



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Mikko Kujala

Maakaasusta maalämpöön – toteutus ja kannattavuus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

30.4.2021

Tekijä Otsikko	Mikko Kujala Maakaasusta maalämpöön – toteutus ja kannattavuus
Sivumäärä Aika	32 sivua + 2 liitettä 20.3.2021
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Talotekniikka
Ammatillinen pääaine	Kiinteistöjohtaminen
Ohjaajat	Yliopettaja Lauri Heikkinen Lehtori Pasi Partonen
<p>Tämän insinööriyön päätavoitteena oli selvittää, kuinka kustannustehokas olisi seitsemälle rivitalolle kaukolämpöä tuottavan yhtiön nykyisen lämmitysjärjestelmän vaihtaminen maalämpöjärjestelmään. Tarkoituksena oli myös ottaa kantaa maalämpöjärjestelmän kannattavuuteen liittyviin kysymyksiin ja suorittaa investointilaskelmat herkkystarkasteluineen.</p> <p>Työssä tutkittiin maalämpöjärjestelmän kannattavuutta yhtenä kokonaisuutena ja laskennallisia tuloksia verrattiin aiemmin toteutuneisiin energiakustannuksiin. Tutkimuksessa maalämmön kannattavuutta verrattiin olemassa olevaan maakaasu- tai kaukolämpöjärjestelmään. Tuloksia vertailtaessa merkittävin vertailukohta on maalämpöjärjestelmän hankintahinnan takaisinmaksuaika verrattuna nykyiseen lämmitysmuotoon. Tuloksissa arvioitiin myös korkotason ja energian ostohintojen muuttumisen vaikutusta hankintojen kannattavuuksiin.</p> <p>Tutkimuksessa selvisi, että maalämpöön saneeraaminen on erittäin kannattavaa. Kannattavuutta vertailtiin korottoman sekä korollisen takaisinmaksuajan avulla sekä myös DCF-menetelmää käyttäen. Lisäksi tehtiin herkkystarkastelut niin koronousun kuin ylläpitokustannusten kasvunkin kautta. Tämän tutkimuksen tulokset voivat auttaa myös muita taloyhtiöitä suunnittelemaan kiinteistön lämmitysjärjestelmän uusimista tai vaihtamista ympäristöystävällisempään vaihtoehtoon. Työssä käytettiin kiinteistön aiempaa energiakirjanpitoa sekä lämpöyhtiön vastuuhenkilöiden haastatteluja ja alan uusimpia julkaisuja.</p>	
Avainsanat	maalämpö, investoinnin kannattavuus

Author Title	Mikko Kujala From Natural Gas to Geothermal Heating - Implementation and Profitability
Number of Pages Date	32 pages + 2 appendices March 20 th 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	Real Estate Management
Instructors	Lauri Heikkinen, Principal Lecturer Pasi Partonen, Senior Lecturer
<p>The goal of this thesis was to establish how cost-effective it would be to change an existing heating system to a geothermal one for a company, which is providing district heating for seven row houses. Furthermore, the profitability of the geothermal system was studied and investment calculations including sensitivity analyses were made.</p> <p>The thesis was based on information retrieved from the energy records of the studied building, literature and interviews with heat provides. The profitability of an entire geothermal heating was calculated and compared the results with previous, actual energy costs. The cost-effectiveness of a geothermal system was compared to an existing system with natural gas and district heating. The comparison focused on the payback period of the geothermal investment compared to existing costs. The effect of changes in both interest rates and energy purchasing prices were estimated to establish their effect on the profitability of the geothermal system</p> <p>The project showed that it is profitable to change from the existing heating system to geothermal power when compared by using two separate methods and performing a sensitivity analysis. The results can assist other companies to plan the renovation or replacement of heating system with an environmentally friendly alternative.</p>	
Keywords	geothermal heat, return of investment

Sisällys

Lyhenteet

1	Työn tausta ja tavoitteet	1
1.1	Lämpöyhtiö	1
1.2	Nykytilanne	2
1.3	Energiapoliittiset säädökset ja energian hinnankehitys	3
2	Maalämpö	3
2.1	Mitä on maalämpö?	3
2.1.1	Geoenergia ja sen potentiaali	4
2.1.2	Maalämpöpumpun historia	4
2.1.3	Maalämpöjärjestelmän toimintaperiaate	4
2.2	Lait, asetukset ja viranomaismääräykset	7
3	Lämmitysjärjestelmän saneerausinvestoinnin kannattavuuden selvitys ja tarjouspyynnöt	8
3.1	Lämpöyhtiön hallituksen pohjatyö	8
3.2	Energiakulutuksen toteumat aiemmilta vuosilta	9
3.2.1	Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve	10
3.2.2	Normaalivuoden lämmitystarveluku ja korjauskertoimet	10
3.2.3	Maakaasun hinnankehitys	11
3.3	Kustannusvertailu maakaasu vs. maalämpö	12
3.4	Lämmitysjärjestelmän toteutuksen laajuus sekä tarjouspyyntö	14
3.5	Tarjoukset	15
3.5.1	Sähköliittymä	17
3.5.2	Tarjoukseen kuuluvat lämpökaivot ja lämmönkeruuputkisto sekä poraussuunnitelma	17
4	Tarjouksesta toteutukseen	18
4.1	Urakoitsijan valinta	18
4.2	Investoinnin rahoitus	19
5	Investointilaskelmat	20
5.1	Elinkaarikustannuslaskenta	20

5.1.1	LCC vuosikustannuslaskelma	20
5.1.2	LCC:n nykyarvo	21
5.2	Takaisinmaksuaika	22
5.2.1	Koroton takaisinmaksuaika	22
5.2.2	Korollinen takaisinmaksuaika	24
5.3	Elinkaarikustannukset diskontatun kumulatiivisen kassavirran menetelmällä	24
5.4	Hankinnan edullisuus	26
5.5	Herkkyystarkastelu	27
5.5.1	Herkkyystarkastelu investoinnin hankintahinnan kannalta	28
5.5.2	Herkkyystarkastelu energian hinnan kannalta	28
5.5.3	Herkkyystarkastelu tarkastelukoron kannalta	29
5.5.4	Herkkyystarkastelu korjauskulujen kannalta	29
5.5.5	Pohdinta eri skenaarioiden välillä	30
6	Jälkilaskenta	31
7	Ympäristövaikutukset	32
8	Yhteenveto	32
	Lähteet	34

Liitteet

Liite 1. Maakaasu vs. maalämpö - alustava säästölaskelma

Liite 2. Maalämpöurakan tarjouspyyntö

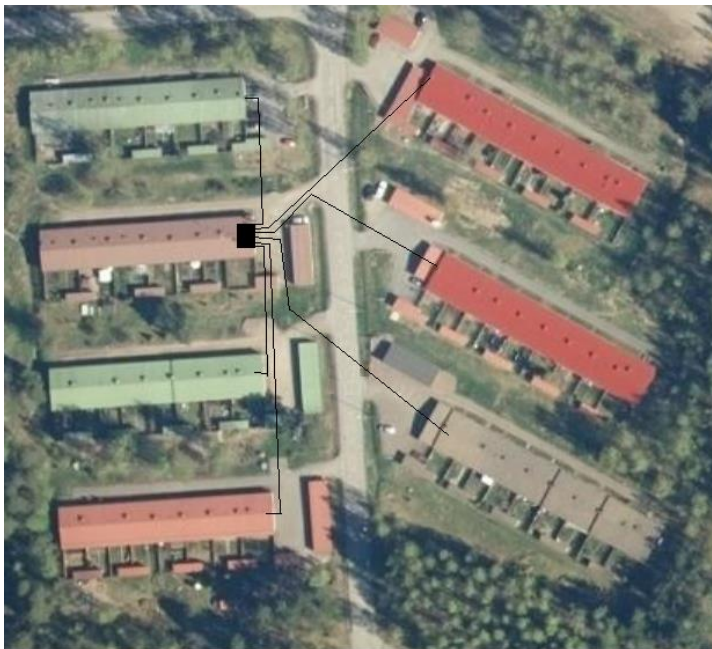
Lyhenteet

COP	Coefficient of Performance. Lämpöpumpun hyötysuhde, joka kertoo kuinka tehokkaasti kulutettu sähköenergia saadaan muutettua lämpöenergiaksi.
DCF	Discounted Cash Flow. Kassavirran diskonttaus nykyhetkeen, joka tarkoittaa tulevaisuudessa saatavien kassavirtojen arvon laskemista nykyhetkeen.
CO ₂	Hiilidioksidi
LCC	Elinkaarikustannuslaskenta. Laskenta, joka kertoo, mitä hankittava tuote tulee organisaatiolle maksamaan, ei ainoastaan investointihetkellä, vaan myös käytön aikana ja käytöstä poistettaessa esimerkiksi sähkö-, huolto- ja jätemaksuina.

1 Työn tausta ja tavoitteet

1.1 Lämpöyhtiö

Investointia suunnitteleva lämpöyhtiö on vuonna 1976 perustettu haminalainen yritys. Yhtiön toimialana on omistaa ja hallita osakkaidensa omistamien kiinteistöjen tarpeisiin rakennettua lämpö-, vesijohto- ja yhteisantenniverkostoa (kuva 1) laitteineen ja varusteineen, huolehtia mainittujen kiinteistöjen lämmityksestä, veden jakelusta, yhteisantenniverkon ylläpidosta sekä kiinteistölle ja niiden asukkaille tarvittavista palveluista.



■ = Lämpöyhtiö kattila / ljh
 — = lämpöjohto

Kuva 1. Lämpö- sekä vesijohtojen periaatekuva

Lämpöyhtiön osakkeenomistajina ovat erilliset asunto-osakeyhtiöt, ja nämä hallitsevat osakkeita huoneistopinta-alojen mukaisesti. Jakauma on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Lämpöyhtiön osakejakauma asunto-osakeyhtiöiden kesken.

Osakas	Osakkeiden lkm	Huoneistopinta-ala, m ²
Asunto Oy Talo 1	320	602
Asunto Oy Talo 2	276	518,5
Asunto Oy Talo 3	320	600,5
Asunto Oy Talo 4	320	600,5
Asunto Oy Talo 5	378	679,5
Asunto Oy Talo 6	378	679,5
Asunto Oy Talo 7	378	679,5
	2370	4360

1.2 Nykytilanne

Tilanne ja lämmitysjärjestelmän tekninen toteutus ennen siirtymistä maalämpöön on toteutettu niin, että paikalliselta energiayhtiöltä Haminan Energia Oy:ltä, ostetaan maakaasu, jota poltetaan lämpöyhtiön omistamassa ja ylläpitämässä maakaasukattilassa ja näin tuotetaan sekä lämmin käyttövesi- että lämmitysverkostossa tarvittava vesi. Asunto-osakeyhtiössä lämmityksen jako/luovutus on toteutettu vesikiertoisten pattereiden kautta.

Rakennusten lämmitysten osalta kustannukset on jaettu asunto-osakeyhtiöiden kesken samoin perustein, kuin on lämpöyhtiön osakkeetkin jaettu, huoneistopinta-alojen mukaisesti. Lämpimän käyttöveden maksu jaetaan asunto-osakeyhtiöille niissä vakituisesti asuvien henkilöiden perusteella. Vesimaksujen osalta osuuden arvioidaan aina edellisen vuoden kulutuksen perusteella, joka määrää vesimaksun suuruuden, €/hlö. Tarvittaessa arvioon perustuvia käyttövesimaksuja tasataan vesilaitokselta saadun vuosittaisen taasauslaskun perusteella, taas kerran henkilömäärien pohjalta.

1.3 Energiapoliittiset säädökset ja energian hinnankehitys

Suomen Energia- ja ilmastostrategia

Kuten kaikkien EU jäsenmaiden, myös Suomen Energia- ja ilmastostrategian on pohjauttava Euroopan unionin ilmastopolitiikkaan, tavoitehan on kaikille yhteinen. EU:n ilmastopolitiikalla ohjataan sekä alueen yhteisiä että jäsenmaiden toiminta ilmastoinmuutoksen hillitsemiseksi ja siihen sopeutumiseksi. EU:n ilmastopolitiikka pohjaa YK:n ilmastopöytäkirjaan, sitä täydentävään Kioton pöytäkirjaan ja Pariisin ilmastopöytäkirjaan. [1]

Kaikkien EU-jäsenvaltioiden yhteinen tavoite on kasvihuonekaasujen vähentäminen vuoteen 2030 mennessä vähintään – 40 % vuoden 1990 tasosta [2], ja jotta tavoitteeseen päästään, jokainen jäsenvaltio laatii oman ilmastopolitiikkansa ja -strategiansa tähän pohjautuen, myös Suomi. Näin ollen myös Suomen pitkän aikavälin tavoitteena on hiilineutraali yhteiskunta.

Kuten Energia- ja ilmastostrategiassa mainitaan, ilmaston lämpenemistä aiheuttavista kasvihuonepäästöistä noin 80 prosenttia on peräisin energiantuotannosta. Tästä syystä energia- ja ilmastopolitiikka ovat kietoutuneet tiiviisti toisiinsa [3]. Osana vuonna 2016 julkaistua Suomen energia- ja ilmastopolitiikkaa uusiutuvien energiamuotojen ja -lähteiden hyödyntäminen on ajan hengen mukaista.

