpumppu

QM41 Sulkuventtiili

QZ2 Suodatinpalloventtiili

XL1 Liitäntä, lämmitysvesi F2120 -lämpöpumpusta

XL2 Liitäntä, lämmitysvesi F2120 -lämpöpumppuun

Kuvio 7. Ilma-vesilämpöpumppu (Mr.LVI 2019)

Ilma-vesilämpöpumppu on varteenotettava vaihtoehto silloin, kun ei voida tehdä maalämpöpumpun vaatimaa lämpökaivoa tai vaakaputkistoa. Investointina UVLP on maalämpöpumppua halvempi. UVLP antaa vähemmän ilmaisenergiaa kuin maalämpö. Ilma-vesilämpöpumppuja on pääasiassa kahta tyyppiä; split- ja monoblocklaitteita. Split-laitteistossa kylmäkoneisto on jaettu sisä- ja ulkoyksiköön, joiden välillä kiertää kylmäaine. Monoblock-laitteistossa on kaikki tekniikka ainoastaan ulkoyksikössä. Laite voidaan kytkeä suoraan olemassa oleviin lämmitysjärjestelmiin esimerkiksi öljykattilan rinnalle. (Motiva 2019b.)

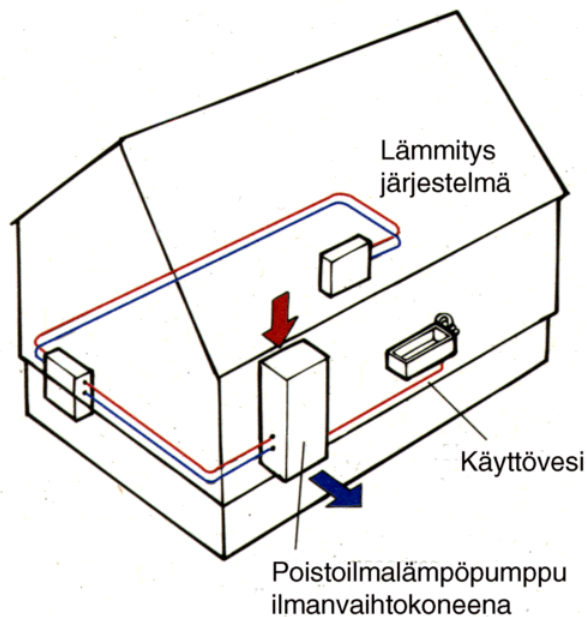
Ilma-vesilämpöpumpun korkea menoveden lämpötila alentaa pumpun antamaa tehoa ja hyötysuhdetta. Tämän vuoksi lattialämmitys on patterilämmitystä parempi ja sopivampi lämmönjakomuoto ilma-vesilämpöpumpun kanssa, koska lattialämmityksessä menoveden lämpötila on huomattavasti matalampi kuin patteriverkostossa. Markkinoilta löytyy myös kahden kompressorin malleja. Kompresoreilla on eri kylmäaineet ja lämpötila-alueet. Näillä päästään yli 70 asteen lämpötilaan. Lämpöpumpun lämpökerroin ja antoteho heikkenevät selvästi kovilla pakkasilla (-20–30 C°:ssa). (Motiva 2019b.)

Vuotuinen energiankulutus ja lämmityksen ja käyttöveden tarvitsema huipputeho on lähtökohtana mitoitettaessa lämpöpumppua. Pumpun antama teho on noin 50 prosenttia pienempi -20 C°:ssa kuin +7 C°:ssa. Mikäli pumppu on mitoitettu liian pieneksi, nousee sähkövastuksen osuus vuotuisessa käytössä tarpeettoman suureksi huolimatta laitteen korkeasta hyötysuhteesta. Sähkölämmityksen tutkimusohjelman Elvarin mukaan kohteissa, joissa vaihdettiin lämmitysmuotoa, vuosilämpökertoimet vaihtelivat 1,4–2,7 välillä. Kylmissä olosuhteissa laitteisto voi sammuttaa itsensä, joten laitteessa on oltava lämmitys- ja käyttövedenlämmitystä varten tehoiltaan yhtä suuri teho kuin itse pumpussa. (Motiva 2019b.)

4.5 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu (PILP) ottaa energiaa rakennuksesta poistettavasta ilmasta. Yleisesti pumppu siirtää energiaa tuloilmaan, käyttöveteen tai vesikiertoi-

seen lämmitysjärjestelmään (kuvio 8). Samalla järjestelmällä voidaan myös viilentää rakennukseen tulevaa tuloilmaa. Laitteistolla huolehditaan myös ilmanvaihdosta, huonetilojen lämmityksestä ja lämpimän käyttöveden tuottamisesta. Pumppu tuottaa tehoa noin 2–3 kW eli aina samalla teholla vuodenajasta riippumatta, koska poistoilman lämpötila on hyvin vakio eli noin 21 C°. (Suomen Lämpöpumppuyhdistys 2019b.)



Kuvio 8. Poistoilmalämpöpumppu (Suomen Lämpöpumppuyhdistys 2019b)

Poistoilmalämpöpumpuilla ei saada tuotettua kaikkia rakennuksen tarvitsemaa energiaa. PILP:lla saavutetaan ostoenergiasta noin 40 %:n säästö suoraan sähkölämmitykseen verrattuna. Poistoilmalämpöpumpun hankintahinta on huomattavasti matalampi kuin maa- tai ilmavesilämpöpumpun. PILP soveltuu hyvin pie-nehköihin omakotitaloihin. Pumppu kokonaisuudessa on helppohoitoinen, huol-loksi riittää lähinnä suodattimien puhdistus/vaihto. (Suomen Lämpöpumppuyh-distys 2019b.)

4.6 Maalämpö

Maalämpöpumppu (MLP) kerää aurinkolämpöä, joka on varastoitunut maaperään, kallioon tai veteen. Syvimmistä lämpökaivoista saadaan maapallon ytimestä kallioon johtuvaa fissioenergiaa ja lämpimistä pohjavirtauksista saadaan myös energiaa. (Motiva 2019c.)

Lämpökaivon keruuputkistot voidaan toteuttaa kuvion 9 osoittamilla tavoilla. Suurin osa maalämpökohteista tehdään lämpökaivoilla, erityisesti Etelä-Suomessa, missä lämpökaivojen osuus on noin 80%. Lämpökaivo on 115–165 mm:ä halkaisijaltaan oleva kaivo, johon keruuputkisto asennetaan. Putkistossa kiertää 30-prosenttinen bioetanoliliuos, jonka jäätymispiste on $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kaivo on mahdollista tehdä hyvinkin pienelle tontille. (Motiva 2019c.)

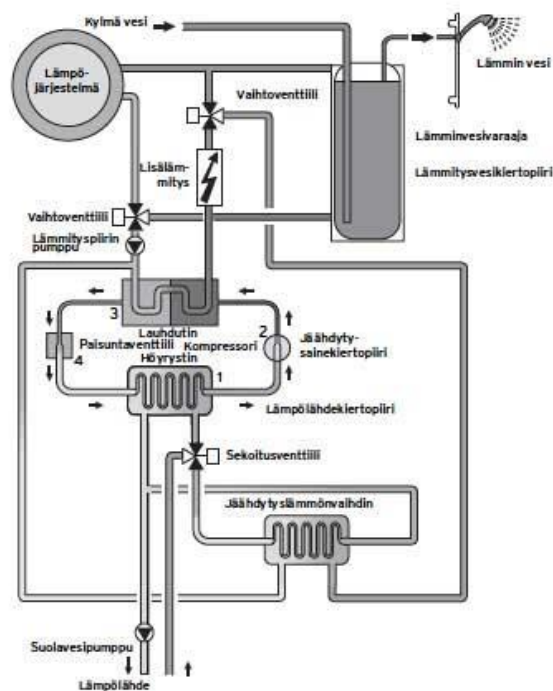


Kuvio 9. Maalämmön keruupiirit (Muurametalot 2019)

Lämpöenergiaa voidaan myös kerätä maahan asennettavalla vaakaputkistolla, joka kerää pintakerrokseen varastoitunutta auringon säteilemää lämpöenergiaa. Noin joka kolmas maalämpökohde toteuttaa keruupiirin vaakaputkistolla. Yleensä putkisto asennetaan metrin syvyyteen. Pohjois-Suomessa putkisto asennetaan hiukan syvemmälle. Vaakaetäisyys on oltava minimissään 1,5 metriä, mutta mieluummin enemmän. Vaakaputkisto on edullisin keruutapa. Kolmas vaihtoehto keruuputkistolle on upottaa se vesistöön esimerkiksi järveen, mereen tai virtaaviin

ojiin. Tätä toteutustapaa käytetään noin 5 prosentissa asennettavista keruupiireistä vuosittain. Putkisto ankkuroidaan painojen avulla pohjaan. Vesistöön asennetusta keruupiiristä voidaan ottaa suurempia energiamääriä kuin vastaavan pituisesta maahan kaivetusta vaakakeruupiiristä, koska veden lämmönsiirtokyky on parempi kuin maaperän. Tässä toteutustavassa on varmistettava, että veden lämpötila putken ympärillä ei laske alle $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$:n. Tämä aiheuttaa nostetta putkistoon ja vaaran, että putkisto nousee pintaan. Asennussyvyytenä on hyvä olla vähintään kaksi metriä, jotta vesi pääsee myös talvella vapaasti liikkumaan putkiston ympärillä. (Motiva 2019c.)

