



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

EINO KANKAANPÄÄ

Selvitys lämmitysjärjestelmän päivityksestä PK- yrityksen toimitiloihin

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIikka
2020

Tekijä(t) Kankaanpää, Eino	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2020
	Sivumäärä 41 Liitteitä 3	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Selvitys lämmitysjärjestelmän päivityksestä PK- yrityksen toimitiloihin		
Tutkinto-ohjelma Energian- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma		
Tiivistelmä <p>Tässä opinnäytetyössä selvitettiin erilaisten lämmitysjärjestelmien sopivuutta yleisesti Kokema Oy:n toimitiloihin, sekä lämmitysjärjestelmien taloudellisuutta ja ekologisuutta. Yleinen sopivuus määriteltiin käytössä olleen öljylämmitysjärjestelmän teknisten tietojen sekä yhteyshenkilön kanssa tehtyjen haastatteluiden pohjalta. Taloudellisuudesta laskettiin uusien lämmitysjärjestelmävaihtoehtojen investointikustannuksia ja energiakustannuksia ja vertailtiin niitä käytössä olleen lämmitysjärjestelmän energiakustannuksiin sekä keskenään. Ekologisuus määriteltiin lämmitysjärjestelmien hiilidioksidipäästöistä.</p> <p>Tämän työn tarkoituksena oli löytää vanhan öljylämmityksen tilalle taloudellisesti ja ekologisesti kannattavin vaihtoehto. Vanhoilla öljykattiloilla on huono hyötysuhde ja suuri öljynkulutus, joten varsinkin taloudellisuuden kannalta selvitys oli tarpeellista.</p> <p>Työssä selvitettiin ensin käytössä olleen lämmitysjärjestelmän pohjalta vaatimukset uuden järjestelmän toiminnalle. Uusien vaihtoehtojen käytettävyyden selvittämisen jälkeen siirryttiin taloudellisuuden ja ekologisuuden laskentaan. Työssä tehdyt laskelmat tehtiin Excel -taulukkolaskentaohjelmalla. Laskennoissa käytetyt arvot saatiin monista internetin lähteistä sekä Kokemalle esitetyistä tarjouksista. Laskennoista saatujen tulosten perusteella arvioitiin Kokemalle parhaiten sopiva lämmitysjärjestelmä. Sopivimmaksi vaihtoehdoksi valikoitui ilma-vesilämpöpumppuratkaisu, josta Kokema oli saanut tarjouksen LämpöYkköseltä.</p>		
Asiasanat lämmitysjärjestelmä, energiankulutus, kustannus, ekologisuus, öljylämmitys		

Author(s) Kankaanpää, Eino	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2020
	Number of pages 41 Appendices 3	Language of publication: Finnish
Title of publication Investigation of upgrading heating system to business premises of SME		
Degree programme Energy and Environmental Engineering		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to find out how different heating systems fit in general to business premises of Kokema and find out economic and ecological efficiency of those heating systems. The general convenience was defined from the technical information of oil heating systems and information got from interviewing contact person from Kokema. The economic calculations of the choices for new heating system included investment and energy costs. The results were compared with old system and between new possible heating systems. The ecological efficiency was defined from carbon dioxide emissions of heating systems.</p> <p>The purpose of this work was to find out the most profitable option in economic and ecological way to replace old oil heating system. The efficiency of old oil boilers is bad and they have big oil consumption, so it was important to make this research especially from economic view.</p> <p>The first thing to solve was to find out requirements for new heating systems operation based on old heating system. After finding out usability of choices for new system was economic and ecological efficiency calculated. The calculations were made with Excel. The values used in calculations were found in internet sources and from offerings given to Kokema. The best heating system to Kokema was estimated based on results of calculations. Air to water heat pump was selected as the most suitable option. Kokema had received offer for this solution from LämpöYkkönen.</p>		
<u>Keywords</u> heating system, energy consumption, cost, ecological, oil heating		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	5
2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA	6
2.1 Kokema Oy / Kokema Security Systems Oy	6
3 KOHTEEN NYKYINEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ	7
3.1 Yleiset tiedot	7
3.2 Nykyjärjestelmän kustannukset ja ekologisuus	9
4 VAATIMUKSET UUELLE JÄRJESTELMÄLLE	11
5 VAIHTOEHDOT LÄMMITYSMUODOLLE.....	12
5.1 Kaukolämpö	12
5.2 Lämpöpumput yleisesti.....	13
5.3 Maalämpö	14
5.4 Ilma-vesilämpöpumppu	16
5.5 Sähkölämmitys	18
5.6 Uudet öljykattilat	18
5.7 Puupohjaisten polttoaineiden lämmitysjärjestelmät	19
5.8 Aurinkokeräimet.....	20
6 POTENTIAALISTEN VAIHTOEHTOJEN TALOUDELLISUUS JA EKOLOGISUUS.....	21
6.1 Laskennat kaukolämmöstä.....	21
6.2 Laskennat maalämmöstä.....	24
6.3 Laskennat ilma-vesilämpöpumpusta	28
7 TULOSTEN ARVIOINTI.....	31

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, millainen lämmitysjärjestelmän päivitys Kokema Oy:n toimitiloihin sopisi. Selvitettävänä oli nykyisen lämmitysjärjestelmän toiminta ja tarpeellisten muutostöiden kartoittaminen uudelle järjestelmälle. Uuden lämmitysjärjestelmän vaihtoehtoista selvitettiin vuosittaiset kustannukset, investoinnin hinta, arvioitu investoinnin takaisinmaksuaika ja CO₂ päästövähennys.

Kokeman toimitilojen lämmityksestä vastaa kaksi erillistä patterikiertoista lämmitysjärjestelmää, joiden lämmönlähteinä ovat öljykattilat. Öljykattilat ovat melko vanhoja, joten niiden hyötysuhteet eivät ole kovin hyvät. Vanhoilla kattiloilla on myös suurentunut riski hajota. Huonon hyötysuhteen omaavalla öljykattilalla on suuret käyttökustannukset ja suuret hiilidioksidipäästöt, joten monelta kannalta parempia lämmitysratkaisuja on tarjolla.

Tässä työssä käytiin ensin läpi nykyisen öljylämmitysjärjestelmän teknisiä tietoja ja kulutustietoja, joilla saatiin laskettua, mihin uuden lämmitysjärjestelmän pitäisi pysyä. Mahdollisista uusista lämmitysjärjestelmistä käytiin yleisiä asioita läpi ja arvioitiin erilaisten lämmitysjärjestelmien soveltuvuutta Kokemalle. Hyvin soveltuvista lämmitysjärjestelmistä tehtiin tarkemmat laskennat. Lopuksi laskennoista saatuja tuloksia vertailtiin keskenään ja arvioitiin tulosten perusteella parhaiten sopiva lämmitysjärjestelmä.

2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA

2.1 Kokema Oy / Kokema Security Systems Oy

Opinnäytetyö tehdään Kokema Oy:n toimitiloihin. Kokema Oy on Kokemäellä sijaitseva PK -yritys, jolla on yli 40 vuoden kokemus korkealuokkaisten alumiinisten sälerullaovien ja -verhojen sekä turvakaltereiden valmistamisesta (Kokema Oy:n www-sivut 2020). Kokeman toimitiloja hallinnoi Kokema Security Systems Oy, joka toimii tämän työn tilaajana. Rakennus jakautuu vanhempaan ja uudempaan osaan. Vanhempi osa on tehty entiseen navettaan, joten siinä on paksut kiviseinät. Navetan länsipäädystä on laajennettu rakennusta länttä kohti. Uudempi osa on rakennettu kiinni vanhan rakennuksen itäosaan, mikä lähtee kohti pohjoista. Yhteensä neliöitä rakennuksessa on noin 2 000m² ja kuutioita noin 5 000m³. Aluksi vain vanhalla puolella oli lämmitysjärjestelmä. Uusi osa oli vuokralla toiselle firmalle, minkä takia sinne rakennettiin oma lämmitysjärjestelmä. Kuvassa 1 vasemmalla oleva oranssikattoinen rakennus on kylmää varastotilaa.



Kuva 1. Satelliittikuva Kokeman rakennuksista (Google-maps www-sivut 2020).

3 KOHTEEN NYKYINEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

3.1 Yleiset tiedot

Kohteella on kaksi erillistä lämmitysjärjestelmää, joissa molemmissa lämpö tuotetaan öljykattilalla. Lämmönjako tapahtuu molemmissa järjestelmissä lämpöpatterien kautta. Vanhempi järjestelmä tuottaa huonelämmityksen lisäksi myös lämpimän käyttöveden koko kiinteistöön. Vanhemmassa järjestelmässä on vuonna 1977 valmistettu Högfors 17 -mallin kattila, jonka teho on öljyllä 70 Mcal/h. Kilowatteina se on noin 81,4 kW (Laskurini www-sivut 2020). Högfors 17 -kattilassa on myös mahdollista polttaa puuta ja koksia. Puulla saa noin 43 kW tehon ja antrasiitilla/ koksilla, jotka ovat kivihiilen eri muotoja, saadaan lämpötehoksi noin 55 kW. Kuvassa 2 on kattilan tyyppikilpi, josta tiedot ovat peräisin. Puuta tai kivihiiltä ei tässä kohteessa ole kuitenkaan käytetty, sillä ne vaativat erilaisen polttimen ja polttoaineen syöttölaitteiston eikä tällaisia ole hankittu. Vanhemmassa järjestelmässä on myös varaaja, jonka tilavuus on 300 litraa. Kuvassa 3 on varaajan tyyppikilpi, jossa on varaajan tiedot. Öljypolttimena Högforsin kattilassa käytetään Oilon Junior S -poltinta.



Kuva 2. Vanhemman lämmitysjärjestelmän Högfors 17 -kattilan tyyppikilpi.



Kuva 3. Varaajan tyypikilpi

Uudemmassa järjestelmässä on vuonna 1987 valmistettu 46 kW öljykattila. Laatukattila Oy on valmistanut tämän kattilan. Kuvassa 4 on kattilan tyypikilpi, jossa on kerrottu tehon lisäksi myös esimerkiksi käyttölämpötilat. Polttimena toimii Oilon Junior LF 3.

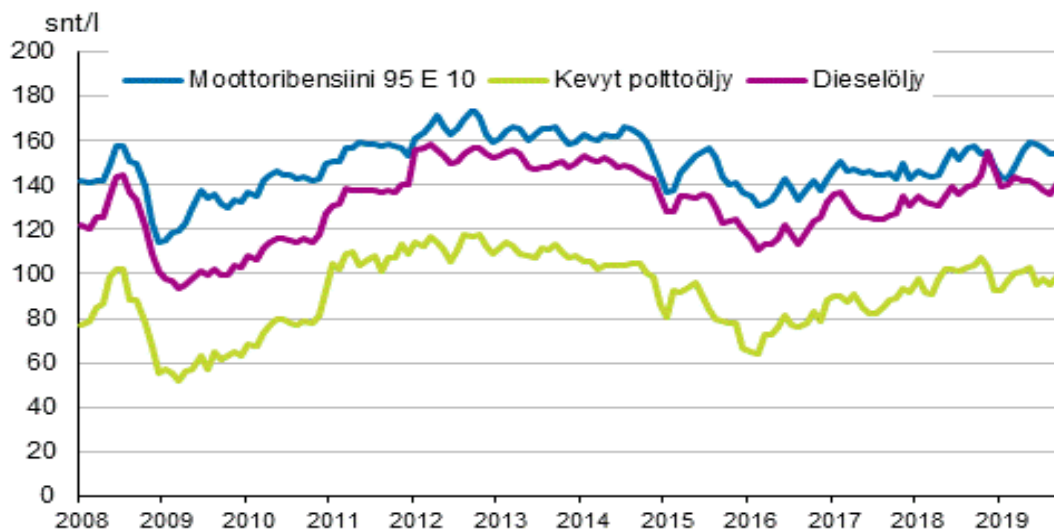


Kuva 4. Uudemman lämmitysjärjestelmän Laatukattila Oy:n öljykattilan tyypikilpi.

Järjestelmien yhteenlaskettu huippubruttoteho on noin 127,4 kW. Tavoitelämpötila konepajan puolella on 18-20°C. Toimistotiloissa oli lämpötila 21°C. Yhteyshenkilö Sakari Palmun mukaan nykyiset järjestelmät ovat kyetneet tuottamaan tavoitelämpötilan kylminäkin aikoina. Öljysäiliöinä on kaksi 1 500 litran muovisäiliötä uudemmalle kattilalle, sekä maan alla oleva 5 000 litran säiliö vanhemmalle kattilalle. Palmun mukaan kattiloita on huoltanut nuohooja aina nuohouksen yhteydessä. Öljypolttimia taas on huollettu vain silloin, kun polttimissa on ilmennyt ongelmia. (Palmu henkilökohdainen tiedonanto 12.2.2020.)

3.2 Nykyjärjestelmän kustannukset ja ekologisuus

LämpöYkkönen Oy oli tehnyt tarjouksen Kokemalle energiansäästöratkaisusta, jossa nykyisten öljykattiloiden rinnalle asennetaan ilma-vesilämpöpumput. Tarjouksessa oli kohteen kulutustiedot, joista selvisi, että öljyä on kulunut vuosittain 10 500–12 000 litraa. LämpöYkkösen tekemässä tuottolaskelmassa käytettiin 11 000 litran vuosikulutusta laskennoissa, joten tässä työssä käytettävissä laskelmissa käytetään samaa arvoa. (LämpöYkkösen tarjous 11.10.2019.) Kevyen polttoöljyn lämpöarvo on 10 kWh/litra, joten vuosittainen energian kulutus on 110 MWh (Bioenergianeuvoja www-sivut 2020). Kuvassa 5 on esitetty kevyen polttoöljyn hinta, joka on viimeisen vuosikymmenen aikana vaihdellut 0,6€/litra ja 1,2€/litra välillä (Tilastokeskuksen www-sivut 2020). Tuottolaskelmassa käytettiin öljyn hintana 0,83€/litra, joka on puolen välin tuntumasta, joten sitä voidaan käyttää laskelmissa (LämpöYkkösen tarjous 11.10.2019). Vuodessa kulutettu öljy maksaa edellä mainitulla litrahinnalla 9130 euroa. Nuohouksen hinta on keskimäärin savupiipulle ja öljykattilalle 110€. Mikäli tämän lisäksi tehdään muita toimenpiteitä, esimerkiksi öljypolttimen huolto, on hinta yleensä 150€–320€ välillä. (Kodinplazan www-sivut 2020.) Huoltokustannukset ovat kuitenkin vähäisiä verrattuna energian hintaan, joten huoltokustannukset voidaan sisällyttää vuosittain maksettavaan energian hintaan jo pelkän energian hinnan vaihtelun vuoksi.