2 Maalämpö

2.1 Mitä on maalämpö?

Maalämpö on maaperään ja kalliioon sitoutunutta energia, joka on peräisin auringosta. Maaperän lisäksi tätä samaa auringosta peräisin olevaa lämpöenergiaa varastoituu automaattisesti myös vesistöihin. Tätä energiaa voidaan hyödyntää rakennusten sekä lämpimän käyttöveden lämmittämiseen. Tämä tapahtuu rakentamalla järjestelmä, johon kuuluvat maalämmön keruuputkistot sekä kompressorilla varustettu maalämpöpumppu ja sen tarvittavat varusteet.

2.1.1 Geoenergia ja sen potentiaali

Geoenergialla tarkoitetaan maankamarasta saatavaa lämmitys- ja viilennysenergiaa. Suomen maankamaraan on varastoitunut valtava määrä lämpöenergiaa, jonka avulla pystyttäisiin korvaamaan Suomen kaukolämmön tuotanto yli 20 000–25 000 vuodeksi. [4]

Aluekohtaisen geoenergiapotentiaalin hyödyntäminen investointia suunniteltaessa on hyvä ottaa huomioon, ja sen voi jokainen tarkistaa Geologian tutkimuskeskuksen kartta-palvelusta [4].

2.1.2 Maalämpöpumpun historia

Maalämpö ja siihen liittyvä maalämpöpumppu eivät ole mikään uusi keksintö, vaikka niistä puhuminen ja itse laitteiden yleistyminen on lisääntynyt huomattavasti viime vuosikymmenen aikana. Itse asiassa tämä termodynamiikan kiertoprosessi, johon lämpöpumpun toiminta perustuu, esiteltiin ensimmäisen kerran jo 1820-luvulla, mutta ensimmäiset tähän perustuvat laitteet liitettiin rakennuksien lämmitysjärjestelmiin vasta 1920-luvulla. Sitten kiinnostus järjestelmää ja sen laitteita kohtaan on vaihdellut maailman tilanteen mukaan, esim. vuosien 1979–1980 öljykriisin myötä kiinnostus hetkellisesti kasvoi.

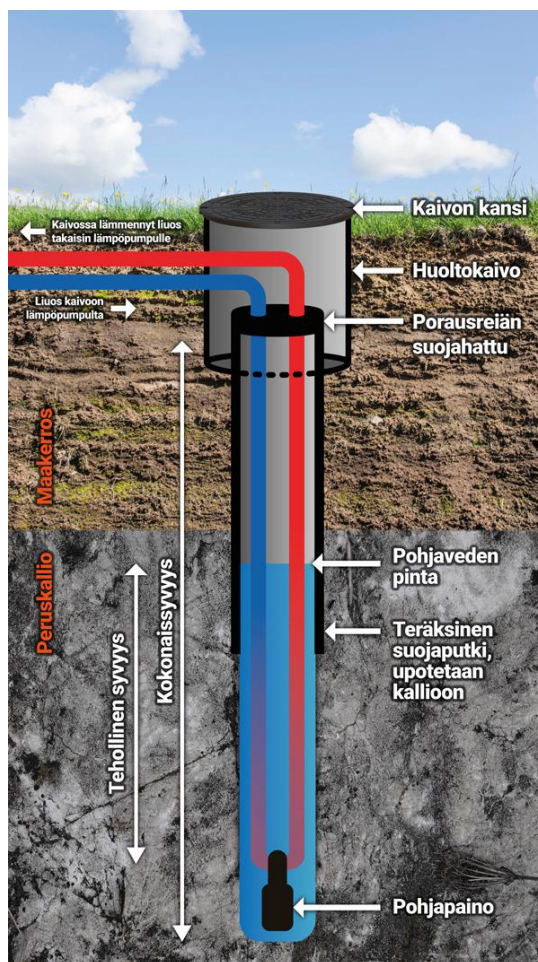
Vasta lähihistoriassa laitteiden kehittymisen sekä lämmityksen ekologisuuden myötä maalämpö ja maalämpöjärjestelmät kiinteistöjen lämmitysmuotona ovat yleistyneet kovaa vauhtia.

2.1.3 Maalämpöjärjestelmän toimintaperiaate

Varsinaisen lämmönkeruun toimintaperiaate riippuu järjestelmätyypistä, onko kyseessä porakaivo-, pintamaa-, vesistö- vai pohjavesijärjestelmä. Sen jälkeen kun keruuputkistossa lämmennyt lämmönkiertoneste on saatu pumpattua lämpöpumpulle, järjestelmä on lähestulkoon aina samanlainen.

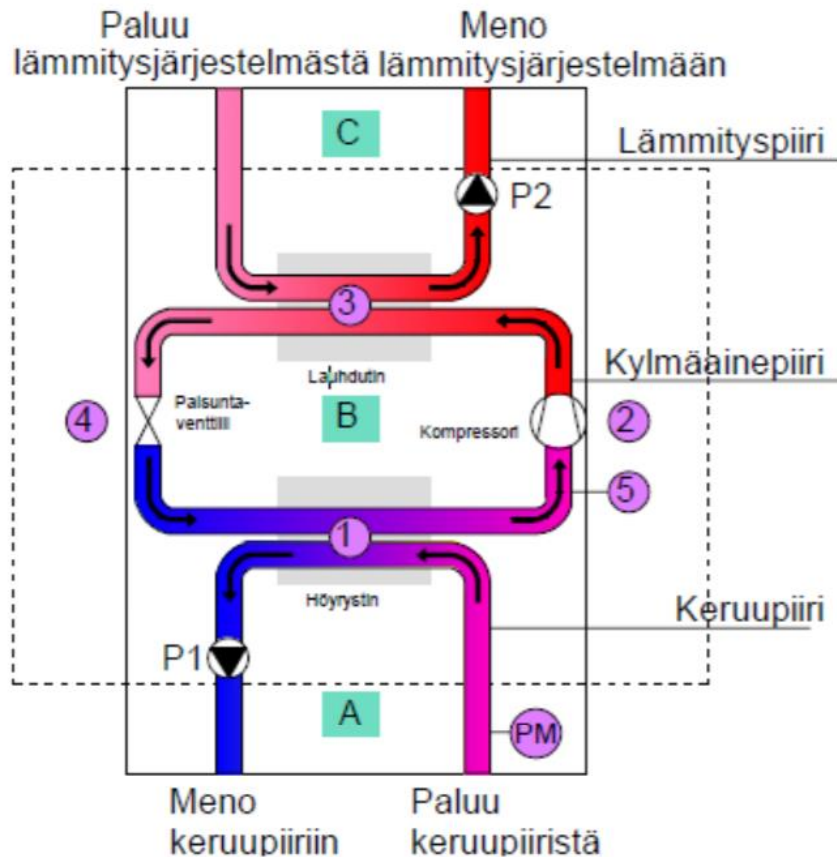
Pääpiirteet maalämpöjärjestelmän toiminnasta, kun lämmönkeruujärjestelmänä on porakaivo, ovat seuraavat;

- Maahan porataan tarpeellinen määrä reikiä, yleensä maaperästä riippuen, noin 100–400 metriä syvä.
- Reikiin asennetaan putket, joiden sisällä lämmönkeruuneste kiertää.
- Nesteen kiertäessä maan syvyyksissä se lämpenee maaperän lämmöstä.
- Lämmennyt neste pumpataan lämpöpumppuun.
- Kompressoritekniikan avulla lämpöpumppu hyödyntää maasta saatavan lämmön ja jakaa sen lämpöpumpun toisiopiirinä olevan järjestelmän kautta kiinteistön lämpö- ja lämpimän käyttövesien verkostoihin.
- Lämmön luovuttanut lämmönkeruuneste pumpataan takaisin porakaivoihin lämpenemään, ja prosessi toistuu uudestaan ja uudestaan.



Kuva 2. Maalämpöpiirin porakaivo [5].

Kuvan 2 punainen sekä sininen viiva kuvaa lämmönkeruunesteen putkia, punainen lämmennyt liuosta ja sininen kaivoon palaavaa. Porakaivosta lämpöpumpulle siirtyvä keruunesteen lämpö siirretään kiinteistön lämmitysjärjestelmään kuvassa 3 esitetyn periaatteen mukaisesti.



Kuva 3. Maalämpöpumpun osat ja toimintaperiaate [6, s. 9].

- Höyrystimessä keruupiiriin lämpöenergia siirtyy lämpöpumpun kylmäainepiiriin, samalla kylmäaine muuttuu nesteestä kaasuksi.
- Lämpöpumpun kompressori puristaa kylmäainehöyryn korkeapaineiseksi kaasuksi, jolloin lämpötila kohoaa. Puristamiseen käytetty sähköenergia muuttuu lämmöksi ja sekin nostaa kylmäaineen lämpötilaa.
- Lämpöpumpun lauhduttimessa lämpöenergia siirtyy kylmäaineesta rakennuksen lämmitysjärjestelmään ja kylmäaine tiivistyy nesteeksi.
- Paisuntaventtiilissä kylmäaineen painetta alennetaan, jolloin kylmäaineen lämpötila laskee ja se virtaa höyrystimeen, minkä jälkeen prosessikierto alkaa alusta.

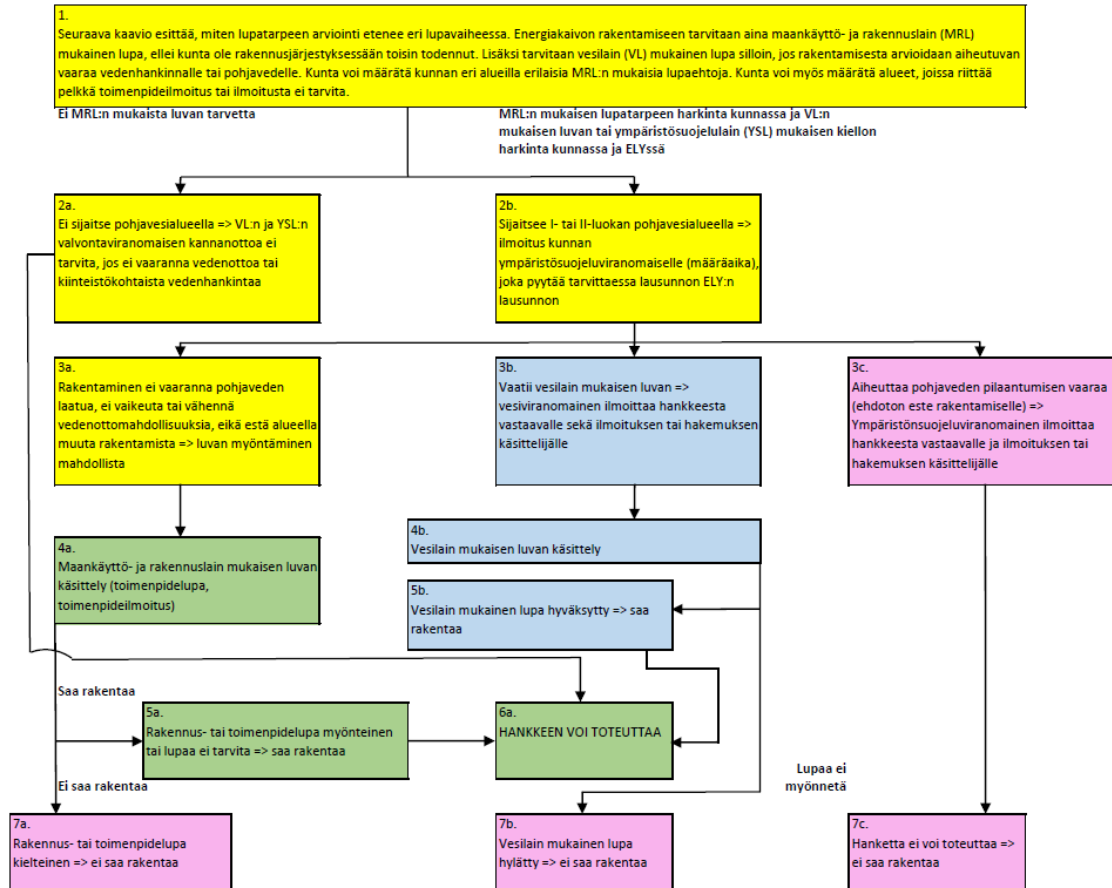
2.2 Lait, asetukset ja viranomaismääräykset

Kun suunnitellaan maalämmön keruujärjestelmää, on kyseessä sitten porakaivo, pinta- maakeruuputkisto, pohjavesiputkisto tai vesistöön sijoitettava keruuputkisto, on muistettava työhön mahdollisesti liittyvät lait, asetukset sekä viranomaismääräykset, kuten maankäyttö- ja rakennuslain (1999/132) 126a §:n nojalla, maalämmön hyödyntämiseen tarkoitettu lämpökaivo, sen poraaminen tai vastaava keruuputkisto vaativat toimenpide luvan. Ympäristöministeriö on 15.3.2013 julkaissut luonnosoppaan [6] maalämmön hyödyntämisestä energiakaivojen osalta. Tämä julkaisu antaa erinomaiset ohjeet ja toimintamalliehdotukset maalämpöjärjestelmän rakentamista suunnitteleville. Dokumentti antaa riittävät ohjeistukset projektiin ryhtyvälle. Vaikka se onkin jos useamman vuoden vanha ja tarkoitettu pientalolle ohjeet ja määräykset ovat samat maalämmön keruupiirin osalta, on kyseessä sitten pientalo, tai kuten tässä projektityössä, monta rivitaloyhtiötä.