Maalämpöpumppu tarvitsee myös sähköä, jotta se pystyy tuottamaan energiaa. Noin kolmannes on sähköllä tuotettua energiaa ja loput maaperästä otettua energiaa. Kuviossa 10 nähdään maalämpöpumpun toimintaperiaate. Keruuputkiston neste lämpenee muutaman asteen kierrettyä putkistossa. Keruupiiristä saatava lämpöenergia höyrystää lämpöpumpussa kiertävän kylmäaineen. Kylmäaineen painetta nostetaan kompressorilla, jolloin myös lämpötila nousee. Lauhduttamassa kylmäaine lauhtuu nesteeksi luovuttaessaan lämpöä lämmitysjärjestelmään tai lämpimään käyttöveteen. (Motiva 2019c.)



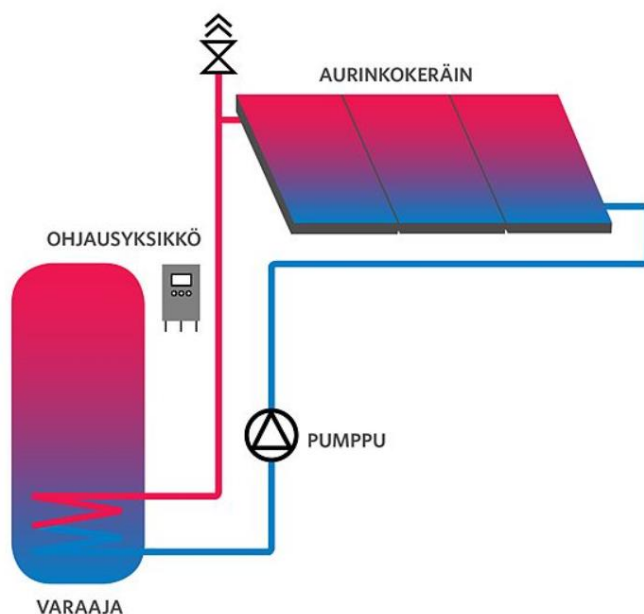
Kuvio 10. Maalämpöpumpun toimintaperiaate (Maalämpö.fi 2019)

Maalämpöpumppu mitoitetaan joko osa- tai täysitehoiseksi. Täysitehoisessa mitoituksessa kompressorit tuottaa laskennallisesti kaiken käyttöveden ja lämmitysjärjestelmän vaatiman energian ympäri vuoden ilman sähkövastuksia. Etuna on pienempi sulakekoko ja energiankulutukseltaan taloudellisin mitoitus tapa. Osatehomitoituksessa laskennallinen tehontarve on 60–80 prosenttia huipputehontarpeeseen verrattuna. Tällä mitoituksella tuotetaan 95–99 prosenttia vuotuisesta energiatarpeesta. Osatehomitoituksen loppu energiatarve tuotetaan vara- tai lisälämmitysvastuksella. Osatehomitoituksessa investoinnin takaisinmaksuaika on hieman lyhempi ja kompressorin kestoikä on pidempi. Huono puoli osatehomitoituksessa on huipputehon suurempi tarve. (Motiva 2019c.)

4.7 Aurinkolämpö

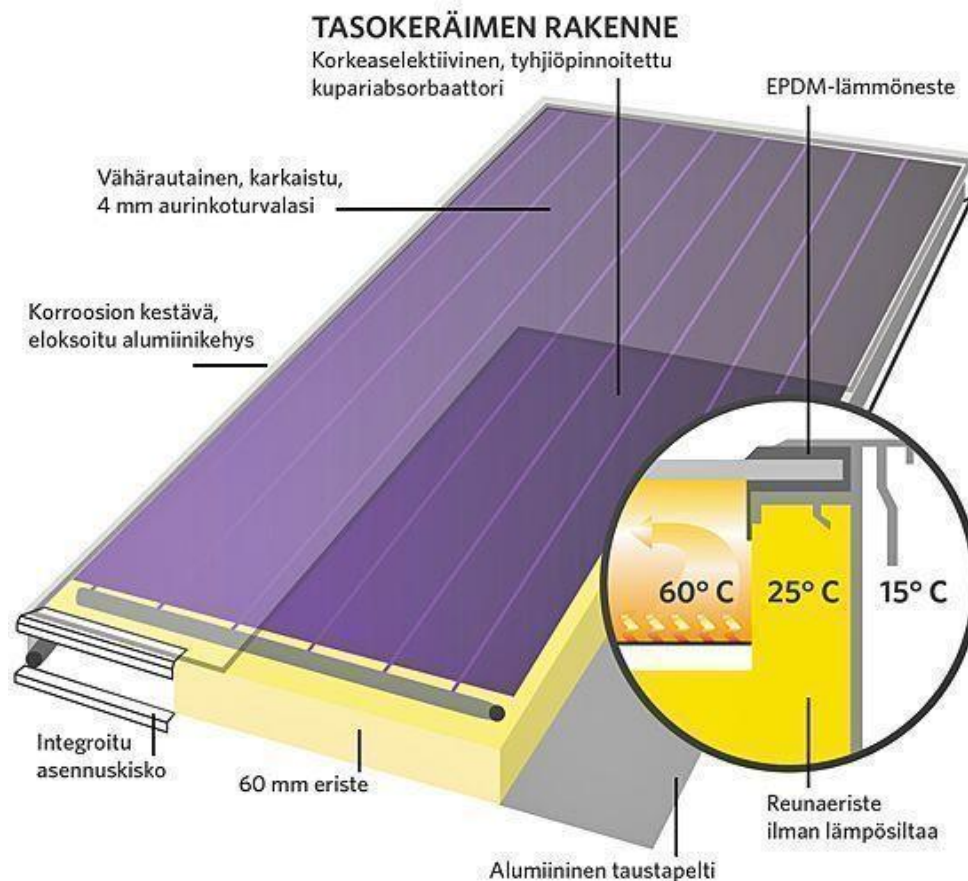
Aurinkolämmitysjärjestelmässä aurinkoenergia varastoidaan lämpövarastoon esimerkiksi varaajaan, josta se voidaan hyödyntää lämmityksessä ja lämpimänä käyttövetenä. Aurinkokeräimet muuttavat auringon säteilyn lämmöksi ja energia siirretään lämmönsiirtoaineen välityksellä eteenpäin lämpövarastoon. (Motiva 2019d.)

Aurinkolämpöjärjestelmä koostuu kuviossa 11 näkyvistä osista eli aurinkokeräimistä, siirtopumpuista ja lämpövaraajasta.



Kuvio 11. Aurinkolämpöjärjestelmän osat (Motiva 2019d)

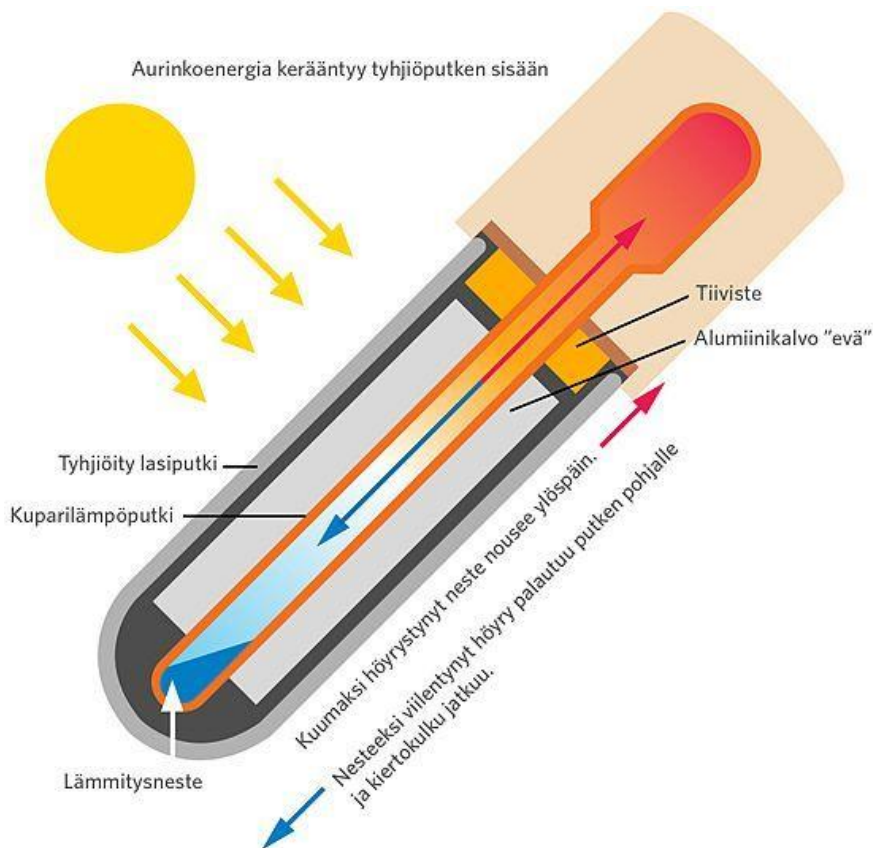
Aurinkokeräimet jaetaan pääosin taso- ja tyhjiöputkikeräimiin. Tasokeräimen rakenne on kuvattu kuviossa 12. Keräimissä neste kiertää eristetyssä kotelossa lasikatteen alla. Säteily kerätään tumman keräinelementin avulla. Tumma pinta imee itseensä siihen kohdistuvasta säteilystä energiaa ja kuumenee.