Kuva 5. Tärkeimpien öljytuotteiden kuluttajahinnat (Tilastokeskuksen www-sivut 2020).

Vanhon öljykattiloiden hyötysuhteet eivät ole kovin hyvät. Öljylämmitys.fi -sivusto kertoo öljykattiloiden hyötysuhteen kasvaneen 10% vuosikymmenessä. Theheatinghub.co.uk -sivusto antaa karkeasti yli 25 vuotta vanhoille kattiloille hyötysuhteeksi 60%. (Öljylämmitys www-sivut 2020; Theheatinghub www-sivut 2020.) Pelkästään iän perusteella 43-vuotias Högfors 17 -kattila saisi hyötysuhteeksi 60% ja 33-vuotias Laatikattila Oy:n kattila jotain 60% ja 70% väliltä. Palmun mukaan kattiloita on kuitenkin huollettu säännöllisesti, joten pelkän iän perusteella hyötysuhteen antaminen voisi mennä alakanttiin (Henkilökohtainen tiedonanto 2020). Esimerkiksi maalämpökaivoja mitoitettaessa vanhojen öljykattiloiden hyötysuhde on hyvä mitoitaa yläkanttiin, jotta lämpökaivoista ei tule liian pieniä. Tästä syystä on hyvä tehdä herkkystarkastelu kattiloiden hyötysuhteesta. Herkkystarkastelussa saadaan taulukon 1 mukaisesti molempien kattiloiden nettotehot 5% välein 60–80% alueelta. Harmaalla maalatut lukemat ovat ne nettotehot, joita laskennoissa tullaan käyttämään. Högfors 17 -kattilan oletetaan toimivan 65% hyötysuhteella ja Laatikattila Oy:n kattilan 70% hyötysuhteella.

Taulukko 1. Herkkyystarkastelu kattiloiden hyötysuhteesta.

Herkkyytarkastelu kattiloiden hyötysuhteesta					
Hyötysuhde	60 %	65 %	70 %	75 %	80 %
Högfors 17 nettotehot (kW)	48,84	52,91	56,98	61,05	65,12
Laatukattila nettotehot (kW)	27,6	29,9	32,2	34,5	36,8

Laskennoissa käytettävillä nettotehoilla saadaan kohteen yhteisnettoteho, joka on 85,11 kW. Yhteenlasketulla nettoteholla saadaan nettotuotoksi noin 73,5 MWh/ vuosi. Hukkalämpöä tuotetaan vuosittain noin 36,5 MWh.

Nykyisen järjestelmän ekologisuutta laskettaessa keskitytään CO₂ -päästöihin. Kevyen polttoöljyn CO₂-päästökerroin on 261 kgCO₂/MWh. Tässä arvossa ei ole otettu huomioon polttoaineen tuotannon, raaka-aineen hankinnan ja kuljetuksen välillisiä CO₂-päästöjä. (Motivan www-sivut 2020.) Kohteen käyttämän öljymäärän perusteella saadaan laskettua keskimääräinen vuosikulutus. Vuosittaiseksi päästöarvoksi saatiin 28710 kgCO₂.

4 VAATIMUKSET UUDELLE JÄRJESTELMÄLLE

Vanha järjestelmä on tähän mennessä tuottanut aina tarpeeksi energiaa, joten myös uuden järjestelmän tulisi pystyä samaan. Uutta lämmitysratkaisua suunniteltaessa pitää pohtia, pysytäänkö kahdessa erillisessä järjestelmässä vai yhdistetäänkö ne. Vanhalla puolella on paksut kiviseinät, joten uusien putkien vetäminen voi aiheuttaa lisäkustannuksia. Toinen pohdittava asia on päättää, pidetäänkö vanhat öljykattilat varavoimana tai apuvoimana, jolloin kyseessä olisi hybridijärjestelmä, vai hankitaanko kokonaan uusi lämmitysratkaisu. Hybridiratkaisussa voidaan myös korvata öljykattila esimerkiksi sähkökattiloilla. Lämmityskattiloiden laskettu elinikä on noin 20–25 vuotta, mikä puoltaa kokonaan uuden järjestelmän hankintaa. Yli 25 vuotta vanhoilla kattiloilla hajoamisen riski on korkeampi sekä selvästi huonompi hyötysuhde kuin uusilla kattiloilla. (Lämpöykkösen www-sivut 2020.) Haastattelussa Palmu totesi, että lämmitys-

järjestelmä saisi olla myös helppo käyttäjälle. Kokemalla on sukupolvenvaihdos käynnissä, joten olisi hyvä, jos lämmitysjärjestelmä ei aiheuta ylimääräistä huolta. (Henkilökohtainen tiedonanto 2020.)

5 VAIHTOEHDOT LÄMMITYSMUODOLLE

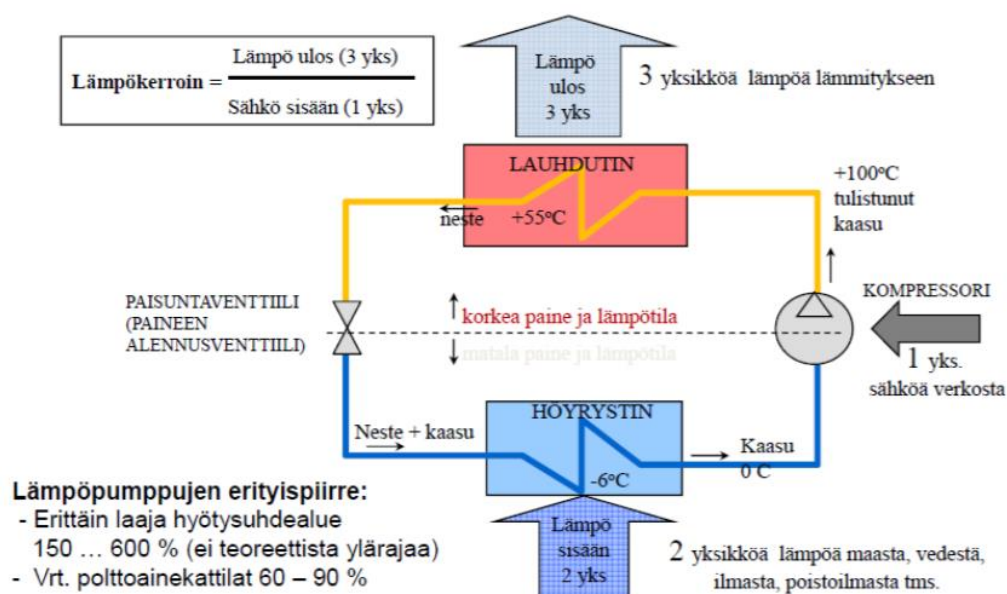
5.1 Kaukolämpö

Kokemällä paikallinen kaukolämmön toimittaja on Kokemäen Lämpö Oy. Kaukolämpöverkostoa Kokemäen Lämmöllä on noin 30 kilometriä. Pääasiassa Kokemäen Lämpö tuottaa lämpöenergian neljällä biopolttoainekattilalla, joiden yhteisteho on 25MW. Pääosa biopolttoainekattiloiden lämmöstä tuotetaan päälaitoksella, lisäksi yksi 5MW biopolttoainekattila sijaitsee Finnamyl Oy:n perunajauhotehtaan yhteydessä. Kattiloissa poltetaan haketta, jota tehdään päälaitoksella sijaitsevassa murskaamossa. Hake murskataan esimerkiksi metsätähteistä, risuista ja puujätteestä. Yhtiöllä on lisäksi öljylaitoksia eri puolilla kaukolämpöverkkoa varavoimalaitoksina yhteensä 20,5MW teholla. Varavoimalaitoksia käytetään pääasiassa vain kylmimmillä pakkasilla sekä ongelmatilanteissa. (Kokemäen Lämmön www-sivut 2020; Paimion lämpökeskuksen www-sivut 2017.)

Asiakkaan näkökulmasta kaukolämpö on erilainen muihin lämmitysmuotoihin verrattuna siinä mielessä, että lämpöenergia tuotetaan jossain muualla kuin asiakkaan tiloissa. Kaukolämpöyhtiö toimittaa tuottamansa lämpöenergian asiakkaan alakeskuskelle, jossa lämpöenergia siirtyy lämmönsiirtimen kautta asiakkaan lämmönkiertoon. Asiakkaan on hankittava alakeskus, joita saa asennuksineen lämpöurakoitsijaliikkeestä tai kokonaistoimituksina kaukolämpöyrityksiltä. (Gebwellin www-sivut 2020.) Kokemalla on kaksi erillistä lämmitysjärjestelmää, joten on laskettava, kannattaako järjestelmät yhdistää ja hommata yksi alakeskus vai pitää järjestelmät erillisinä ja hankkia kaksi alakeskusta.

5.2 Lämpöpumput yleisesti

Kaikilla lämpöpumpuilla on sama toimintaperiaate. Lämpöpumpulle otetaan lämpöä maasta, vedestä tai ilmasta keruuputkistolla tai puhaltimella ja se ajetaan höyrystimelle. Höyrystimellä kylmäaine höyrystyy kokonaan kaasuksi ja siirtyy kompressorille. Kompressorinostaa kaasun painetta, jolloin myös lämpötila nousee. Kuuma kaasu ohjataan lauhduttimelle, jossa lämpö luovutetaan esimerkiksi varaajaan. Lämmön luovuttamisen myötä kaasu lauhtuu nesteeksi ja jatkaa paisuntaventtiilille. Paisuntaventtiili laskee kylmäaineen paineen, jolloin se osittain taas höyrystyy ja jatkaa taas höyrystimelle. Tätä kiertoa jatkuu koko ajan, kun lämpöpumppu on päällä. (Suomelan www-sivut 2020.) Lämpöpumpun toimintaperiaate näkyy myös kuvassa 6.



Kuva 6. Lämpöpumpun toimintaperiaate (Syklin www-sivut 2020).

Mikäli vesikiertoiset lämpöpatterit halutaan pitää lämmönjakotapana myös uudessa systeemissä, pitäisi lämpöpumpuista valita vettä lämmittävä lämmöntuottoratkaisu. Lämpöpumppuratkaisuista veden lämmitykseen sopivat maalämpö ja ilmavesilämpöpumppu. Myös ilmalämpöpumppu voi olla käyttökelpoinen hybridilämmitysratkaisussa. Ilmalämpöpumpun etuihin kuuluu kuumina päivinä ilman viilentämisen mahdollisuus. (Thermian www-sivut 2020.) Haastattelussa Palmu kuitenkin totesi, ettei viilennykselle ole ollut tähän asti tarvetta, joten tästä edusta ei ole kauheasti hyötyä

(Henkilökohtainen tiedonanto 2020). Tämän ja vesikiertoisen lämmönjaon hyödyntämättömyys asettavat ilmalämpöpumpun takamatkalle ilmavesilämpöpumppuun ja maalämpöön verrattuna. Poistoilmalämpöpumppu on myös eräs lämpöpumppuratkaisu. Poistoilmalämpöpumppu vaatii koneellisen ilmanvaihdon. Kokeman kiinteistössä on huippuimurit, jotka ovat vähimmäisedellytys poistoilmalämpöpumpun hankintaan. Poistoilmalämpöpumppu voisi olla myös vaihtoehto, jos rakennuksessa olisi lämpökuormia tai muita lämpöä tuottavia prosesseja. Palmun mukaan lämpökuormia ei ole, joten poistoilmalämpöpumppu ei välttämättä ole paras ratkaisu paljon energiaa kuluttavaan rakennukseen (Henkilökohtainen tiedonanto 12.2.2020). Poistoilmalämpöpumppu voisi olla hyvä matalaenergia- tai passiivitaloissa (Motivan www-sivut 2020).

Kaikkia lämpöpumppuja mitoitettaessa esille tulee lämpöpumpun hyötysuhde COP (Coefficient Of Performance), sekä vuosihyötysuhde SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance). Esimerkiksi COP 4 -merkintä tarkoittaa, että 1kW sähköä saadaan tuotettua 4kW lämpöenergiaa. COP -lukemia vertailtaessa pitää varmistaa, onko lämpöpumpun valmistaja käyttänyt vanhan EN 255 -standardin COP-määritelmää vai uudemman ja virallisen EN 14511 -standardin COP-määritelmää. SCOP-luku kertoo hyötysuhteen tarkemmin tietyltä alueelta. EN 14825 -standardin mukaisesti SCOP on määritely laskennallisesti Euroopassa kolmeen eri vyöhykkeeseen, eli Etelä-Eurooppaan, Keski-Eurooppaan ja Pohjois-Eurooppaan. Pohjois-Euroopan SCOP perustuu Helsingin ilmasto-olosuhteisiin, joka on samanlainen kuin kohteessa. (Nilanin www-sivut 2020.)

