

Lämpöselvitysprojektien analysointi

Anssi Tommola

Opinnäytetyö

Marraskuu 2017

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), energiatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Tommola, Anssi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Marraskuu 2017
	Sivumäärä 57	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Lämpöselvitysprojektien analysointi		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK) Energiatekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Marjukka Nuutinen		
Toimeksiantaja(t) Lamit.fi, Ari Järvinen		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössä Selvitettiin, minkälaisia säästöjä Lamit.fi:n tekemissä lämpöselvitysprojekteissa on saatu aikaiseksi. Lämpöselvitys on tarkastelu kiinteistön lämmitysjärjestelmistä, energiankulutuksesta ja siitä, millä toimenpiteillä lämmityskustannuksissa voidaan säästää. Opinnäytetyössä tarkasteltuihin kiinteistöihin oli kaikkiin investoitu lämpöselvityksen pohjalta jokin lämpöpumppujärjestelmä.</p> <p>Työn tavoitteena oli laskea uuden lämmitysjärjestelmän lämmityskustannukset ja hiilidioksidipäästöt ja verrata niitä aikaisempiin. Lisäksi yritys halusi, että työstä laaditaan esitepohja, jossa laskettuja tietoja voidaan käyttää projekteja markkinoitaessa.</p> <p>Työssä laskettiin, kuinka paljon rahaa lämmityskuluissa säästetään, mikä on investoinnin takaisinmaksuaika ja kuinka paljon hiilidioksidipäästöt vähentyivät. Laskennasta tehtiin Excel- laskentatyökalu, jota voidaan käyttää tulevia lämpöselvitysprojekteja analysoidessa. Excel- laskentatyökalua voidaan käyttää esitepohjan automaattiseen täyttämiseen.</p> <p>Työ suoritettiin käyttämällä lähtötietoina tehtyjä lämpöselvityksiä ja kiinteistöistä saatuja kulutustietoja. Aineiston käsittelyssä käytettiin pääasiassa kvantitatiivisia menetelmiä. Kulutustiedot normitettiin ajallisesti Motivan laskentaohjeiden mukaisesti. Uuden ja vanhan lämmitysjärjestelmän hiilidioksidipäästöt laskettiin Motivan CO2-laskentaohje – Yksittäinen kohde mukaan. Opinnäytetyössä tarkastelluissa, lämpöselvityskohteissa kaikissa on onnistuttu aikaansaamaan säästöjä lämmityskuluissa sekä vähentämään hiilidioksidipäästöjä. Lasketut tulokset on esitetty kuvaajina sekä lukuina. Tuloksina voidaan pitää myös tehtyä laskentatyökalua ja sen avulla tehtyjä referenssisitteitä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) lämpöselvitys, energiatehokkuusinvestointi, lämpöpumppu, lämmitysjärjestelmä		
Muut tiedot		

Author(s) Tommola, Anssi	Type of publication Bachelor's thesis	Date November 2017 Language of publication: Finnish
	Number of pages 57	Permission for web publication: x
Title of publication Heating system survey analyze		
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology		
Supervisor(s) Nuutinen Marjukka		
Assigned by Lamit.fi, Ari Järvinen		
Abstract <p>The thesis analyzes what kind of savings have been gained by heating system surveys. Lamit.fi is a company that does surveys which consist of an inspection of the heating systems, energy consumption and the procedures that can give savings on the energy bill. The real estates that were analyzed in the thesis had all opted in invest a heat pump system based on the survey.</p> <p>The goal of the thesis was to determine how much the new heating investment had affected the savings and carbon dioxide emissions. The assignor also wanted a reference brochure which uses the calculated information for marketing new projects.</p> <p>The savings and payback time of the new heating systems were calculated in addition to the reduction of CO2 emissions. The calculations were done using Excel. The calculation tool can be used for analyzing future projects. The Excel tool can also be used to create a brochure that fills in the relevant information from the savings calculations.</p> <p>Data for the thesis was mainly gathered from the done survey reports and by using real consumption data from the real estates. Mainly quantitative methods were used to analyze the data. The consumption data was normalized by using a guide by Motiva Oy. The emission comparison of the new and the old heating system followed to a Motiva CO2 calculation guide.</p> <p>All buildings that the heating system survey was done for managed to reduce their energy bill and CO2 emissions. The results of the calculations displayed as graphs and numbers. The calculation tool and the reference brochures are also results of this thesis.</p>		
Keywords/tags (subjects) Heating system survey, heat pump, energy efficiency investment, heating system		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Opinnäytetyön tausta	5
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet.....	5
1.3	Menetelmät ja aineisto	6
2	Lamit.fi	7
3	Lämpöselvitys	7
3.1	Esiselvitys.....	8
3.2	Kilpailutus ja tarjousvertailu	8
3.3	Sopimusten laadinta, valvonta ja seuranta	9
4	Energiatodistus ja E-luku	9
5	Kulutustietojen normitus	11
6	Hiilidioksidipäästöjen laskeminen	12
7	Lämpöpumput	14
8	Lämpöselvityskohteiden esittely	17
8.1	Kerrostalo 1, öljystä maalämpöön	17
8.2	Kerrostalo 2, kaukolämmöstä maalämpöön	20
8.3	Kerrostalo 3, PILP-hanke	23
8.4	Omakotitalo 1, sähköstä maalämpöön	25
8.5	Luhtitalo 1, PILP-hanke.....	26
9	Tulokset	29
9.1	Kerrostalokohde 1, tulokset	29
9.2	Kerrostalokohde 2, tulokset	31
9.3	Kerrostalokohde 3, tulokset	33
9.4	Omakotitalokohde, tulokset.....	34

	2
9.5	Luhtilatokohde, tulokset 36
9.6	Laskentatyökalu 38
9.7	Referenssiesite..... 38
10	Johtopäätökset 39
11	Pohdinta 40
11.1	Työn toteutus 40
11.2	Luotettavuuden arvointi 40
11.3	Jatkotoimenpide-ehdotukset 41
Lähteet 42
Liitteet 44
Liite 1.	Lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhteita 44
Liite 2.	Lämmitysjärjestelmien vuosihyötysuhteita..... 45
Liite 3.	Lämmitystarveluvut vertailukaudelta 1981 - 2010 46
Liite 4.	Kaukolämmön yhteistuotantopaikkakunnat 2017..... 47
Liite 5.	Kaukolämmön erillistuotantopaikkakunnat 49
Liite 6.	Kerrostalokohde 2, lämpöpumpun hyötysuhteen riippuvuus ulkolämpötilasta..... 50
Liite 7.	Luhtitalokohde 1, poistoilmalämpöpumpun toteutunut vuosihyötysuhde 2016-2017..... 51
Liite 8.	Kuva laskentatyökalusta 52
Liite 9.	Kerrostalokohde 1, esite..... 53
Liite 10.	Esimerkki hiilidioksidipäästöjen laskemisesta 54
Liite 11.	Esimerkki omatuotannon päästöjen laskennasta öljykattilalla 54

Kuviot

Kuvio 1. Suomessa myydyt lämpöpumput	14
Kuvio 2. Lämpöpumpun toimintaperiaate	16
Kuvio 3. Kerrostalokohde 3, esiselvityksen säästöt	24
Kuvio 4. Kerrostalokohde 3, PILP-järjestelmien vertailu	25
Kuvio 5. Luhtitalokohde 1, esiselvityksen PILP-järjestelmä.	27
Kuvio 6. Luhtitalokohde 1, vuosittaiset lämmitysenergiankulutukset eri PILP- järjestelmillä	28
Kuvio 7. Kerrostalokohde 1, säästöt	30
Kuvio 8. Kerrostalokohde 1, lämmityskustannukset	30
Kuvio 9. Kerrostalokohde 1, E-luvun muutos	31
Kuvio 10. Kerrostalokohde 2, säästöt	32
Kuvio 11. Kerrostalokohde 2, päästöt ja kulutus	32
Kuvio 12. Kerrostalokohde 3, PILP-järjestelmän säästöt	33
Kuvio 13. Kerrostalokohde 3, päästöt ja kulutus	34
Kuvio 14. Kerrostalokohde 3, E-luvun muutos	34
Kuvio 15. Omakotitalokohde, säästöt	35
Kuvio 16. Omakotitalokohde, päästöt ja kulutus	35
Kuvio 17. Omakotitalokohde, E-luvun muutos.....	36
Kuvio 18. Luhtitalokohde 1, aikaansaadut säästöt	37
Kuvio 19. Luhtitalokohde 1, päästöt ja ostoenergia	37
Kuvio 20. Luhtitalokohde 1, E-luvun muutos	38

Taulukot

Taulukko 1. Oman lämmöntuotannon polttoainekohtaiset päästökertoimet	13
Taulukko 2. Kerrostalokohde 1, öljynkulutus ja hinnat	18
Taulukko 3. Kerrostalokohde 1, energiantarve	19

Taulukko 4. Kerrostalokohde 1, MLP:n käyntitiedot	20
Taulukko 5. Kerrostalokohde 1, sähkön kulutus.....	20
Taulukko 6. Kerrostalokohde 2, kaukolämmön kulutus ja normitus	21
Taulukko 7. Kerrostalokohde 2, toteutunut MLP:n tuotto ja kulutus lämpöpumpulla 1 ja 2.....	22
Taulukko 8. Laittevalmistajan ilmoittamat ja toteuneet hyötysuhteet.	22
Taulukko 9. Kerrostalokohteen 2 maalämpöjärjestelmän sähkönkulutus	23

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta

Kiinnostus kiinteistöjen lämmityskustannuksissa säästämiseen on kasvanut viimevuosina nousseiden energianhintojen myötä. Erityisesti öljylämmityksestä pyritään pääsemään nykyisin eroon, mutta myös kaukolämmön vaihtamisesta esimerkiksi maalämpöön on tullut entistä suositumpaa kerros- ja rivitaloissa. Lämmitysmuodon vaihtoa pohditaan usein, etenkin jos vanhan järjestelmän komponentit alkavat tulla vaihtokään.