Kuvio 12. Tasokeräimen rakenne (Motiva 2019e)

Tyhjiöputkikeräimissä putkisto on sijoitettu lasiputken sisään tyhjiöön, joka toimii eristeenä. Tyhjiöputkista ilma on poistettu, joten johtumishäviöt vähenevät merkittävästi ja hyötysuhde pysyy parempana kylmissäkin toimintalämpötiloissa verrattuna tasokeräimiin. Lämpiminä vuodenaikoina lämmöntuotoissa ei ole suuria eroja taso- ja tyhjiökeräimien välillä. Tyhjiöputken toimintaperiaate on esitetty kuviossa 13. Heat pipe-tyyppisessä keräimessä auringonsäde läpäisee uloimman lasiputken ja kohdistuu sisempään lasiputkeen, joka on pinnoitettu tummalla lämpöä absorboivalla kalvolla. Lämpö johtuu tästä kupariputken sisällä helposti höyrystyvään nesteeseen. Höyrystynyt ja kuumentunut neste nousee ylös putken yläpäähän, jossa se tiivistyy takaisin nesteeksi ja luovuttaa lämmön jakotukissa

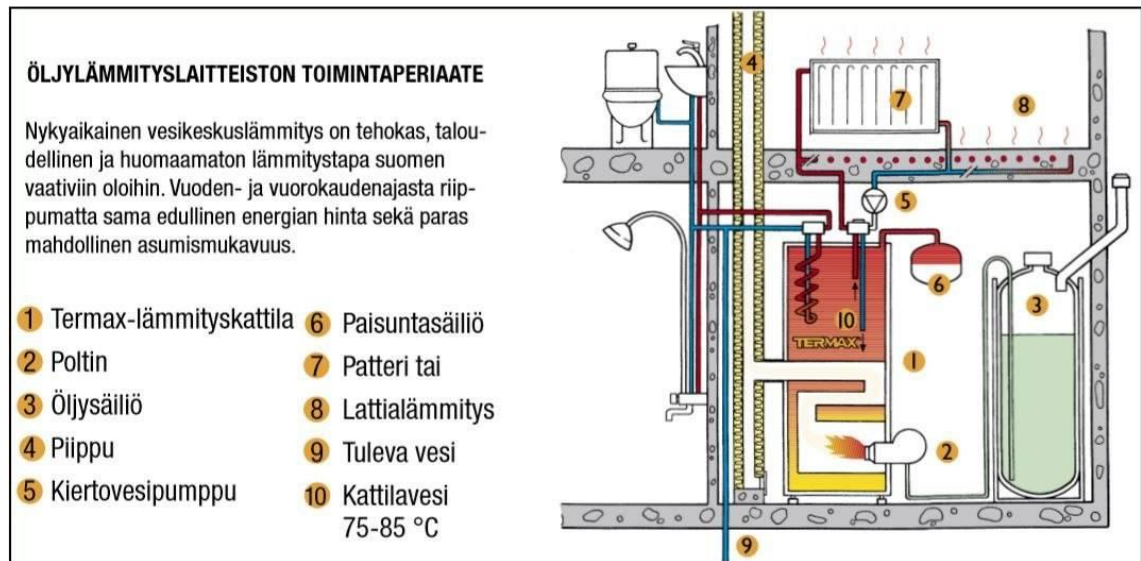
kiertävään nesteeseen. Tiivistynyt neste valuu takaisin putken alapäähän, jossa se uudelleen lämpenee ja höyrystyy. (Motiva 2019e).



Kuvio 13. Tyhjiöputken toimintaperiaate (Motiva 2019f)

4.8 Öljylämmitys

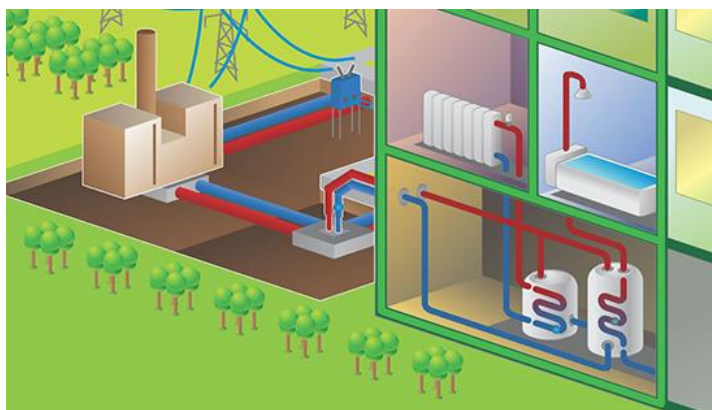
Tällä hetkellä öljylämmityksen osuus pientaloissa on pieni. Syynä tähän on öljynhinnan nousu ja vaihtelu. Öljylämmitysjärjestelmä sisältää öljykattilan, polttimeen, säätölaitteita ja öljysäiliön kuvion 14 mukaisesti. Järjestelmällä tuotetaan lämmityksen ja käyttöveden tarvitsema energia. Yleensä lämpö jaetaan vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä. Järjestelmässä polttoöljy poltetaan polttimessa ja syntynyt energia lämmittää johtumalla kattilan vesitilan. Kiertovesipumpulla lämminvesi siirretään putkistoa pitkin lattia- tai patterilämmitysverkostoon. Käyttövesi lämpenee myös vesitilan kierukassa, joten erillistä varaajaa ei tarvita. Öljylämmityskattiloiden hyötysuhde on noin 90–95 % eli erittäin hyvä. Myös öljylämmityskattiloissa on asennettuna sähkövastukset toimintahäiriöiden varalta. (Motiva 2017b).



Kuvio 14. Öljylämmityksen toimintaperiaate (Oy Termocal Ab 2019)

4.9 Kaukolämpö

Kaukolämpö on Suomessa yleisin lämmitysmuoto. Lämpö tuotetaan erillisissä lämpölaitoksissa tai yhteistuotantolaitoksissa. Yhteistuotannossa turbiinien tuottaessa sähköä otetaan syntyvä hukkalämpö käyttöön kaukolämpöverkkoon. Lämmönsiirtimellä lämpö siirretään kaukolämpöverkostosta kiinteistön omaan lämmitysjärjestelmään kuvion 15 mukaisesti. Kaukolämmön ja lämmitysjärjestelmän vesi ei sekoitu keskenään. Lämmönsiirtimien huolto- ja kunnossapitotarve on vähäinen ja käyttöikä 20–25 vuotta. (Oulun Energia 2019.)

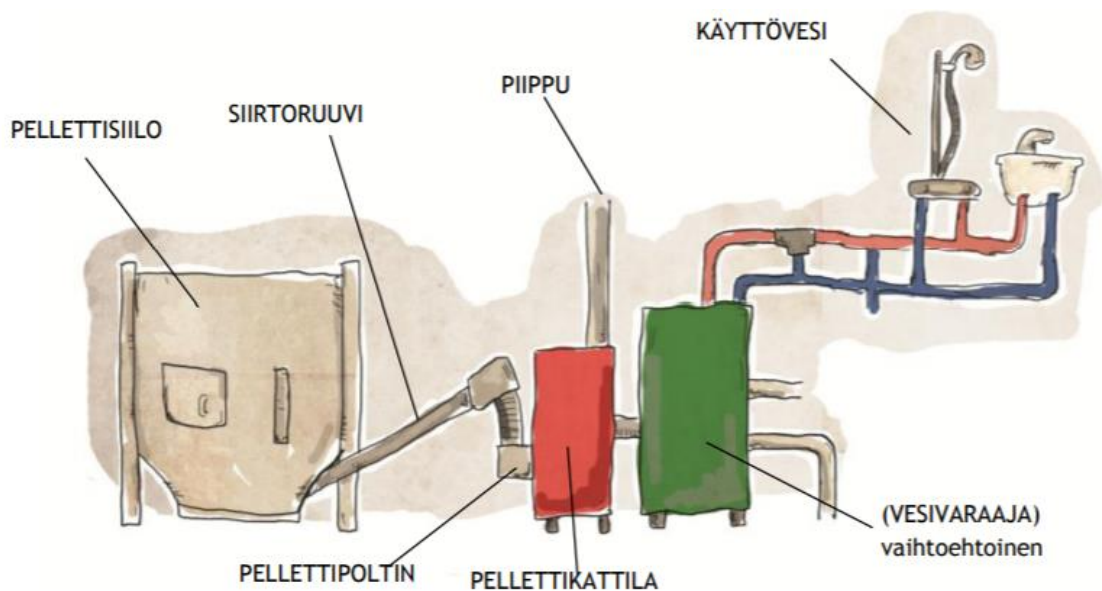


Kuvio 15. Lämmön siirto kaukolämpöverkossa (Oulun Energia Oy 2019)

4.10 Puulämmitys

Ympäristön kannalta puupolttoaineiden käyttö on hyvä vaihtoehto, koska poltto ei aiheuta hiilidioksidi- tai rikkipäästöjä. Laitteiston säätö ja huolto minimoi hiukaspäästöt. Lisäksi on huolehdittava, että polttoaine on riittävän kuivaa. Keskuslämmitysmuotoista puulämmitysjärjestelmää käytetään pääasiallisena lämmitysmuotona tai tukilämmitysmuotona. Näissä voidaan käyttää polttoaineena klapeja, halkoja, haketta, pellettiä ja yleensäkin kaikkia puupohjaisia polttoaineita. Lämmönjako on yleensä vesikiertoinen patteri- tai lattialämmitysjärjestelmä. Yleensä järjestelmässä on erillinen varaaja, johon lämpö varastoidaan. Tämä vähentää lämmityksen sitovuutta ja helpottaa käyttöä. (Energiatehokaskoti 2017b.)

Puukattilat jaetaan palotavan mukaisesti ylä-, ala- ja käänteispalokattilatyyppeihin. Myös öljyn kanssa rinnakkaispesäkattiloissa voidaan polttaa pellettejä ja pilkettä. Pelletti- ja hakejärjestelmässä (kuvio16) on automaattinen syöttöjärjestelmä tai siirtoruuvi polttoaineille. (Energiatehokaskoti 2017b.)