5.3 Maalämpö

Maalämmössä hyödynnetään pääasiassa maahan varastoitunutta auringon energiaa. Lisäksi syvemmillä kallioperässä on geotermistä energiaa, jota saadaan käyttöön varsinkin syvemmissä kaivoissa. Varastoitunutta energiaa kerätään joko lämpökaivolla, joka on yleensä 100–200 metriä syvä, isoissa kohteissa voi olla syvempiä sekä useampia kaivoja, tai noin metrin syvyyteen asennettavalla vaakaputkistolla. Lämpökaivon mitoitukseen vaikuttaa pehmeän maaperän syvyys ennen peruskalliota sekä tarvittava

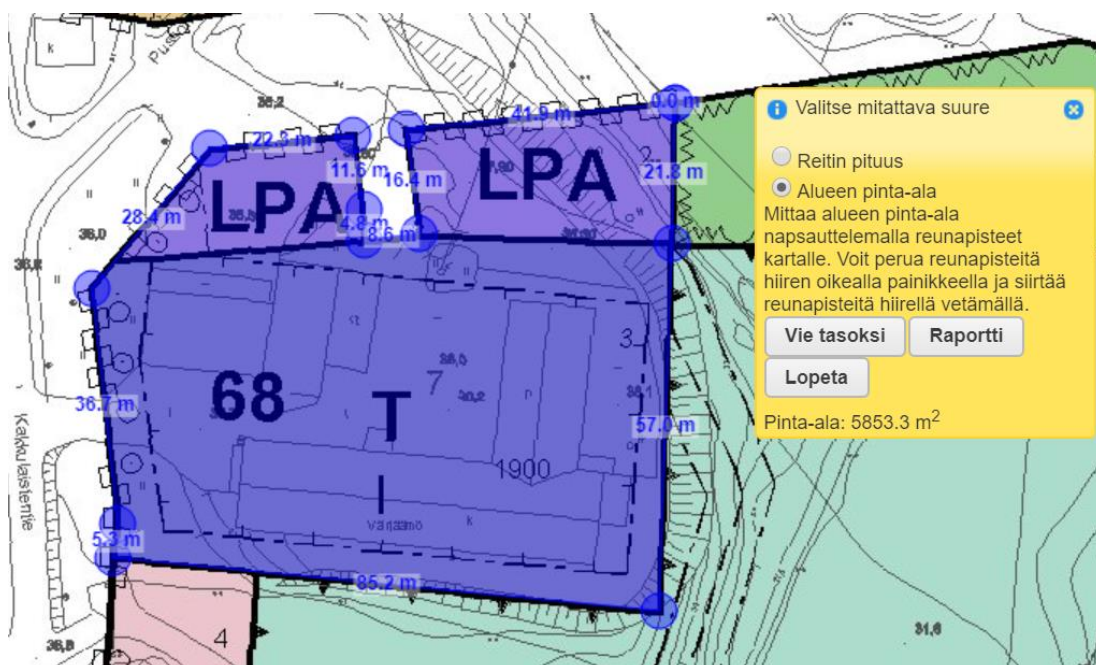
tehon määrä. Myös paikalliset pohjavesiolosuhteet vaikuttavat lämpökaivon teholliseen syvyyteen. Isoissa kohteissa porataan useita lämpökaivoja. Karkeasti tehoa saadaan kaivosta 1kW 20 metriä kohden. Lämpökaivon tai kaivojen sijaintia mietittäessä on huomioitava muutama asia. Keruuputkien johdettavuus lämpöpumpulle, maapinnan alla menevien vesijohtojen ja sähköjohtojen sijainti sekä kunnan mahdolliset määräykset ja ohjeistukset esimerkiksi tulee ottaa huomioon. Lämpökaivojen poraaminen on luvanvaraista, joten kunnan asettamat rajoitukset tulevat lupaprosessissa selville. (Suomen porakaivon www-sivut 2020.)

Vaakaputkiston mitoituksessa maaperän lämmönjohtavuus ja kosteus ovat tärkeimpiä asioita. Kosteaa savimaa soveltuu vaakaputkistolle parhaiten ja tarvitsee selvästi vähemmän putkipinta-alaa kuin esimerkiksi hiekkamaa. Vuotuinen savimaasta saatava lämpöenergia on Etelä-Suomessa 50–60 kWh yhtä putkimetriä kohden. Yksi putkimetri vaatii noin 1,5m² pinta-alaa maasta. (Kilpijärvi 2015.)

Maalämpöjärjestelmä mitoitetaan joko osa- tai täysteholle. Osateholla järjestelmä tuottaa yleensä 60–90% tarvittavasta lämmitystehosta kovimmilla pakkasilla. Osateholla katetaan 90–98% rakennuksen vuosienenergiasta. Osatehoisella järjestelmällä tuotetaan loput tarvittavasta lämpötehosta esimerkiksi sähkövastuksilla tai jollain muulla tavalla hyvin käytettävissä olevalla lämmönlähteellä. (Kilpijärvi 2015.) Maalämpöpumppujen toimintaperiaate on samanlainen eri pumpputyypeillä. Pumpputyypien erot ovat tavassa ohjata lämmitettyä vettä rakennuksen ja käyttöveden lämmittämiseen. Toiminnallisesti maalämpöpumput jaetaan vaihtuvalauhdutteisiin ja kiinteälauhdutteisiin maalämpöpumppuihin. (Lämpöykkösen www-sivut 2020.) Vaihtuvalauhdutteinen malli lämmittää tarpeen mukaan joko rakennusta tai käyttövettä, kun taas kiinteälauhdutteinen malli lämmittää molempia samaan aikaan. Vaihtuvalauhdutteisessa mallissa käytetään yleensä kaksoisvaippavaraajaa ja kiinteälauhdutteisessa mallissa kaksiosaista varaajaa. Molemmat mallit ovat saatavilla invertterin kanssa. (Motivan www-sivut 2020.)

Kokemalla on melko suuri lämmitystarve. Vaakaputkiston koko edellä mainituilla arvoilla olisi kokonaan kohteessa käytetyn öljyn vuotuisen bruttotehon korvatessa noin 1 833 metriä, joka tarvitsee 2 750 neliömetrin pinta-alan. Tämä on laskettu vuotuisen

savimaasta saatavan lämpöenergian parhaalla ohjeellisella arvolla, eli 60 kWh. Puolitettaessa öljyn vuotuinen bruttoteho saadaan keruuputkiston pituudeksi noin 917 metriä ja tarvittavaksi pinta-alaksi 1 375 neliömetriä. Vaakaputkisto tarvitsee todella paljon tilaa, vaikka maalämpö mitoitettaisiin vain osateholle. Kokemalla on kuvan 6 asemakaavasta tarkasteltuna melko iso tontti, tosin pinta-alasta menee aika paljon rakennuksille. Palmun mukaan piha-alueen pohjoispuolella menee sähköjohto, joten ihan joka paikkaan putkistoa ei voi vetää (Henkilökohtainen tiedonanto 2020). Vaakaputkistolle sopivaa pihamaata on liian vähän kattamaan edes järkevä kokoluokan osatehon, joten maalämpöä suunniteltaessa tarkemmin tullaan laskemaan porakaivojen mahdollisuuksia.



Kuva 6. Kokeman tontin koko asemakaavasta (Kokemäen karttatiimin [www-sivut 2020](http://www.sivut2020)).

5.4 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu hyödyntää ulkoilmaan varastoitunutta auringon tuottamaa energiaa. Keruuputkiston sijaan energia kerätään erillisellä ulkoyksiköllä, joka asennetaan ulkoseinälle tai sen viereen omalle jalustalle mahdollisimman lähelle sisäyksikköä. (Thermian [www-sivut 2020](http://www.sivut2020).) Ilma-vesilämpöpumput jaetaan pääasiassa split-

laitteisiin ja monoblock-laitteisiin. Split-lämpöpumppujen kylmäkoneisto on jaettu ulkoyksikköön ja sisäyksikköön, ja niiden välillä kiertää kylmäaine. Monoblock-laitteissa kaikki tekniikka on ulkoyksikössä, josta kiertää pelkkä vesi sisällä olevaan varaajaan. Monoblock-laitteen voi kytkeä myös suoraan osaksi olemassa olevaa lämmitysjärjestelmää. Ilma-vesilämpöpumpuista suurin osa on inverter-malleja. (Motivan www-sivut 2020.)

Ilma-vesilämpöpumppu voi toimia päälämmönlähteenä koko kiinteistölle tai rinnakkaisena lämmönlähteenä hybridijärjestelmässä. Ilman lämpötilan mennessä alle -20°C ilma-vesilämpöpumpun lämmitysteho ja hyötysuhde laskevat selvästi, jolloin pitää turvautua joko ilma-vesilämpöpumpun omaan sähkövastukseen tai rinnakkaiseen lämmitysjärjestelmään. (Lämpöyökkösen www-sivut 2020.) Ilma-vesilämpöpumppujen nimellisteho on usein määritelty 7°C ulkolämpötilalle, minkä seurauksena -20°C ulkolämpötilassa tehoa voi olla jopa 50% vähemmän. Sähkölämmityksen tutkimusohjelma Elvarin tekemän tutkimuksen mukaan ilma-vesilämpöpumppujen vuosilämpökertoimet olivat 1,4–2,7 välillä lämmitysmuotoa vaihtaneissa kohteissa. Parhaimmat lämpökertoimet saatiin suurista lattialämmityskohteista, sillä lattialämmitys ei vaadi niin korkeaa menoveden lämpötilaa kuin patteriverkosto. Useimmilla ilma-vesilämpöpumpuilla yli 50°C veden tuottaminen on hankalaa. Kahden kompressorin laitemalleilla voidaan kuitenkin tehdä jopa yli 70°C vettä. (Motivan www-sivut 2020.)

Kokeman lämmitysjärjestelmissä oli vierailuhetkellä asetettu öljykattiloiden polttimet menemään päälle vanhemmassa järjestelmässä kattilaveden ollessa noin 70°C ja uudemmassa noin 60°C . Mikäli päädytään käyttämään ilma-vesilämpöpumppuja lämmön tuottamiseen, tarvitaan suurella todennäköisyydellä myös apuvoimaa varsinkin talvella kovimpien pakkasten aikana. Lämmityspatterien pinta-alaa suurentamalla apuvoiman tarve vähenee, kun lämmitysverkon veden lämpötilaa voidaan alentaa. Uusista lämmityspattereista kuitenkin syntyisi lisäkustannuksia. Kokema on saanut LämpöYkkönen Oy:ltä tarjouksen energiansäästöratkaisusta, jossa nykyisen öljylämmityksen rinnalle asennetaan ilma-vesilämpöpumppuja. Tarjouksessa käytettyjä laskennallisia arvoja tullaan käyttämään vertailukohtana arvioitaessa Kokemalle sopivinta lämmitysjärjestelmää.

5.5 Sähkölämmitys

Sähkölämmityksen toteutusmallit voi jakaa varaavaan ja suoraan sähkölämmitykseen. Varaava sähkölämmitys varastoi lämpöä lämminvesivaraajaan, kun taas suora sähkölämmitys on huonekohtainen. Esimerkiksi lattialämmitys on suoraa sähkölämmitystä. Suora sähkölämmitys vaatii erillisen käyttövesivaraajan. Sähkölämmityksen hyviä puolia ovat esimerkiksi hyvä hyötysuhde, halpa alkuinvestointi ja käyttövarmuus. (Vattenfallin www-sivut 2020.) Uudiskohteisiin sähkölämmitys valitaan usein hyvän lämmöneristyksen omaavaan pieneen taloon. Tällaisiin kohteisiin muut lämmitysmuodot ovat liian kalliita suhteessa saavutettuun säästöön. Lisäksi sähkölämmitys vie vähän tilaa. Saneerauskohteissa helposti muokattavaan vesikiertoiseen sähkölämmitysjärjestelmään voidaan helposti liittää esimerkiksi ilma-vesilämpöpumppu. (Jaspin www-sivut 2020.) Energiakustannukset ovat kuitenkin sähkölämmityksessä kalliimmasta päästä (Energiatehokas koti -hankkeen www-sivut 2020).

Sähkölämmitys yksinään soveltuu huonosti Kokeman lämmitettävien tilojen suuren pinta-alan ja suuren energiankulutuksen vuoksi. Potentiaalia sähkölämmityksestä kuitenkin löytyy osana hybridijärjestelmää, jos esimerkiksi öljystä halutaan kokonaan eroon uudessa lämmitysjärjestelmässä. Sähkölämmityksen energiakustannukset on helppo laskea. Sähkövastukset muuttavat 100% hyötysuhteella sähköenergian lämmöksi (Energy Vanguardin www-sivut 2020). Jos sähkölämmitys yksin korvaisi öljylämmityksen, tulisi vuotuiset energiakustannukset olemaan noin 6650€, jossa sähkön hintana käytettiin 0,095€/kWh.

5.6 Uudet öljykattilat

Eräs vaihtoehto olisi päivittää vanhat öljykattilat uusiin. Uusissa öljykattiloissa hyötysuhde on noin 95%, joka on selvästi parempi kuin Kokeman nykyisissä kattiloissa (Öljylämmitys www-sivut 2020). Uusina kattiloina voisivat toimia esimerkiksi Jäspi Eco 70 S ja Jäspi Eco 40 S, jotka ovat tehoiltaan 70 kW ja 40 kW. 95% hyötysuhteella nettotehoiksi tulee 66,5 kW ja 38 kW, jotka ovat riittävän suuret tehot, kun verrataan nykyisten kattiloiden nettotehoihin. Jäspi Eco -kattilat maksavat ilman arvonlisäveroa 4 153,23€ ja 3 225€. (Ivi-tarvikkeet www-sivut 2020.) Yhteensä uusien öljykattiloiden hinta olisi 7 378,23€. Uudet öljykattilat vaativat myös uudet öljypolttimet, jotta 95%

hyötysuhteeseen päästään varmasti. Sopivan kokoiset polttimet uusille kattiloille olisivat OILON JUNIOR PRO2 LJ50 ja OILON JUNIOR PRO2 LJ20. Nämä polttimet maksavat 1 115€ ja 1 009€ (Taloon www-sivut 2020). Uudet kattilat ja polttimet maksavat yhteensä 9 502,23€ ja lisäksi on huomioitava vaihtotyöstä tulevat kustannukset. Uudet kattilat kuluttavat öljyä vuosittain keskimäärin noin 7 735 litraa, joka on 3 265 litraa vähemmän kuin vanhalla järjestelmällä. Käyttökustannukset ovat noin 6 420€ vuodessa, joten rahallista säästöä käyttökustannuksissa verrattuna nykyisiin öljykattiloihin syntyy noin 2 710€ vuodessa. Käyttökustannukset on laskettu aiemmin määritellyllä öljyn hinnalla, johon voi tulla jo lähitulevaisuudessa korotusta esimerkiksi Suomen hallituksen ilmastotoimien seurauksena. Lasketulla säästöllä investoinnin takaisinmaksuaika on noin 3,5 vuotta, kun asennustyön osuutta ei ole otettu huomioon. Jos työn hinnaksi arvioidaan 3 000€, investointi maksaa itsensä takaisin alle viidessä vuodessa. Yhteensä investointi olisi noin 12 500€. Pienempi öljynkulutus tuottaa myös vähemmän päästöjä. Uusilla kattiloilla päästöt vähenevät vuosittain noin 8 521 kgCO₂.