Lamit.fi on tehnyt kymmeneen erityyppisiin kiinteistökohteisiin lämpöselvityksiä, joissa tarkastellaan kiinteistön energiankäyttöä ja selvitetään mahdollisuutta säästää energiakuluissa. Selvityksen pohjalta osa asiakkaista on päättänyt uusia lämmitysjärjestelmän nykyaikaisempaan ja taloudellisempaan vaihtoehtoon. Yritys halusi selvityksen, kuinka hyvin projektien toteutuksessa on onnistuttu, pohjan tulevien lämpöselvitysprojektien tarkasteluun.

Valitsin kyseisen aiheen, sillä haluan syventää osaamistani kiinteistöjen energiatehokkuudesta. Työssä vaadittiin monipuolista tiedonhankintaa rakennusten energiatehokkuudesta ja lämmitysjärjestelmistä sekä niiden kustannuksista.

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli laskea, kuinka paljon rahallisia säästöjä on saatu aikaan lämpöselvitysten pohjalta tehdyillä investoinneilla lämmitysjärjestelmään, sekä selvittää, kuinka paljon lämmityksen hiilidioksidipäästöt muuttuivat. Tehtävänä oli laatia laskennasta Excel- laskentatyökalu ja koota lasketuista tiedoista referenssiesitepohja, joita on tarkoitus käyttää tulevien projektien tarkastelussa.

Excel- laskentatyökalulla oli tarkoitus verrata saman kiinteistön uutta ja vanhaa lämmitysjärjestelmää. Tavoitteena oli laskea sillä uuden ja vanhan lämmitysjärjestelmän energiakustannukset, hiilidioksidipäästöt ja investoinnin takaisinmaksuaika.

Referenssisitteestä tuli ilmetä mm. kuinka paljon kiinteistön lämmityskuluissa on onnistuttu säästämään, investoinnin vaikutus hiilidioksidipäästöihin, investoinnin takaisinmaksuaika ja E-luvun muutos. Esitettä laatiessa tuli huomioida tietojen selkeä esitysasua sekä lyhyt kuvaus kohteesta potentiaalisia asiakkaita varten.

Opinnäytetyön tutkimuskysymykset olivat seuraavat:

- Kuinka suuria säästöjä tehtyjen selvitysten ja toimenpiteiden pohjalta on saatu?
- Kuinka paljon CO₂-päästöt ovat muuttuneet?
- Muuttuiko kiinteistön energiatehokkuusluokka?

1.3 Menetelmät ja aineisto

Opinnäytetyössä käytettiin pääasiassa kvantitatiivisia menetelmiä kulutustietoja analysoitaessa ja niitä vertaillessa.

Aineistona käytettiin yrityksen tekemiä lämpöselvityksiä ja kiinteistöstä saatuja kulutustietoja. Tehdyistä lämpöselvityksistä oli saatavilla asiakkaille esitetyt lämpöselvitysdokumentit ja selvityksiin käytetyt laskennat sekä kohteista saatuja teknisiä dokumentteja ja mitattuja energiankulutustietoja. Aineisto oli saatavilla yrityksen sisäisesti verkkolevyllä.

Osa opinnäytetyöhön esitetyistä lämpöselvitysprojekteista olivat vielä kesken, tai hyvin tuoreita, joten todellista kulutusdataa uudesta lämmitysjärjestelmästä ei ollut vielä saatavilla. Näiden kohteiden osalta kulutuksen vertailussa jouduttiin käyttämään järjestelmien ja kiinteistöjen laskennallisia arvoja. Laskennalliset arvot perustuvat laitetoimittajien antamiin tietoihin tai standardien mukaisiin ominaisarvoihin. Opinnäytetyön ulkopuolelle jätettiin ne kohteet, joista ei pystytty saamaan riittäviä tietoja opinnäytetyön aikataulun puitteissa. Työssä keskityttiin viiteen eri kiinteistöön.

Kiinteistöjen lämmitysenergiatarpeena on käytetty normitettuja kulutustietoja. Lämpöselvityksissä kiinteistöille oli laskettu ajallisesti normitettu lämmitysenergiatarve yrityksen tekemissä lämpöselvityksissä. Normitus on tehty Motivan normitusohjeen mukaisesti.

Aineistoa käsiteltiin pääasiassa työssä tehdyllä Excel laskentatyökalulla, jolla saadut tulokset esitetään raportissa. Laskentaan käytetty teoria ja kaavat lähteineen esitellään raportissa.

2 Lamit.fi

Vuonna 1995 perustettu Oy Lamit.fi tuottaa asiakkailleen energiapalveluja ja -laskentaohjelmistoja, jotka auttavat pienentämään ja tehostamaan kiinteistöjen energiankäyttöä. Päätoimipiste sijaitsee Jyväskylässä, lisäksi yrityksellä on franchising-sopimuksella työskenteleviä energiatoimistusten laatijoita ympäri Suomea. (Lamit E – Franchising-kumppanit N.d)

Yrityksen kehittämiä laskentatyökaluja ovat Energiajunior ja Energiasenior. Lisäksi kehitteillä ovat Energiapremier ja Lamitor. Laskentatyökalujen validoinnissa on käytetty ulkopuolisia tahoja, kuten Tampereen teknillistä yliopistoa (TTY) ja Valtion teknillistä tutkimuslaitosta (VTT). Energiajunior ja Energiasenior ovat laskentaohjelmistoja, joilla saadaan laskettua määräysten mukainen energiatoimistus ja energiaselvitys kiinteistölle. Energiapremier mahdollistaa jäähdytetyn kiinteistön energiaselvityksen laskennan ja Lamitor mahdollistaa mittauksiin perustuvan kiinteistön reaaliaikaisen energiankulutuksen tarkastelun. (Osakeyhtiö lamit.fi - kotimaista huippulaatua tuotteina ja palveluina N.d.)

Yrityksen päätuotteita ovat lakisääteisten energiatoimistusten ja energiaselvitysten laatiminen, sekä energiatehokkuus ja energiainvestointien kannattavuuden laskeminen, kilpailutus ja valvonta. Yrityksen tuottamia palveluita ovat energiatoimistukset, lämpöselvitykset, aurinkoselvitykset, huonelämpötilalaskenta, laskentaohjelmistot ja niiden kehitys, koulutukset, LVISA-suunnittelu ja korjausrakentaminen. (lamit.fi palvelut N.d)

3 Lämpöselvitys

Lamit.fi toteuttaa kaikenlaisille kiinteistöille lämpöselvityksiä. Lämpöselvityksessä perehdytään kiinteistön energiankulutukseen ja tutkitaan, mikä lämmitysmuoto olisi

kohteessa tehokkain. Tarkasteluun voidaan valita esimerkiksi maalämpö, poistoilma-
lämpöpumppu, ilmanvaihdon lämmöntalteenotto (LTO), vesi-ilmalämpöpumppu, ta-
lotekniikan laitteiden ja ratkaisujen parantaminen tai jokin muu asiakkaan haluama
laitteisto. Selvityksen tavoitteena on tunnistaa kohteen kannalta tehokkain ratkaisu
lämmityskustannusten vähentämiseksi ja toimenpiteet, joilla niihin päästään. Selvitys
on jaettu kolmeen eri vaiheeseen, jotka voidaan toteuttaa asiakkaan tarpeiden mu-
kaan. (Lämpöselvitys 2017.)

3.1 Esiselvitys

Rakennukselle lasketaan lämpöhäviöt Energiajunior- tai Energiasenior-ohjelmistolla.
Laskennat on suoritettu rakennusmääräyskokoelman osien D3 ja D5 mukaisesti. Sel-
vityksessä perehdytään LVI-järjestelmiin, rakennuksen ominaisuuksiin, rakenteisiin ja
energiankulutukseen. Selvitykseen kuuluu käynti paikan päällä kohteessa. Lisäksi esi-
selvityksessä analysoidaan toteuttamiskelpoiset lämmitysratkaisut, ottaen huomioon
mm. riittävät tilat, putkivedot, lämmönjakomenetelmät ja tarvittavat muutokset ny-
kyiseen järjestelmään. Tarvittaessa LTO- ja ilmanvaihtojärjestelmiä varten suoritetaan todellisten ilmavirtojen mittaus.