Kuvio 16. Pellettilämmityksen vaatima laitteisto ja toimintaperiaate (Oulunrakennusvalvonta 2013)

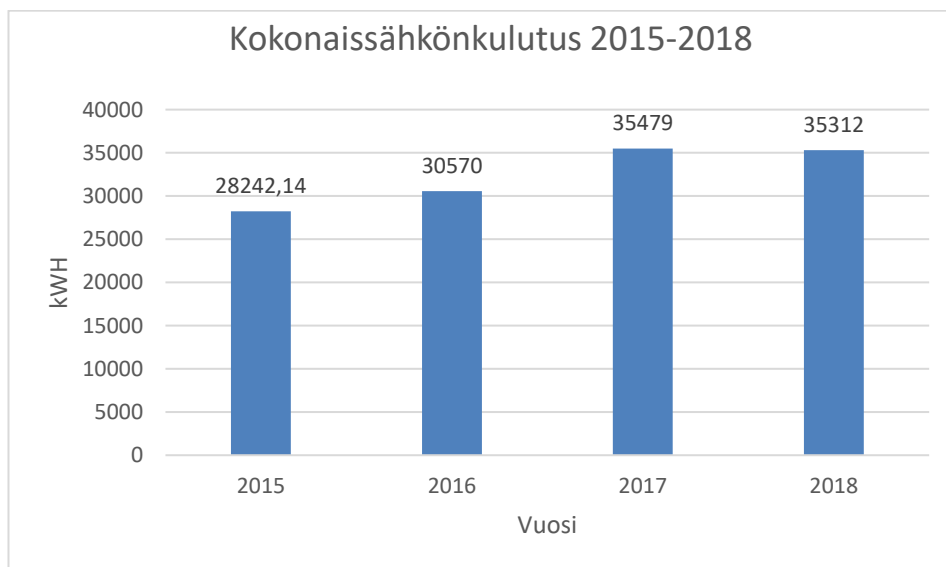
5 LÄHTÖTIETOJEN MÄÄRITYS

5.1 Energiankulutus

5.1.1 Kokonaisenergiantarve

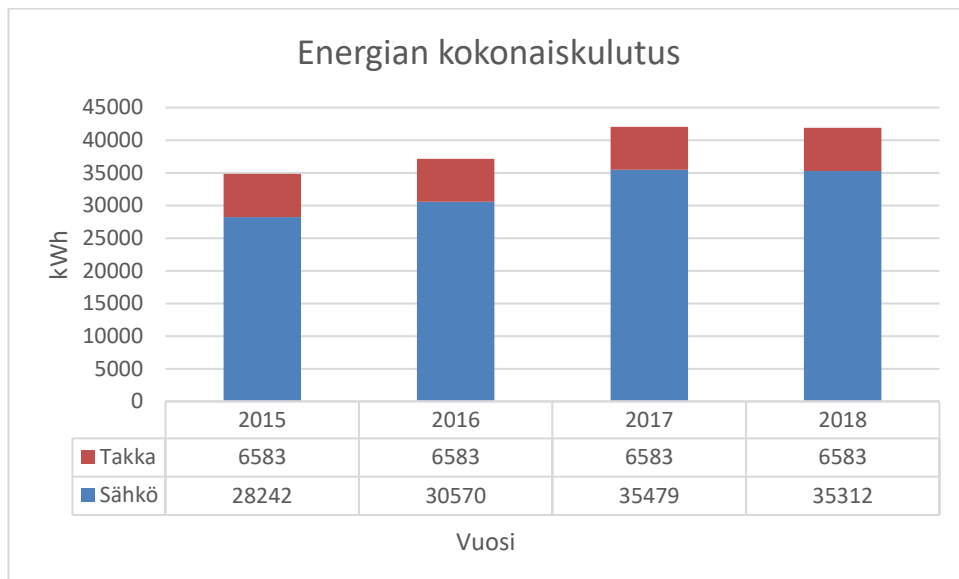
Kohteessa käytetty kokonaisenergia koostuu sähköstä ja polttopuusta. Sähkön kokonaiskulutus on vaihdellut vuosina 2015-2018 välillä 28242kWh-35479kWh taulukon 1 mukaisesti. Tämän ajanjakson vuotuiseksi keskiarvoksi saadaan 32400kWh.

Taulukko 1. Kokonaissähkönkulutus 2015-2018



Kiinteistössä on myös varaava takka, jossa poltetaan sekaklapia 5–7 p-m³ vuositain. Takan lämmitys ajoittuu kylmimpään kauteen välille joulukuu-maaliskuu. Sekapuun energiasisältö on 1330 kWh/p-m³ eli poltettu määrä antaa keskimäärin 7980kWh. Takkauunin hyötysuhde on 80–85 %, joten saatu energia on kokonaisuudessaan 6583 kWh. (Halkoliiteri 2019). Kokonaisenergian keskiarvoksi sisältäen taloussähkön saadaan 32400kWh + 6583kWh = 38983kWh. (Taulukko 2)

Taulukko 2. Kokonaisenergiantarve 2015-2018



5.1.2 Lämminvesi

Tarkasteltavassa kohteessa käyttöveden kulutus on ollut vuosittain noin 166m³/a. Erillistä lämpimänveden kulutusseurantaa kohteessa ei ole. Suomen rakentamismääräyskokoelman Energiatehokkuus - Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta -ohjeen mukaan voidaan laskelmissa käyttää lämpimän käyttöveden osuutena 40% kokonaiskulutuksesta, kun lähtötietoina on käyttöveden kokonaiskulutus eli 66,4m³.

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve saadaan laskettua kaavalla:

$$Q_{lkv,netto} = \rho_v * c_{pv} * V_{lkv} * (T_{lkv} - T_{kv})/3600 \quad (1)$$

missä

$Q_{lkv, netto}$	on	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve [kwh]
ρ_v	on	veden tiheys, 1000kg/m ³ [kg/m ³]
c_{pv}	on	veden ominaislämpökapasiteetti 4,2 [kJ/kgK]
V_{lkv}	on	lämpimän käyttövedenkulutus [m ³]
T_{lkv}	on	lämpimän käyttöveden lämpötila [K]

T_{kv} on kylmänveden lämpötila [K]
 3600 on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos
 kilowattitunneiksi [s/h]

$Q_{lkv, netto}$ on edellisellä kaavalla laskettuna:

$$Q_{lkv, netto} = 1000 \text{ kg/m}^3 * 4,2 \text{ kJ/kgK} * 66,4 \text{ m}^3/\text{a} * (55 - 5) \text{ K} / 3600 \text{ s/h}$$

$$Q_{lkv, netto} = 3873 \text{ kWh/a}$$

Lisäksi lämpimänveden tarvitsemaa kokonaisenergiaa laskettaessa tarvitaan lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde, joka saadaan taulukosta 3. Kohteessa ei ole lämpimän käyttövedenkiertoa ja putket ovat eristämättömiä, joten laskennassa käytetään $\eta_{lkv, siirto}$ arvoa 0,75.

Taulukko 3. Lämpimän käyttöveden siirron vuosihyötysuhde (Ympäristöministeriö. Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet, 44)

Rakennustyyppi	$\eta_{lkv, siirto}$				
	Kierto	Ei kiertoa			
		eristämätön	suoja-putkessa	eristetty, perustaso ¹⁾	eristetty, parempi ²⁾
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutilat	0,96	0,75	0,85	0,89	0,92
Asuinkerrostalo	0,97	0,76	0,86	0,90	0,94
Toimistorakennus	0,88	0,69	0,78	0,82	0,85
Liikerakennus	0,87	0,68	0,77	0,81	0,84
Majoitusliikerakennus	0,97	0,76	0,86	0,90	0,94
Opetusrakennus ja päiväkot	0,89	0,70	0,79	0,83	0,86
Liikuntahalli	0,98	0,77	0,87	0,91	0,95
Sairaala	0,94	0,74	0,84	0,88	0,91

Varastointi aiheuttaa myös lämpöhäviöitä käyttöveden varastoinnissa. Lämpimän käyttöveden varastoinnin häviönä on mahdollista käyttää taulukon 4 lämpöhäviötehon mukaisia arvoja. Kohteen 2500 litran varaajan vuotuinen lämpöhäviö on 1750 kWh/a.

Taulukko 4. Lämpimän käyttöveden varastoinnin vuotuinen häviö (Ympäristöministeriö. Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet, 45)

Varaajan tilavuus, l	Varaajan lämpöhäviö, $Q_{lkv, varastointi}$, kWh/a	
	40 mm eriste	100 mm eriste
50	440	220
100	640	320
150	830	420
200	1000	500
300	1300	650
500	1700	850
1000	2100	1100
2000	3000	1500
3000	4000	2000

Lämpimän käyttöveden kokonaisenergiantarve saadaan laskettua seuraavalla kaavalla:

$$Q_{\text{lämmitys, lkv}} = \frac{Q_{lkv, netto}}{\eta_{lkv, siirto}} + Q_{lkv, varastointi} \quad 2$$

missä

$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	on	lämpimän käyttöveden lämpöenergiantarve [kWh/a]
$Q_{lkv, netto}$	on	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve [kWh/a]
$\eta_{lkv, siirto}$	on	lämpimän käyttöveden siirron vuosihyötysuhde []
$Q_{lkv, varastointi}$	on	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö [kWh/a]

$Q_{\text{lämmitys, lkv}}$ on kokonaisuudessaan:

$$Q_{\text{lämmitys, lkv}} = (3873 \text{ kWh/a}) / 0,75 + 1750 \text{ kWh} = 6914 \text{ kWh/a}$$

Yleisesti laskettuna lämpimän veden tarvitsema energiasuus käytetystä kokonaisenergiasta on 20 prosenttia. Tässä kohteessa edellä lasketuilla arvoilla energiasuudeksi saadaan n.18 prosenttia. Voidaan olettaa, että laskenta pitää paikkansa.