Ympäristöministeriön luonnosoppaan [6] mukaan keruuputkiston rakentamisen mahdollisuuksia voidaan arvioida kuvassa 4 esitetyn lupatarvekaavion avulla.

Lisäksi samainen ympäristöministeriön luonnosopas antaa ohjeita ja neuvoja muiden maankäyttö- ja rakennuslain lisäksi sovellettavien lakien ja asetusten mahdollisista vaikutuksista hankkeen toteutumiseen. Näitä ovat mm.

- vesilaki (587/2011)
- ympäristönsuojelulaki (86/2000)
- kiinteistönmuodostamislaki (554/1995)
- kemikaalilaki (744/1989)
- terveydensuojelulaki (763/1994)



Kuva 4. Rakentamismahdollisuuden arvioinnin lupatarvekaavio [6].

3 Lämmitysjärjestelmän saneerausinvestoinnin kannattavuuden selvitys ja tarjouspyynnöt

3.1 Lämpöyhtiön hallituksen pohjatyö

Ajatus hankkeen eteenpäin viemiseksi kehittyi lämpöyhtiön tulevaisuuden toimintasuunnitelmaa rakennettaessa, ja päätettiin lähestyä osakasasunto-osakeyhtiöitä asiaan liittyen ja tiedustella yksittäisten asunto-osakeyhtiöiden halukkuutta projektiin ryhtymiseksi.

Kesällä 2018 tutkittiin mahdollisuuksia vaihtaa nykyinen maakaasuun perustuva lämmitysjärjestelmä maalämpöön. Samassa yhteydessä pyydettiin myös alustavia budjettitarjouksia toteutuksesta, jotta pystyttäisiin vastaamaan esityksen jälkeen nouseviin kysymyksiin, varsinkin yhteen: "Miksi maalämpö?"

Saatujen budjettitarjousten perusteella näytti siltä, että maalämpöön siirtyminen toisi jopa 65 %:n säästön vuotuisiin lämmityskustannuksiin. Taustatyön aikana osakastaloyhtiöt maksoivat lämpöyhtiölle hoitovastiketta 1,60 €/m²/kk, josta lämmityksen osuus oli 1,32 €/m²/kk, eli 83 %. Lisäksi hallitus perusteli ehdotustaan osakastaloyhtiöille lähettämässä kirjeessä maalämmön edullisuudella sekä ympäristöystävällisyydellä;

Maalämmön edullisuus perustuu siihen, että osa tarvittavasta energiasta on ilmaista ja osa ostoenergiaa (sähkö). Suurin menoerä on investointikustannukset (luokkaa 275 000 €), joiden kattamiseksi tarvitaan lainaa. Vaikka järjestelmän takaisinmaksuaika on 7-8 vuotta, niin investointi on rahoitettu yleensä 15 vuoden lainalla. Tällöin tulee pelivaraa siihen, että hoitovastiketta voidaan pienentää ja lainan takaisinmaksu hoidetaan maalämmöllä saaduilla säästöillä eli maksut lämpöyhtiölle eivät muutu tai sitten pienenevät.

Maalämpöön siirtyminen ei aiheuta toimenpiteitä taloyhtiöiden kiinteistöissä. Tarvittavat laitteet kuten lämpöpumppu ja lämminvesivaraajat sijoitetaan lämpökeskukseen. Poikkeuksina talot 2 ja 3, joiden tonteille sijoitettaisiin tarvittavat porakaiivot kokoojaputkineen.

Maalämpöön siirtyminen edellyttää uuden, suuremman sähköliittymän hankkimista lämpöyhtiölle. Ostoenergia maalämpöjärjestelmässä on pääosin sähköä. Nykyinen järjestelmä jää käyttöön ja toimii lisälämmön antajana talvikausien pakaspiikeissä sekä varajärjestelmänä mahdollisten vikatilanteiden sattuessa. Varajärjestelmän energialähteenä on hinnoittelusyistä todennäköisesti öljy.

3.2 Energiakulutuksen toteumat aiemmilta vuosilta

Taulukossa 2 on esitetty projektia edeltäviltä vuosilta maakaasulla tuotettu osakasunto-osakeyhtiöiden kuluttama kokonaislämpöenergia (MWh), sisältäen lämmityksen sekä lämpimän käyttöveden.

Taulukko 2. Lämpöyhtiön kokonaislämpöenergian kulutus edellisiltä vuosilta.

Kulutettu lämpöenergia - MWh													kWh/m ² kWh/m ²		
	Tammii	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	YHT		
2015	92,9	79,8	80,8	67,0	52,9	39,6	36,1	36,6	43,6	71,4	71,6	80,6	753	172,7	71,9
2016	122,2	84,6	82,9	67,5	46,0	38,9	36,7	36,9	42,4	67,4	83,8	88,1	797	182,9	76,2
2017	93,9	86,0	81,9	75,3	55,6	39,3	39,8	39,3	42,8	69,7	75,8	82,5	782	179,3	74,7
2018	91,4	79,2	78,5	65,5	47,2	37,8	36,0	36,9	41,8	67,0	69,0	78,1	728	167,1	69,6
	400	330	324	275	202	156	149	150	171	275	300	329			
Kuukausikohtainen keskiarvokulutus	100	82	81	69	50	39	37	37	43	69	75	82	765		

Lämmityksen osalta vuosittain vaihteleva sää kuitenkin vaikuttaa rakennusten lämmitystarpeeseen ja energiankulutukseen. Tämän vuoksi kulutusseurantaa varten toteutunut lämmitysenergian kulutus oli normitettava eli sääkorjattava [7], jotta energiankulutusluomia voitiin tässä työssä käyttää hyödyksi.

3.2.1 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

Käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energia ei juuri riipu ulkolämpötilasta. Tämän vuoksi sen osuus erotetaan normitettavasta lämmitysenergiankulutuksesta [8], ja koska lämpöyhtiö ei mittaa lämpimän käyttöveden lämmitykseen kuluva energiaa tai lämpimän käyttöveden kulutusta erikseen, otettiin laskelmissa huomioon kokonaisenergian tarpeen jakauma lämpöyhtiön historiatiedon pohjalta: rakennusten lämmitys 68 % ja lämmin käyttövesi 32 %.

3.2.2 Normaaliavuoden lämmitystarveluku ja korjauskertoimet

Ilmatieteen laitoksen tilastosta Lämmitystarveluvut 1981–2010 [9] nähdään, että Vantaa on Haminan vertailupaikkakunta. Vantaan normaaliavuoden 1981–2010 lämmitystarveluku $S_{N\text{ vpkunta}}$ on 4 097. Haminan korjauskerroin k_1 vertailupaikkakuntaan eli Vantaaseen on 0,96 [9].

Näiden lukujen avulla saadaan taulukossa 2 esitetyt kokonaislämpöenergian kulutusluvut normitettua eli sääkorjattua. Rakennusten normitettu vuosikulutus Haminaan saadaan kaavalla 1.

$$Q_{norm} = k_1 * \frac{S_{N\text{ vpkunta}}}{S_{toteutunut\ vpkunta}} * Q_{toteutunut} + Q_{lkv} \quad (1)$$

k_1	Haminan korjauskerroin vertailupaikkakuntaan
S_N vpkunta	Vantaan normaalivuoden 1981–2010 lämmitystarveluku
$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$	Vantaan toteutunut lämmitystarveluku tarkasteluvuodelta
$Q_{\text{toteutunut}}$	Rakennusten tilojen lämmittämiseen kuluva energia
Q_{lkv}	Käyttöveden lämmittämisen vaatima energia

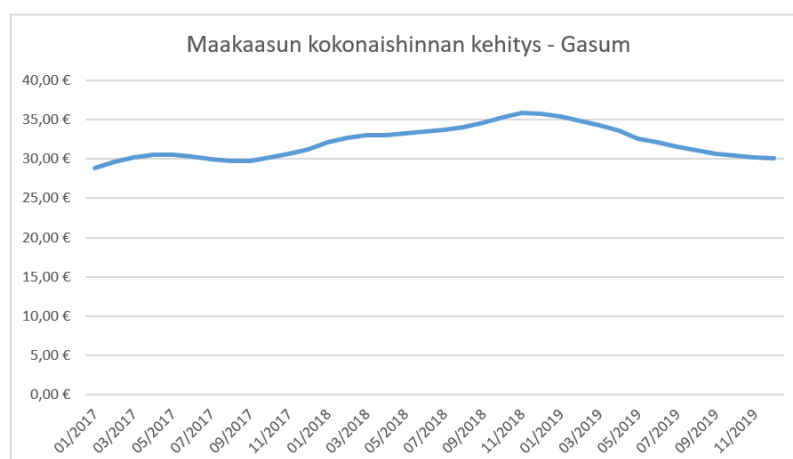
Normitetut lämpöenergian kulutusluvut on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Normitetut kokonaislämpöenergian kulutukset vuosien 2015–2018 aikana.

S_N kunta	4097					
Korjauskerroin k_1 , Hamina	0,96					
Normitettu lämpöenergia - MWh					kWh/m ²	kWh/m ³
	Q_{norm}	$S_{\text{toteutunut kunta}}$	$Q_{\text{toteutunut}}$	Q_{lkv}		
2015	858	3263	512	241	196,8	82,0
2016	814	3817	542	255	186,7	77,8
2017	800	3802	532	250	183,5	76,5
2018	747	3789	495	233	171,4	71,4
	3 219					
Keskiarvollinen vuosikulutus	805					

3.2.3 Maakaasun hinnankehitys

Lämmöntuotantotavan saneerausta mietittäessä vuoden 2018 aikana on otettava huomioon maakaasun hinnan kehityssuunta ylöspäin. Kuvasta 5 näkyy Gasumin maakaasun kokonaishinnan kehitys. [10]

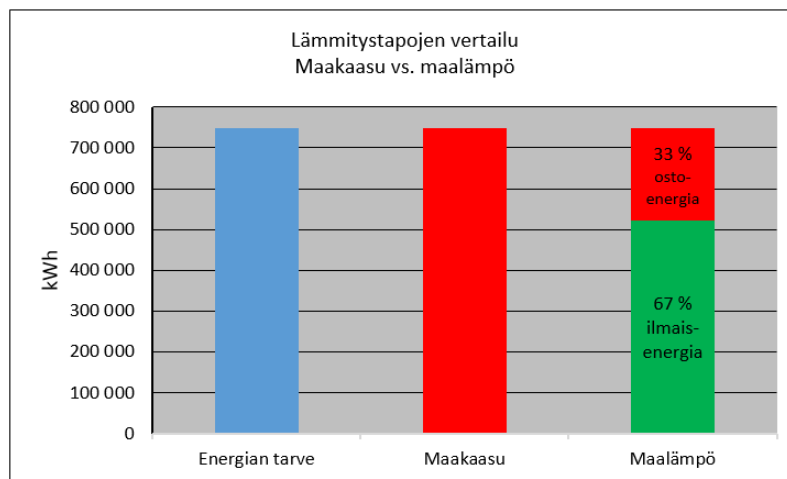


Kuva 5. Gasum Oy, maakaasun kokonaishinnan kehitys 2017–2019 [10].

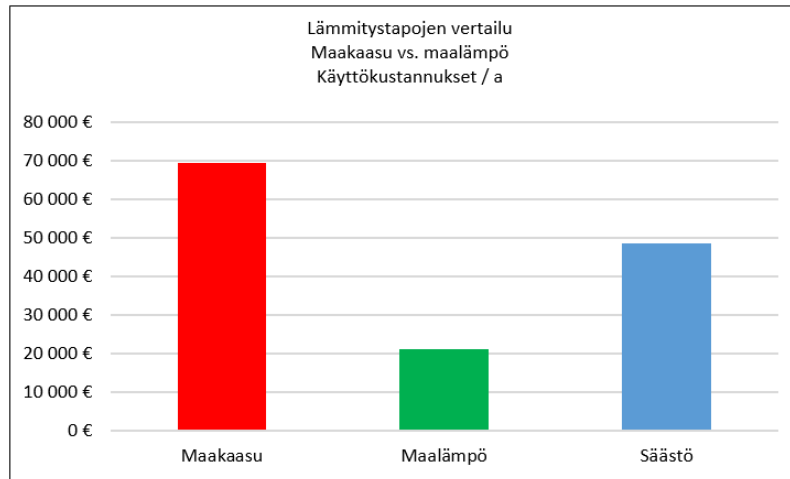
Vaikka kuvasta 5 voidaan havaita, että vuoden 2019 vaihteessa tukkuhinta on lähtenyt laskemaan, on energia- ja ilmastostrategian mukaisesti mietittävä myös omavaraisuutta sekä pyrittävä lisäämään uusiutuvien energiamuotojen käyttöä. Koska maakaasu on eräs tuontien energiamuodoista, on tämä asia otettava huomioon ja asetettava vertailun prioriteeteissa korkealla, yhdessä uusiutuvan energiamuodon tuoman hiilipäästövähennämisen kanssa. Huomioon otettavaa on myös se, että kuvassa 5 esitetty maakaasun hinta on Gasum Oy:n tukkuhinta, johon paikallisten maakaasun myyjien hinnat pohjautuvat, ja tämä näin ollen antaa suuntaviivat hinnanmuutokselle. Taulukossa esitettyjä hintoja ei pidä käyttää missään laskelmissa.