Kohteeseen mitoitetaan alustavasti optimaalisen teholuokan lämmitysjärjestelmä.
Mitoituksessa käytetään esimerkiksi ympäristöministeriön lämpöpumppujen lasken-
taopasta, lämmitysstandardeja, rakennusmääräyskokoelmaa, laskennallisia lämpöhä-
viöitä ja todellisia kulutustietoja. Kohteesta saatavia aiempia toteutuneita kulutustie-
toja on hyvä verrata laskennallisiin arvoihin, jotta uuden järjestelmän mitoitettava te-
holuokka saadaan toimimaan mahdollisimman optimaalisella alueella. Alustavaa mi-
toitusta käytetään laiteriippumattomien kannattavuuslaskelmien laskemiseen, joiden
pohjalta lähdetään tekemään asiakkaan halutessa seuraavaa vaihetta. (Lämpöselvitys
2017.)

3.2 Kilpailutus ja tarjousvertailu

Esiselvityksen tietojen pohjalta toteuttamiskelpoiselle lämmitysjärjestelmän inves-
toinnille pyydetään kokonaisurakkatarjous usealta laitetoimittajalta. Tarjouspyyntöä

varten laaditaan tarkasti keskeinen toimitussisältö. Vaihtoehdoista pyritään esittämään asiakkaalle mahdollisimman kattava ja puolueeton vertailu. Laitetoimittajien tarjouksia vertaillaan mm. investoinnin suuruuden, laitteiston hyötysuhteen, ominaisuuksien, takuuajan ja takaisinmaksuajan perusteella. Kannattavuutta tarkastellaan myös eri hinnanmuutos-skenaarioilla. Investoinnissa huomioidaan myös mahdolliset sähköliittymän suurentamiskustannukset, sekä alentuvatko kaukolämmön tilavuusvirtaukset ja perusmaksut. Kannattavuuslaskemien tulokset luovutetaan pdf-muodossa asiakkaalle päätöksentekoa varten. (Lämpöselvitys 2017.)

3.3 Sopimusten laadinta, valvonta ja seuranta

Seuraavaksi valitaan asiakkaan kanssa hänelle parhaiten sopiva tarjous. Urakasta laaditaan sopimusasiakirjat laitetoimittajan ja asiakkaan kanssa, sekä sovitaan yhdessä projektin läpiviennistä ja laitteiston käyttöönotosta. Lisäksi valvotaan, että laitteiston urakointi toteutuu sovittujen ehtojen ja aikataulujen sisällä. Lopuksi tarkastetaan, että investoitu laitteisto toimii suunniteltujen arvojen mukaisesti ja laaditaan kohteeseen päivitetty energiatodistus.

4 Energiatodistus ja E-luku

Olemassa olevien kiinteistöjen energiatehokkuuteen on pyritty vaikuttamaan lainsäädännöllä vuodesta 2013 alkaen tekemällä niille pakolliseksi rakennusten energiatodistukset. Energiatodistus on työkalu, jolla voidaan vertailla rakennusten energiatehokkuutta keskenään. Tavoitteena on kiinteistöjen energiatehokkuuden parantaminen ja kannustaminen energiatehokkaampaan rakentamiseen. Todistuksesta käy ilmi rakennukselle laskettu E-luku, yleiset tiedot kuten sijainti, rakennusvuosi ja lähtötiedot lisäksi esitetään toimenpiteitä, joilla rakennuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa. Energiatodistus on voimassa kymmenen vuotta kerrallaan. (Mikä on energiatodistus 2016.)

Energiatodistus on pakollinen kaikille uudisrakennuksen rakennuslupaa haettaessa, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Uudisrakennukselta vaaditaan vähintään energiatehokkuusluokkaa C, jotta rakennuslupa voidaan myöntää. Olemassa oleville

rakennuksille energiatodistus tarvitaan myynnin tai vuokrauksen yhteydessä.

1.1.2017 alkaen pakollisen energiatodistuksen piiriin kuuluvat myös aikaisemmin ulkopuolelle jääneet kiinteistöt kuten mm. uimahallit, jäähallit, varastorakennukset ja puolustusvoimien rakennukset. Energiatodistusta eivät edelleenkään tarvitse mm. pinta-alaltaan alle 50 neliometriä olevat rakennukset ja loma-asumiseen tarkoitetut rakennukset, joita ei käytetä elinkeinon harjoittamiseen. (L 18.1.2013/50, 3 §.)

Energiatehokkuuden ilmaisuun käytetään E-lukua. E-luku kuvaa rakennuksen energiankulutusta ja se lasketaan jakamalla laskennallinen kokonaisenergiankulutus rakennuksen pinta-alalla. E-luvun avulla rakennus voidaan jakaa eri tehokkuusluokkiin A-G, sen mukaan kuinka hyvä E-luku on. Rakennusten luokitteluasteikko riippuu siitä, mihin käyttötarkoituserhmään se kuuluu.

E-lukua varten rakennuksen kokonaisenergiankulutus lasketaan ottamalla huomioon kiinteistön rakenteet ja tekniset järjestelmät. Laskennassa mm. huomioidaan lämpöviöt rakenteiden läpi, lämmityslaitteiston hyötysuhteet ja lämpökuormat. Näiden tietojen selvittämisessä voidaan käyttää esimerkiksi rakennuksen ja laitteiden teknisiä dokumentteja sekä Suomen rakennusmääräyskokoelmaa. (L 18.1.2013/50, 9 & 10 §.)

Virallisen energiatodistuksen laatijalla tulee olla voimassa oleva pätevyys. Pätevyys voidaan myöntää henkilölle, jolla on laatimistehtävän mukainen koulutus tai riittävä työkokemus, sekä hyväksytysti suoritettu energiatodistuksen laatijakoe. Asumisen rahoitus ja kehittämiskeskus ARA valvoo ja ylläpitää rekisteriä pätevyysteistä energiatodistusten laatijoista ja laadituista todistuksista. (L 18.1.2013/50, 12 §.)

Tässä työssä tarkasteltiin uuden lämmitysjärjestelmän investoinnin vaikutusta kohteiden energiatehokkuusluokkaan. Uusi E-luku laskettiin Energiajunior ohjelmistolla vanhan energiatodistuksen päälle, muuttamalla vain lämmitysjärjestelmä. Työssä laskettuihin E-luvun muutoksiin vaikuttavat siis vain energiamäärät ja energiamuotojen kertoimet (ks. Taulukko 1).

Taulukko 1. Rakennuksissa käytettävät energiamuotojen kertoimet (A 9/2013, 1 §.)

Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4
Fossiiliset polttoaineet	1
Uusiutuvat polttoaineet	0,5

5 Kulutustietojen normitus

Jotta uuden ja vanhan järjestelmän välisiä kulutuksia eri ajankohtina voidaan tarkasti vertailla, on tunnettava kiinteistön normaalivuoden lämmitysenergiantarve.

Lämpöselvityksen esiselvitysvaiheessa aiempien vuosien toteutuneista energiankulutuksista on vähennetty lämmitysjärjestelmän häviöt, minkä jälkeen ne on normitettu ajallisesti. Useammalta vuodelta saaduista normitetuista energiankulutuksista on otettu keskiarvo, jota on käytetty normaalivuoden energiatarpeena. Jos lämmitys- ja lämmönjakolaitteiston todellisia hyötysuhteita ei ole ollut tiedossa, on lämpöselvityksessä käytetty Suomen rakentamismääräyskokoelmassa esitettyjä standardiarvoja (ks. Liite 1 ja Liite 2).

Normitus on laskettu Motivan normitusohjeen mukaisesti yhtälöllä 1. (Kulutuksen normitus Laskentakaavat ja -ohjeet 2016, 3)

$$Q_{norm} = \frac{S_{N\ v\ p\ u\ n\ t\ a}}{S_{t\ o\ t\ e\ u\ t\ u\ n\ u\ t}} \times Q_{t\ o\ t\ e\ u\ t\ u\ n\ u\ t} + Q_{l\ ä\ m\ m\ i\ n\ k\ ä\ y\ t\ t\ ö\ v\ e\ s\ i} \quad (1)$$

missä Q_{norm} = rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus

$Q_{t\ o\ t\ e\ u\ t\ u\ n\ u\ t}$ = rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia

$Q_{l\ ä\ m\ m\ i\ n\ k\ ä\ y\ t\ t\ ö\ v\ e\ s\ i}$ = käyttöveden lämmitykseen kuluva energia

$S_{N\ v\ p\ u\ n\ t\ a}$ = normaalivuoden tai -kuukauden (1981-2010) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{toteutunut\ vpkunta}$ = toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla

Lämmitystarveluvut eri paikkakunnille ja ajankohdille on saatavilla Ilmatieteen laitoksen nettisivuilta. Normaali vuoden lämmitystarveluvut on esitetty liitteessä 3.

Tässä työssä käytetyt normeeratut energiankulutukset oli valmiiksi laskettu kohteiden lämpöselvityksissä.