5.1.3 Taloussähkö

Taloussähkön osuus kotitalouksissa on yleisesti 28 prosenttia kokonaissähkön kulutuksesta. Tässä kohteessa taloussähkön keskikulutus on 9072 kWh.

5.1.4 Lämmitysenergia

Suurin osuus kokonaisenergiankulutuksesta menee lämmitykseen. Keskimäärin sähkölämmitystaloissa tämä osuus on 52 prosenttia. Tässä kohteessa kokonaislämmitysenergia on 23328 kWh (taloussähkö 9072 kWh vähennettynä kokonaissähkönkulutuksesta 32400 kWh). Lisäksi polttopuun antama energia n.6583 kWh lisättynä 23328 kWh tulee kokonaislämmitysenergiatarpeeksi 29911 kWh.

5.2 Kulutuksen normitus

Normitettu kulutus energian seurannassa on vertailukelpoinen paikkakunnasta sekä kuukausien ja vuosien lämpötilaeroista johtuvista muutoksista huolimatta. Normeerauksessa käytetään apuna lämmitystarvelukua. Tämä saadaan laske-
malla yhteen kunkin kuukauden päivittäisten sisä- ja ulkolämpötilojen erotus. Päi-
vät, joiden keskilämpötilat keväällä on yli +10°C ja syksyllä yli +12°C, ei oteta
huomioon laskennassa. Siinä oletetaan, että lämmitys lopetetaan ja aloitetaan
päivittäin rajojen ylittyessä ja alittuessa. Lämmitystarve on sitä suurempi, mitä
kylmempi vuosi on. Toteutuneet lämmitystarveluvut saa maksutta ilmatieteenlai-
toksen nettisuilta. (Motiva 2019g.)

Saman rakennuksen energiakulutuksen vertailu eri ajankohtina saadaan lasket-
tua seuraavalla kaavalla.

$$Q_{norm} = \frac{S_{N\ vpkunta}}{S_{toteutunut\ vpkunta}} * Q_{toteutunut} + Q_{lämmön\ käyttövesi} \quad 3$$

$$Q_{toteutunut} = Q_{kok} - Q_{lämmönvesi} \quad 4$$

missä

Q_{norm}	on	rakennuksen normitettu lämmitysenergia
$Q_{toteutunut}$	on	rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia
Q_{kok}	on	rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus

$Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$ on	käyttöveden vaatima energia
S_N vpkunta on	normaali vuoden tai -kuukauden (1981-2018) lämmitys tarveluku vertailupaikkakunnalla
$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$ on	toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla

Laskennassa valitaan oikea vertailupaikkakunta taulukosta 5.

Taulukko 5. Lämmitystarveluvut 1971-2010 (Ilmatieteenlaitos. Lämmitystarveluvut)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	592	567	551	406	216	34	3	17	135	308	432	542	3803
Vantaa	682	640	586	376	146	16	2	21	158	348	497	625	4097
Helsinki	647	612	566	383	153	11	1	12	125	316	464	588	3878
Pori	677	633	585	389	181	26	3	25	171	352	497	622	4161
Turku	663	625	575	377	161	19	2	18	149	338	486	608	4021
Tampere	724	675	612	400	176	28	5	34	192	382	529	667	4424
Lahti	726	677	610	395	159	20	4	31	191	383	528	668	4392
Lappeenranta	759	699	621	403	165	22	5	28	184	386	546	692	4510
Jyväskylä	785	721	646	440	206	40	10	56	227	414	569	718	4832
Vaasa	719	666	619	424	214	29	5	35	192	377	526	663	4469
Kuopio	812	741	653	445	198	31	7	38	194	400	571	735	4825
Joensuu	826	753	665	456	216	39	10	47	215	416	589	752	4984
Kajaani	864	777	695	479	251	57	17	75	245	441	618	785	5304
Oulu	824	742	677	465	249	47	9	55	224	423	593	749	5057
Sodankylä	946	838	760	548	345	106	49	136	316	523	722	891	6180
Ivalo	923	819	755	557	377	146	69	147	318	523	722	875	6231

Taulukko 6. Normeerattu kulutus 2015-2018

NORMEERATTU KULUTUS 2015-2018 VUOSINA OULUSSA							
Vuosiluku				2015	2016	2017	2018
kokonaislämmitysenergiakulutus				25753	28081	32990	32823
Käyttöveden vaatima energia				6914	6914	6914	6914
Sn vpkunta 1971-2018				4968	4968	4968	4968
Stoteutunut vpkunta				4119	4682	4821	4655
Rakennuksen normitettu lämmitysenergia				29636	29374	33785	34565

Edellä esitetyllä kaavalla 3 saadaan rakennuksen normitetuksi kokonaislämmitysenergia keskiarvoksi 31840 kWh. Laskennassa on otettu huomioon astepäiväluvut vuoteen 2018 saakka.

6 VERTAILTAVAT JÄRJESTELMÄT

6.1 Lämmitysjärjestelmien vertailu

Lämmitysjärjestelmien alustava vertailu on tehty Motivan pientalon lämmitystapojen vertailulaskurilla (Liite 1). Vertailun perusteella valitsin tarkempaan laskentaan mukaan maalämmön, ulkoilma-vesilämpöpumpun, sähkön ja nykyisen sähkö- ja tulisijayhdistelmän. Vertailussa olleen edullisen puupelletti-järjestelmän jätin pois tarkastelusta, koska se ei sovellu kohteeseen sen vaatiman tilan ja käytön suhteen. Myös poistoilma-lämpöpumppu- ja sähköyhdistelmä on jätetty pois tarkastelusta, koska se vaatisi mittavia muutostöitä ilmanvaihtokoneen nykyisen sijoittelun takia. Laskurin antamat vaihtoehdot vaativat tarkempaa laskelmaa ja tutkimista, koska siinä ei ole esimerkiksi maalämpö-tulisija -yhdistelmää ollenkaan. Parhaiten nykyiseen järjestelmään sopivat lämmitysratkaisut ovat maalämpö ja ilma-vesilämpöpumppu. Molemmat ovat yhdistettävissä vesikiertoiseen patterilämmitykseen. Järjestelmillä voidaan tuottaa 80–100 prosenttia vuotuisista lämmitysenergiatarpeista.

6.1.1 Nykyinen sähkölämmitys

Kiinteistössä on tällä hetkellä käytössä varaava sähkölämmitys. Lämmönjako on pumppukiertoinen vesikeskuslämmitys. Lämmönvesivaraaja on Akvaterm Oy:n valmistama varaaja, jossa on 2500 litran vesitilavuus. Nykyinen varaaja on asennettu vuonna 2002. Ouman-lämmönohjaus säättää automaattisesti lämpöverkoston lämpötilaa asetusarvoissa ulkolämpötilan muutosten mukaisesti. Lämmönjako on toteutettu vesikiertoisilla huonekohtaisilla pattereilla. Talossa on yhteensä 17 kpl erikokoisia pattereita. Putkistot on uusittu remontin yhteydessä vuonna 2002 ja osa pattereista on silloin asennettu (yläkerta laajennus). Muut patterit on remontin yhteydessä puhdistettu ja maalattu. Huonetermostaatit ja kiertovesipumppu on myös uusittu remontissa.

Nykyisen järjestelmän odotettu elinkaari on patteriverkostolla 40-50 vuotta eli sen osalta ei lähiaikoina ole odotettavissa kuluja. Huonetermostaattien vaihto tulee ajankohtaiseksi seuraavan 10–15 vuoden kuluessa. Lämminvesivaraajien yleinen elinaikaodote on 15-30 vuotta, joten vuonna 2002 asennettu varaaja tulee käyttöönsä päähän seuraavan 10–15 vuoden ajanjaksolla. (Energiatehokaskoti 2016.)

Nykyisen järjestelmän vuotuiset käyttökustannukset näkyvät taulukossa 7. Sähkönkulutus on keskimäärin 3897€/a laskettuna sähkön hinnalla 0,12€/kWh. Laskelmassa on otettu huomioon 2% vuotuinen sähkön hinnannousu. Tulevia korjaus- ja huoltokustannuksia seuraavan 15 vuoden ajanjaksolla on patteritermostaattien vaihto. Talossa on yhteensä 17 kpl termostaatteja, näiden kokonaiskustannus vaihtotoimeen on keskimäärin 50€/kpl eli yhteensä 850€. Lisäksi tulee varaajan vaihto ajankohtaiseksi seuraavan 15 vuoden ajanjaksolla. Kustannukset varaajasta ja sen vaihdosta on noin 4000€ sisältäen uuden varaajan ja muut lisätarvikkeet sekä työn. Investointi on laskettu 15 vuoden takaisinmaksuajalla ja 3% korolla. Laskelmassa ei ole huomioitu mahdollisia lainanhoitokuluja ja maksuja.