3.3 Kustannusvertailu maakaasu vs. maalämpö

Kuten mainittu, lämpöyhtiön hallitus teki pohjatyötä ennen asian esille ottamista osakastaloyhtiöiden kanssa, ja hankki budjettitarjouksen, jota käytettiin pohjatietona alustavaa säästölaskelmaa tehtäessä. Tämä säästölaskelma on esitetty liitteessä 1. Kuvassa 6 on esitetty säästölaskelman mukaiset kWh-säästöt vuositasolla graafisessa muodossa ja kuvassa 7 €-säästö vuositasolla.



Kuva 6. Säästölaskelman mukaiset kWh-säästöt vuositasolla.



Kuva 7. Säästölaskelman mukaiset €-säästöt vuositasona.

Kuvassa 7 esitetystä budjettitason säästölaskelmassa oletuksena on, että maakaasun ja öljyn hinnat nousevat sähköä nopeammin, maakaasu 5 % /vuosi, sähkö 3 % /vuosi ja öljy 5 % /vuosi. Lisäksi vertailu perustuu loppuvuoden 2018 energiahintoihin, maakaasu 93 €/MWh, sähkö 115 €/MWh sekä öljy 87 €/MWh.

Pohjatyon perusteella tehdyt alustavat laskelmat osoittivat, että maalämpöinvestointia varten tarvittava laina voidaan maksaa takaisin saaduilla säästöillä. Näiden alustavien laskelmien mukaan, kun ostoenergian tarve putoaa noin kolmannekseen nykyisestä, voitaisiin lämpöyhtiölle maksettavaa hoitovastiketta alentaa huomattavasti. Vaikka lainan hoitokulut lisätään alentuneeseen hoitovastikkeeseen, jäisivät kuukausimaksut silti pienemmiksi kuin nykyinen hoitovastike.

Maalämpöjärjestelmään siirtymistä puolsi myös aiemmin vuonna 2014 Kotkan kaupungin tilaama Geologian tutkimuskeskuksen tekemä raportti Kaakkois-Suomen alueen geoenergiapotentiaalista [11]. Tämän raportin mukaan suurin osa Etelä-Kymenlaakson alueesta kuuluu geoenergiapotentiaalinsa puolesta erinomaiseen luokkaan, jossa maa-peite on <10, ja kalliossa on erinomainen lämmönjohtavuus. [11, s. 9.]

Pohjautuen alustavaan säästölaskelmaan ja lämpöyhtiön hallituksen ehdotukseen osakastaloyhtiöt päättivät jatkaa hankkeen eteenpäin viemistä.

3.4 Lämmitysjärjestelmän toteutuksen laajuus sekä tarjouspyyntö

Osakastaloyhtiöiden kannalta tärkeintä oli selvittää onko maalämpöinvestointi todella niin kannattava vaihtoehto kuin budjettitarjouksiin pohjautuvat alustavat laskelmat näyttivät. Projektissa päätettiin käyttää ulkopuolista hankekonsulttia asiantuntijana saneeraustarpeiden kartoittamisessa sekä saatujen tarjousten vertailijana.

Alkuvuodesta 2019 lämpöyhtiö palkkasi tähän tehtävään ulkopuolisen konsultin. Valittu konsulttiryitys valikoitui tehtävään maalämpöprojekteihin liittyvän kokemuksen myötä ja yritykseltä oli mahdollisuus saada tarpeiden mukaan räätälöity palvelukokonaisuus projektin läpiviemiseksi. Ulkopuolisen hankekonsultin tehtäviksi muodostuivat saneeraustarpeiden laajuuden kartoittaminen, tarjouspyynnön tekeminen yhdessä lämpöyhtiön hallituksen kanssa sekä saatavien tarjousten vertailu. Lisäksi konsulttiryityksen tehtäviin kuului puolueeton selvitys kannattavuudesta sekä projektin hanke- ja toteutussuunnitelmat.

Ennen varsinaisen hankekonsultin valmistelemaa tarjoajille lähetettävää tarjouspyyntöä lämpöyhtiön projektiryhmä järjesti palaverin, jossa listattiin huomioonotettavia asioita ja tarpeita. Asialista syntyi saatujen budjettitarjousten, asiakastilaisuuksista saadun informaation, referenssikohteisiin tutustumisen sekä alan asiantuntijoihin, kuten Kiinteistöliiton energianeuvontaan, tehtyjen yhteydenottojen pohjalta.

Toteutuksen laajuudeksi vahvistettiin jo aiemmin keskusteluissa ollut toteutusmuoto, jossa nykyinen lämmitysjärjestelmä (maakaasu, varalla öljy) vaihdetaan maalämpöjärjestelmään ja nykyinen järjestelmä jää lisä-/varajärjestelmäksi muutettuna siten, että vanha öljykattila puetaan ja kaasukattilaan vaihdetaan öljypoltin. Kiertovesipumput ja paisunta-astiat uusitaan. Toimittajalla on velvollisuus varmistaa, että jo aiemmin käytössä olevat kiinteistökohtaiset vesivirtaamat saavutetaan pumppujen vaihdon jälkeen. Edelleen, tarvittavat porakaivot ja kokoomakaivot putkistoinen sijoitetaan osakasunto-osakeyhtiöiden tonteille, ja lämpöyhtiö tilaa verkkoyhtiöltä maalämpöjärjestelmän tarvitseman sähköliittymän.

Projektin alkuvaiheessa lämpöyhtiö sekä osakasasunto-osakeyhtiöt tekivät periaatepäätöksen, että lämpöpumppuinvestoinnin yhteydessä uuden sähköliittymän hankinta jätetään laskelmista pois ja sen hankintavastuu on lämpöyhtiöllä. Budjettilaskelmat sekä investointilaskelmat eivät sisällä uuden sähköliittymän hankintakulua, mikä näin ollen osaltaan vääristää investointilaskelmia sekä takaisinmaksuajan pituutta. Tähän otettiin kuitenkin kantaa herkkyystarkastelun yhteydessä ja tehtiin uusi laskelma sähköliittymä huomioon ottaen.

Tämän erillisen palaverin tuotoksen pohjalta ulkopuolinen hankekonsultti pystyi tekemään liitteessä 2 esitetyn tarjouspyynnön, jonka avulla pystyttiin varmistamaan, että saatiin keskenään mahdollisimman vertailukelpoiset tarjoukset ja järjestelmän toimittaja voitiin valita.

3.5 Tarjoukset

Lähetetyn tarjouspyynnön pohjalta lämpöyhtiö sai viisi tarjousta. Tarjouspyyntö lähetettiin kuudelle, mutta yksi toimittaja ei jättänyt tarjousta määräaikaan mennessä.

Tarjoukset vastasivat tarjouspyyntöä hyvin ja olivat näin ollen keskenään vertailukelpoisia. Tarjousten pääpiirteet, jotka riittivät niiden vertailuun, on esitetty taulukossa 4.

Kuvassa 7 esitetyn alustavan säästölaskelman sekä liitteenä 2 olevan tarjouspyynnön mukaan pyydettyjen talouslaskelmien välillä voitiin havaita eroja. Päätettiin, että jatkossa niin urakoitsijavalinnassa, kuin tarkennetuissa talouslaskelmassakin käytetään urakoitsijatarjousten mukaisia laskennallisia vuosisäästöjä.

Taulukko 4. Tarjouksissa olevat maalämpöpumput.

Urakkahinta (sis. alv 24 %)					
Tarjottu kiinteä urakkahinta sisältää kaiken alemmissa kohdissa mainitut työt ja laitteet pois lukien listauksen lopussa mainitut lisätyöt ja muut optiot					
	Tarjous 1	Tarjous 2	Tarjous 3	Tarjous 4	Tarjous 5
Urakkahinta	279 430 €	303 700 €	329 478 €	353 400 €	341 000 €

Lämpökaivo-					
kenttä					
Tarjouspyynnössä; 14 lämpökaivoa, syvyydet 350 metriä, kollektoriputki PE45					
	Tarjous 1	Tarjous 2	Tarjous 3	Tarjous 4	Tarjous 5
Lämpökaivot	14 x 350 m (PE45)	14 x 350 m (PE45)	14 x 350 m (PE45)	14 x 350 m (PE45)	"Tarjouspyynnön mukaan"
Urakointi	Kaivonporaus Olympia	Ei mainittu	Rototec	Ei mainittu	Ei mainittu
Kokoomakaivot	2 kpl	Ei mainittu	2 kpl	Ei mainittu	Ei mainittu
Huomiot; - separointikoneen käyttö ei sisälly Tarjous 3 perushintaan, muiden osalta tarkennettava jatkoneuvotteluissa - maanrakennustyöt sisältyvät kaikilla perushintaan, mahdollisiin maanvaihtoihin ja uusiin pintamaihin liittyvät kustannukset tarkennettava jatkoneuvotteluissa					

Lämpöpumput					
Tarjouspyynnössä; Yhteisteho 150 - 180 kW (olosuhteissa B0/W55)					
	Tarjous 1	Tarjous 2	Tarjous 3	Tarjous 4	Tarjous 5
Merkki ja malli	2 x Thermia Mega XL	2x Bosch Compress 80	2 x Gebwell Taurus Plus	3 x Nibe F1345-60	3 x Nibe F1345-60
Yhteisteho (B0/W55)	n. 155 kW	n. 160 kW	n. 160 kW	n. 165 kW	n. 165 kW
Menovesi lauhduttimelta	max. 60 °C	max. 68 °C	max. 65 °C	max. 65 °C	max. 65 °C
Tulustuslämmönvaihdin	Kyllä	Ei	Kyllä	Ei	Ei
Etäseuranta	Ei mainittu	Kyllä	Ei mainittu	Kyllä	Ei mainittu
Huomiot; - Thermian max menovesi lauhduttimelta on vain 60 °C, mikä on kuitenkin kohteeseen riittävä sillä lämmin käyttövesi tuotetaan pääasiassa tulustuslämmöllä					

Tarkemman tarjousvertailun perusteella tarjous 1 vaikutti parhaalta. Se oli selvästi edullisin ja lisäksi takuu töillä on 5 vuotta, kun suurin osa muista tarjoajista noudattaa YSE:n mukaista kahden vuoden takuuta.

Tarjous 1:n laitteiston laskennallinen teho oli 5–10 kW pienempi kuin muiden tarjoajien, mutta konsultin mukaan se tarkoitti n. 5 000–6 000 euron lisäkustannusta vuositasolla suuremman öljynkulutuksen takia. Koska tarjousten välinen hintaero oli kuitenkin niin suuri, ei suurempi öljynkulutus kokonaisuudessa ole ratkaiseva.

3.5.1 Sähköliittymä

Saatujen tarjousten perusteella maalämpöön siirtymisen johdosta joudutaan siirtymään suurempaan sulakekokoon. Nykyinen nousujohto vastaa sulakekokoa 3x125 A, joten myös tämä joudutaan uusimaan. Tässä yhteydessä päätettiin, että maalämpölaitteistolle otetaan oma liittymä, joka jää kokonaisedullisimmaksi vaihtoehdoksi. Päätettiin myös, että nousujohtoon ja liittymän aiheuttama kustannus katetaan investointia varten otettavalla lainalla.

3.5.2 Tarjoukseen kuuluvat lämpökaivot ja lämmönkeruuputkisto sekä poraussuunnitelma

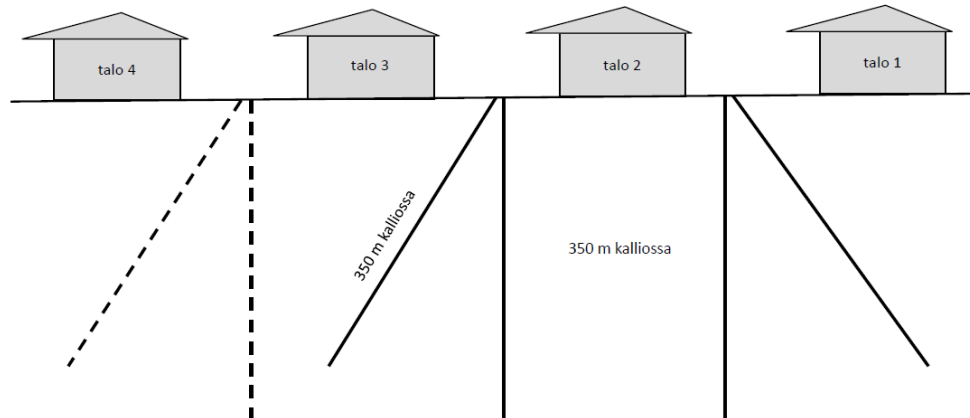
Maalämpöjärjestelmän ehkä tärkein osa on lämpökaivot ja lämmönkeruuputkisto. Ilman näitä, maaperässä olevaa lämpöä ei voida siirtää hyödynnettäväksi kiinteistöjen lämmityksessä. Lämpökaivot ja lämmönkeruuputkisto ovat myös iso osa investointikustannuksista.