5.7 Puupohjaisten polttoaineiden lämmitysjärjestelmät

Karkeasti pienemmässä mittakaavassa käytettävät puupohjaiset polttoaineet voidaan jakaa hakkeeseen, pellettiin ja polttopuihin. Näistä polttoaineista automatisoitu polttoaineensyöttö on käytettävissä hakkeelle ja pelletille. Perinteisten polttopuiden käyttäminen kohteessa ei ole mielekästä, koska kattila pitää aina täyttää manuaalisesti. Myös pelletin isompaa versiota brikettiä poltetaan samalla tavalla kuin polttopuita.

Hakkeen tai pelletin polttamista varten pitäisi rakentaa polttoainevarasto, joka pitäisi olla riittävän tilava, ettei sitä tarvitse täyttää koko ajan. Esimerkiksi talvella polttoaineen kulutus on suurta ja polttoaineen toimitukset voivat välillä viivästyä, joten polttoaineen riittävyys pitää varmistaa myös tällaisiin tilanteisiin. Piha-alueen käyttö voi asettaa rajoituksia polttoainevaraston paikalle. Polttoainevarastosta pitää myös lähteä kuljetin kattilalle. Kokemalla on kaksi erillistä lämmitysjärjestelmää, joten kuljettimia ja mahdollisesti myös polttoainevarastoja pitäisi rakentaa kaksi kappaletta, jos lämmitysjärjestelmät pidettäisiin erillään. Tästä syystä lämmitysjärjestelmät olisi järkevää yhdistää, jolloin yksi isompi kattila, polttoainevarasto ja kuljetin riittäisivät.

Vaikka hakkeen ja pelletin poltto on pitkälle automatisoitua, täytyy sitä jo paloturvallisuussyistä seurata enemmän kuin muita lämmitysjärjestelmiä. Ylimääräinen lämmityksen seuraaminen ei ollut toivottavaa, joten puupohjaisten polttoaineiden käyttö ei tässä kohteessa ole järkevää.

5.8 Aurinkokeräimet

Kokemalla on melko suuri katto päärakennuksessa, josta toinen puoli osoittaa etelään. Katolla on potentiaalia aurinkoenergian keräämiselle. Lämmitystä mietittäessä puhutaan aurinkokeräimistä, kun taas aurinkopaneeleilla auringon energiasta tehdään sähköä. Aurinkopaneeleillakin saa tehtyä lämmintä vettä sähkövastuksen avulla, mutta aurinkokeräimet ovat tehokkaampia lämpimän veden tuottamiseen.

Aurinkoenergian saaminen on epäsäännöllistä. Suurin osa auringon energiasta on hyödynnettävissä kesällä, jolloin myös lämmityksen tarve on pienimmillään. Aurinkolämpöjärjestelmä sopii lämmitysmuodoksi vain osana hybridijärjestelmää. Aurinkolämmöllä lämmitetään pääasiassa käyttövettä, mutta sillä voidaan tuottaa myös lämpöä vesikiertoisiin lämmitysjärjestelmiin. (Motivan [www-sivut 2020](#)).

Aurinkolämpö sopii melko huonosti Kokemalle, sillä lämmintä käyttövettä kulutetaan vähän suhteessa tarvittavaan lämmitykseen (Palmu henkilökohtainen tiedonanto 2020). Lisäksi aurinkolämmöstä ei ole talvella hyötyä, jolloin lämmöntarve on suurin. Sen sijaan aurinkosähköjärjestelmä voisi olla toimiva ratkaisu, jos päädytään lämpöpumpuilla toimivaan lämmitysjärjestelmään. Lisäksi aurinkosähköjärjestelmällä saadaan säästöjä kohteen muussa sähkönkulutuksessa.

6 POTENTIAALISTEN VAIHTOEHTOJEN TALOUDELLISUUS JA EKOLOGISUUS

Seuraavaksi tarkastellaan potentiaalisten lämmitysvaihtoehtojen taloudellisuutta ja ekologisuutta. Tarkemmin tarkasteltaviksi vaihtoehtoiksi päätyivät kaukolämpö, ilma-vesilämpöpumppu ja maalämpö sekä niiden mahdolliset hybridivariaatiot. Taloudellisuudesta tarkastellaan investointikustannuksia, käyttökustannuksia ja takaisinmaksuaikaa. Investointikustannuksia ovat laitehankinnat ja asennuskustannukset, käyttökustannuksia ovat energiamaksut ja huoltokustannukset. Takaisinmaksuaika toteutuu, kun uuden järjestelmän investointikustannukset ovat maksaneet itsensä takaisin uuden järjestelmän tuomien halvempien käyttökustannusten ansiosta. Tämän jälkeen uudella järjestelmällä saa taloudellisia säästöjä. Mikäli lämmitysjärjestelmään liittyvissä hankinnoissa on vaihtoehtoina arvonlisäverollinen hinta ja ilman arvonlisäveroa oleva hinta, käytetään laskennassa ilman arvonlisäveroa olevaa hintaa. Ekologisuudessa tarkastellaan vaihtoehtojen hiilidioksidipäästöjä ja verrataan sitä vanhan järjestelmän hiilidioksidipäästöihin.

6.1 Laskennat kaukolämmöstä

Kaukolämmön hinta koostuu investointikustannuksista, joita ovat liittymismaksu ja alakeskuksen hankinta ja asennus, sekä jatkuvista kustannuksista, joita ovat perusmaksu ja energiamaksu. Liittymismaksu on tapauskohtainen ja siihen vaikuttaa kohteen sijainti kaukolämpöverkoston nähden. Myös alakeskuksen hintaan vaikuttaa kohteen ominaisuudet. Perusmaksu määräytyy tilaustehosta, eli käytännössä kylmimpinä aikoina käytettävästä maksimitehosta. Energiamaksu määräytyy kulutuksen mukaan. Energiamaksu voi olla riippuen kaukolämpöyrityksestä joko kausiluonteista, eli esimerkiksi talvella lämmön hinta on suurempi kuin kesällä, tai kiinteä, jolloin energiamaksu pysyy samana ympäri vuoden.

Kokemäen Lämmön antamassa tarjouksessa annettiin heidän tuottaman energian hinnaksi 58,50 €/MWh alv 0%. Kokemäen Lämpö arvioi antamassaan tarjouksessa tarvittavaksi huipputehoksi 75 kW, jonka pohjalta perusmaksu on 192,50€/kk alv 0%. (Kokemäen Lämmön tarjous 8.4.2020.) Vuodessa perusmaksu on 2 310€. Mikäli ny-

kyisten öljykattiloiden yhteinen huipputeho arvioitaisiin 75 kW, olisi niiden molempien hyötysuhde noin 60%. Muissa laskelmissa huipputehoksi on arvioitu noin 85 kW, joka on 10 kW suurempi. Vuosittainen energiankulutus on 73,5 MWh. Energian hinnaksi näillä kulutuksilla tulee 4 298,92€ vuodessa. Perusmaksu mukaan otettuna kaukolämpö maksaa 6 608,92€ vuodessa. Mikäli arvioitu huipputehontarve ei riitä, voidaan sitä helposti nostaa. Suuremmalla huipputeholla kuitenkin perusmaksun hinta nousee.

Seuraavaksi käsitellään kaukolämpöön liittymisen investointikustannuksia. Ensimmäisenä asiana on liittymismaksu, jolla rakennetaan kaukolämmön talojohdot ja hankitaan lämmönmittauslaitteet. Kokemäen Lämpö tarjoaa liittymismaksun hinnaksi 2 500€. Lisäksi pitää rakentaa lämmönjakokeskus, josta kaukolämmöstä saatava energia siirretään käyttöveeseen ja patteriverkostoon. Kokemäen Lämpö antaa kaksi vaihtoehtoa lämmönjakokeskuksesta. Ensimmäinen vaihtoehto on tehdä kaksi alakeskusta, jotka käytännössä olisivat nykyisten öljykattiloiden tilalla pannuhuoneissa. Lämmönjakokeskuksina toimisi SAMPO Special ECO 8G OU23, joissa 60 kW lämmönsiirrin käyttöveeseen ja 60 kW lämmönsiirrin lämmitysjärjestelmälle. Käyttöveden lämmönsiirrin olisi käytössä vain toisessa alakeskuksessa, jossa käyttövettä on ennenkin tehty. Veroton hinta näille kahdelle alakeskukselle on asennettuna 8 260€. Toinen vaihtoehto on yhdistää lämmitysjärjestelmät ja ottaa alakeskukseksi SAMPO Special ECO-3 8G OU23. Tällä alakeskuksella on käyttöveden lämmönsiirrin saman kokoinen kuin pienemmässä versiossa, mutta lämmitysjärjestelmälle saadaan 120 kW teholla siirrettyä lämpöä. Hinta tälle alakeskukselle, asennukselle ja lämmitysjärjestelmien yhdistämiselle on verottomana 6 720€. (Kokemäen Lämmön tarjous 8.4.2020.) Kuvassa 7 on tarjottujen lämpökeskusten hinnat.

KAUKOLÄMPÖLIITTYMÄ KIINTEISTÖÖNNE

Tarjoamme kaukolämpöliittymää kiinteistöönne laitteineen ja valmiiksi asennettuna seuraavasti:

Vaihtoehto 1:

	Veroton	alv 24%	verollinen
Lämmönjakokeskus (käyttövesi 57 kW + lämmitys 60 kW)			
SAMPO Special ECO 8G OU23	2490 €	598 €	3978 €
Asennus	1640 €	394 €	2034 €
	4130 €	992 €	5122 €
Yhteensä 2 kpl	8260 €	1984 €	10244 €

Vaihtoehto 2:

	Veroton	alv 24%	verollinen
Lämmönjakokeskus (käyttövesi 57 kW+lämmitys 120 kW)			
SAMPO Special ECO-3 8G OU23	3870 €	929 €	4799 €
Asennus/verkkojen yhdistys	2850 €	684 €	3534 €
Yhteensä 1 kpl	6720 €	1613 €	8333 €

Asennus ei sisällä vanhojen kattiloiden purkutöitä, eikä asbestin purkua.

Kuva 7. Tarjous kaukolämpöliittymistä (Kokemäen Lämmön tarjous 8.4.2020).

Kuvasta 7 havaitaan, että vanhojen öljykattiloiden purkutyöt eivät kuulu asennuksen hintaan. Aiemmin öljykattiloiden vaihtamisen hinnaksi arvioitiin 3 000€, joten arvioidaan pelkän purkutyön hinnaksi 1 500€. Asbestia ei Palmun mukaan pitäisi Kokeman tiloissa olla (Henkilökohtainen tiedonanto 2020). Yhden lämmönjakokeskuksen malli on verottomilla hinnoilla 1 540€ halvempi kuin kahden lämmönjakokeskuksen malli, joten taloudellisesta näkökannasta tarkasteltuna vaihtoehto 2 on parempi, sillä kuvan 7 mukaan siihen kuuluu myös lämmitysverkkojen yhdistäminen. Investointikustannukset koostuvat liittymismaksusta, lämmönjakokeskuksesta ja vanhojen kattiloiden purkamisesta, joista tulee yhteishinnaksi 10 720€. Nykyiseen öljylämmitykseen verrattuna kaukolämmöllä saadaan säästöä energiassa noin 2 521€ vuodessa. Tällä säästöllä investointi maksaa itsensä takaisin noin 4,25 vuodessa.

Kokemäen Lämpö kertoo tuottavansa energiaa hiilineutraalisti. Teknisen katselmuksen yhteydessä hiilineutraaliutta perusteltiin risuista ja puujätteestä tehdyn hakkeen poltolla, jotka muuten lahoaisivat ja näin päästäisivät samat päästöt mutta hitaammin. Kaikissa tilanteissa hake ei voi olla saatavuuden kannalta pelkästään puujätteestä ja risuista tehtyä, vaan mukana on myös jopa runkopuusta tehtyä haketta. Lisäksi kaukolämpöä tuottaa kylmimpien pakkasten aikana myös öljykattilat, joiden hiilineutraaliutta ei voi täysin perustella. Motivan sivuilta löytyi kaukolämmön erillistuotannon

ryhmäjako, jossa Kokemäki oli listattu B-ryhmään, jossa on toiseksi matalin CO₂-päästökerroin, joka on 40 kgCO₂/MWh. (Motivan www-sivut 2020.) Vuosittaiset päästöt ovat arvioidulla energiankulutuksella noin 2 939 kgCO₂. Taulukoon 2 on vielä koottu luvut kaukolämpöön liittyvistä laskennoista.

Taulukko 2. Taloudelliset ja ekologiset laskenta-arvot kaukolämmölle.