6 Hiilidioksidipäästöjen laskeminen

Lämpöselvitysten pohjalta tehtyjen investointien vaikutusta rakennuksen lämmityksen hiilidioksidipäästöihin tutkittiin Motivan yksittäisen kohteen CO₂-laskentaohjeen mukaan. Ohjeen tarkoituksena on esittää yksinkertainen tapa laskea yksittäisen kiinteistön aiheuttamat päästöt sekä energiansäästötoimenpiteiden vaikutus hiilidioksidipäästöihin. CO₂-päästökertoimet on tarkoitettu antamaan arvioita hiilidioksidipäästöjen tasosta, eikä niitä ole suotavaa käyttää päästökaupan piiriin kuuluvan teollisuuden päästöjen arviontiin. Energiaintensiivisen teollisuuden päästöjä tulisi tarkastella aina tapauskohtaisesti. (Hippinen & Suomi 2012, 2.)

Sähkön päästökertoimena voidaan käyttää sähkön myyjän ilmoittamaa päästökerrointa K1, Suomen keskimääräistä sähköntuotannon päästökerrointa K2 tai kulutusmuutoksissa marginaalituotannon CO₂-päästökerrointa K3. Tässä opinnäytetyössä sähkön päästökertoimena käytettiin Suomen keskimääräisen sähköntuotannon päästökerrointa K2, jotta sähkönkulutuksen aiheuttamat CO₂-päästöt ovat vertailukelpoisia sähköntoimittajasta riippumatta. Sähkönmyyjän ilmoittama kerroin vastaa todennäköisesti parhaiten toteutuneita päästöjä, mutta sähkönmyyjä saattaa vaihtua usein sähkösopimuksen kilpailutuksen yhteydessä. 16.6.2017 päivitetty kerroin K2 oli 181 kgCO₂/MWh. Ohjeessa esitetyn sähkön marginaalituotannon CO₂-päästökertoimen K3 käyttö ei ohjeen mukaan sovellu nykyisen kulutuksen ja säätötoimenpiteiden samanaikaiseen tarkasteluun, joten sitä ei käytetty investointien kulutusmuutosten tarkastelussa. (Hippinen & Suomi 2012, 8.) Liitteessä 10 on esitetty sähkön päästökertoimien käyttäminen päästöjen laskennassa.

Kaukolämmön päästökerroin riippuu paikkakunnasta ja siitä onko se tuotettu yhteis- vai erillistuotantona. Kaikille yhteistuotantoalueen piirissä kaukolämpöä käyttävien kohteiden laskennassa käytetään kerrointa 176 CO₂/MWh. Yhteistuotantopaikkakunnat on esitetty liitteessä 4. Kaukolämmön erillistuotantopaikkakuntien päästökertoimet on jaettu eri ryhmiin sen mukaan kuinka paljon päästöjä kunkin alueen erillistuotanto aiheuttaa. Erillistuotannon kertoimet ja paikkakunnat esitetty Liite 5.

Jos kiinteistö tuottaa lämpöä omalla kattilalla, riippuvat omatuotannon päästöt käytetyistä polttoaineista (ks. Taulukko 2). Käytetty polttoaineen kokonaismäärä kerrotaan ko. polttoaineen päästökertoimella. Esimerkki omatuotannon päästöjen laske- misesta öljykattilalla on esitetty liitteessä 11.

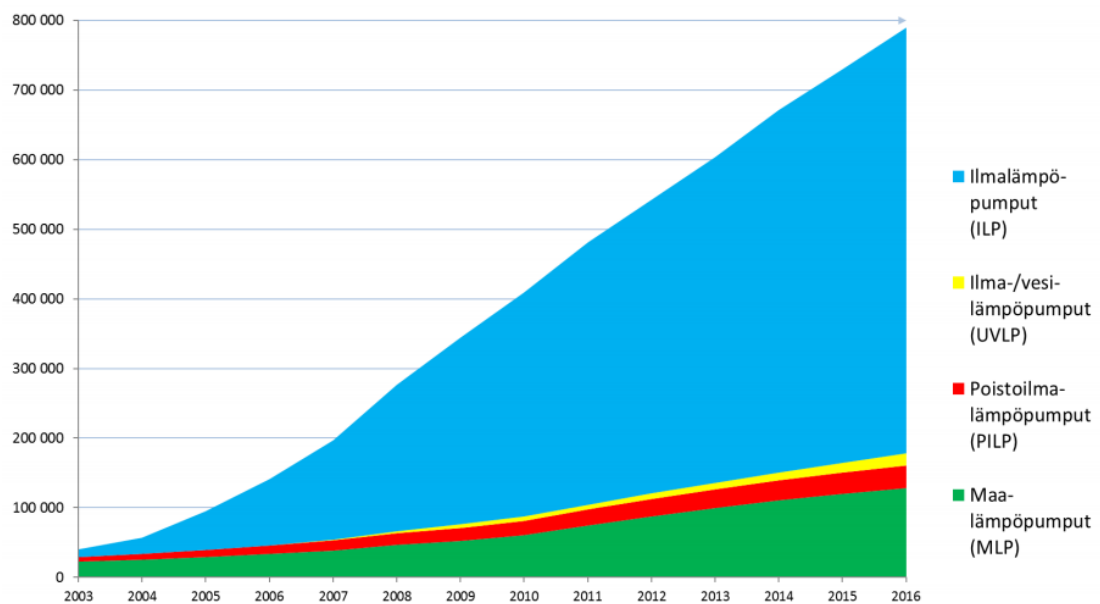
Taulukko 2. Oma lämmöntuotannon polttoainekohtaiset päästökertoimet (Hippinen ja Suomi 2012, 6)

Polttoaineet	kgCO₂/MWh
Raskas polttoöljy	284
Kevyt polttoöljy	261
Maakaasu	198
Nestekaasu	234
Turve	381
Kivihiili	341
Koksi	389
Puuperäiset polttoaineet	0

Rakennuksen lämmityksen hiilidioksidipäästöt lasketaan kertomalla lämmitykseen käytettävä nettoenergia sitä vastaavalla päästökertoimella. Laskentaohjeessa on ilmoitetut päästökertoimet eri energiamuodoille. Päästöjä laskiessa tulee huomioida mukaan lämmityslaitteiston hyötysuhteet, sillä eli myös häviöistä aiheutuu päästöjä. Energiatehokkuusinvestoinnin aikaansaamat päästövähennykset voidaan laskea vähentämällä kiinteistön päästöt ennen ja jälkeen investoinnin.

7 Lämpöpumput

Erityyppiset lämpöpumput ovat nostaneet suosiotaan lämmitysmuotona nopeasti 2000-luvun aikana (ks. Kuvio 1). Lämpöpumppuja hankitaan etenkin pientalojen lämmitykseen, mutta myös kerrostalokiinteistöt ovat alkaneet investoida lämpöpumppuihin.



Kuvio 1. Suomessa myydyt lämpöpumput (Myydyt lämpöpumput 2016)

Lämpöpumppujen suunniteltuja säästöjä laskiessa on tärkeää käyttää hyötysuhteena SCOP- tai SPF-lukuja, sillä nämä ottavat huomioon vuodenaikojen lämpötilavaihtelun. Laittevalmistajan järjestelmälle ilmoittama COP-luku ei välttämättä vastaa hyvin laitteiston toimintaa sen todellisissa käyttöolosuhteissa, eikä sitä ole hyvä käyttää vuosittaisen energiankulutuksen laskemiseen. Toteutunut COP-luku voidaan kuitenkin laskea kulutustietojen perusteella eri ajanjaksoille, jolloin laskettu COP-luku kertoo todellisuudessa toteutuneen hyötysuhteen.

Lämpöpumppujen hyötysuhteita käyttäessä on tärkeää tietää erot COP-, SCOP-, SPF-arvojen välillä:

- **COP-luku**

Coefficient of Performance kertoo lämpöpumpun hyötysuhteen, mutta ei huomioi ajanjaksojen lämpötilaeroja. Laitevalmistajien ilmoittamat COP-arvot ovat usein laitteiston hyötysuhde optimi olosuhteissa. Toteutunut COP voidaan laskea jakamalla tietyn aikavälin tuotto kulutetulla sähköllä.