Taulukko 7. Sähkölämmityksen käyttö- ja investointikustannukset 15 vuoden ajanjaksolla

Sähkölämmitys 4850€ investoinnilla 5 vuoden ajanjaksolla ja 3% korolla					
Energiahinta laskettu 2% vuotuisella hinnan nousulla					
Rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus 31840kWh					
Vuosi	€/kWh	kWh/a	€/a	Investointi/a	Yhteensä/a
1	-0,1224	31840	-3 897 €	-1 075 €	-4 973 €
2	-0,1248	31840	-3 975 €	-1 075 €	-5 051 €
3	-0,1273	31840	-4 055 €	-1 075 €	-5 130 €
4	-0,1299	31840	-4 136 €	-1 075 €	-5 211 €
5	-0,1325	31840	-4 218 €	-1 075 €	-5 294 €
6	-0,1351	31840	-4 303 €	0 €	-4 303 €
7	-0,1378	31840	-4 389 €	0 €	-4 389 €
8	-0,1406	31840	-4 477 €	0 €	-4 477 €
9	-0,1434	31840	-4 566 €	0 €	-4 566 €
10	-0,1463	31840	-4 658 €	0 €	-4 658 €
11	-0,1492	31840	-4 751 €	0 €	-4 751 €
12	-0,1522	31840	-4 846 €	0 €	-4 846 €
13	-0,1552	31840	-4 943 €	0 €	-4 943 €
14	-0,1583	31840	-5 041 €	0 €	-5 041 €
15	-0,1615	31840	-5 142 €	0 €	-5 142 €
					-72 774 €

6.1.2 Maalämpö

Maalämpömitoitus on kohteeseen ajateltu toteutettavaksi täysitehomitoituksella eli maalämpöpumppu tuottaisi kaiken tarvitseman lämpöenergian. Sähkönkulutuslaskelmassa on käytetty lämpökerroin arvona 2,5. Valinta on tehty tilojen lämmityksen menoveden ja käyttöveden lämmön mukaisesti. Yleisesti maalämpöpumpun SPF-lukuna käytetään arvoja 2,3–3,5 ja energiankulutus lasketaan koko vuoden lämmön tarpeesta. (Ympäristöministeriö 2018b.)

Laskennallisesti maalämpöpumppu käyttää vuodessa 12736 kWh sähköenergiaa ja porakaivosta saatava energia on 19104 kWh. Niben mitoitusohjeistuksen mukaisesti tarvittava porakaivon tehollinen syvyys on maasta saatavasta energiasta laskettuna 160m ($19104\text{kWh}/130\text{kWh/m}=160\text{m}$). (Nibe 20196.)

Maalämmön hinta koostuu useista tapauskohtaisista tekijöistä. Jos talossa on vesilämmitysjärjestelmä, tarvitaan vain maalämpöpumppu ja energiakaivo, jotka korvaavat vanhan lämmitysmuodon. Maalämpöpumpun hinta valmiiksi asennettuna on 8500 –11 000 euroa riippuen lämpöpumpusta ja lämpimän veden tarpeesta. Energiakaivon hinta on noin 4500 – 6500 euroa ja se sisältää maaputkien vetämisen ja asentamisen tekniseen tilaan. Kaikkine asennuksineen maalämpöön siirtyminen tulee maksamaan noin 13 000 – 17 500 euroa. Laskelmassa (taulukko 8) on käytetty investointina 18 000 euroa ja takaisinmaksuaikana 5 vuotta 3 prosentin korolla laskettuna. (Techeat 2019a.)

Taulukko 8. Maalämmön käyttö- ja investointikustannukset 15 vuoden ajanjaksolla

Maalämpö 18000€ investoinnilla, 5 vuoden ajanjaksolla ja 3% korolla					
Energianhinta laskettu 2% vuotuisella hinnan nousulla					
Vuosikulutus tuotettuna maalämpöpumpulla 12736 kWh					
Vuosi	€/kWh	kWh/a	€/a	Investointi/a	Yhteensä/a
1	-0,122 €	12736	-1 559 €	-3 881 €	-5 440 €
2	-0,125 €	12736	-1 590 €	-3 881 €	-5 471 €
3	-0,127 €	12736	-1 622 €	-3 881 €	-5 503 €
4	-0,130 €	12736	-1 654 €	-3 881 €	-5 536 €
5	-0,132 €	12736	-1 687 €	-3 881 €	-5 569 €
6	-0,135 €	12736	-1 721 €	0 €	-1 721 €
7	-0,138 €	12736	-1 756 €	0 €	-1 756 €
8	-0,141 €	12736	-1 791 €	0 €	-1 791 €
9	-0,143 €	12736	-1 826 €	0 €	-1 826 €
10	-0,146 €	12736	-1 863 €	0 €	-1 863 €
11	-0,149 €	12736	-1 900 €	0 €	-1 900 €
12	-0,152 €	12736	-1 938 €	0 €	-1 938 €
13	-0,155 €	12736	-1 977 €	0 €	-1 977 €
14	-0,158 €	12736	-2 017 €	0 €	-2 017 €
15	-0,162 €	12736	-2 057 €	0 €	-2 057 €
					-46 365 €

6.1.3 Ilma-vesilämpöpumppu UVLP

Ilma-vesilämpöpumpun keskimääräisenä lämmönkertoimena on käytetty lukemaa 1,5. Elvari-sähkölämmityksen tehostamishankkeessa on tutkittu kyselytutkimuksella kohteita, joihin on asennettu UVLP-järjestelmä. Sähkölämmityskohteiden keskimääräinen energiasäästö oli 31,7 prosenttia. Tämän perusteella saatiin laskelmaan UVLP:n tarvitsema sähköenergia 21747 kWh ja SPF-luku 1,5 (taulukko 9). (Energiatehokaskoti 2018.)

Pientaloon asennettuna UVLP maksaa 7000–13000 euroa. Laskelmassa (taulukko 9) on käytetty investoinnin suuruutena 13000 euroa 3 prosentin korolla ja 5 vuoden takaisinmaksuajalla. (Techeat 2019b.).

Taulukko 9. Ilma-vesilämpöpumpun käyttö- ja investointikustannukset 15 vuoden ajanjaksolla

Ilma-vesilämpöpumppu 13000€ investoinnilla, 5 vuoden ajanjaksolla ja 3% korolla					
Energianhinta laskettu 2% vuotuisella hinnan nousulla					
Vuosikulutus tuotettuna ilma-vesipumpulla 21747 kWh					
Vuosi	€/kWh	kWh/a	€/a	Investointi/a	Yhteensä/a
1	-0,122 €	21747	-2 662 €	-2 803 €	-5 465 €
2	-0,125 €	21747	-2 715 €	-2 803 €	-5 518 €
3	-0,127 €	21747	-2 769 €	-2 803 €	-5 572 €
4	-0,130 €	21747	-2 825 €	-2 803 €	-5 628 €
5	-0,132 €	21747	-2 881 €	-2 803 €	-5 684 €
6	-0,135 €	21747	-2 939 €	0 €	-2 939 €
7	-0,138 €	21747	-2 998 €	0 €	-2 998 €
8	-0,141 €	21747	-3 058 €	0 €	-3 058 €
9	-0,143 €	21747	-3 119 €	0 €	-3 119 €
10	-0,146 €	21747	-3 181 €	0 €	-3 181 €
11	-0,149 €	21747	-3 245 €	0 €	-3 245 €
12	-0,152 €	21747	-3 310 €	0 €	-3 310 €
13	-0,155 €	21747	-3 376 €	0 €	-3 376 €
14	-0,158 €	21747	-3 443 €	0 €	-3 443 €
15	-0,162 €	21747	-3 512 €	0 €	-3 512 €
					<u>-60 048 €</u>

6.2 Lämmitysjärjestelmien vertailu laskenta

Lämmitysjärjestelmien vertailulaskennat tehtiin pohjautuen todellisiin kohteessa kulutettuihin kilowattitunteihin. Laskelmien pohjana oli käytettävissä tarkat sähkön kulutuslukemat vuosilta 2014–2018. Laskelmista tehtiin Excel-ohjelmistoa apuna käyttäen investointilaskelmat viiden vuoden maksuajalla ja viidentoista vuoden käyttökustannuksilla. Eri lämmitysjärjestelmien mahdollisia huolto- ja säätökustannuksia ei ole otettu huomioon laskelmissa. Olettavasti jokaisessa järjestelmässä on lähes samansuuruiset kulut näiden osalta. Laskelmissa ei myöskään otettu huomioon mahdollisia kotitalousvähennyksiä.

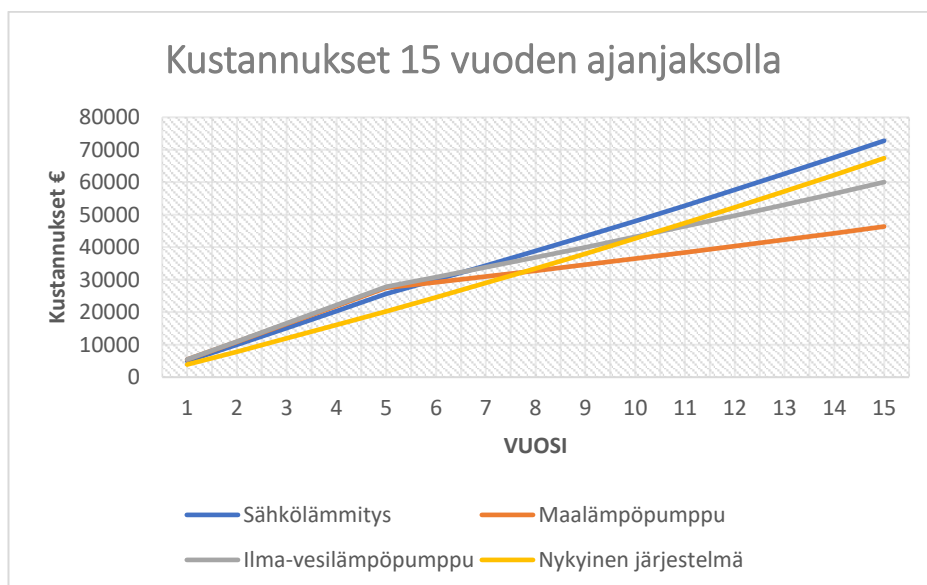
Vertailulaskennassa käytetyt arvot ja kertoimet:

- Normeerattu vuotuinen lämmitysenergia 31840 kWh
- Rakennuksen sijainti luokka III
- Laskennallinen energian vuotuinen hinnannousu 2%

- Investointikustannuksien takaisin maksuaika 5 vuotta ja korko 3 prosenttia
- Maalämpöpumpun SPF-luku 2,5
- Ilma-vesilämpöpumpun SPF-luku 1,5
- Käyttöveden kulutus 166m³/a
- Sähkön hinta nykyhetkellä 0,12€/kWh.