Investointikustannukset		Vuosittaiset kustannukset			Päästöt		
Liittymismaksu	2 500,0 €	Energiamaksu	58,50 €/MWh	Kaukolämmön päästökerroin	40	kgCO ₂ /MWh	
Vaihtoehto 2 hankintakustannukset (veroton)		Energian kulutus vuodessa	73,5 MWh/a	Vuosittaiset päästöt	2 939	kgCO ₂ /a	
SAMPO Special ECO-3 8G OU23	3 870,0 €	Energian hinta vuodessa	4 298,92 €/a	Päästöjen vähenemä vuodessa	25 771	kgCO ₂ /a	
Asennus + verkkojen yhdistys	2 850,0 €	Perusmaksu	192,50 €/kk				
Vaihtoehto 2 yhteensä	6 720,0 €	Perusmaksu vuodessa	2 310,00 €/a				
Öljykattiloiden purkuhinta	1 500,0 €	Kaukolämmön hinta vuodessa	6 608,92 €				
Investointi yhteensä (vaihtoehto 2)	10 720,0 €						
Investoinnin takaisinmaksuaika	4,25 a						

6.2 Laskennat maalämmöstä

Suuriin kiinteistöihin maalämmön investointihinta on suuri. 1 000m² – 2 000m² kiinteistöön maalämmön hinta asennettuna on tyypillisesti 100 000€–200 000€. Esimerkiksi 50kW maalämpöjärjestelmä maksaa noin 100 000€ asennettuna. (Tom Allen Seneran www-sivut 2020.) Myös LämpöYkkönen kertoo nettisivuillaan maalämmön hankintakustannukseksi 100 000€–200 000€ (Lämpöykkösen www-sivut 2020). Suurissa kiinteistöissä hinnan määräytyminen on yksilöllistä ja voi vaihdella jonkin verran. Maalämmön rinnalle voidaan myös jättää vanha järjestelmä, mikäli esimerkiksi öljykattila on hyvässä kunnossa. Tässä tapauksessa maalämpöä ei tarvitse mitoittaa huipputeholle, jolloin hankintakustannukset ovat pienemmät. (Tom Allen Seneran www-sivut 2020.)

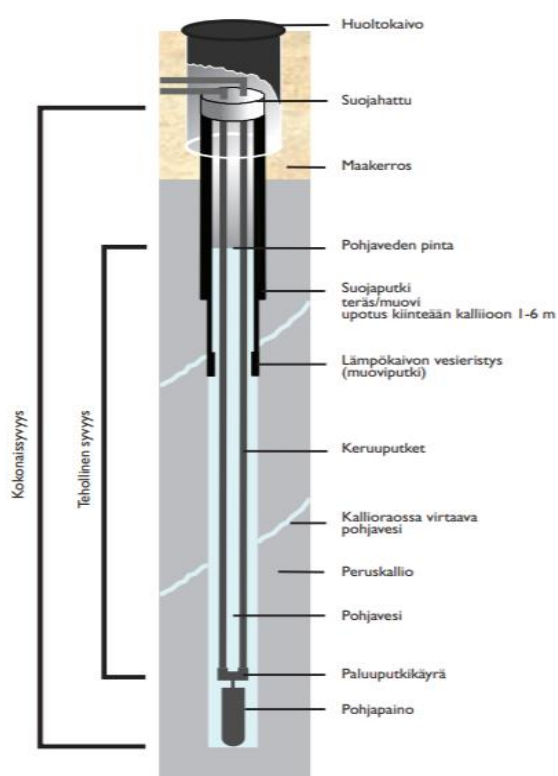
Maalämpöä mitoitettaessa vanhoille öljykattiloille on parempi antaa arvioitua parempi hyötysuhde, jotta maalämpöpumpusta tai porakaivoista ei tule vahingossakaan liian pieniä (Bosch-climate www-sivut 2020). Kokemalle vanhemman öljykattilan tilalle voisi tulla esimerkiksi NIBE F1345-60 ja uudemman öljykattilan tilalle NIBE F1345-40. Kyseessä olisivat 60 kW ja 40 kW lämpöpumput. Tosin NIBE F1345 teknisissä tiedoissa on 60kW lämpöpumpun lämmitystehoksi ilmoitettu 57,7 kW. Standardin EN

14511 mukainen COP on NIBE F1345-60 lämpöpumpulla 4,10 ja NIBE F1345-40 lämpöpumpulla 4,51. Edellä mainitun standardin mukaan tulolämpötila on 0°C ja lämmitetyn veden lämpötila 35°C. NIBE F1345 lämpöpumput voi myös liittää sarjaan, jos lämmitysjärjestelmät halutaan yhdistää. (Taloon www-sivut 2020.) NIBE F1345 tekniset tiedot löytyvät liitetiedoista. NIBE F1345-60 lämpöpumpun hinta on 17 169€ ja NIBE F1345-40 lämpöpumpun hinta on 15 019€ (Taloon www-sivut 2020). Yhteensä lämpöpumpuista tulee hintaa 32 188€. Kaukolämpötarjouksessa oli ajateltu 75kW huipputehon riittävän, joten kaksi 40kW lämpöpumppua voisi riittää. Tässä tapauksessa lämmintä käyttövetä voidaan joutua kylmillä keleillä lämmittämään sähkövastuksen avulla, mikä lisää energiakustannuksia. Toinen vaihtoehto on yhdistää lämpöverkostot ja kytkeä lämpöpumput sarjaan. Kaksi 40 kW lämpöpumppua maksaa 30038€. Lämpöpumppujen tekniset tiedot löytyvät liitteestä 1.

Mikäli maalämpö mitoitetaan osateholle, täytyy tarvittava huipputeho taata esimerkiksi vanhoilla öljykattiloilla. 60 kW osateholla lämpöpumpuksi riittäisi kaksi 30 kW NIBE F1345-30 lämpöpumppua tai yksi 60 kW NIBE F1345-60 lämpöpumppu. 60kW osateho on noin 70% tarvittavasta huipputehosta, joten lämpöpumppu tuottaisi noin 92% rakennuksen vuotuisesta energiantarpeesta. Yhden lämpöpumpun järjestelmällä lämpöverkot pitäisi yhdistää, jolloin pitäisi suunnitella tarkemmin kahden öljykattilan ja yhden lämpöpumpun yhteistoiminta. Tästä saattaa tulla lisäkustannuksia. Kaukolämpötarjouksessa verkostojen yhdistäminen maksaa 1 210€ (alv 0%), mikäli isomman lämpökeskuksen ja pienemmän lämpökeskuksen asennus oletetaan samantaiseksi. Kaksi 30kW NIBE F1345-30 lämpöpumppua maksavat yhteensä 27 890€, kun taas yksi NIBE F1345-60 ja verkostojen yhdistäminen maksaisivat 18 379€ (taloon.com www-sivut 2020). NIBE F1345-60 ja verkostojen yhdistäminen on kannattavampi valinta.

Toinen suuri menoerä maalämpöön investoitaessa on porakaivot. Kallioperään poraaminen maksaa yleensä noin 30€/metri. Esimerkiksi Innoair antaa peruskallioon poraamisesta hintaa 32€/metri (Innoair www-sivut 2020). Maalämmön kannattavuus perustuu usein siihen, kuinka paljon pitää porata pehmeää maata, ennen kuin ollaan peruskalliossa. Pehmeään maahan poratessa porausreikä pitää suojata putkella, jotta pehmeä maa- aines ei sorru lämpökaivoon. Pehmeän maan poraus maksaa usein 40–60 euroa

(Techeat www-sivut 2020). Kokemäellä Villiönsuvannolla on tehty rakennettavuusselvitys, jossa on tarkasteltu maaperää. Villiönsuvanto sijaitsee noin kilometrin päässä Kokemalta. Maaperässä ylimpänä havaittiin savea, jota on enimmillään 7 metriä. Saveen jälkeen on löyhää silttiä, jota on enimmillään 11 metriä. Alimpana on tiivistä moreenia, joka on paikoin kivistä. Tehdyt kairaukset pysähtyivät kiveen tai kallioon, tai kiilautuivat tiiviiseen moreeniin 6,7–17,1 metrin syvyydessä. Lisäksi pohjaveden korkeus on noin 8,5 metrin syvyydessä. (Kokemäen www-sivut 2020.) Kuvassa 8 on kuvattu lämpökaivon rakennetta.



Kuva 8. Lämpökaivon rakenne (Juvonen 2009, 26).

Mikäli lämpökaivon tehollisena alueena pidetään 200 metriä, saisi yhdestä kaivosta 10 kW tehoa irti (Suomen porakaivon www-sivut 2020). Kaivon kokonaissyvyys voisi olla 230 metriä, jos peruskallio on noin 15 metrin syvyydessä. Lämpöpumppujen yhteistehoksi määriteltiin 100 kW, joten tarvitaan kymmenen 230 metrin syvyistä lämpökaivoa. Pehmeän maan lisäksi myös peruskallioon rakennetaan suojaputkea noin 3 metriä, joten kalliimpaa porausta tehdään 18 metriä jokaiseen kaivoon. 180 metriä suojaputkitettua porausta maksaa 10 800€, kun hintana käytetään 60€/metri arvoa. 2 120

metriä on kallioon poraamista, ja maksaa yhteensä 67 840€. Yhteensä kymmenen porakaivoa maksavat 78 640€. Samoilla arvoilla kahdeksan porakaivoa maksaa 62 912€ ja kuusi kaivoa 47 184€. Jos peruskallio kuitenkin olisi niin lähellä pintaa, että vain 3 metriä suojaputkea riittäisi, tulisi yhdelle porakaivolle 420€ vähemmän hintaa. Tässä tapauksessa kymmenen kaivoa maksaisi 74 440€, kahdeksan kaivoa 59 552€ ja kuusi kaivoa 44 664€.

Innoair.fi -sivustolla on annettu hinta erikseen myös maalämpöpumpun perusasennukselle, mikä on 2 990€/kpl (Innoair www-sivut 2020). Tosin palvelun kuvauksessa lukee, että lämpöpumppu pitäisi olla heiltä ostettu. Perusasennuksen kuvauksessa ei myöskään ollut mainintaa lämpöpumpun säätöjen optimoinnista, eikä vanhojen öljykattiloiden purkamista. Öljykattiloiden purkamisen hinnaksi arvioidaan 1 500€. Lisäksi perusasennuksen ulkopuolisesta putkityöstä veloitetaan 69€/ tunti. Innoairilla on myös maalämpöä koskeva suunnittelupalvelu, joka maksaa 95€. (Innoair www-sivut 2020.) Kokonaisuudessaan 100 kW järjestelmän investoinnille tulisi hinnaksi noin 118 000€. 80 kW järjestelmän investointi maksaa 100 525€ ja 60 kW osatehojärjestelmä 68648€.

Motivan sivuilla maalämpöpumppujen SCOP arvioitiin olevan 2,5 – 3,5. 100 kW ja 80 kW yhteistehon lämpöpumppujen SCOP arvioidaan olevan 3,5. (Motivan www-sivut 2020.) Vuosittainen ottoteho lämpöpumpuilla on tällä kertoimella noin 21 MWh. Hinta tälle sähkönkulutukselle on noin 1 995€. Säästöä energiakuluissa tulee vuosittain noin 7 135€. Suuresta investointikustannuksesta johtuen takaisinmaksuaika on noin 16,6 vuotta. Mikäli lämpökaivoja porataan vain 8 kappaletta, jolloin saadaan 80 kW huipputeho, saadaan takaisinmaksuajaksi noin 14,1 vuotta. Osatehojärjestelmässä lämpöpumppu tuottaa 92% rakennuksen vuotuisesta energiantarpeesta, joten 3,5 vuosilämpökertoimella lämpöpumpun ottoteho on noin 19,32 MWh. Öljyllä tuotetaan loput 8% energiasta, joka on noin 5,88 MWh vuodessa. Energian hinta vuodessa olisi 2 323€, jolla saadaan säästöä noin 6 807€ vuodessa. Takaisinmaksuaika on saadulla säästöllä noin 10,1 vuotta. Mikäli maalämpöjärjestelmien huoltokustannukset arvioidaan samaksi kuin LämpöYkkösen tarjouksessa ilma-vesilämpöpumpuille, eli 706€/vuosi, nousisivat takaisinmaksuajat 100 kW järjestelmällä 18,4 vuoteen, 80 kW järjestelmällä 15,6 vuoteen ja osatehoisella 60 kW järjestelmällä 11,3 vuoteen.

Sähkön tuotannon keskimääräinen CO₂ päästökerroin on 158 kgCO₂/MWh (Motivan www-sivut 2020). Tällä arvolla laskettuna maalämpöpumppujen käyttämän sähkön hiilidioksidipäästöt ovat vuodessa noin 3 317 kgCO₂. Täyden tehon maalämpöjärjestelmän hiilidioksidipäästöjen vähenemä vuodessa verrattuna nykyiseen öljyjärjestelmään on noin 25 393 kgCO₂. Osatehon järjestelmässä käytetään myös öljyä, joten päästöjä tulee noin 4 586 kgCO₂ vuodessa. Vähenemä verrattuna vanhaan on noin 24 124 kgCO₂ vuodessa. Taulukkoon 3 on koottu lukuja, joita käytettiin maalämpöön liittyvissä laskennoissa.

Taulukko 3. Laskenta-arvoja maalämmölle.

Lämmitysjärjestelmä	100kW järjestelmä	80kW järjestelmä	60kW osatehojärjestelmä
Lämpöpumppujen teho yhteensä	97,7 kW	80,0 kW	60,0 kW
Lämpöpumppujen hinta yhteensä	32 188 €	30 038 €	17 169 €
Lämpökaivojen lukumäärä	10 kpl	8 kpl	6 kpl
Suojaputkitettu poraus hinta yhteensä	10 800 €	8 640 €	6 480 €
Peruskallioon poraus hinta yhteensä	67 840 €	54 272 €	40 704 €
Porauksen hinta yhteensä	78 640 €	62 912 €	47 184 €
Lämpöpumppujen asennus	5 980 €	5 980 €	2 990 €
Suunnittelupalvelun hinta	95 €	95 €	95 €
Öljykattiloiden purku	1 500 €	1 500 €	
Verkostojen yhdistäminen			1 210 €
Investoinnin hinta yhteensä	118 403 €	100 525 €	68 648 €
Energian hinta vuodessa	1 995 €	1 995 €	2 323 €
Arvioitu vuosittainen huoltokustannus	706 €	706 €	706 €
Vuosittaiset kustannukset	2 701 €	2 701 €	3 029 €
Vuosittainen säästö verrattuna nykyiseen öljylämmitykseen	6 429 €/a	6 429 €/a	6 101 €/a
Investoinnin takaisinmaksuaika	18,42 a	15,64 a	11,25 a
Lämpöpumppujen päästöt vuodessa	3 317 kgCO ₂ /a	3 317 kgCO ₂ /a	4 586 kgCO ₂ /a
Päästöjen vähenemä vuodessa	25 393 kgCO ₂ /a	25 393 kgCO ₂ /a	24 124 kgCO ₂ /a

6.3 Laskennat ilma-vesilämpöpumpusta

Kokemalle annettu energiansäästöratkaisun tarjous on seitsemän vuoden huolenpitosopimus. Sopimuskauden aikana kuukausimaksu on 420€/kk. Huolenpitosopimus sisältää tarkemman suunnittelun, mitoituksen ja laitteistomäärityksen, laitteistokokoonpanon, laitteiston asennustyöt, käynnistyksen ja säätötyöt, laitteiston huollon ja optimoinnin, laitteiston täystakuun 7 vuoden ajaksi, Siemens All Safe -vakuutus 7 vuoden ajaksi sekä käyttökoulutuksen ja HelpDesk 24/7 -puhelinpalvelun. Lyhyesti kyseessä

on laitteiston hankinta sekä huolto ja takuu. Sopimuskauden loppumisen jälkeen laitteiston hankinta on maksettu, jonka jälkeen arvioitu huoltokustannusarvio on 706€ vuodessa. (LämpöYkkösen tarjous 11.10.2019.)