- **SCOP-luku**

Seasonal Coefficient of Performance kertoo lämpöpumpun vuosihyötysuhteen ottamalla huomioon vuodenaikojen vaihtelun, mutta ei ota huomioon lämpimän käyttöveden lämmitysenergiantarvetta. (Kolme tekijää jotka vaikuttavat lämpöpumpun valintaan 2017)

- **SPF-luku**

Seasonal Performance Factor ottaa huomioon myös lämpimän käyttöveden energiantarpeen. ”Lämpöpumpun vuoden keskimääräinen lämpökerroin, joka on lämpöpumpulla tuotetun vuotuisen energian suhde lämpöpumpun sekä apulaitteiden vuotuiseseen energiankulutukseen” (Jokisalo, Eskola, ja Siren 2012, 4)

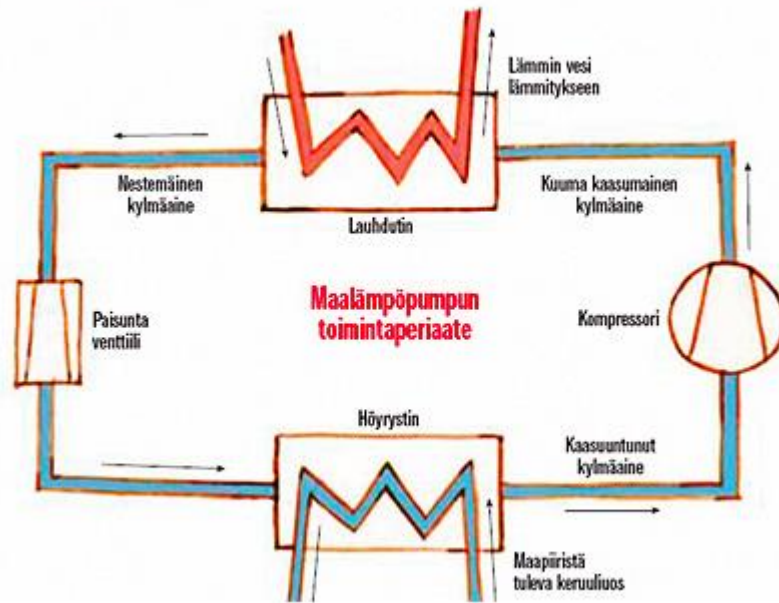
Lämpöpumpun COP-luku voidaan laskea kaavalla 2 (Brown 2015).

$$\text{COP} = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \quad (2)$$

missä Q_{out} = Lämpöpumpun tuottama lämmitysenergia

Q_{in} = Lämpöpumpun käyttämä sähköenergia

Kaikkien lämpöpumppujen toiminta perustuu samaan prosessiin, jossa lämpöenergiaa siirretään matalalämpöisestä energiavarastosta apuenergian avulla korkealämpöisempään varastoon. Tällöin lämpövarastoon saadaan tuotua enemmän lämpöä, kuin lämmittämällä suoraan apuenergialla. Lämpö siirtyy piirissä kiertävän kylmäaineen välityksellä, joka vuoroin lauhtuu ja höyrystyy. Höyrystyminen sitoo energiaa matalalämpöisestä energiavarastosta ja lauhtuminen vapauttaa sitä korkealämpöisempään varastoon. Lämpöpumppu toimii sitä paremmin, mitä korkeampi lämmönlähteen lämpötila on ja mitä pienempi lämmön käytön lämpötila on. Kaikista lämpöpumpuista löytyvät samat peruskomponentit, joita ovat lauhtutin, paisuntaventtiili, höyrystin ja kompressori (ks. Kuvio 2). (Lämpöpumput 2017)



Kuvio 2. Lämpöpumpun toimintaperiaate (Lämpöpumput 2017)

Maalämpöpumppu (MLP)

Maalämpöpumppu kerää maaperään sitoutunutta auringon lämpöenergiaa. Syvästä maalämpökaivoista saadaan kerättyä talteen myös maapallon ytimestä johtuvaa lämpöenergiaa. Yleensä maalämpö toteutetaan tekemällä lämmönkeruupiiri poraamalla lämpökaivoja, mutta keruupiiri on mahdollista toteuttaa myös noin metrin syvyyteen kaivettavalla pintaputkistolla tai vesistöön upotettavalla keruuputkistolla. Ennen maalämpöputkiston asentamista tarvitaan kohdekunnalta toimenpidelupa. Maalämpökaivoja ei saa porata mm. pohjavesialueille ilman erikoislupaa. Kaupungeissa ja taajamissa maanalaiset rakenteet vaikuttavat myös maalämmön toteutusmahdollisuuksiin. (Maalämpöpumppu 2017.)

Poistoilmalämpöpumppu (PILP)

Poistoilmalämpöpumppu ottaa talteen lämpöenergiaa rakennuksen poistoilmanvaihtoputkistoon asennettujen lämmönsiirtimien kautta. Poistoilmalämpöpumpun avulla voidaan tuottaa vain osa rakennuksen lämmityksestä, eikä se voi toimia rakennuksen ainoana lämmönlähteenä. Vuositasolla PILP:n avulla energiaa saadaan ilmanvaihdon

kautta talteen n. 60-80 %. PILP:n avulla talteen otettu lämpö siirretään toteutustavasta riippuen joko tuloilmaan, käyttöveteen tai vesikiertoiseen lämmitykseen. (Pois-toilmalämpöpumppu 2017.)

Ilmalämpöpumppu (ILP)

Ilmalämpöpumppu siirtää lämpöä ulkoyksikön ja sisäyksikön välillä. Matalalämpöisenä energiavarastona toimii ulkoilma, josta lämpöenergiaa siirretään sisäilmaan. Ilmalämpöpumppu on hyvä tukilämmitysmuoto etenkin pienissä kiinteistöissä ja se on helppo asentaa kaikenlaisiin rakennuksiin. Ilmalämpöpumppua voidaan käyttää myös tilojen jäähdytykseen, jolloin sisäyksiköltä siirretään lämpöä ulkoyksikölle. Lämpöenergia voidaan siirtää myös lämmitysveteen, jolloin puhutaan ilma-vesilämpöpumpusta (IVLP tai UVLP). (Ilmalämpöpumppu tukilämmityslähteenä 2017.)

8 Lämpöselvityskohteiden esittely

8.1 Kerrostalo 1, öljystä maalämpöön

Kerrostalokohde 1 sijaitsee Keuruulla ja on rakennettu vuonna 1970. Rakennuksen lämmitetty netto-ala on 1725 m². Lämmitysjärjestelmänä kiinteistössä on aiemmin käytetty kahta omaa öljykattilaa, joiden lämmönjako on toteutettu vesikiertoisella patteriverkostolla.

Öljykattilat ovat vuonna 1968 rakennettu Högfors H 21-7 190 kW, ja vuonna 1980 rakennettu Högfors Heureka 7/10N 238 kW. Rakennuksen lämmitykseen on kulunut vuosittain noin 30000 litraa polttoöljyä. Öljyn hinnannousu on aiheuttanut lämmityskulujen kaksinkertaistumisen viimeisen kymmen vuoden aikana (ks. Taulukko 3).

Taulukko 3. Kerrostalokohde 1, öljynkulutus ja hinnat

vuosi	litraa	keskihinta €/l	hinta
2013	29539	1,03	30 455 €
2012	31935	1,07	34 220 €
2011	28700	0,98	28 534 €
2010	29600	0,7	20 949 €
2009	34282	0,55	18 995 €
2008	27515	0,79	21 767 €
2007	29669	0,59	17 603 €
2006	27096	0,62	16 883 €
2005	28136	0,57	16 065 €
2004	33098	0,42	13 812 €

Kohteen lämpöselvityksen esiselvitysvaiheessa oli lähdetty tutkimaan öljylämmityksen korvaamista maalämpöpumpuilla, käyttämällä olemassa olevaa patteriverkostoa. Kiinteistölle suoritettiin tehontarve- ja tasauslaskelmat. Laskennallisia lämpöhäviöitä verrattiin toteutuneeseen kulutukseen. Lämpöpumpujärjestelmälle tehtiin alustava laitevalmistajasta riippumaton mitoitus ja kannattavuusarvio.

Rakennuksen lämmöntarvetietojen pohjalta pyydettiin tarjouspyynnöt useilta lämpöpumpputoimittajilta. Tarjouslaskelmat maalämpöjärjestelmän toimituksesta saatiin kolmelta eri yritykseltä. Taloyhtiön valitseman urakoitsijan toimesta laitteistoiksi päätettiin asentaa kolme kappaletta maalämpöpumppuja, kuusi 230 metriä syvää lämpökaivoa, kaksi 700 litran käyttövesivaraajaa ja 500 litran lämmityspuskurivaraaja. Järjestelmän nimellinen lämmitysteho on 55,8 kW, jolla pystytään kattamaan 84 % vuosittaisesta energiantarpeesta. Öljykattiloista pienempi jätettiin maalämpöjärjestelmän rinnalle turvaamaan huippukulutusta sekä häiriötilanteita. Laitteistossa on myös lisäsähkölämmitysmahdollisuus. Öljykattilaa ei ole juuri tarvittu uuden järjestelmän rinnalla, joten sitä ei huomioida laskelmissa.

Maalämmitysjärjestelmän suunniteltu kulutus on laskettu lämpöselvityksessä laitevalmistajan ilmoittamalla hyötysuhteella. Lämpöpumpun sähkönkulutus on laskettu rakennuksen normitetusta nettoenergiantarpeesta. Normaalivuoden nettoenergiantarpeena on käytetty 2011-2013 toteutunutta normitettua öljynkulutuksen keskiarvoa huomioiden öljykattiloiden hyötysuhde. Taulukko 4 4 on esitetty öljykattilalla tuotettu käyttöveden energia (Q_{lkv}) 2011-2013, normitettu lämmitys energia

(Q_{norm} lämmitys) ja näiden summa (Q_{norm}). Lisäksi on otettu huomioon energiantarve ilman kattilan häviöitä. Oletuksena vanhan öljykattilan hyötysuhde kerrostalossa on 90% (ks. Liite 2). Valitun maalämpöpumpun vuosittainen sähkönkulutus on suunnitteluarvojen mukaan 109465 kWh vuodessa.