Liitteenä 2 olevan tarjouspyynnön mukaisesti lämpökaivojen kokonaispituus oli 4 900 m, 14 kaivoa, jokaisen kaivon syvyys 350 m. Kaivojen poraussuunnitelmaluonnos on esitetty liitteenä 2 olevassa tarjouspyynnössä. Kaivot porattaisiin tämän luonnoksen mukaisesti talon 2 tontin alueelle.

Porausten käynnistäminen vaati rakennusvalvonnan toimenpideluvan. Tarjouspyynnön mukaisesti tarvittavat luvat hakee hankkeen lopulliseksi toteuttajaksi valittu urakoitsija lämpöyhtiön ja/tai kiinteistön omistajan valtuutuksella kuvassa 4 esitetyn lupatarveprosessin mukaisesti.

Vaikka itse poraukset tullaan luonnoksen mukaisesti tekemään talon 2 tontilla, niiden vaikutusalueet, varsinkin vinoporauksien osalta, ulottuvat myös talojen 1 ja 3 alueille.

Tämän pohjalta sovittiin, että talojen 1, 2, 3 ja 4 välillä tehdään sopimukset tonttialueen käyttämisestä lämpökaivotarkoitukseen. Lämpökaivojen sijoittuminen eri taloyhtiöiden tonttialueelle on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Lämpökaivojen vaikutusalueet eri talojen tonttialueella

4 Tarjouksesta toteutukseen

4.1 Urakoitsijan valinta

Investointityöryhmän kokouksessa huhtikuussa 2019 todettiin, että projektityöryhmän ja hankekonsultin kanssa käytyjen keskusteluiden sekä kohdekäyntien perusteella jatko-neuvotteluihin päätettiin kutsua tarjousten 1 ja 2 tehneet yritykset. Ensisijaisesti neuvottelut taloudellisen näkökulman kautta päätettiin käydä tarjouksen 1 tehneen yrityksen kanssa. Jatko-neuvotteluihin kutsuttiin myös tarjouksen 2 tehnyt yritys, jos tarjouksen 1 tehneen yrityksen kanssa neuvotteluissa ilmenee sellaisia merkittäviä kysymyksiä, jotka eivät selviä tarjouksen sisällön tai neuvotteluiden perusteella.

Jo aiemmin tarjouspyynnössä sekä tarjouksien vertailussa on todettu, että tarvittavien lupien hakemisesta vastaa porausurakoitsija saamallaan valtuutuksella. Rakennusvalvonnasta saadun tiedon perusteella valtuuttaja on oltava luonnollisesti kiinteistö, jonka alueella porauksen pääosin tehdään, eli talo 2. Päätettiin, että valtuutuksen poraustyön toimenpideluvan hakijalle antaa kyseinen taloyhtiö.

Samalla päätettiin, että lämpöyhtiö sopii kirjallisesti osakastaloyhtiöidensä kanssa poraukseen ja porakaivojen sijoitukseen liittyvistä kysymyksistä ja sopimuksista.

4.2 Investoinnin rahoitus

Samassa kokouksessa todettiin, että hankkeen rahoitukseen liittyvän lainan tulee kattaa kokonaisurakan hinta, arvioidut lisätyöt sekä sähköliittymän hinta. Todettiin myös, että lainan suuruus tulee olemaan 320 000 € eikä lämpöyhtiön pankkitilillä olevia varoja ole syytä käyttää investoinnin rahoittamiseen. Investointikustannukset rakentuvat seuraavasti:

- tarjousneuvottelussa sovittu loppusumma sisältäen urakoitsijan tarjouksessa mainitun option valvonnasta ja automaatiosta – 297 130 €
- uusi sähköliittymä – 17 310 €
- mahdolliset lisätyöt ja muut ylimääräiset kulut – 15 560 €

Todettiin perusteluita myös lisätöille, joita saattaa syntyä lähinnä kaivojen porauksessa. Tarjouksen mukaan 3 metriä maaporausta sisältyy urakkahintaan, mutta mikäli maapeite on paksumpi, on lisähinta 60 €/m. Lisäksi maapeitteeseen tulevaa teräsputkea ankkuroidaan ja työnnetään kallioperään 2 metriä tai tarvittaessa enemmän kallion laadusta riippuen. Arvio lisäporausten hinnasta perustuu siihen, että oletetaan kallion löytyvän jokaisen kaivon kohdalta 10 metrin syvyydestä. Näin lisämaksullista maaporausta tarvitaan 7 metriä sekä 2 metriä kallioporausta putken ankkuroimiseksi, eli lisäkustannusta 9 metristä. Kun kaivoja on 16 kappaletta, arvioiduksi lisäkustannukseksi saatiin 8 640 €.

Projektiryhmä päätti esittää yhtiökokoukselle investoinnin rahoituksen osalta mallia, jossa maalämpöinvestointi rahoitetaan taloyhtiöille asuinpinta-alojen suhteen ositetulla, yhteensä 320 000 €:n lainalla. Jokainen taloyhtiö tekee tähän liittyen oman itsenäisen päätöksen oman osuuden rahoittamisesta tarjoten osakkailleen mahdollisuuden myös kertamaksuun. Investoinnin lainasumma jakautuu näin ollen taloyhtiöiden kesken taulukossa 5 esitetyllä jaolla.

Taulukko 5. Investointilainan jakautuminen osakastaloyhtiöiden kesken.

Osakas	Huoneistopinta-ala, m ²	Lainaosuus, €
Asunto Oy Talo 1	602	44 183,49 €
Asunto Oy Talo 2	518,5	38 055,05 €
Asunto Oy Talo 3	600,5	44 073,39 €
Asunto Oy Talo 4	600,5	44 073,39 €
Asunto Oy Talo 5	679,5	49 871,56 €
Asunto Oy Talo 6	679,5	49 871,56 €
Asunto Oy Talo 7	679,5	49 871,56 €
	4360	320 000,00€

5 Investointilaskelmat

5.1 Elinkaarikustannuslaskenta

Elinkaarikustannuslaskenta kertoo, mitä hankittava tuote tulee maksamaan, ei ainoastaan investointihetkellä, vaan myös käytön aikana ja käytöstä poistettaessa [12].

Elinkaarilaskelmissa tiedetään, että investoinnista aiheutuu menoja sekä hankintahetkellä että vuosittain käytössä. Laskelmissa vaihtoehto on sitä edullisempi, mitä pienemmät vuosikustannukset tai nykyarvo on.

Kaikkien laskelmien tarkastelujaksoksi valittiin 15 vuotta, mikä vastaa luvussa 3.2 mainittua lämpöyhtiön hallituksen perustelua laina-ajan pituudesta.

5.1.1 LCC vuosikustannuslaskelma

Vuosikustannusmenetelmässä vertailtiin keskimääräisiä vuosikustannuksia ja otettiin huomioon vuosittain maksettavat ylläpitomenot sekä hankintamenojen pitoajalle lasketut osuudet, eli annuiteetit. Jotta vuosikustannukset voidaan laskea, on määriteltävä annuiteettikerroin, joka laskettiin kaavalla 2.

$$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \times H \times q \quad (2)$$

i	on laskentakorko
n	on käyttöikä
H	on hankintahinta
q	on vuotuiset käyttökustannukset

Annuiteettikertoimen avulla saatiin hankintamenojen pitoajalle laskettu osuus ja vuosikustannus voitiin laskea.

Maakaasujärjestelmän vuosikustannuksiksi saatiin 75 384 € ja maalämpöjärjestelmän 57 378 €, minkä perusteella voidaan todeta että maalämpöjärjestelmän tulee edullisemmaksi laskennassa käytetyn laskentajakson ajalla.

Vuosikustannuslaskelmassa laskentakorkona oli 2,0 %, käyttöikä on 15 vuotta, hankintahintana maakaasujärjestelmän osalta 0 € ja maalämpöjärjestelmän osalta 320 000 € sekä vuotuisina käyttökustannuksina maakaasujärjestelmän osalta 500 € vuodessa ja maalämpöjärjestelmän osalta 2 000 € vuodessa. Kummankaan vaihtoehdon osalta ei vuosikustannuslaskennassa otettu huomioon mahdollisia korjauskuluja. Näiden vaikutus elinkaarikustannuksiin on huomioitu luvussa 5.3, jossa on laskettu elinkaarikustannukset diskontatun kumulatiivisen kassavirran menetelmällä.

5.1.2 LCC:n nykyarvo

Elinkaarikustannusten nykyarvolaskennassa vuotuiset menot sekä mahdollinen jäännösarvo siirretään nykyhetkeen. Tämä tapahtui energia- ja huoltokustannusten diskonttausella. Jotta kustannukset voitiin siirtää nykyhetkeen, täytyi diskonttauskerroin k laskea kaavalla 3.

$$k = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (3)$$

i	on laskentakorko
n	on käyttöikä
H	on hankintahinta
q	on vuotuiset käyttökustannukset

LCC:n nykyarvokustannuksiksi maakaasujärjestelmän osalta saatiin 968 628 € ja maalämpöjärjestelmän osalta 737 266 €, eli myös nykyarvomenetelmällä laskettuna maalämpöjärjestelmä tuli edullisemmaksi valitulla tarkastelujaksolla.

Nykyarvolaskelmassa oletusarvot olivat samat kuin vuosikustannuslaskelmassa. Laskentakorko oli 2,0 %, käyttöikä 15 vuotta, hankintahinta maakaasujärjestelmän osalta 0 € ja maalämpöjärjestelmän osalta 320 000 € sekä vuotuiset käyttökustannukset maakaasujärjestelmän osalta 500 € vuodessa ja maalämpöjärjestelmän osalta 2 000 € vuodessa. Myöskään nykyarvolaskennassa ei vaihtoehtojen osalta otettu huomioon mahdollisia korjauskuluja.

5.2 Takaisinmaksuaika

Investoinnin takaisinmaksuajaksi kutsutaan sitä määrää vuosia, joiden kuluessa investointi tulojen lisäyksellä tai menojen säästöillä maksaa hankintamenoja. Takaisinmaksuaika jättää huomioimatta investoinnin pitoajan, takaisinmaksuajan jälkeiset tulon lisäykset tai menon säästöt ja eriaikaisiin maksusuorituksiin liittyvät korkovaikutukset.

5.2.1 Koroton takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika voitiin laskea kaavalla 4.

$$n = \frac{H}{T} \quad (4)$$

n	on takaisinmaksuaika
H	on hankintahinta (investointi)
T	on vuosittainen tuotto

Jotta investoinnin kohdalta pystyttiin investoinnin takaisinmaksuaika laskemaan, oli ensin laskettava arvioitu vuotuinen säästö energiakustannuksissa. Tämä laskettiin kaavalla 5 ja laskennassa käytettiin sähköenergian hintaa 115 €/MWh, maakaasun hintaa 93 €/MWh ja kevyen polttoöljyn hintaa 87 €/MWh sekä energiankulutuksena normitettu

keskiarvollista vuosikulutusta edellisiltä neljältä vuodelta, eli taulukossa 3 mainittu 805 MWh/a. Lisäksi huomioitiin eri energiamuotojen hintojen osalta vuosittainen 2 %:n hinnannousu.

$$E_n = (E \times E_{nyk}) \times (1 + e)^n \quad (5)$$

E_n	on energian hinta vuonna 1
E	on nykyinen vuosikulutus
E_{nyk}	on energian nykyinen hinta
e	on energian hinnan reaalinous
n	on tarkasteluvuosi

Näiden avulla laskettiin molemmille energiamuodoille vuosittaiset energiakustannukset seuraavan 15 vuoden ajalle ja saatiin keskiarvollinen energiakustannusten säästö vuosittain, 51 200 €. Maalämpöjärjestelmän vuotuista energiankulutusta arvioitaessa apuna käytettiin järjestelmän COP-kerrointa 3,3 ja laskennassa kaavaa 6.

$$E_{lp} = E \div COP_{lp} \quad (6)$$

E_{lp}	on maalämpöpumpun vuotuinen energiankulutus
E	on nykyinen, maakaasujärjestelmän vuosikulutus
COP_{lp}	on maalämpöpumpun hyötysuhde

Sijoittamalla investointi 320 000 € sekä laskennallinen vuosisäästö energiakustannuksissa 51 200 € kaavaan 2 saadaan investoinnin koroton takaisinmaksuaika, $n = 6,25$ vuotta.

5.2.2 Korollinen takaisinmaksuaika

Korollinen takaisinmaksuaika ottaa huomioon esimerkiksi lainan korot, mutta jättää huomioimatta investoinnin pitoajan sekä takaisinmaksuajan jälkeiset tulon lisäykset tai menon säästöt. Korollinen takaisinmaksuaika laskettiin kaavalla 7.

$$n = \frac{\ln \frac{T}{T-Hi}}{\ln(1+i)} \quad (7)$$

n	on korollinen takaisinmaksuaika
H	on hankintahinta (investointi)
T	on vuosittainen tuotto
i	on korko- %
ln	on luonnollinen logaritmi

Kummassakaan takaisinmaksulaskelmassa ei ole otettu huomioon jäännösarvoa eikä korollisen takaisinmaksuajan laskennassa käyttöaikaa.

Sijoittamalla luvussa 5.2.1 mainitut luvut kaavaan saatiin korolliseksi maksuajaksi 6,7 vuotta 2 %:n korkotasolla.