Seitsemässä vuodessa 420€ kuukausimaksu tekee koko sopimuskauden hinnaksi 35 280€. Sopimuskauden vuosihinta on näin ollen 5 040€. Lämpöpumppujen kulutus vuodessa on 23 MWh. Lisäksi öljyn kulutus on arvioitu olevan 1 400 litraa vuodessa. Rahana nämä kulutukset ovat sähkölle 2 185€ vuodessa ja öljylle 1 162€ vuodessa. Yhden vuoden kokonaishinnaksi tulee ensimmäisen seitsemän vuoden aikana 8 387€. Sopimuskauden jälkeen lämmitysjärjestelmän kuluja on 4 053€ vuodessa. 1 400 litralla öljyä saataisiin arvioituilla öljykattiloiden hyötysuhteilla 9,35 MWh energiaa vuodessa. Näin ollen lämpöpumppujen pitäisi tuottaa 64,13 MWh energiaa, jotta uusi lämmitysjärjestelmä pääsee samaan kuin nykyinen lämmitysjärjestelmä. Ilma-vesilämpöpumppujen on tuottolaskelmassa arvioitu käyttävän sähköä 23 MWh edestä, joten ilma-vesilämpöpumppujen SCOP tulisi olla 2,79. Tämä lukema on Motivan sivuilla annetun haarukan ylärajoilla, mutta mikäli öljykattiloiden hyötysuhteet laskettaisiin molemmat 60%, niin tarvittava energian määrä ja sen myötä tarvittava SCOP olisi myös matalampi ja osuisi paremmin haarukkaan, joten arvo on uskottava.

Sopimuskauden 35 280€ hinnasta isoin osa on maksu kahdesta lämpöpumpuista. Lämpöpumppujen lisäksi myös automaatiojärjestelmä on kiinteä asia, joka maksaa. Lopuosa hinnasta on palvelumaksuja. Lämpöykkösen tarjouksesta ei näy lämpöpumppujen huipputehoja eikä malleja, joten tarkkaa lämpöpumpun hintaa on vaikea sanoa. Esimerkiksi NIBE F2120 20 KW ilma-vesilämpöpumppu maksaa 8 890€ (Lämpöpumppuhuollon www-sivut 2020). 1 400 litran öljyn kulutuksella öljykattiloiden käyntiaika vuodessa olisi noin 110 tuntia. Nykyisessä järjestelmässä öljykattilat ovat käynnissä noin 863 tuntia, joten lämpöpumppujen tulisi olla käynnissä noin 753 tuntia vuodessa, jos lämpöpumppujen tuottama yhteisteho olisi sama kuin öljykattiloiden arvioitu nettoteho, joka on 85,11 kW. Lämpöpumput voivat tuottaa invertterien kanssa maksimitohon ja minimitehon väliltä mitä tehoa vain, joten lämpöpumppujen huipputehon ei tarvitse olla niin suuri kuin öljykattiloilla, varsinkin kun öljykattilat jäävät järjestelmään hoitamaan kylmimpien aikojen huipputehontarpeen.

Nykyisen järjestelmän energiamaksu vuodessa on 9 130€, joten tällä ratkaisulla saa jo sopimuskaudella hieman tuottoa. Sopimuskauden jälkeen uudella lämmitysratkaisulla säästää yli 50% vuosikulutuksessa. LämpöYkkösen tuottolaskelmassa on myös tehty oletus, jonka mukaan energian hinnat nousevat keskimäärin kolme prosenttia vuodessa. Tällä oletuksella laskettuna joka vuosi saatava säästö energiamaksuissa myös nousee. Esimerkiksi kun vuonna 1–2 tuottoa tulee 922€, tulee sitä vuonna 6–7 jo 1 903€. Tuottolaskelmassa sopimuskauden loppuun mennessä säästöä on tullut yhteensä 9 157€, joka on suurin piirtein yhden vuoden energiamaksu nykyisellä järjestelmällä. 10 vuoden kohdalla säästöä on kertynyt noin 29 000€, joten sopimuskauden jälkeen kolmessa vuodessa tulisi säästöä noin 20 000€. 15 vuoden aikana säästöä on jo noin 67 000€ ja 20 vuoden aikana säästöä syntyisi noin 112 000€.

Kolmen prosentin energian hintojen nousu on lämpöpumppuratkaisulle melko edukas olettamus. Kuvan 5 mukaisesti öljyn hinta on viimeisen vuosikymmenen aikana mennyt ylös ja alas. Jos uudesta lämmitysratkaisusta saatava säästö 20 vuoden ajalta lasketaan ilman prosentuaalista energian hintojen nousua, saadaan säästöä noin 71 000€, joka on selvästi vähemmän kuin tuottolaskelmassa. Tämäkin olisi kuitenkin merkittävä säästö energiamaksuissa. Toisaalta öljyn hintaan vaikuttaa paljon maailmalla tapahtuvat asiat ja poliittiset päätökset. Suomen ja Euroopan Unionin ajama ilmastopoliittikka voi nostaa öljyn hintaa tulevaisuudessa jopa enemmän kuin kolmen prosentin vuosivauhtia. Tämän lisäksi myös inflaatio vaikuttaa hintoihin nostavana tekijänä.

Uudessa järjestelmässä öljyn hiilidioksidipäästöt vuodessa on 3 654 kgCO₂. Sähkön tuotannon keskimääräinen CO₂ päästökerroin on 158 kgCO₂/MWh (Motivan www-sivut 2020). Ilma-vesilämpöpumppujen kuluttama energia on 23 MWh/vuosi. Näillä arvoilla laitteiden käyttämän sähkön hiilidioksidipäästöt ovat 3 634 kgCO₂/vuosi. Yhteensä tämän järjestelmän vuosipäästöt ovat 7 288 kgCO₂. Päästöt vähenevät vanhaan järjestelmään verrattuna 21 422 kgCO₂/vuosi, joten lämmityksen päästöt tippuvat noin neljäsosaan. LämpöYkkösen laskelmassa vähenemäksi on laskettu 21 469 kgCO₂/vuosi, joka on tarkkuudeltaan lähes sama mitä Motivan sivuilta saaduilla arvoilla laskettuna. Taulukkoon 4 on koottu ilma-vesilämpöpumppuratkaisun laskennan lukuja.

Taulukko 4. Laskenta-arvoja ilma-vesilämpöpumppuratkaisulle.

Investointikustannukset			Vuositteiset kustannukset			Päästöt		
Sopimuskauden kuukausimaksu	420	€/kk	Huoltokustannusarvio sopimuskauden jälkeen	706	€/a	Öljyn hiilidioksidipäästöt uudessa järjestelmässä	3 654	kgCO ₂ /a
Sopimuskauden vuosihinta	5 040	€/a	Laitteiston käyttämän sähkön hinta vuodessa	2 185	€/a	Sähkön päästökerroin	158	kgCO ₂ /MWh
Sopimuskauden kokonaishinta	35 280	€	Öljyn hinta vuodessa	1 162	€/a	Sähkön hiilidioksidipäästöt	3 634	kgCO ₂ /a
Investoinnin takaisinmaksuaika	6,95	a	Energiansäästöratkaisun vuosihinta sopimuskaudella	8 387	€/a	Energiansäästöratkaisun hiilidioksidipäästöt yhteensä	7 288	kgCO ₂ /a
			Energiansäästöratkaisun vuosihinta sopimuskauden jälkeen	4 053	€/a	Päästöjen vähenemä vuodessa	21 422	kgCO ₂ /a

Mikäli öljystä halutaan päästä kokonaan eroon, voisi ilma-vesilämpöpumpun apuvoimaksi ajatella sähkölämmitystä. Öljyn korvaavan sähkön hinta vuodessa olisi 888,51€, joka olisi vähän vajaa 300€ halvempi energiamaksu vuodessa kuin öljyllä. 300€ säästö ei kuitenkaan riitä maksamaan takaisin järkevissä ajassa öljykattiloiden vaihtamista sähkökattiloihin. Esimerkiksi sähkökattila Elter 33kW, joka sopisi LaatuKattilan korvaajaksi, maksaa 2 773,4€ itsessään ja tähän tulisi päälle vielä kattilan vaihtamisesta aiheutuvat työkustannukset. (Profil www-sivut 2020.) Lisäksi lämmitysjärjestelmiä on kaksi, joten molempien öljykattiloiden vaihtaminen tuo noin kaksinkertaisen kustannuksen. Kuitenkin jos vanhat öljykattilat tai vaikka toinen niistä hajoaa, voisi sähkökattila olla hyvä tukien energian tuottaja ilma-vesilämpöpumpulle. Ekologisesta näkökulmasta katsottuna 9,35MWh energian tuottaminen sähköllä aiheuttaisi melkein puolet pienemmät päästöt kuin öljyllä tuotettaessa.

7 TULOSTEN ARVIOINTI

Taulukkoon 5 on koottu erilaisista lämmitysjärjestelmistä laskettuja tuloksia. Ilma-vesilämpöpumppujen tarjouksessa investointi maksetaan kuukausimaksuna pois. Mikäli koko investointi maksettaisiin heti pois, olisi sillä takaisinmaksuaika noin 7 vuotta, joka on lähes sama kuin huolenpitosopimuksen aika. Muiden uusien lämmitysjärjestelmien investointi maksetaan heti, jolloin saadaan laskennallinen takaisinmaksuaika. Taulukon 5 lasketuissa arvoissa ei ole otettu huomioon mahdollisia energian hinnan

vuosittaisia nousuja eikä inflaatiota. Myöskään investointeihin mahdollisesti tarvittavan lainarahan korkoja ei ole huomioitu. Lämmitysjärjestelmien energiakustannuksissa ei ole huomioitu kiertovesipumppujen ja ohjausautomaatiikan sähkönkulutusta, sillä niiden oletetaan olevan suurin piirtein saman suuruisia kaikissa vaihtoehdoissa.

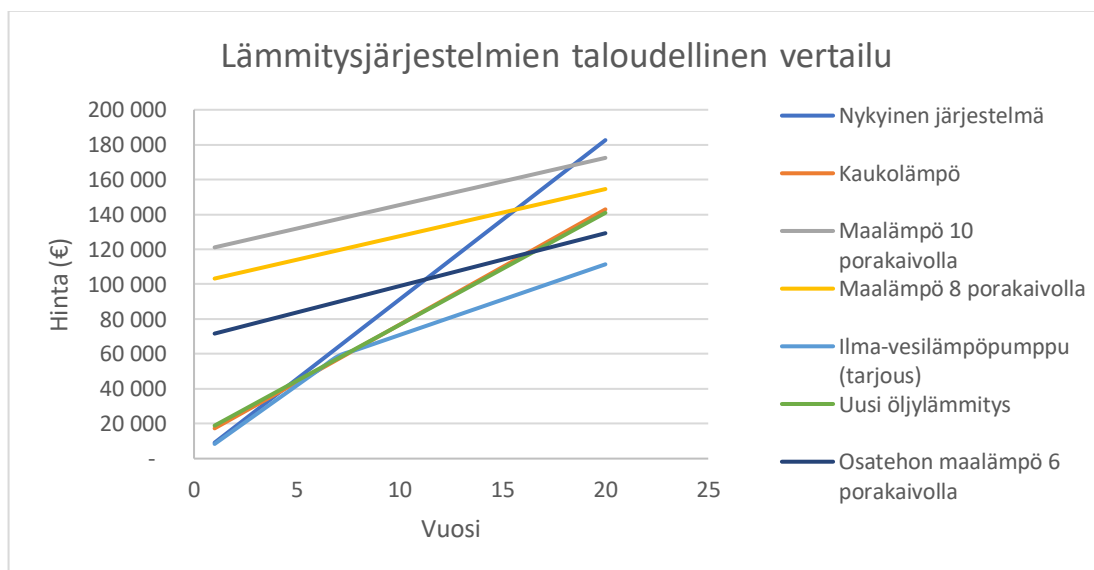
Taulukko 5. Lämmitysjärjestelmien laskentojen tulokset.