Taulukko 4. Kerrostalokohde 1, energiantarve

	Q_{lkv}	Q_{norm} lämmitys	Q_{norm}	
2011	31669	286708	318377	kWh
2012	29602	287111	316713	kWh
2013	29147	302003	331149	kWh
keskiarvo	30139	291940	322080	kWh
normaalivuoden lämmitysenergian- tarve (huomioitu öljykattilan häviöt)	27125	262746	289872	kWh

Maalämpöyksikkö mittaa tuotettua lämmitysenergiaa, jota on käytetty toteutuneen hyötysuhteen laskennassa. Maalämpöpumpun toteutunut hyötysuhde on laskettu aikaväliltä 03/2016 - 04/2017 jakamalla sen tuottama lämmitysenergia (ks. Taulukko 5) sen käyttämällä sähköenergialla (ks. Taulukko 6). Sähkön kuukausikohtaiset kulutustiedot on laskettu yhteen tarkasteluajalta ja tästä on vähennetty laskennallinen kiinteistösähkön osuus 20463 kWh vuodessa, jotta saadaan lämpöpumpun käyttämä sähköenergiankulutus 95148 kWh.

Maalämpöpumpulle toteutunut hyötysuhde 3,1 on laskettu kaavalla 2. Hyötysuhteen sisältyy myös sähkövastuksilla tuotettu lisäenergia ja lämpimän käyttöveden valmistus. Normaalivuoden lämmityksen sähkönkulutus lämpöpumpulla on laskettu jakamalla normaalivuoden lämmöntarve toteutuneella hyötysuhteella. Lämpöpumpun normaalivuoden sähkönkulutus on 93507 kWh.

Taulukko 5 Kerrostalokohde 1, MLP:n käyntitiedot

	MLP1	MLP2	MLP3	Huom
03/2016	425h	496h	497h	Käyntiaika
04/2017	5527h	5527h	5627h	
03/2016	443	464	521	Käynnistykset
04/2017	1951	2267	7855	
03/2016	1:01h	1:04h	0:57	Keskimääräinen käyntiaika
04/2017	-	-	-	
03/2016	0h	0h	0h	Lisälämmön käyntiaika (säädetty mittaamaan öljykattilan käyntiaikaa)
04/2017	33h	0h	39h	
04/2017	96884 kWh	95983 kWh	95518 kWh	Tuotettu energia lämpöpumpun mittauksen perusteella

Taulukko 6. Kerrostalokohde 1, sähkön kulutus

Sähkön kulutustiedot Korsutie		
03/2016	11092	kWh
04/2016	7826	kWh
05/2016	4656	kWh
06/2016	4022	kWh
07/2016	3894	kWh
08/2016	4139	kWh
09/2016	5348	kWh
10/2016	8773	kWh
11/2016	11793	kWh
12/2016	12914	kWh
01/2017	13155	kWh
02/2017	12238	kWh
03/2017	12015	kWh
04/2017	1986	kWh
yht.	113851	kWh
MLP kuluttama	93388	kWh

8.2 Kerrostalo 2, kaukolämmöstä maalämpöön

Kerrostalokohde 2 sijaitsee Keski-Suomessa ja on rakennettu vuonna 1975. Lämmitysjärjestelmänä on aiemmin käytetty kaukolämpöä vesiradiaattoripattereilla. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 3142 m². Lämpöselvityksen ensimmäisessä vaiheessa kohteen kulutusta analysoitiin vanhojen kaukolämmön kulutustietojen perusteella. Rakennuksen normaalivuoden lämmöntarve (Q_{norm}) on yhteensä 352158 kWh

vuodessa, sisältäen tilojen lämmityksen (Q_{tot}) ja käyttöveden valmistuksen (Q_{lkv}) (ks. Taulukko 7).

Taulukko 7. Kerrostalokohde 2, kaukolämmön kulutus ja normitus

vuosi	Jyväskylä	kWh		
	ltarveluku	Q_{lkv}	Q_{tot}	Q_{norm}
2011	4356	128386	204034	354716
2012	4936	128386	230176	353712
2013	4312	128386	188849	340009
2014	4349	128386	196593	346813
2015	3975	128386	195095	365543
	ka.	128386	202949	352158

Esiselvitysvaiheessa tutkittiin mahdollisuutta asentaa kohteeseen poistoilmalämpöpumppu kaukolämmön rinnalle tai kaukolämpöliittymän korvaamista kokonaan maalämpöpumpuilla. Esiselvitysvaiheessa saatujen tulosten perusteella laitevalmistajasta riippumaton säästöarvio maalämpöjärjestelmälle vaikutti lupaavammalta.

Lämpöselvityksen toisessa vaiheessa maalämpöjärjestelmän toteuttamisesta kilpailutettiin neljä eri urakoitsijaa, joiden tarjousten pohjalta tehtiin tarkempi investoinnin kannattavuuslaskelma. Taloyhtiö valitsi tarjousesitysten ja kannattavuuslaskelmien pohjalta sopivimmaksi katsomansa urakoitsijan. Maalämpöjärjestelmäksi asennettiin teholtaan 86 kW:n suuruinen järjestelmä, jossa on kaksi pumppuyksikköä LP1 ja LP2, kahdeksan 280 metriä syvää lämpökaivoa kokonaissyvyydeltään 2240 metriä, kolme 1000 litran käyttövesivaraajaa sekä kaksi 1000 litran lämmityspuskurivaraajaa. Lisälämmityksen tarve tuotetaan sähkövastuksilla.

Taulukko 8. Kerrostalokohde 2, toteutunut MLP:n tuotto ja kulutus lämpöpumpulla 1 ja 2

15.6.2017-8.11.2014 toteutunut kulutus				
LP 1				
lämmitys tuotto		lämmitys otto		COP_tilat
20210	kWh	4528	kWh	4,46
Lämminvesi tuotto		Lämminvesi otto		COP_LKV
34629	kWh	10494	kWh	3,30
LP 2				
lämmitys tuotto		lämmitys otto		COP_tilat
42799	kWh	9604	kWh	4,46

Taulukossa 8 on esitetty lämpöpumpun mittaamat kulutus- ja tuotantotiedot, sekä niistä lasketut hyötysuhteet tilojen lämmitykselle (COP_tilat) ja lämpimän käyttöveden valmistukselle (COP_LKV). LP 1 tuottaa myös lämmintä käyttövettä. Käyttöveden tuoton hyötysuhde on tilojen lämmitystä heikompi, sillä käyttöveden lämpötila joudutaan nostamaan korkeammalle kuin vesiradiaattoripattereissa kiertävän veden. Toteutunut käyttöveden ja tilojen yhteishyötysuhde 3,96 (ks. Taulukko 9).

Taulukko 9. Laitevalmistajan ilmoittamat ja toteutuneet hyötysuhteet.

Laitevalmistajan arvot	
SPF_tilat	3,60
SPF_lkv	2,80
SPF_yht	3,26
Toteutuneet arvot (15.6.2017-8.11.2017)	
COP_tilat	4,46
COP_lkv	3,30
COP_yht	3,96

Taulukko 10. Kerrostalokohteen 2, maalämpöjärjestelmän sähkönkulutus

	Tilojen lämmitys	LKV valmistus	yht.	
Normaalivuoden energiantarve	223772	128386	352158	kWh
sähköenergia suunniteltu	62159	45852	108011	kWh
sähköenergia toteutunut	50189	38906	89095	kWh

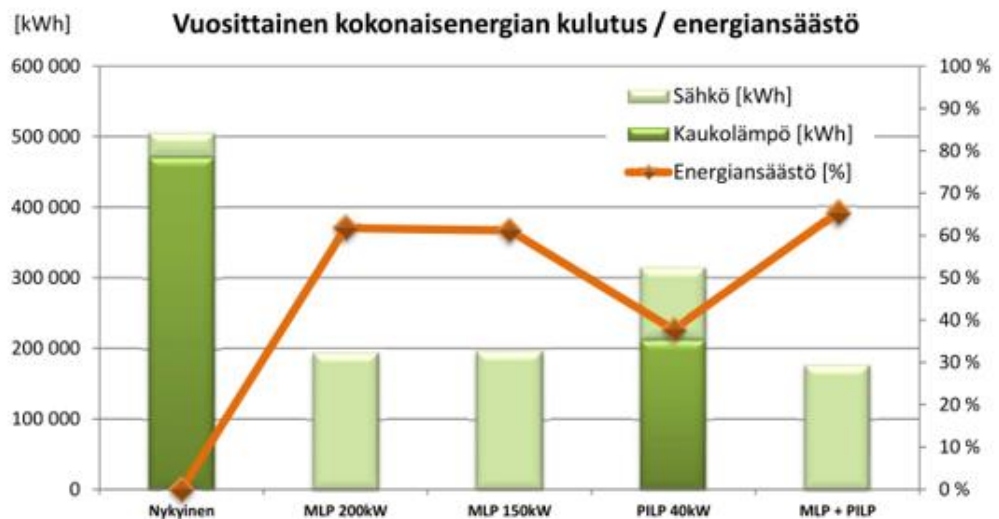
Taulukossa 10 on esitetty suunnitelluilla ja toteutuneilla hyötysuhteilla normaalivuoden lämmöntarpeesta laskettu maalämpöjärjestelmän sähkönkulutus tilojen lämmityksen ja lämpimän käyttöveden valmistuksen osalta. Hyötysuhteista ja kulutuksista nähdään, että järjestelmä on toiminut erittäin hyvällä hyötysuhteella aikavälillä 16.6.2017 - 8.11.2017. Todellinen vuosihyötysuhde tilojen osalta kuitenkin ylittää aikavan syyskuukausilta toteutuneeseen arvoon, sillä kylmimpien talvikuukausien osalta tilojen lämmityksen COP-arvo heikkenee (ks. Liite 6)