5.3 Elinkaarikustannukset diskontatun kumulatiivisen kassavirran menetelmällä

Vaikka kassavirran nykyarvolaskentaa DCF käytetään tyypillisesti yritysten ja kiinteistöjen arvon määrittämiseen, se sopii myös säästötoimien tarkasteluun ja vaihtoehtojen vertailuun. Menetelmällä voidaan ottaa hyvin huomioon toisistaan poikkeavien vuosien vaikutus laskelmiin esimerkiksi korjausten ja uusintojen osalta.

Tämän investoinnin osalta päätettiin tarkastelujaksoksi 15 vuotta ja laskelmat tehtiin kaavalla 8.

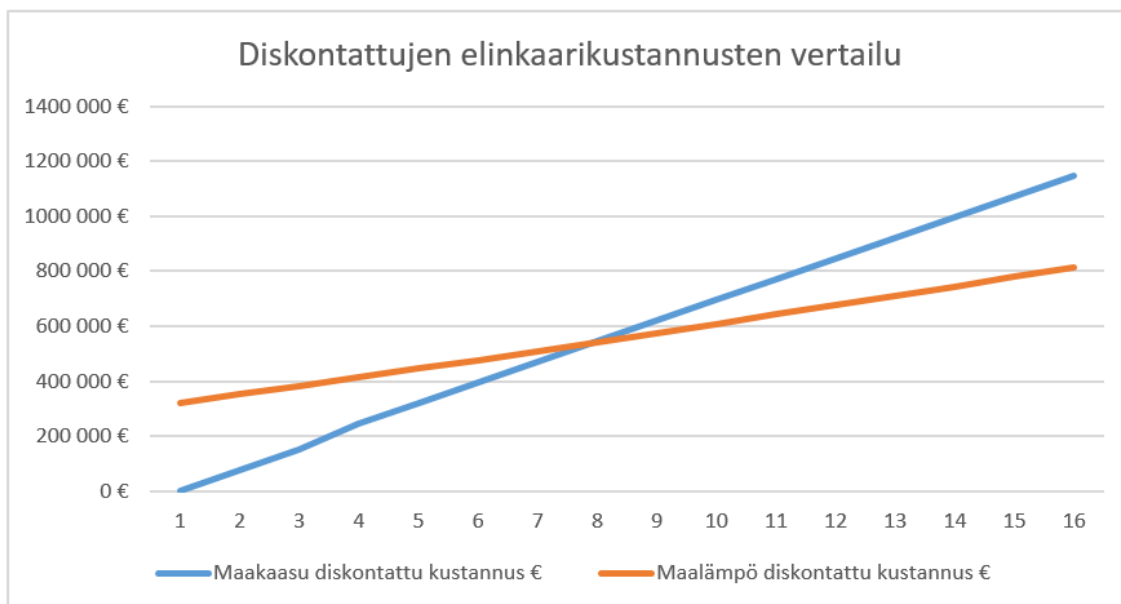
$$PV_x = \sum_{i=0}^n \frac{x_i}{(1+r)^i} \quad (8)$$

x	on laskentajakson kulu / tuotto
r	on korko
n	on laskentajaksojen lukumäärä

Maakaasulla toteutetun lämmitysmuodon diskontatuiksi kustannuksiksi tarkasteluaikana saatiin 1 149 319 € ja maalämpöjärjestelmän 812 081 €, kun korkokanta on 2,0 %, energiahinnan reaalinousu 2,0 % sekä huoltokustannusten nousu 1,5 % molempien osalta. Energiahintojen nykytasona käytettiin luvussa 5.2.1 saatuja kustannuksia. Lisäksi huomioon otettiin huoltokustannukset, maakaasujärjestelmän osalta 500 € vuodessa ja maalämpöjärjestelmän 2 000 € vuodessa (ensimmäiset 5 vuotta 1 000 € vuodessa). Korjauskustannuksiksi huomioitiin maakaasulle kattilauusinta 20 000 € vuoden 3 kohdalla sekä maalämmön osalta kompressoriuusinta, 7 000 €/kerta, vuosina 10, 14 ja 18. Jäännösarvoja ei otettu laskelmissa huomioon. Maalämpöjärjestelmän osalta huomioitiin 15 vuotta ajalle lainanlyhennys tasaerälyhennyksenä koron ollessa 2,0 %.

Elinkaarilaskelmien avulla voitiin todeta, että säästö kokonaiskustannuksissa maalämpöön siirryttäessä on huomattava, vaikka se edellyttikin investointia.

Kuvasta 9 nähdään, että maalämpöjärjestelmän kokonaiskustannukset ovat maakaasujärjestelmän vuosikustannusten tasolla jo vuoden 8 kohdalla, ja sen jälkeen maalämpöjärjestelmä on vuosikustannuksien osalta edullisempi järjestelmä.



Kuva 9. Diskontattujen elinkaarikustannusten vertailu

Kokonaiskustannusten ollessa näinkin suuret eivät laskelmissa mukana olevat korjaukset aiheuta juuri ollenkaan kustannuksia kuvaavien käyrien k-kertoimeen kyseisien vuosien kohdalla.

5.4 Hankinnan edullisuus

Laskelmat on tehty niin, että energiansäästöksi on oletettu maakaasun kulutus, 805 MWh/a kokonaisuudessaan. Tämän jälkeen kulutukseksi on laskettu maalämpöjärjestelmän oletettu sähkönkulutus 244 MWh/a. Molempien energiamuotojen euromääräiselle vaikutukselle on laskettu omat, luvussa 3.3 mainitut, €/MWh-yksikköhinnat ja laskennat on tehty kaavoja 8 ja 9 hyväksikäyttäen. Kevyen polttoöljyn vaikutus ei ole huomioitu laskennassa ollenkaan. Kevyt polttoöljy on varajärjestelmä huippukuormien tasaamiseksi, ja sen oletettu vuosikulutus on 26,7 MWh/a. Kun polttoöljyn hinta on 87 €/MWh, sen laskennallinen vaikutus vuositasolla olisi noin 2 300 € ja tämän suuruisella mahdollisella lisäkustannuksella ei ole sen suuruisesta vaikutusta kokonaisuudessa, että se tekisi esimerkiksi investoinnin kannattamattomaksi.

Samanlainen toimintamalli on laskelmissa maalämpöpumpun 3. kompressorin vaihdon osalta. Ennusteissa se sijoittuisi vuoden 18 kohdalle, ja tarkastelujaksona kaikissa laskelmissa käytettiin 15:tä vuotta. Kompressorin osalta voidaan todeta sama kuin kevyen polttoöljyn, vaikka se sijoitettaisiin laskelmiin tarkastelujaksolle, eli sen vaikutus ei ole niin suuri, että se muuttaisi kannattavuuden osalta laskelmia.

$$E_n = E_{nyk} \times (1 + e)^n \quad (9)$$

E_n	on energian hinta vuonna 1
E_{nyk}	on energian nykyinen hinta
e	on energian hinnan reaalinous
n	on tarkasteluvuosi

Kaikki laskelmat näyttävät, että investointi on kannattava ja edullinen verrattuna nykyisen järjestelmän kokonaiskustannuksiin.

5.5 Herkkyystarkastelu

Elinkaarilaskelmien yhteydessä on pakko myös ennakoida tulevaisuutta. Laskelmia tehtäessä useat lopputuloksen kannalta keskeiset muuttujat ovat tuntemattomia, esimerkiksi energian hinta, lainakorot ja laitteiden kestävyys. Herkkyystarkastelulla pyritään selvittämään, mitkä tekijät vaikuttavat milläkin tavalla lopputulokseen [13].

Herkkyystarkastelussa tutkitaan investoinnin kannattavuustekijöiden arviointivirheiden vaikutusta investoinnin kannattavuuteen. Herkkyysanalyysin avulla tutkitaan yksittäisissä muuttujissa tapahtuvien muutosten vaikutusta investoinnin kannattavuuteen. Tarkoituksena on löytää tekijät, joiden pienikin muutos vaikuttaa suuresti kannattavuuteen, laskea, miten tietyn suuruinen muutos jossain tekijässä muuttaa investoinnin kannattavuutta, selvittää, kuinka paljon tietty muuttuja voi muuttua tai poiketa odotetusta, jotta investointi säilyy kannattavana, ja esimerkiksi selvittää, kuinka paljon tietyn muuttujan täytyy muuttua tai poiketa odotetusta, jotta muutoin kannattamaton investointi on kannattava. Herkkyystarkastelu voidaan suorittaa niin, että muutetaan yhden oletusarvon arvoa muiden arvojen pysyessä samaan aikaan muuttumattomina ja todetaan muutoksen vaikutus laskelmien lopputulokseen [13].

Herkkyystarkastelussa laskelmat tehtiin käyttämällä kaavoja 8 ja 9.

5.5.1 Herkkyystarkastelu investoinnin hankintahinnan kannalta

Taulukossa 6 esitetyistä tuloksista voidaan havaita, että vaikka investointi mahdollisten yllätyksien kautta maksaisi 100 000 € enemmän, eli 420 000 €, se ei vaikuttaisi sen kannattavuuteen. Säästöjen kautta laskettu takaisinmaksuaika ainoastaan piteneisi noin 2 vuodella.

Taulukko 6. Herkkyystarkastelu kun investointi on 100 000 € kalliimpi kuin oletettu.

n	Hankinta	Huolto	Korjaus	Automatiikka	Purku	Energiansäästö	Nettosäästö	Diskontattu nettosäästö
n ₁₅	420 000,00 €	25 000,00 €	14 000,00 €	0,00 €	0,00 €	824 338,74 €	365 338,74 €	248 964,09 €

5.5.2 Herkkyystarkastelu energian hinnan kannalta

Energian hinnan kautta tehdyn herkkyystarkastelun yhteydessä havaittiin, että mitä enemmän niin maakaasun kuin sähkön hinnat nousevat, sitä suuremmaksi diskontattu nettosäästö kasvaa kuten taulukossa 7 esitetyistä tuloksista voidaan havaita. Oletusta, että maakaasun hinta laskisi ja vain sähkön hinta nousee, ei tarkastelussa laskettu, lähinnä toteutumisen mahdottomuuden vuoksi. Tämä kuitenkin kiinnosti, ja herkkyystarkastelun tarkoituksen mukaisesti, tarkoituksena voi olla löytää tekijät, joiden pienikin muutos vaikuttaa suuresti kannattavuuteen, joten suoritettiin myös tämän skenaarion läpikäynti. Tällaisessa tilanteessa, investointi ei enää olisikaan kannattava, kuten taulukossa 8 esitetyistä tuloksista voidaan havaita.

Taulukko 7. Herkkyystarkastelu, kun maakaasun ja sähkön hinnat nousevat 5,0 %.

n	Hankinta	Huolto	Korjaus	Automatiikka	Purku	Energiansäästö	Nettosäästö	Diskontattu nettosäästö
n ₁₅	320 000,00 €	25 000,00 €	14 000,00 €	0,00 €	0,00 €	1 058 855,17 €	699 855,17 €	538 868,74 €

Taulukko 8. Herkkyystarkastelun tulos, kun maakaasun hinta tippuu 5,0 % ja sähkön hinta nousee 5,0 %.

n	Hankinta	Huolto	Korjaus	Automatiikka	Purku	Energiansäästö	Nettosäästö	Diskontattu nettosäästö
n ₁₅	352 000,00 €	25 000,00 €	56 000,00 €	0,00 €	0,00 €	399 633,64 €	- 33 366,36 €	- 65 628,69 €

5.5.3 Herkkyystarkastelu tarkastelukoron kannalta

Tarkastelukoron vaikutusta tutkittiin myös herkkyystarkasteluiden yhteydessä ja havaittiin, että vaikka korko nousisi 10,0 %:iin, olisi diskontattu nettosäästö edelleen positiivinen taulukossa 9 esitetyn mukaisesti, ja hankinta kannattava toteuttaa, vaikka takaisinmaksuaika pitenee.

Tarkastelun yhteydessä havaittiin, että käännekohta nettosäästön osalta tapahtuisi noin 13,4 %:n kohdalla, minkä jälkeen ei säästöä enää syntyisi vaan diskontatut kulut olisivat suuremmat kuin energiasäästöt.

Taulukko 9. Herkkyystarkastelun tulos, kun tarkastelukorko 10,0 %.

n	Hankinta	Huolto	Korjaus	Automatiikka	Purku	Energiansäästö	Nettosäästö	Diskontattu nettosäästö
n ₁₅	320 000,00 €	25 000,00 €	14 000,00 €	0,00 €	0,00 €	824 338,74 €	465 338,74 €	67 907,60 €

5.5.4 Herkkyystarkastelu korjauskulujen kannalta

Maalämpöpumppujen ja niiden kestävyiden osalta on vuosien saatossa ollut paljon keskusteluita, "kestääkö kompressori kuin kauan" ja muuta vastaavaa. Tästä syystä herkkyystarkastelu investoinnille tehtiin myös korjauskulujen kasvun näkökulmasta, ja kuten taulukosta 10 voidaan havaita, vaikka maalämpöpumpun kompressori pitäisi vaihtaa 2 vuoden välein, on investoinnin diskontatut nettosäästöt edelleen reilusti positiiviset ja investointi kannattava toteuttaa.