Laskelmien perusteella maalämpöjärjestelmä osoittautui edullisimmaksi viiden-toista vuoden käyttökustannuksiltaan ja takaisinmaksuajaltaan. Taulukosta 10 on nähtävissä maalämmön takaisinmaksuajaksi noin 5,7 vuotta verrattuna nykyiseen järjestelmään, johon on laskettu 4850€ investointi. Käyttökustannuksiltaan 15 vuoden ajalla saadaan säästöä 26 409€. Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän takaisinmaksuaika on vastaavasti 6,6 vuotta. Käyttökustannuksista 15 vuoden ajanjaksolla kertyy säästöä 12 726€. Taulukossa 10 on myös esitetty kulurakenne nykyjärjestelmällä ilman mitään korjauksia ja investointeja seuraavan 15 vuoden aikajaksolla. Tämäkin vertailu näyttää maalämmön edullisuuden ja takaisinmaksuajan 7,7 vuotta ja vastaavasti ilma-vesilämpöpumpulla 10,5 vuotta. Edellä läpikäytyjen laskelmien perusteella maalämpöjärjestelmä on erittäin kustannustehokas ratkaisu uudeksi lämmitysjärjestelmäksi.

Taulukko 10. Käyttökustannukset vertailtavilla järjestelmillä 15 vuoden ajanjaksolla



7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää käyttökustannuksiltaan ja investoinniltaan parhaiten sopiva energianlähde omakotitalon lämmitysjärjestelmään. Työn tuloksena saatiin laskelma, jota voi hyödyntää vesikiertoisen patterilämmitysjärjestelmän energianlähteen valinnassa pientaloon.

Taustatietoina oli käytettävissä viimeisen neljän vuoden tarkat sähkönkulutuksen tiedot. Kulutustietojen ja lämmitystarvelukujen avulla vuosittainen kulutus normitettiin, jotta se olisi vertailukelpoinen lämpötilojen muutoksista huolimatta. Normitetusta kulutuksesta löytyi viimeisestä kahdesta vuodesta huomattava noin 4000 kWh energiakulutuksen lisääntyminen. Tämä jäi epäselväksi, mistä kyseinen kulutuksen nousu on johtunut. Yhdeksi syyksi voisi epäillä ilmanvaihtokoneen etuvastuksen termostaatin rikkoutumista.

Taustalaskelmien ja vertailujen avulla sopivimmaksi energialähteeksi valikoitui maalämpöpumppu. Viidentoista vuoden kokonaishintavertailussa tämä oli kokonaisuudessa sisältäen investoinnin ja energiakulutuksen noin 25% halvempi kuin ilma-vesilämpöpumppu. Tässä työssä ei otettu kantaa mahdollisen maalämmön lämmönkeruutapaan. Kohteessa on mahdollista tämä toteuttaa porakaivolla tai vaakakeruupiirillä.

Järjestelmän valinta perustui pääasiassa taustalaskelmiin ja arviointiin. Laskelmien lämmöntuottoarvot pyrittiin asettelemaan niin, että ne antaisivat todellisen kuvan eikä kaunistelisi tuottoja. Myös investoinnit on hyvinkin todellisilla arvoilla laskettuja. Investointeja tehtäessä on myös hyvä pohtia, että vaikuttaako tämä kiinteistön jälleenmyyntiarvoon.

LÄHTEET

Energiatehokaskoti 2016. Lämmitysjärjestelmien elinkaari. Viitattu 19.10.2019 https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/lammitysjarjestelmien_elinkaari

Energiatehokaskoti 2017a. Sähkölämmitys. Viitattu 4.9.2019 https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys

Energiatehokaskoti 2017b. Puulämmitys. Viitattu 2.10.2019 https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/puulammitys

Energiatehokaskoti 2018. Lämmitys. Viitattu 4.11.2019 https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys

Halkoliiteri 2019. Energialaskuri. Viitattu 7.10.2019 <http://www.halkoliiteri.com/?id=170>

Korpela P. 2000. Julkisivukuvat.

Korpela P. 2000. Leikkauskuva.

Maalämpö.fi 2019. Maalämpöpumpun toimintaperiaate. Viitattu 23.9.2019 <http://www.maalampo.fi/artikkelit/miksi-valitsisin-maalammon/>

Motiva 2017a. Energiatehokas koti. Viitattu 15.9.2019 https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys

Motiva 2017b. Öljylämmitys. Viitattu 2.10.2019 https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/oljylammitys

Motiva 2019a. Julkinen sektori/kiinteistön energiankäyttö. Viitattu 15.9.2019 https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energiankaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi

Motiva 2019b. uusiutuva energia. Viitattu 23.9.2019 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu

Motiva 2019c. Maalämpöpumppu. Viitattu 23.9.2019 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampopumppu

Motiva 2019d. Aurinkolämpöjärjestelmät. Viitattu 29.9.2019 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat

Motiva 2019e. Tasokeräimet. Viitattu 29.9.2019 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet/tasokeraimet

Motiva 2019f. Tyhjiöputkikeräimet. Viitattu 29.9.2019 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet/tyhjioputkikeraimet

Motiva 2019g. Rakennusten lämmitysenergiankulutuksen normitus. Viitattu 16.10.2019 https://www.motiva.fi/files/2840/Rakennusten_lammitysenergiankulutuksen_normitus.pdf

Muurametalot Oy 2019. Lämmitys. Viitattu 23.9.2019 <https://www.muurametalot.fi/talosi-toteutus-talosi-lammitys/>

Mr.Lvi lämpöpumppuhuolto.com 2019. ilmavesilämpöpumput. Viitattu 23.9.2019 <https://www.xn--lmpumppuhuolto-0kb22a.com/index.php/ilma-vesilampopumput/ilma-vesilampopumput-nibe/nibe-f2120-12kw-1-vaihe>

Nibe 2019. Maalämpöpumppuopas. Viitattu 3.11.2019 https://www.nibe.fi/Documents/haato_fi/NIBE%20MLP%20JA%20VPDIM%20OPAS%201137-1.PDF

Oulun energia 2019. Kaukolämmön mittaus ja käyttö. Viitattu 2.10.2019
<https://www.oulunenergia.fi/lampo/kaukolampo/kaukolammon-mittaus-ja-kaytto>

Oulun rakennusvalvonta 2013. Pellettilämmitys. Viitattu 2.10.2013
http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_11_Pellettilammitys_2013_02_01.pdf

Oy Termocal Ab 2019. Öljykattilat. Viitattu 2.10.2018 https://www.ta-loon.info/pdf/termax/oljykattila_17_sarja_termax_esite.pdf

Rakennustieto 2002. LVI 12-10343 Vesikiertoinen patterilämmitys. Viitattu 22.9.2019 <https://kortistot-rakennustieto-fi>

Suomen Lämpöpumppuyhdistys 2019a. Ilmalämpöpumput. Viitattu 22.9.2019
<https://www.sulpu.fi/ilmalampopumppu>

Suomen Lämpöpumppuyhdistys 2019b. Poistoilmalämpöpumppu. Viitattu 23.9.2019 <https://sulpu.fi/poistoilmalampopumppu>

Scanoffice 2018. Ilmalämpöpumput. Viitattu 22.9.2019 <https://www.scanoffice.fi/tuoteryhma/ilmalampopumput/>

Suutari, T. 2018. Energiansäästö. Nilan Suomi Oy. Viitattu 22.9.2019 <https://nilan.fi/energiansaasto/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot/>

Tampereen sähkölaitos 2018. Energianeuvonta. Viitattu 13.9.2019
<https://www.sahkolaitos.fi/aina-apuna/energianeuvonta/>

Techeat 2019a. Maalämmön hinta. Viitattu 3.11.2019 <https://www.techeat.fi/maalampo/maalammon-hinta>

Techeat 2019b. Ilma-vesilämpöpumput. Viitattu 3.11.2019
<https://www.techeat.fi/lampopumput/ilma-vesi-lampopumput/>

Vattenfall Oy 2019a. Sähkönkulutus. Viitattu 3.9.2019 <https://www.vattenfall.fi/energianeuvonta/sahkonkulutus/>

Vattenfall Oy 2019b. Sähkölämmitys. Viitattu 16.9.2019 <https://www.vattenfall.fi/energianeuvonta/sahkonkulutus/talotekniikka/lammitysjarjestelmat/sahkolammitys/>

Ympäristöministeriö 2018a. Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet. Viitattu 13.10.2019 https://www.ym.fi/fi-FI/Maan kaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaaraysko koelma/Energiatehokkuus

Ympäristöministeriö 2018b. Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet. Viitattu 3.11.2019 https://www.ym.fi/fi-FI/Maan kaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaaraysko koelma/Energiatehokkuus

LIITTEET

2.11.2019

Laskuri

Lämmitystapojen vertailulaskuri

Tällä laskurilla voit vertailla pienetalon lämmitysoptioitten kustannuksia. Laskuria voidaan käyttää sekä uusille että vanhoille taloille.

Laskuri soveltuu vain pienetaloille. Laskurin ohjeavot vastaavat pienetaloja ja esitetyt arvot ovat uuden pienetalon tyypillisiä arvoja. Kaikki ilmoitetut hinnat sisältävät niihin liittyvät verot.