8.3 Kerrostalo 3, PILP-hanke

Kerrostalokohde 3 sijaitsee Keski-Suomessa ja on rakennettu vuonna 1963. Rakennuksen lämmitetty nettoala on 4123 m² ja rakennuksen lämmitysmuotona on toiminut kaukolämpö vesiradiaattoripattereilla sekä osittain lattialämmityksellä. Asuintiloissa ilmanvaihto on toteutettu koneellisella poistolla ja autotalleissa sekä saunatiloissa painoivoimaisena.

Lämpöselvityksen ensimmäisessä vaiheessa tarkasteltiin kolmea eri toteutusmahdollisuutta, poistoilmalämpöpumppua, maalämpöpumppua ja niiden yhdistelmää. Kerrostalon lämmöntarve määritettiin 2015-2016 vuosien normitetun kaukolämmön kulutustietojen perusteella. Rakennukseen 2015 vuonna tehdyn ikkunaremontin vuoksi vanhempia kulutustietoja ei otettu tarkasteluun, sillä tilojen lämpöhäviöt ovat uusien ikkunalasien myötä pienemmät. Käyttöveden lämmitystarpeen määrä on saatu laskennallisesti vedenkulutustietojen perusteella. Lämpimän käyttöveden kulutukseen on sisällytetty tuoton, siirron ja kierron häviöt Suomen rakennusmääräyskokoelman osion D5 mukaisesti laskettuna. Rakennuksen normaalivuoden energian nettotarve

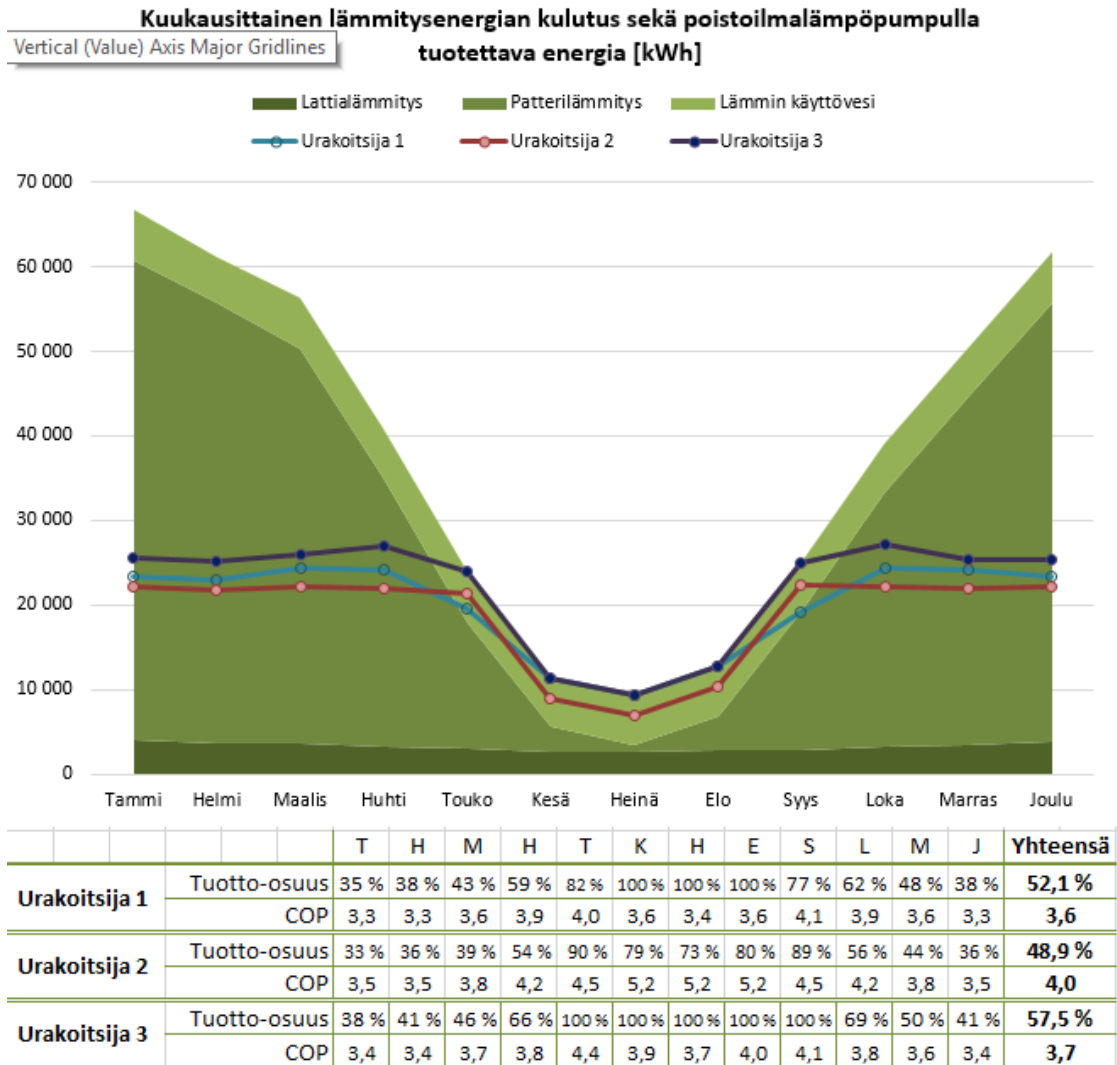
on 447579 kWh ja tilojen lämmitystehontarve 198,1 kW. Lämpöselvityksen ensimmäisessä vaiheessa oli mitoitettu, laitevalmistajasta riippumattomat arviot eri toteutusmahdollisuuksille (ks. Kuvio 3). Esiselvityksessä esitetyt investoinnit ovat vain karkeita arvioita, eikä säästölaskelmat sisällä mm. indeksikorotuksia, korkokantaa, eikä sähköliittymän suurentamisesta johtuvia kustannuksia.



Järjestelmä	Lämmityskulut vuodessa [€]	Säästöt vuodessa [€]	Investoinnin hinta [€]	Takaisinmaksuaika [vuotta]
Nykyinen	42 012 €	-	-	-
MLP 200 kW	18 291 €	23 721 €	315 000 €	13,3
MLP 150 kW	18 608 €	23 404 €	260 000 €	11,1
PILP 40 kW	32 496 €	9 516 €	115 000 €	12,1
MLP 100kW+PILP 40kW	16 156 €	25 856 €	290 000 €	11,2

Kuvio 3. Kerrostalokohde 3, esiselvityksen säästöt

Asiakkaan pyynnöstä lämpöselvityksen toisessa vaiheessa lähdettiin tarkastelemaan tarkemmin PILP-järjestelmän investointia kohteeseen. Suunniteltaessa PILP:n kytkentää olemassa olevaan lämmönjakoverkostoon huomioitiin mahdollisuus asentaa kohteeseen tulevaisuudessa myös maalämpöpumppu. Laitteisto ja urakointi kilpailutettiin lämpöselvityksen tiedoilla ja kohteeseen saatiin kolme tarjousta PILP-järjestelmästä. Tarjouksissa esitetyillä laitevalmistajan arvoilla laskettiin kullekin järjestelmälle kuukausikohtainen lämmitystehotarkastelu. Tarjouksista koottiin puolueeton vertailu, joka luovutettiin asiakkaalle päätöksentekoa varten.



Kuvio 4. Kerrostalokohde 3, PILP-järjestelmien vertailu

Asiakas valitsi projektin toteuttajaksi Urakoitsijan 1. Kerrostaloon päätettiin asentaa teholtaan 32 kW PILP-järjestelmä, 500 litran lämmityksen puskurivaraaja, kaksi kappaletta 860 litran käyttövesivaraajaa, sekä 300 litran liuosvaraaja. Suunniteltujen arvojen mukaan järjestelmän tulisi tuottaa 52,1 % rakennuksen vuotuisesta lämmöntarpeesta vuosihyötysuhteella SCOP 3,6 (ks. Kuvio 4.) Laskennallinen vuosikulutus uudella järjestelmällä on 60437 kWh sähköä ja 228321 kWh kaukolämpöä.