Lämmitysmuoto	Nykyinen järjestelmä	Kaukolämpö	Maalämpö 10 porakaivolla	Maalämpö 8 porakaivolla	Ilma-vesilämpöpumppu (tarjous)	Uusi öljylämmitys	Osatehon maalämpö 6 porakaivolla
Investointi (€)	-	10 720	118 403	100 525	35 280	12 502	68 648
Energiakustannukset (€/a)	9 130	6 609	2 701	2 701	4 053	6 420	3 029
Säästö vuodessa nykyiseen järjestelmään verrattuna (€)	-	2 521	6 429	6 429	5 077	2 710	6 101
Investoinnin takaisinmaksuaika (a)	-	4,25	18,42	15,64	6,95	4,61	11,25
Vuosittaiset CO ₂ -päästöt (kgCO ₂ /a)	28 710	2 939	3 317	3 317	7 288	20 189	4 586
CO ₂ -päästöjen vähenemä vuodessa (kgCO ₂ /a)	-	25 771	25 393	25 393	21 422	8 521	24 124

Tarkemmin arvioitavista lämmitysmuodoista maalämpö on ainoa, josta ei ole tehty Kokemalle tarjouta. Tästä syystä maalämmön hinnan laskentaan liittyy eniten epävarmuustekijöitä, joista tärkeimpänä porakaivoihin liittyvä laskenta. Yhtenä keinona tarkempien tulosten saamiseksi on tehdä niin sanottu koereikä, josta selviää pehmeän maan syvyys ja laatu sekä peruskallion laatu. Näiden tietojen avulla saisi paremmin arvioitua juuri tähän kohteeseen sopivan määrän lämpökaivoja ja niiden sopivat syvyudet. Toisaalta suuri maalämpöjärjestelmä maksaa usein yli 100 000 euroa, joten arvioiduilla arvoilla laskettuna saatiin hinnan puolesta uskottava tulos. Vertailuun mukaan otetusta uudesta öljylämmityksestä ei myöskään ole tarjouta. Kaikkien lämmitysjärjestelmien laskennassa epävarmuustekijänä on nykyisten öljykattiloiden tuotama nettoenergian määrä, joka riippuu kattiloiden hyötysuhteesta. Hyötysuhteet arviointiin hieman paremmaksi mitä kattiloiden ikä edellyttää, jotta uudet järjestelmät tuottavat varmasti tarvittavan määrän lämpöä.

Kuvassa 9 on mallinnettu graafisesti tarkemmin laskettujen lämmitysjärjestelmien sekä uuden öljylämmitysjärjestelmän hintakehitystä 20 vuoden ajalle. Kuvaajat lähtevät liikkeelle ensimmäisen vuoden kohdalta, jossa on mukana investointikustannukset sekä ensimmäisen vuoden energiakustannukset. Ilma-vesilämpöpumppu tarjouksessa

investointia maksetaan seitsemän vuoden ajan, mikä tekee ensimmäisen vuoden hinnasta pienemmän ja aiheuttaa kuvaajassa jyrkkyyden muutoksen seitsemän vuoden kohdalla. LämpöYkkösen tekemä tarjous ilma-vesilämpöpumpuista on hinnaltaan 20 vuoden aikana taloudellisesti kannattavin. Seitsemän vuoden kohdalla kaukolämpö on maksanut vähiten, mutta ilma-vesilämpöpumppujen huolenpitosopimuksen jälkeen kaukolämmön etu katoaa suuremman vuosittaisten energiakustannusten takia. 17 vuoden kohdalla myös osatehoinen maalämpöjärjestelmä on edullisempi kuin kaukolämpö. Energiakustannukset ovat maalämmössä pienimmät, mikä näkyy kuvaajien jyrkkyydestä. Kuvaajien jyrkkyyttä tarkasteltaessa maalämmöstä tulee todella pitkällä aikavälillä kannattavin vaihtoehto. Kaukolämmön ja uuden öljylämmityksen kuvaajat menevät lähes päällekkäin melkein yhtä suurten investointikustannusten ja energiakustannusten takia. 20 vuoden jälkeisen ajan miettiminen lämmityksen kannalta ei kuitenkaan ole järkevää, sillä 20 vuoden päästä on voitu kehittää jo paljon tehokkaampia tapoja lämmittää rakennusta. Lisäksi kohteen rakennusta saatetaan 20 vuoden päästä käyttää eri tavalla kuin nyt käytetään. Kuvaajan taulukkoarvot löytyvät liitteestä 2.



Kuva 9. Lämmitysjärjestelmien taloudellinen vertailu.

Laskennassa ei ole otettu huomioon mahdollisia energian hintojen muutoksia eikä inflaatiota. Mikäli energian hintojen ajatellaan yleisesti nousevan, kuten LämpöYkkösen tarjouksessa esitetystä oletuksesta, saavat lämpöpumppuratkaisut etua verrattuna muihin lämmitysjärjestelmiin pienemmän ottoenergian vuoksi. Jos energiaa tarvitaan

vuodessa vähemmän mitä on laskennoissa arvioitu, saavat pienet investointikulut ja suuret käyttökulut omaavat kaukolämpö ja uusi öljylämmitys etua.

Mikäli energian hinta nousisi vuodessa keskimäärin esimerkiksi 3% inflaation ja muiden syiden takia kuten LämpöYkkösen tarjouksessa esitettiin olettamuksena, saadaan energian hintaan muutosta taulukon 3 mukaisesti. Vuoden yksi kohdalla on jokaisen laskennassa mukana olleen lämmitysjärjestelmän energian nykyinen hinta, josta on lähdetty nostamaan hintaa 3% vuodessa. Taulukon alaosassa on energian hinta 20 vuoden ajalta 3% vuotuisen hinnankorotuksen kanssa sekä ilman hinnankorotusta. Näistä otetun erotuksen avulla nähdään, kuinka paljon eri lämmitysjärjestelmien käyttökustannuksiin tulisi lisää hintaa, jos energian hinnat nousisivat 3% vuodessa. Esimerkiksi jos vertaillaan täyden tehon maalämmön ja nykyisen järjestelmän käyttökustannusten erotuksia, niin täyden tehon maalämpöjärjestelmällä säästäisi noin 51 000 euroa lisää verrattuna nykyiseen järjestelmään 20 vuoden aikana, jos 3% energian hintojen vuosittainen nousu toteutuisi. Uuden öljyjärjestelmän ja kaukolämmön melko tasaiset hinnat kääntyisivät 3% energian hintojen nousulla kaukolämmölle edullisemmiksi. Taulukossa 6 on otettu huomioon vain energian hintojen nousu. Esimerkiksi kaukolämmössä perusmaksu tai lämpöpumpputarjouksien huoltokustannukset eivät ole mukana.

Taulukko 6. 3% energian hintojen nousu.

Vuosi	Nykyinen järjestelmä	Kaukolämpö	Maalämpö 10 porakaivolla	Maalämpö 8 porakaivolla	Ilma-vesilämpöpumppu (tarjous)	Uusi öljylämmitys	Osatehon maalämpö 6 porakaivolla
1	9 130	4 299	1 995	1 995	3 347	6 420	2 323
2	9 412	4 432	2 056	2 056	3 451	6 619	2 395
3	9 703	4 569	2 120	2 120	3 557	6 824	2 469
4	10 004	4 710	2 185	2 185	3 667	7 035	2 545
5	10 313	4 856	2 253	2 253	3 781	7 252	2 624
6	10 632	5 006	2 323	2 323	3 898	7 477	2 705
7	10 961	5 161	2 395	2 395	4 018	7 708	2 789
8	11 300	5 321	2 469	2 469	4 142	7 946	2 875
9	11 649	5 485	2 545	2 545	4 271	8 192	2 964
10	12 010	5 655	2 624	2 624	4 403	8 445	3 056
11	12 381	5 830	2 705	2 705	4 539	8 706	3 150
12	12 764	6 010	2 788	2 788	4 679	8 976	3 248
13	13 159	6 196	2 875	2 875	4 824	9 253	3 348
14	13 566	6 387	2 964	2 964	4 973	9 540	3 452
15	13 985	6 585	3 055	3 055	5 127	9 835	3 558
16	14 418	6 789	3 150	3 150	5 285	10 139	3 668
17	14 864	6 999	3 247	3 247	5 449	10 452	3 782
18	15 323	7 215	3 348	3 348	5 617	10 776	3 899
19	15 797	7 438	3 451	3 451	5 791	11 109	4 019
20	16 286	7 668	3 558	3 558	5 970	11 452	4 144
Yht. 3% korolla	247 655	116 610	54 105	54 105	90 789	174 155	63 012
Yht. ilman hintojen korotusta	182 600	85 978	39 892	39 892	66 940	128 407	46 460
Yht. hintojen erotus	65 055	30 632	14 212	14 212	23 849	45 748	16 552

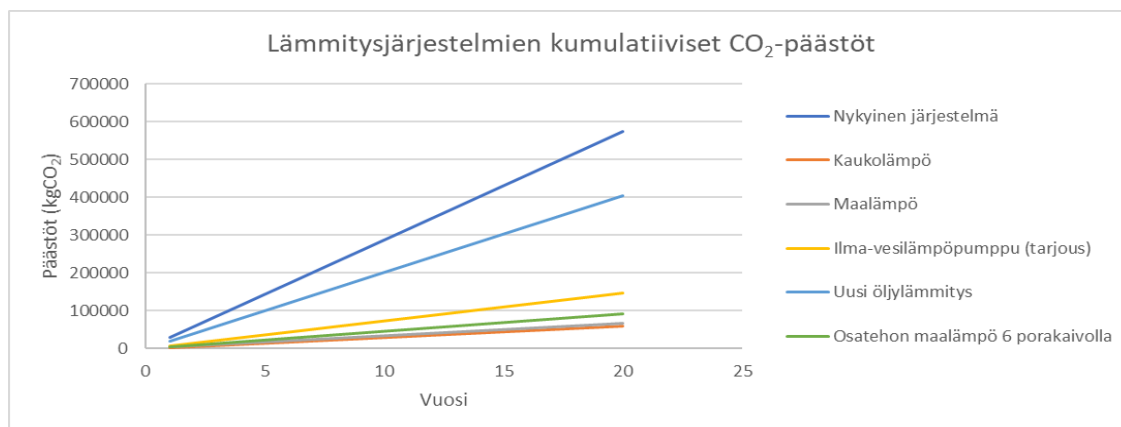
Eräs takaisinmaksuaikaan ja kokonaiskustannuksiin vaikuttava tekijä on lainan ottaminen investointeja varten. Esimerkiksi maalämmön investointikustannukset ovat suuret, joten mahdollisesti ainakin osa investointikustannuksista voidaan joutua maksamaan lainarahalla. Lainan aiheuttamiin lisäkustannuksiin vaikuttaa lainan korko ja laina-aika. Lainan korko ja laina-aika ovat neuvottelukysymyksiä, joten lainan vaikutukset investointien takaisinmaksuaikaan voivat olla vaihtelevia. Yrityksille yritystuen korko on melko edullinen, keskimäärin 2–2,5% (Vakuudeton www-sivut 2020). Mikäli lainaa otettaisiin esimerkiksi 50 000 euroa 2,5% korolla ja 3 vuoden laina-ajalla, tulisi investointiin lisää kustannuksia 3750 euroa. 100 000 euron, 2,5% koron ja 5 vuoden laina-ajalla taas tulisi 12 500 euroa lisää kustannuksia. Maalämpöön investoitaessa lainan tarve on todennäköinen, joten kokonaiskustannukset ja investoinnin takaisinmaksuaika kasvavat hieman. 100 000 euron lainalla takaisinmaksuaikaa tulisi pari vuotta lisää täyden tehon maalämpöjärjestelmille. Osatehoisella maalämmöllä takaisinmaksuaika nousisi alle vuodella. Kaukolämmön ja uuden öljyjärjestelmän takaisinmaksuaika nousisi lähinnä marginaalisesti ja ilma-vesilämpöpumpputarjousta varten lainaa ei tarvita. Ilma-vesilämpöpumpputarjouksessa on kuitenkin jo jonkinlainen korko laitteistosta piilotettuna kuukausimaksujen sisään.

Eräs positiivisesti takaisinmaksuaikaan ja kokonaiskustannuksiin vaikuttava tekijä voisi olla energiatuki. Businessfinland.fi sivustolla kerrotaan, että yritykset voivat saada tukea investointihankkeisiin, jotka edistävät esimerkiksi uusiutuvan energian käyttöä ja energiajärjestelmän muuttamista vähähiiliseksi. Sivustolla luvataan lämpöpumppuhankkeille 15% tukea. 15% tuella täyden tehon maalämpöjärjestelmät saisivat yli 15 000 euroa tukea, mikä alentaisi takaisinmaksuaikaa parilla vuodella. Osatehoisen maalämpöjärjestelmä saisi noin 10 000 euron avustuksen, joka laskisi takaisinmaksuaikaa myös melkein kahdella vuodella. Sivustolla kerrotaan investointihankkeen tarkoittavan investointia käyttöomaisuuteen, joten LämpöYkkösen tarjouksen laskennallinen investointi ei ole ainakaan täysin tuen piirissä. Mikäli Kokema päättää tarttua LämpöYkkösen tarjoukseen, pitäisi laitteiden hinta saada tietoon, jos energiatukea haetaan. Huolenpitosopimukseen tuen saanti on epävarmaa. Kaukolämpöön liittymisestä sivustolla ei ole mainintaa, mutta koska kyseessä on vähähiilisesti tuotettua kaukolämpöä, voisi tukea ehkä saada. Ilma-vesilämpöpumppuratkaisun ja kaukolämmön osalta energiatukea voi ainakin yrittää saada. Saatavan tuen määrä ei näissä ole selvillä, mutta ilmainen raha tuo aina lisää kannattavuutta. Uudelle öljyjärjestelmälle

tukea ei saa. Energiatukea pitää hakea ennen hankkeen käynnistymistä. Energiatuen hakemisesta kannattaa keskustella sekä laitteiden toimittajan että BusinessFinlandin henkilöiden kanssa. (Business Finlandin www-sivut 2020.)

Hiilidioksidipäästöjä tuli vähiten kaukolämmöstä, sillä Kokemäen Lämmön tuottaman kaukolämmön päästökerroin oli arvioitu pieneksi. Päästöt ovat yli puolet pienemmät kuin LämpöYkkösen energiansäästöratkaisussa. Tosin sähkön hiilidioksidipäästöt on laskettu keskimääräisellä sähköntuotannon päästökertoimella, joten esimerkiksi ostamalla vihreää sähköä voi lämpöpumppujen käyttämän energian päästöarvoa pienentää. Vihreän sähkön sopimukset tosin ovat yleensä vähän kalliimpia, jolloin taloudellinen kannattavuus laskee. Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä ja osatehoinen maalämpöjärjestelmä turvautuvat huipputehontarpeen aikana öljykattiloihin, mikä aiheuttaa korkeammat päästöt. Kaukolämmöllä ja uudella öljylämmitysjärjestelmällä taloudelliset luvut ovat lähes samat, mutta ekologisuudessa kaukolämpö on selvästi parempi vaihtoehto kuin öljylämmitys.