Taulukko 10. Herkkyystarkastelu, jos maalämpöpumpun kompressori pitäisi vaihtaa 2 vuoden välein.

n	Hankinta	Huolto	Korjaus	Automatiikka	Purku	Energiansäästö	Nettosäästö	Diskontattu nettosäästö
n ₁₅	320 000,00 €	25 000,00 €	56 000,00 €	0,00 €	0,00 €	824 338,74 €	423 338,74 €	312 019,16 €

5.5.5 Pohdinta eri skenaarioiden välillä

Kuten herkkyystarkasteluista voidaan havaita, ei mikään skenaario todista sitä, että tarkastelussa olleen osa-alueen muuttuessa investoinnista tulisi kannattamaton. Tulevaa kehityskulkua mietittäessä todennäköisin vaihtoehto on, että korot tulevat jollain aikavälillä nousemaan, samoin energiahinnat.

Hankintahinnan kautta tehdyn herkkyystarkastelun osalta voidaan todeta, että koska investointi on tätä opinnäytetyötä kirjoitettaessa tehty, ei sen osalta tapahtunut mitään yllättävää.

Energiahinnat tulevat tulevaisuudessa jatkamaan nousua, mutta esimerkiksi sähkönhinnan nousu pelkästään ei aiheuta investoinnin kannattomuutta. Lisäksi skenaariota, joissa vain sähkönhinta jatkaisi nousua ilman että muiden energiamuotojen hinnat muuttuisivat, voidaan pitää epätodennäköisenä. Mikäli molempien vertailussa olleiden energiamuotojen hintojen nousu olisi samansuuruinen, sitä suuremmiksi säästöt maalämpöjärjestelmäinvestoinnilla nousevat, kuten taulukosta 7 voitiin havaita.

Korkotaso niin Suomessa kuin maailmanlaajuisestikin on jo pidemmän aikaa ollut 0-tasolla tai jopa miinuksella, joten pidemmällä aika välillä korkojen nousu on välttämätöntä ja hyvin todennäköistä, vaikka nousuennusteet näyttävät suhteellisen rauhallisilta. Ei ole varmaa nousevatko korot vaikka 1990-luvun tasolle. Tilanne on esimerkiksi rahoitusmarkkinoita ajatellen nykyään aivan erilainen. Korkotaso viimeisen 20 vuoden aikana on ollut korkeimmillaan noin 6 prosentissa, ja mikäli korkotaso nousisi sitä ylemmäs, johtuisi se todennäköisesti erittäin kovasta inflaatiotasosta, jota kuitenkin ei ole edes tulevaisuuden skenaarioissa arvioitu tapahtuvan.

Maalämpöjärjestelmän kuten minkä tahansa muunkin järjestelmän korjauskulut ovat osittain ennakoimattomissa. Vaikka tätä investointia tarkasteltaessa ne olisivat tarkastelujaksolla nelinkertaiset ennustettuihin nähden puhutaan edelleen kannattavasta investoinnista, säästöt energiakustannuksissa olisivat edelleen suuremmat ja kaiken lisäksi tämän kaltainen skenaario on hyvin epätodennäköinen laitteistojen kehittymisen myötä.

6 Jälkilaskenta

Jälkilaskennan tarkoituksena tässä opinnäytetyössä oli verrata normitettuja ja toteutuneita kulutuslukemia investointilaskelmissa käytettyihin oletuslukemiin laitteiston käyttöönoton jälkeen ja näin saada lisäinformaatiota laskentojen ja arvioiden paikkansa pitävydestä.

Käyttöönoton jälkeiset energiakustannukset vs. säästölaskelma

Maalämpöjärjestelmä on ollut käytössä koko vuoden 2020, ja sen kuluttama sähköenergia oli 214,7 MWh/a ja jos lämpöpumpun laskennallisen COP on 3,3, saadaan kokonaisenergiankulutukseksi 709 MWh/a.

Jotta tämä olisi vertailukelpoinen, täytyy kulutus normittaa käyttäen kaavaa 1. Normiteksi kulutukseksi vuodelle 2020 saadaan taulukossa 11 esitetty 829 MWh/a. Tämä on 24 MWh/a enemmän kuin investointilaskelmissa käytettiin arvioitaessa kannattavuutta sekä elinkaarikustannuksia. Jos kuitenkin huomioidaan, että toteutunut sähköenergian hinta oli laskelmissakin käytetty 115 €/MWh, tämän arvioidun kulutuksen aiheuttama lisäkustannus on vain vajaa 2 800 €/a. Voidaan todeta, että sillä ei ole mainittavaa vaikutusta investoinnin kannattavuuteen ja investointia voidaan pitää edelleen kannattavana.

Taulukko 11. Vuoden 2020 normitettu kokonaislämpöenergiankulutus.

	$S_{N \text{ kunta}}$	4097			
	Korjauskerroin k_1 , Hamina	0,96			
	Normitettu lämpöenergia - MWh				
		Q_{norm}	$S_{toteutunut \text{ kunta}}$	$Q_{toteutunut}$	Q_{lkv}
	2020	829	3148	482	227

7 Ympäristövaikutukset

Jokaisella yksilöllä, perheellä, yrityksellä, konsernilla, maalla ja kaikilla tältä väliltä on mahdollisuus omien tekojensa kautta edesauttaa globaalisti yhteisessä tavoitteessa vähentää CO₂-päästöjä. Tässä työssä kuvatulla investoinnilla, lämpöyhtiö ja sen osakastaloyhtiöt tekivät osansa päästöjen pienentämiseksi.

Kun otetaan huomioon maakaasun polttamisesta syntyvät hiilidioksidipäästöt, 56,1 gCO₂ / MJ [14, s. 18, taulukko 4] sekä Suomessa kulutetun sähkön päästökerroin vuodelta 2020, 72 gCO₂ / kWh [15. taulukko 2], lämpöyhtiö sekä sen osakastaloyhtiöt vähensivät kiinteistöjen lämmittämiseen liittyviä hiilidioksidipäästöjä 89,2 % / 144,9 t CO₂ lähtötilanteeseen verrattuna.

8 Yhteenveto

Tähän projektiin ryhdyttäessä osakastaloyhtiöiden asukkaat suhtautuivat suhteellisen epäilevästi esitettyihin säästöpotentiaaleihin ja laitteiston toimivuuteen. Projektiryhmän hienon pohjatyön ja lähialueella toteutuneiden vastaavanlaisten hankkeiden perusteella osakastaloyhtiöille pystyttiin näyttämään riittävällä tarkkuudella toteen, että hankkeeseen kannattaa panostaa ja että se kannattaa toteuttaa.

Energianhinnat nousevat vuosi vuodelta, ja tässä työssä esitetyn kaltaiset maalämpöpumput kehittyvät koko ajan eivätkä enää välttämättä ole niin sanotun matalalämpöpiirin laitteita. Tämän vuoksi investoinnit tulevat aina vaan kannattavimmiksi, niin kuin voidaan todeta myös tämän projektin osalta.

Kuten luvussa 5.2 Takaisinmaksuajat voidaan havaita, on investointi todella kannattava. Pelkkien energiasäästöjen avulla varsinainen laiteinvestointi on mahdollista maksaa takaisin korollisenakin vajaassa 7 vuodessa.

On myös huomioonotettava, että lainan takaisinmaksuaika on tarkoituksella pitkä. Taloyhtiöt ja asunto-osakkeiden omistajat eivät halunneet erillistä rahoitusvastiketta nykyisen

hoitovastikkeen lisäksi, vaan takaisinmaksu haluttiin toteuttaa toteutuvilla energiakulusäästöillä ja tästä syystä kaikki laskelmat on toteutettu samalla 15 vuoden tarkastelujaksolla.

Lähteet

- 1 Euroopan unionin ilmastopolitiikka. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka>>. Luettu 15.11.2020.
- 2 Suomen ilmastopolitiikalla pyritään vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä. Verkkoaineisto. Suomen Ympäristökeskus. <<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/161b48de-bc6a-44ef-97fe-83d184fc257a/suomen-ilmastopolitiikalla-pyritaan-vahentamaan-kasvihuonekaasupaastoja.html>>. Luettu 20.3.2021.
- 3 Energia- ja ilmastostrategia. Verkkoaineisto. Työ- ja elinkeinoministeriö. <<https://tem.fi/energia-ja-ilmastostrategia>>. Luettu 8.12.2020.
- 4 Geoenergian ratkaisut. Verkkoaineisto. Geologian tutkimuskeskus. <<https://www.gtk.fi/palvelut/energia-ja-rakentaminen/geoenergian-ratkaisut/>>. Luettu 3.12.2020.
- 5 Maalämpökaivon poraus. Verkkoaineisto. Kaivonporaus Olympia Oy. <<http://www.kaivonporaus.fi/maalampokaivon-poraus>>. Luettu 9.12.2020.
- 6 Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Luonnos oppaaksi 15.3.2013. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://www.ym.fi/download/name/%7B3B0524D3-E4F6-4CC5-903F-CA21709D3052%7D/31318>>. Luettu 13.12.2020.
- 7 Lämmitysenergian normeeraus eli sääkorjaus. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY. <<https://koutsi.hsy.fi/courses/energiaekspertti/lessons/lammitys-2/topic/lampoindeksi-energiankulutuksen-mittarina/>>. Luettu 22.12.2020.
- 8 Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energiankaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi>. Luettu 22.12.2020.
- 9 Lämmitystarveluku eli astepäiväluku. Lämmitystarveluvut 1981 - 2010.csv. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut?6Q0hW0Ue3EKANmx4TUFVNx_q=y%253D2018>. Luettu 17.1.2021.
- 10 Maakaasun hintatilastot. Verkkoaineisto. Energiavirasto. <<https://energiavirasto.fi/maakaasun-hintatilastot>>. Luettu 9.12.2020.
- 11 Geoenergiapotentialin selvitys Kotkan, Haminan, Virolahden ja Miehikkälän alueelta. 2014. Geologian tutkimuskeskus.

- 12 Elinkaarikustannuslaskenta – LCC (Life Cycle Costing). Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/elinkaarikustannuslaskenta_lcc_%28life_cycle_costing%29>. Luettu 8.1.2021.
- 13 Talotekniikan elinkaarikustannukset. 2007. Verkkoaineisto. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. <<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2007/T2409.pdf>>. Luettu 8.1.2021.
- 14 Kasvihuonekaasujen vähentämistarpeet ja -mahdollisuudet Suomessa. Kansallisen ilmastostrategian taustaselvitys. Verkkoaineisto. Työ- ja elinkeinoministeriö. <<https://tem.fi/documents/1410877/2628005/Taustaraportti.pdf/79ff5765-4789-4b32-9227-6af8019d3243/Taustaraportti.pdf>>. Luettu 25.1.2021.
- 15 Sähköntuotannon CO₂-päästöarvio. Verkkoaineisto. Fingrid Oyj <<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkomarkkinainformaatio/co2/>>. Luettu 25.1.2021.

Maakaasu vs. maalämpö - alustava säästölaskelma

Maakaasu vs. maalämpö - alustava säästölaskelma

Laskelmat perustuvat tekoetken hintoihin (lokakuu 2018). Kulutukset normitettu (2018)

Lainaehdot on oletettu alla oleviksi.

Muut hoitokulut (mm. korjaukset) on oletettu pysyvän nykyisellä tasolla.

Lämpöpumpun COP 3,3

Lämmitettävä pinta-ala

4360 m²

	kWh/a	€/a	€/m ² /kk
Maakaasu			
Lämmitys	508 187	47 273 €	0,90 €
Lämmin käyttövesi	239 147	22 246 €	0,43 €
<u>Yhteensä</u>	<u>747 334</u>	<u>69 519 €</u>	<u>1,33 €</u>
Maalämpö			
Lämmitys	153 996	14 325 €	0,27 €
Lämmin käyttövesi	72 469	6 741 €	0,13 €
<u>Yhteensä</u>	<u>226 465</u>	<u>21 066 €</u>	<u>0,40 €</u>
SÄÄSTÖ	520 869	48 453	0,93 €

Investointikustannukset

Maalämpöjärjestelmä 257 700 €

Uusi sähköliittymä 17 320 €

YHTEENSÄ 275 020 €

Rahoituslaskelma

Laina-aika (vuotta) 15

Korko- % 2,0 %

Lainan nostokulut 500,00 € vain ensimmäisenä vuotena

Lyhennys, €/a 18 335,00 €

Korko, €/1.vuosi 5 500,00 €

Maksut, €/1.vuosi 24 335,00 €

Pääomavastike, €/m²/kk, 1.vuosi 0,47 € pienenee vuosittain

Lainaan liittyvät maksut, 1.vuosi

Pääomavastike, €/m²/kk 0,46 €

Lainan nostokulut, €/m²/kk 0,01 €

Yhteensä, €/m²/kk 0,47 €

Kuukausimaksujen vertailu, 1.vuosi

Nykyinen hoitovastike 1,60 € lämmitys + muut hoitokulut

Uusi hoitovastike 0,67 € säästö huomioitu täysimääräisenä

Uusi hoitovastike + lainakulut 1,14 € pienenee vuosittain

Säästö, €/m²/kk -0,46 €

Maalämpöurakan tarjouspyyntö

Lämpöyhtiö
MAALÄMPÖURAKKA

TARJOUSPYYNTÖ

Hankkeen kuvaus ja kohteen tiedot

Rivitaloyhtiöiden maakaasulämmitys (varalla öljy) saneerataan maalämmölle. Lisä- ja varalämmöksi jätetään öljy.