Voit muuttaa viiteiden kantojen arvoja. Hyödyllistä lisätietoa saat klikkaamalla kenttiä, joiden vieressä on (!)-merkki. Laskurin tulokset ovat suuntaa-antavia.

[Lähetä laskuri Motiva.fi](#)



Voit valita esillä 8 lämmitystapaa keskenään vertaamaan. Valitse 1. **Mukautettua lämmitysoptiota valittuna!**

Valitse päälämmitystapa

Puupalletti	☒
Kaakeliinpi	☐
Muuriinpi	☒
Ulkolma-vesilämpöpumppu ja säiliö	☒
Potkolinna-lämpöpumppu ja säiliö	☒
Ulkolma-vesilämpöpumppu ja öljy	☐
Säiliölämmitys	☒
Öljy	☐

Valitse tukilämmitys

Tulaja	☒		
Tulaja	☒		
Tulaja	☐		
Tulaja	☒	lämmityspumppu	☐
Tulaja	☐	lämmityspumppu	☐
Tulaja	☐	lämmityspumppu	☐

Aurinkolämpö ☐
Aurinkolämpö ☐

Haluan nähdä lämmitysenergian kokonaislaskut: ☐ Rakennuksen tiedot ☒ Arviolta vuosikokous

1. Rakennuksen tiedot

Rakennuksen pinta-ala m²

Huonekoruus (m) m

Aika- ja lämpö

Rakennuksen energiatuottoa tai lämpö

Rakennuksen sijainti

Vuosisuoritus

Aika- ja lämpö

Säiliön kokonaislaskutus

Lämmitysenergian tarve vuodessa

Käytetyn lämmitysenergian kWh/a

Lämmitysenergian kokonaislaskutus kWh/a

Voit tarkastaa kokonais muutettavien energiatuottoja, investointien kokonaislaskutus tai laskenta-aikaa.

2. Lämmitystapojen hinnat

Puupalletti €/m³ [Lisää tieto!](#)

Säiliö €/kWh [Lisää tieto!](#)

Säiliölämmitys €/kWh [Lisää tieto!](#)

Potkupu €/m³ [Lisää tieto!](#)

Energianhintojen nousu (%a vuodessa)

Puupalletti %

Säiliö %

Säiliölämmitys %

Potkupu %

Investointi

Korko %

Laskenta-aika Vuotta

Voit tarkastaa kokonais ja esitetyt investointilaskutus tai jätetään hyötyvaikutus ovat tarkastettavissa tiedossa.

3. Lämmitystapojen tiedot

Puupalletti Muuriinpi Säiliölämmitys

2.11.2019

Laskuri

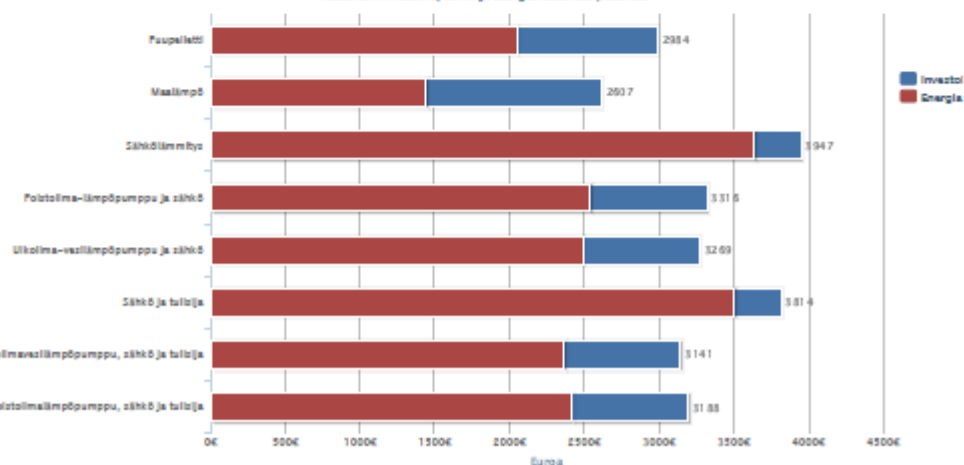
Vuosityytyshde % SPF %
 Investointikustannus (€) € € €
 Avustukset ja tuet € € €
 Lopullinen investointikustannus € € €

Polttoainelämpöpumput (PALP) **Polttoainelämpöpumppu ja sähkö**
 Lämpöpumpun lämpökerin SPF
 Osaav lämmityseffektia (%)
 Investointikustannus (€) €
 Avustukset ja tuet €
 Lopullinen investointikustannus €

Ulkolma-vesilämpöpumppu (UNUP) **Ulkolma-vesilämpöpumppu ja sähkö**
 Lämpöpumpun lämpökerin SPF
 Osaav lämmityseffektia (%)
 Investointikustannus (€) €
 Avustukset ja tuet €
 Lopullinen investointikustannus €

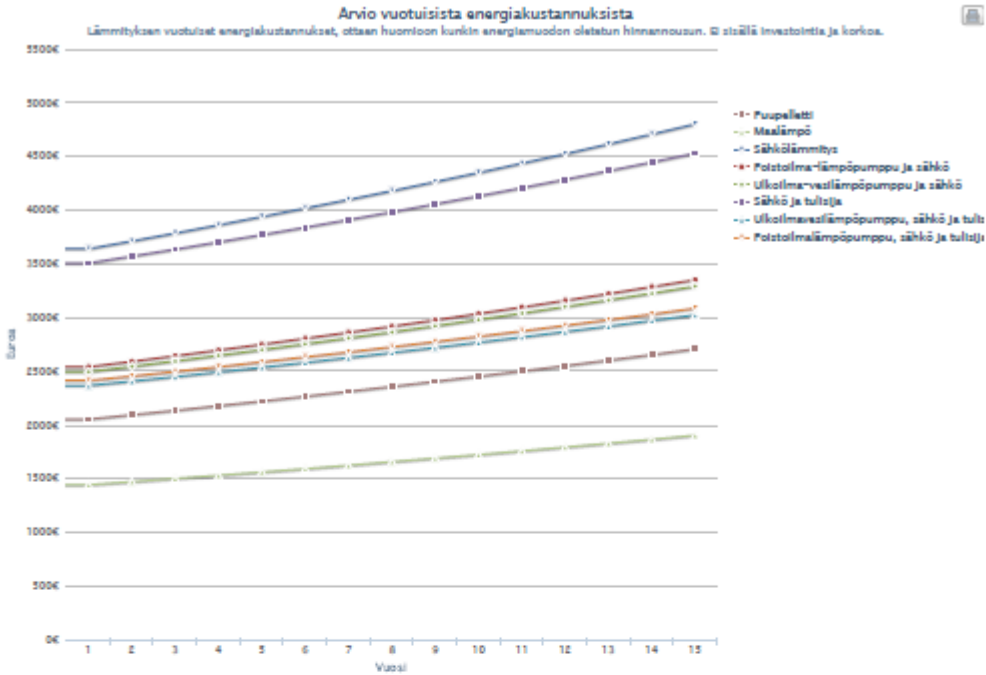
Talaja
 Hytyyshde % %
 Käytetty pottipuu määrä (m³)
 Investointikustannus (€) €
 Avustukset ja tuet €
 Lopullinen investointikustannus €

Vuotuiset kokonaiskustannukset
 Vuotuisen investointi, korko ja energiakustannus yhteensä.



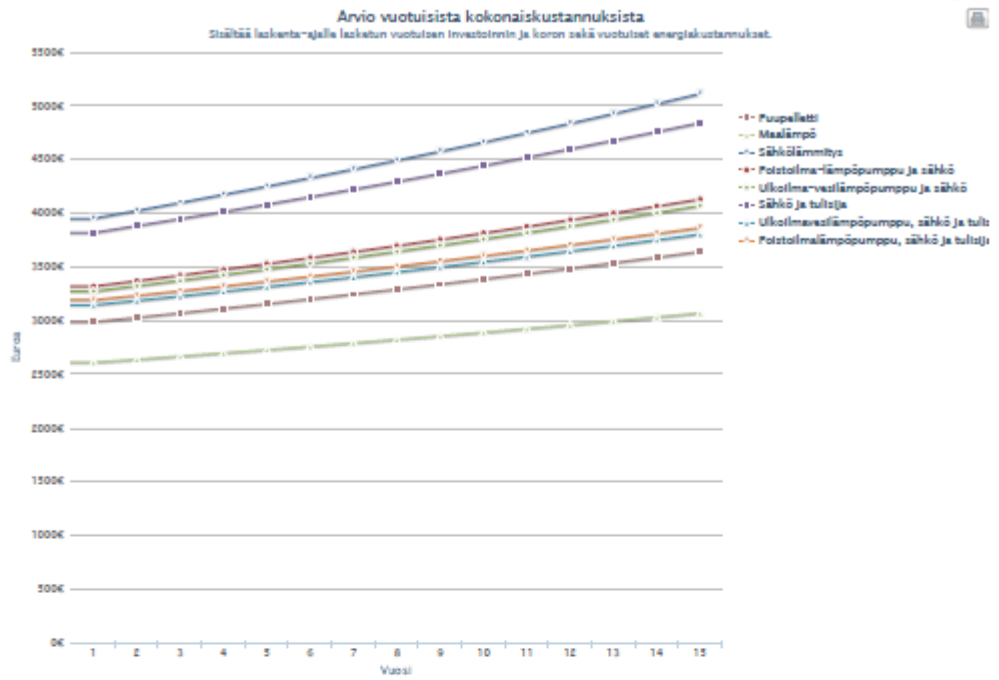
2.11.2019

Laskuri



2.11.2019

Laskuri



2.11.2019

Laskuri