Toinen keino vähentää sähköenergian päästöjä on hankkia aurinkosähköjärjestelmä lämpöpumppujen käyttämän sähkön tuottajaksi. Aurinkosähköjärjestelmää varten kannattaa seurata lämpöpumppujen sähkönkulutusta, jotta aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus voidaan arvioida tarkemmin. LämpöYkkösen tarjoamien ilmavesilämpöpumppujen tuottama säästö verrattuna kaukolämpöön 20 vuoden aikana on noin 30000 euroa, jolla saa jo isonkin aurinkosähköjärjestelmän. Myös öljykattiloiden korvaaminen sähkökattiloilla vähentää päästöjä hybridijärjestelmässä. Kuvassa 10 on graafisesti näytetty, mitä lämmitysjärjestelmien hiilidioksidipäästöt olisivat 20 vuoden aikana. Kuvaajien taulukkoarvot löytyvät liitteestä 3.



Kuva 10. Lämmitysjärjestelmien kumulatiiviset hiilidioksidipäästöt.

Halvin kokonaiskustannus 20 vuoden aikana tekee ilma-vesilämpöpumppuratkaisusta kannattavimman vaihtoehdon Kokeman uudeksi lämmitysratkaisuksi. Toiseen tarjottuun lämmitysjärjestelmään eli kaukolämpöön kertyy eroa 30 000 euroa. Osatehoisella maalämpöjärjestelmällä päästään 20 vuoden kohdalla noin 18 000 euron päähän ilma-vesilämpöpumppuratkaisusta. Ilma-vesilämpöpumppuratkaisussa kuitenkin luotetaan vanhojen öljykattiloiden kestävyteen, mikä tuo pienen riskin kannattavuuteen. Sama riski pätee myös osatehoiseen maalämpöön. Mikäli ensimmäisen 10 vuoden aikana edes toinen kattila joudutaan vaihtamaan joko uuteen sähkö- tai öljykattilaan, olisi kaukolämpö useamman vuoden aikana kannattavampi ratkaisu kuin ilma-vesilämpöpumput. Tosin 20 vuoden aikana saatavalla säästöllä verrattuna kaukolämpöön saataisiin vaihdettua molemmat kattilat ja oltaisiin vielä voiton puolella. Lisäksi kaukolämmön hintaan saattaa tulevaisuudessa vaikuttaa kiristynyt päästökauppa hintoja nostavasti. Kokemäen Lämmölle on toisaalta annettu pieni päästökerroin, joten heillä ei välttämättä ole niin suurta hinnan nostotarvetta kuin suuremman päästökertoimen omaavilla kaukolämpöyrittäjillä.

Elinaikaodotukset ovat uusilla lämmitysjärjestelmillä pääasiassa 20–30 vuotta. Ilma-vesilämpöpumpuilla ja maalämpöpumpuilla kompressori voidaan joutua vaihtamaan 10–15 vuoden kohdalla, mistä tulee ylimääräisiä kustannuksia 1 000–3 000 euroa. Myös öljypolttimen elinikä on usein 10–15 vuotta. Öljypolttimen uusinta on noin 1 000 euroa. (Energiehokaskoti www-sivut 2020.) Lämmitysjärjestelmien kokonaiskustannuksiin 20 vuoden aikana kompressorien ja öljypolttimien mahdollinen vaihto

voi tuoda pienen lisäkustannuksen, mutta ei muuta kokonaiskuvaa eri lämmitysjärjestelmien kannattavuuksista. Esimerkiksi energian hintojen mahdollisella nousulla on selkeästi suurempi merkitys.

LÄHTEET

Bioenergianeuvoja www-sivut. 2020. Viitattu 3.3.2020. <http://www.bioenergianeuvoja.fi/>

Bosch-climate www-sivut. 2020. Viitattu 10.4.2020. <https://www.bosch-climate.se/globalassets/fi-dokumentit/ladattavat-dokumentit/ilma-vesilampopumppu-ostajanopas-bosch-2016.pdf>

Business Finlandin www-sivut. 2020. Viitattu 7.5.2020. <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/energiatuki/>

Energiatehokas koti -hankkeen www-sivut. 2020. Viitattu 26.3.2020. <https://www.energiatehokaskoti.fi/>

Energy Vanguardin www-sivut. 2020. Viitattu 26.3.2020. <https://www.energyvanguard.com/blog/20638/When-Is-100-Efficient-Not-Good-Enough>

Gebwellin www-sivut. 2020. Viitattu 5.3.2020. <https://gebwell.fi/>

Google-maps www-sivut. 2020. Viitattu 18.2.2020. <https://www.google.fi/maps>

Innoair www-sivut. 2020. Viitattu 12.4.2020. https://www.innoair.fi/epages/innoair.sf/fi_FI/?ObjectPath=Categories

Jaspin www-sivut. 2020. Viitattu 25.3.2020. <https://jaspi.fi/sahkolammitys/>

Juvonen J. 2009. Ympäristöopas Lämpökaivo, 26. Viitattu 7.5.2020. <http://www.suomenporakaivo.fi/files/6313/6355/4053/ymparisto-opas-lampokaivo.pdf>

Kilpijärvi, A. 2015. Lämpöpumppujen mitoituksen vertailu. AMK-opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Viitattu 15.3.2020. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/89567/Kilpijarvi_Aki.pdf?sequence=1

Kodinplazan www-sivut. 2020. Viitattu 2.4.2020. <https://kodinplaza.fi/lammitys/oljykattilan-huolto/hinta>

Kokema Oy:n www-sivut. 2020. Viitattu 17.2.2020. <https://www.kokema.fi/>

Kokemäen www-sivut. 2020. Viitattu 14.4.2020. <https://kokemaki.fi/wp-content/uploads/2020/02/Villi%C3%B6nsuvannon-asemakaava-alueen-rakennettavuusselvitys.pdf>

Kokemäen karttatiimin www-sivut. 2020. Viitattu 6.4.2020. https://kokemaki.karttatiimi.fi/?setlanguage=fi&e=22518890&n=6794290&r=2&w=*&l=akaava%2Cakaavaind&o=100%2C100

Kokemäen Lämmön www-sivut. 2020. Viitattu 5.3.2020. <https://www.kokemaen-lampo.fi/>

Kokemäen Lämmön tarjous 8.4.2020. Viitattu 15.4.2020.

Laskurini www-sivut. 2020. Viitattu 21.2.2020. <https://www.laskurini.fi/>

Lvi-tarvikkeet www-sivut. 2020 Viitattu 10.4.2020. https://www.lvi-tarvikkeet.net/epages/lvi-tarvikkeet.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/2014112605/Categories

Lämpöpumppuhuollon www-sivut. 2020.Viitattu 31.3.2020. <https://www.xn--lmp-pumppuhuolto-0kb22a.com/index.php/ilma-vesilampopumput/ilma-vesilampopumput-nibe/nibe-f2120-20kw>

Lämpöykkösen www-sivut. 2020. Viitattu 10.4.2020. <https://lampoykkonen.fi/>

LämpöYkkösen tarjous 11.10.2019. Viitattu 15.3.2020.

Motivan www-sivut. 2020. Viitattu 16.4.2020. <https://www.motiva.fi/>

Nilanin www-sivut. 2020. Viitattu 13.3.2020. <https://www.nilan.fi/energian-saasto/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot/>

Paimion lämpökeskuksen www-sivut. 2017. Viitattu 5.3.2020. <https://plk.xn--kaukolmp-5zac1r.fi/2017/11/22/kaukolampoyhtiot-vahvistavat-kuntien-vetovoimaisuutta/>

Palmu S. 2020. Kiinteistön omistaja, Kokema. Kokemäki. Henkilökohtainen tiedonanto 12.2.2020.

Profil www-sivut. 2020. Viitattu 3.4.2020. http://profil.fi/index.php?main_page=product_info&products_id=307

Suomelan www-sivut. 2020. Viitattu 27.4.2020. <https://www.suomela.fi/lampopumpun-toimintaperiaate-tutustu/>

Suomen porakaivon www-sivut. 2020. Viitattu 13.3.2020. <http://www.suomenporakaivo.fi/etusivu/>

Syklin www-sivut. 2020. Viitattu 11.3.2020. <https://sykli.fi/wp-content/uploads/2018/05/energiavaylankuluttajanlampopumppukeskus-final-06032018-1.pdf>

Taloon www-sivut. 2020. Viitattu 11.4.2020. <https://www.taloon.com/>

Techeat www-sivut. 2020. Viitattu 11.4.2020. <https://www.techeat.fi/maalampo/maalammon-hinta/>

Theheatinghub www-sivut. 2020. Viitattu 25.3.2020. <https://www.theheatinghub.co.uk/boiler-efficiency-guide-and-energy-saving-tips>

Thermian www-sivut. 2020. Viitattu 9.3.2020. <https://www.thermia.fi/>

Tilastokeskuksen www-sivut. 2020. Viitattu 10.3.2020. <https://www.stat.fi/index.html>

Tom Allen Seneran www-sivut. 2020. Viitattu 9.4.2020. <https://www.tomallensenera.fi/maalampo/maalampo-hinta>

Vakuudeton www-sivut. 2020. Viitattu 7.5.2020. <https://vakuudeton.com/yrityslainan-korko/>

Vattenfallin www-sivut. 2020 Viitattu 25.3.2020. <https://www.vattenfall.fi/energi-aneuvonta/sahkonkulutus/talotekniikka/lammitysjarjestelmat/sahkolammitys/>

Öljylämmitys www-sivut. 2020. Viitattu 12.3.2020. <https://www.oljylammitys.fi/energiatehokkuus/oljylammitysjarjestelman-energiatehokkuus>

NIBE F1345 Maalämpöpumppujen tekniset tiedot

Tekniset tiedot

NIBE™ F1345

Tyyppi		NIBE F1345-24	NIBE F1345-30	NIBE F1345-40	NIBE F1345-60
Ottoteho* (B 0 /W 35)	(kW)	2 x 2.52	2 x 3.5	2 x 4.44	2 x 7.05
Lämmitysteho* (B 0 /W 35)	(kW)	22.5 (2 x 11.3)	30.7 (2 x 15.4)	40.0 (2 x 20.0)	57.7 (2 x 28.8)
COP* kun B0/W35 14511		4.42	4.36	4.51	4.10
Jännite		400 V (3 V+0)			
Kylmäaine		R407C	R407C	R407C	R410A
Kylmäaineen määrä	(kg)	2 x 2.2	2 x 2.3	2 x 2.4	2 x 2.4
Lämmitysveden enimmäislämpötila	(°C)	65/58	65/58	65/58	65/58
Korkeus (ilman säätöjalkoja 30-50mm)	(mm)	1800	1800	1800	1800
Leveys	(mm)	600	600	600	600
Syvyys	(mm)	620	620	620	620
Nettopaino	(kg)	325	335	352	353

* Standardin EN 14511 mukaan tulolämpötilalla 0° C / käyttövesilämpötilalla 35° C.

Kiertovesipumppujen syöttö sisältyy.

LIITE 2

Lämmitysjärjestelmien taloudellisen vertailun taulukko

Vuosi	Nykyinen järjestelmä	Kaukolämpö	Maalämpö 10 porakaivolla	Maalämpö 8 porakaivolla	Ilma-vesilämpöpumppu (tarjous)	Uusi öljylämmitys	Osatehon maalämpö 6 porakaivolla
1	9 130	17 329	121 104	103 226	8 387	18 923	71 677
2	18 260	23 938	123 804	105 926	16 774	25 343	74 706
3	27 390	30 547	126 505	108 627	25 161	31 763	77 735
4	36 520	37 156	129 205	111 327	33 548	38 184	80 764
5	45 650	43 765	131 906	114 028	41 935	44 604	83 793
6	54 780	50 374	134 607	116 729	50 322	51 024	86 822
7	63 910	56 982	137 307	119 429	58 709	57 445	89 851
8	73 040	63 591	140 008	122 130	62 762	63 865	92 880
9	82 170	70 200	142 709	124 831	66 815	70 285	95 909
10	91 300	76 809	145 409	127 531	70 868	76 706	98 938
11	100 430	83 418	148 110	130 232	74 921	83 126	101 967
12	109 560	90 027	150 810	132 932	78 974	89 546	104 996
13	118 690	96 636	153 511	135 633	83 027	95 967	108 025
14	127 820	103 245	156 212	138 334	87 080	102 387	111 054
15	136 950	109 854	158 912	141 034	91 133	108 807	114 083
16	146 080	116 463	161 613	143 735	95 186	115 228	117 112
17	155 210	123 072	164 313	146 435	99 239	121 648	120 141
18	164 340	129 681	167 014	149 136	103 292	128 068	123 170
19	173 470	136 290	169 715	151 837	107 345	134 489	126 199
20	182 600	142 898	172 415	154 537	111 398	140 909	129 228

LIITE 3

Lämmitysjärjestelmien kumulatiivisten päästöjen taulukko

Vuosi	Nykyinen järjestelmä	Kaukolämpö	Maalämpö	Ilma-vesilämpöpumppu (tarjous)	Uusi öljylämmitys	Osatehon maalämpö 6 porakaivolla
1	28710	2939	3317	7288	20189	4586
2	57420	5879	6635	14576	40379	9173
3	86130	8818	9952	21864	60568	13759
4	114840	11758	13269	29152	80757	18345
5	143550	14697	16587	36440	100946	22932
6	172260	17637	19904	43728	121136	27518
7	200970	20576	23222	51016	141325	32105
8	229680	23515	26539	58304	161514	36691
9	258390	26455	29856	65592	181703	41277
10	287100	29394	33174	72880	201893	45864
11	315810	32334	36491	80168	222082	50450
12	344520	35273	39808	87456	242271	55036
13	373230	38213	43126	94744	262461	59623
14	401940	41152	46443	102032	282650	64209
15	430650	44092	49760	109320	302839	68795
16	459360	47031	53078	116608	323028	73382
17	488070	49970	56395	123896	343218	77968
18	516780	52910	59713	131184	363407	82554
19	545490	55849	63030	138472	383596	87141
20	574200	58789	66347	145760	403786	91727