Hankkeen tavoitteellinen toimitusaika on touko-syyskuu 2019.

Lämpöyhtiö tuottaa lämmön ja lämpimän käyttöveden seitsemään erilliseen taloyhtiöön.

Kohteen yhteystiedot:

Lämpöyhtiö
Hamina

Taloyhtiöt;

- Asunto Oy Talo 1	7 asuntoa
- Asunto Oy Talo 2	6 asuntoa + lämpökeskus
- Asunto Oy Talo 3	8 asuntoa
- Asunto Oy Talo 4	8 asuntoa
- Asunto Oy Talo 5	9 asuntoa
- Asunto Oy Talo 6	9 asuntoa
- Asunto Oy Talo 7	9 asuntoa

Yleiset lähtötiedot

- 7 rakennusta, 56 asuntoa, asuinpinta-ala 4 360 m²
- Lämpökeskus sijaitsee Asunto Oy Talo 2:n tienpuoleisessa päädyssä
- Lämmönjako patteriverkostolla

Mitoitusten lähtötiedot

- Maakaasun kulutus ollut keskimäärin 78 400 m³ (2011-2018), maalämpöjärjestelmän mitoitus perustuu 80 000 m³ kulutukseen 90 % hyötysuhteella = **720 MWh/a**
- Kylmän veden kulutus noin 4 750 m³/a, josta lämmin vesi arviolta 1 500 m³/a = n. 90 MWh/a
- Lämpimän veden kierron häviöiksi on arvioitu n. 90 MWh (asunnoissa pattereita LVK:ssa)
- Huipputehon tarve **n. 240 kW**, kun käyttövesi puskuroitu varaajalla
- Patteriverkoston menovesikäyrä tällä hetkellä;
 - o - 20 °C 63 °C
 - o 0 °C 43 °C
 - o +20 °C 21 °C
 - o max 70 °C

TARJOTTAVA KOKONAISUUS

Yleistä

Lämpökaivokenttään perustuva lämpöpumpujärjestelmä "avaimet käteen" –toimituksena.

Lämpökeskus

Maalämpölaiteisto sijoitetaan nykyiseen lämpökeskustilaan, jossa se liitetään kiinteistön lämmitys- ja käyttövesilähtöihin sekä lisä-/varalämmitysjärjestelmään (öljykattila).

Lämpöpumput

- Teho yhteensä 150..180 kW (B0/W55)
- Kompressorien lukumäärä vähintään 4 kpl tai 2 kpl kierroskuohjattuja kompressoreja
- Menovesi lauhduttimelta +65 °C (B0/W55), tulistuslämmönvaihtimella varustetut +60 °C
- Käyttöveden valmistus tulistustekniikalla tai vaihtventtiilillä (tai yhdistelmä)
- Lämpöpumput esimerkiksi
 - o 2x Gebwell Taurus 90
 - o 2x Thermia Mega XL
 - o 2x Oilon RE 84
 - o 3x Nibe 1345-60

Varaajat

- Käyttövesivaraajat
 - o Tilavuus yhteensä 2 000 litraa (sisältäen mahdollisen tulisvaraajan)
 - o Lämmönvaihdinkierukoiden lukumäärät ja nimellisvirtaamat esitetään tarjouksessa
- Lämmityksen puskurivaraaja
 - o Tilavuus 1 000 litraa
 - o Käyttöveden esilämmityskierukat yhteensä 120 l/min rinnan kytkettynä

Lisä- ja varalämpö

- Nykyinen kaasupolttimella varustettu kattila jätetään paikalleen, kaasupoltin korvataan öljypolttimella ja liitetään olemassa oleviin öljysäiliöihin
 - o Kattila, johon uusi poltin liitetään, Termax TX N 380 (350-414 kW)
 - o Nykyinen kaasupoltin, Oilon GP 26.21 H (120-400 kW)
- Lämpimän käyttöveden varalämpö sähkövastuksilla, yhteensä 27..36 kW

Muut laitteet

- Patteriverkoston ja lämminvesikierron pumput uusitaan, esimerkiksi
 - o Wilo Startos 40/1-12 ja Stratos 30/1-12 Z
 - o Grundfos Magna3 40-120 F ja Magna1 32-100 N
- Nykyiset paisunta- ja varolaitteet uusitaan (verkoston kasvanut tilavuus huomioiden)
- Lämmönkeruupiiriin paisunta-astia 200 litraa ja varoventtiili 3 bar
- Lämmönkeruupiiriin täyttöpumppu ja -säiliö 60 litraa (täynnä maalämpönestettä)
- Lämpimän käyttöveden sekoitusventtiili
- Kaikki tarvittavat sulku-, säätö- ja takaiskuventtiilit sekä lianerottimet

Asennukset

- Urakkaan sisältyy kaikki putkikytkenät ja putkieristykset sekä laitteiden ja putkien merkinnät
 - o Lämmönkeruupiiri; PEH-muovi, kupari tai RST ja eristeenä 19 mm solukumi
 - o Lämpöjohdot; Teräs (hitsattava/kierteitettävä) tai sinkitty teräs (puristusosin) ja eristeenä villakouru muovipinnoitteella
 - o Käyttövesiputket; Kupari (puristusosin tai juottamalla) ja eristeenä villakouru muovipinnoitteella (kylmävesijohdot kondenssiiviisti)
- Lämmitys- ja lämmönkeruupiirien ilmaus
 - o Lämmitysverkoston kytkennöissä ja täytöissä estettävä ilman kulkeutuminen verkostoon
 - o Lämmönkeruupiiriin asennetaan käynnistyksen yhteydessä alipaineilmanpoistin noin kuukauden ajaksi

Purkutyöt

- Pois käytöstä jäävien putkisto-osuuksien purku ja pois vienti
- Pois käytöstä jäävän öljykattilan ja savusolan purku ja poisvienti sekä aukon peittäminen (piippua ei pureta pois)
- Kaikkien olemassa olevien asbestieristeiden purku sisältyy kiinteään urakkahintaan
- Seinissä ja katossa olevien ylimääräisten kannakkeiden, tappien, sähköjen ym purku

Lämpökaivokenttä

Valittu urakoitsija hakee lämpökaivojen porausta varten toimenpideluvan tilaajan valtuutuksella. Lämpökaivot porataan AsOy Talo 2 tontille tarjouksen liitteessä 1 esitetyn luonnoksen mukaisesti. Urakka sisältää lämpökaivojen porauksen lisäksi maarakennustyöt vaakaputkiston rakentamiseksi.

- Lämpökaivot 14 x 350 metriä, kollektori PE45
- Työskentelyalueen suojaaminen/rajaaminen sekä tarvittavat kulkusillat
- Porausjätteen talteenotto ja poisventi, sisältää separointikontit
- Vaakakollektoriputket PE45, eristetty putkielementti
- Runkoputket PEH160/PEH110/PEH90 toteutustavan mukaan, eristeenä EPS kouru 30 mm
- Kokoomakaivot 2 – 4 kpl sulku- ja säätöventtiileillä sekä ilmausyhteillä
- Kaivettujen alueiden entisöinti
 - o nurmialueiden multaus/tiivistys, siementen istutus (jälkihoito tilaajan vastuulla)
 - o sorapintaisen alueen palautus lähtötilannetta vastaavaan tasoon
 - o uusi pintamulta (5-10 cm) ja sora (3-5 cm) kuuluvat urakkaan, isommat maanvaihdot ovat tarvittaessa lisätyötä
- Lämmönkeruupiirin täyttö Altia Naturet maalämpönesteellä, etanolipitoisuus 27 – 28 %

Lämpökaivokentän (rakennuksen ulkopuolinen osa) painehäviö on virtaamalla 7,0 l/s noin 80 – 90 kPa (kokoomakaivo-/runkoputkistoratkaisuista riippuen).

Sähkö

Lämpöyhtiö tilaa Kymenlaakson Sähkö Oy:ltä maalämpöjärjestelmälle/ lämpökeskukselle uuden 3 x 160 A liittymän.

Urakkaan sisältyy nousujohdon tuonti tontin rajalta, keskus sekä kaikki tarvittavat sähköasennukset ja vaaditut tarkastukset. Lämmönjakohuoneen nykyinen pumppukeskus puretaan ja mahdolliset ennalleen jäävät syötöt siirretään uuteen keskukseseen.

Sähköön liittyvien muutosten periaate sekä ote nykyisestä pääjohtokaaviosta esitetty tarjouspyynnön lopussa.

Automaatio

Lämpöpumppuja ohjataan lähtökohtaisesti niiden omalla automatiikalla, joka pitää sisällään normaalien lämmitykseen ja lämpimään käyttöveteen liittyvien ohjausten lisäksi usean yksikön kaskadiohjauksen ja tarvittavat kylmäpiirin/kompressorin suojaukset.

Tarjous sisältää oletusarvoisesti lämpöpumppujen etäyhteyden ja siihen liittyvät tarvikkeet, lisämoduulit, modeemin jne.

Erillisillä optiohinnoilla tarjotaan järjestelmän mittarointia ja laajempaa kiinteistöautomaatiota, joka kattaa koko lämmitysjärjestelmän hallinnan/etäseurannan.

Automaatiojärjestelmiin liittyvät yhteyskulut ovat tilaajan vastuulla.

Optio 1: Mittaukset

- Kulutetun energian mittaukset (lämpöpumput, sähkövastukset, öljymittari)
- Tuotetun energian mittaukset (lämmitys, lämmin käyttövesi, tulistus)

Optio 2: Kiinteistöautomaatiojärjestelmä

- Valvomografiikka
- Lämpöpumppujen tilatietojen, mittausten ja hälytysten luenta
- Sähkö-, lämpö- ja öljymittareiden tietojen luenta
- COP laskenta (lämpöpumput, koko järjestelmä)
- Verkostojen painemittaukset ylä- ja alarajahälytyksillä
- Verkostojen ja varaajien lämpötilamittaukset (tarvittavat raja-arvohälytykset)
- Kiertovesipumppujen hälytykset
- Öljysäiliön pinnan alarajahälytys
- Trend seurannat
- Hälytysten siirto

Takuut

Takuut alkavat kun urakka on kokonaisuudessaan hyväksytysti vastaanotettu;

- | | | |
|--------------------|-----|-----------|
| - Lämpökaivokenttä | min | 10 vuotta |
| - Lämpöpumput | min | 5 vuotta |
| - LVISA asennukset | min | 2 vuotta |

Muut urakkaan kuuluvat asiat

Urakka sisältää seuraavat tilaajalla hyväksyttävät suunnitteludokumentit;

- Lämpökaivoasemapiirros (käytetään toimenpideluvan hakemisessa)
- Järjestelmän toimintakaavio ja –selostus
- Laitesijoituspiirustus
- Keskuskuvat (uusi keskus)

Urakoitsija vastaa tiedotteiden (urakan yleistiedote, käyttökatkojen aikataulut) laatimisesta, tilaaja vastaa tiedotteiden jakelusta.

Urakka sisältää toiminnan testauksen yhdessä tilaajan tai tilaajan edustajan kanssa sekä järjestelmän perehdytyksen / käyttökoulutuksen.

Urakan luovutukseen liittyvä materiaali sisältää vähintään;

- Suunnitteludokumentit (asemapiirros ja toimintakaavio myös laminoituna)
- Laitemanuaalit ja lämpöpumppujen käyttöönottopöytäkirjat
- Painekoepöytäkirjat
- Porausraportit
- Tarkastuspöytäkirjat (sähkö)

TARJOUS JA TARJOUSTEN KÄSITTELY

Tarjouksessa tai sen liitteinä tulee esittää;

- Kaikki tarjottavat laitteet ja työt hinnoiteltuina
- Toteutusperiaatteet sekä luonnos laitesijoittelusta
- Lisätyöhinnasto (yksikköhinnat + arvio kohteen mahdollisista lisätyökustannuksista)
- Huoltosopimushinnasto
- Investointi- / säästölaskelma;
 - o investointina tarjouksen kokonaishinta +30 000 €
 - o maakaasu 92 €/MWh, öljy 100 €/MWh, sähkö 115 €/MWh
- Tarjouspyyntöön tehdyt poikkeukset tulee esittää selkeästi perusteluineen

Tarjouksen jättäminen;

- 19.3.2019 mennessä sähköpostitse

Tarjousten käsittely;

- Tarjouksia vertaillaan hinnan, sisällön ja urakoitsijan referenssien perusteella
- Tilaaja voi hyväksyä minkä tahansa tarjouksen tai olla hyväksymättä mitään

MUUT ASIAT

Lisätiedot tarjouspyyntöön ja tarjouksen laatimiseen liittyen;

- Hankekonsultti – 040 xxx xxxx – etunimi.sukunimi@

Urakkanäytöt (hallituksen pj);

- 040 xxx xxxx – etunimi.sukunimi@

Urakan tarjoaminen edellyttää tutustumista kohteeseen paikan päällä.

Valitun urakoitsijan kanssa tehdään urakkasopimus YSE 1998 periaatteita noudattaen.

26.2.2019

Tilaajan puolesta

Konsulttitoimisto Oy