8.4 Omakotitalo 1, sähköstä maalämpöön

Omakotitalokohde 1 sijaitsee Keski-Suomessa ja on rakennettu vuonna 1998. Kiinteistön lämmitetty nettoala on 210 m². Lämmitys on hoidettu aikaisemmin sähkökat-

tilalla ja vesikiertoisella lämmönjaolla. Lisäksi talossa on varaava takka sekä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Rakennuksen normaalivuoden lämmitysenergiatarve on 28600 kWh, josta takalla on tuotettu n. 4600 kWh ja sähköllä 24000 kWh.

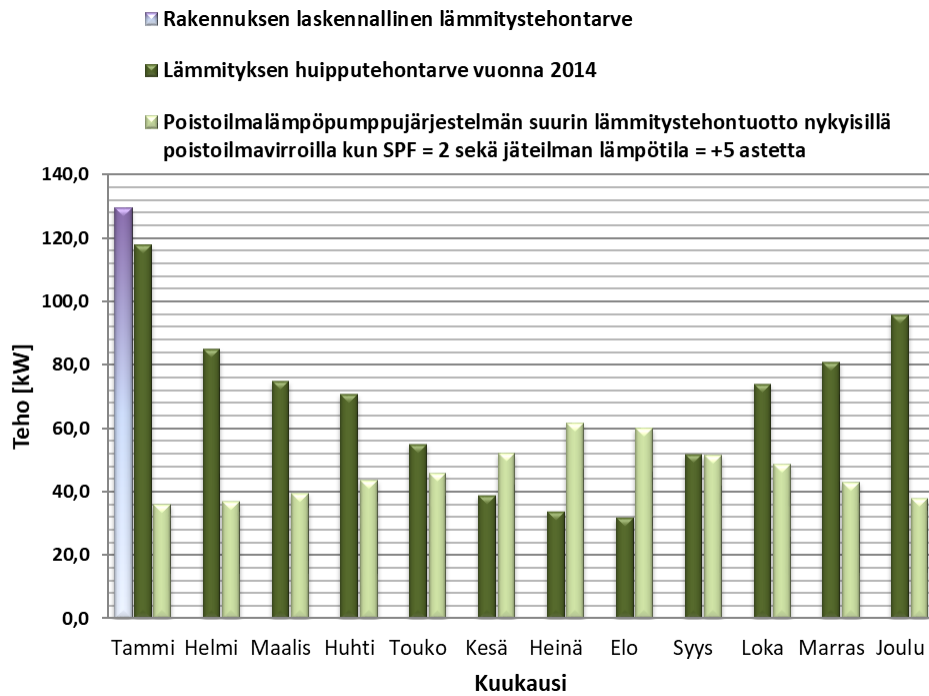
Lämpöselvityksessä kohteeseen suunniteltiin maalämpöjärjestelmä. Asiakkaan toiveesta maalämpöjärjestelmän mitoituksessa otettiin huomioon mahdollinen rakennuksen laajentaminen. Laajennusvara lämmitetylle nettoalalle haluttiin 100 m².

Asennettu maalämpöpumppu on lämmitysteholtaan 9,8 kW jossa on 230 m syvä lämpökaivo. Lämpöpumppu pystyy laitevalmistajan mukaan tuottamaan 99.9 % rakennuksen tämänhetkisestä lämmöntarpeesta ennen suunniteltuja laajennuksia. Maalämmitysjärjestelmän kulutus on laskettu laitevalmistajan ilmoittamilla tiedoilla, sillä toteutuneita kulutustietoja ei ollut vielä saatavilla. Järjestelmä kuluttaa sähköä 6233 kWh vuodessa. Lisäsähkölämmitystä tarvitaan vain 25 kWh vuodessa käyttöveden tehopiikkien kattamiseen.

8.5 Luhtitalo 1, PILP-hanke

Luhtilatokohde 1 sijaitsee Keski-Suomessa ja on rakennettu vuonna 1969. Lämmitettyä nettoalaa rakennuksessa on 2684 m². Kohteen lämmitys ennen lämpöselvitystä oli toteutettu kaukolämmöllä ja lämmönjako tapahtui vesiradiaattoreiden kautta. Tarkastelussa kiinteistön lämpimän käyttöveden energiantarve on määritetty laskennallisesti veden kulutustiedoista. Lämpimän käyttöveden osuus vedenkulutuksesta on 37 % ja energiantarve 57000 kWh vuodessa, huomioiden tuoton ja kierron hyötysuhteet. Tilojen lämmitysenergiatarpeena on käytetty 321500 kWh vuodessa, joka on keskiarvo 2012-2014 vuosien normitetusta kaukolämmönkulutuksesta. Tilojen lämmityksen laskennallinen tehontarve on 97 kW ja lämpimän käyttöveden 25 kW.

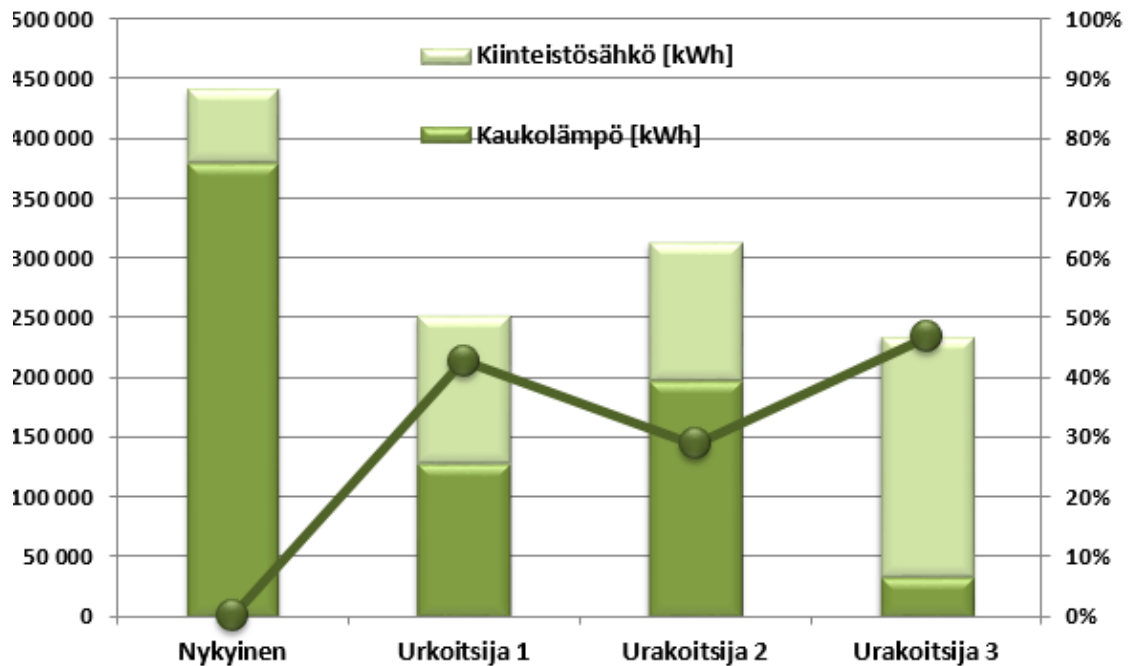
Ensimmäisen vaiheen tarkastelussa päädyttiin tutkimaan PILP:n kannattavuutta. PILP-järjestelmälle tehtiin laitevalmistajasta riippumaton mitoituslaskelma käyttäen apuna mitattuja ilmavirtauksia, sekä SPF-lukujen standardiarvoja. Mitoituslaskelmassa selvitettiin suurin nykyisille poistoilmavirroille soveltuva PILP-järjestelmä. Kuvio 5 on esitetty kuukausikohtainen laskennallinen saatavissa oleva teho mitoitettulla PILP-järjestelmästä.



Kuvio 5. Luhtitalokohde 1, esiselvityksen PILP-järjestelmä.

Kiinteistölle määritetyt ilmapirrat, energia- ja tehotarpeet koottiin tukemaan PILP-järjestelmien tarjouskilpailutusta. Lämpöselvityksen toisessa vaiheessa vertailtiin kolmen eri toimittajan tarjousta, mitoitus- ja investoinnin kannattavuutta. Kuvio 6 esitetty toimittajien mitoittamien järjestelmien teho, hyötysuhde ja tuotto. Tarjotut järjestelmät ovat teholuokaltaan erisuuruisia. Urakoitsijan 3 järjestelmä on mitoitettu korvaamaan kaukolämpöliittymä lähes kokonaan, kun taas Urakoitsijoiden 1 ja 2 järjestelmät on mitoitettu toimimaan kaukolämmön rinnalla (ks. Kuvio 6). Pienen tehon mitoituksen etuja on, että se pystyy toimimaan nimellistehollaan suuremman osan ajasta vuodessa kuin suuri. PILP-järjestelmä tehdään aina osamitoituksena, sillä poistoilmasta talteen saatavalla lämpömäärällä ei pystytä lämmittämään koko rakennusta. Urakoitsijan 3 esittämä järjestelmä vaikuttaa liian suurelta kyseiseen kohteeseen.

Vuosittaiset lämmitysenergiankulutukset eri PILP-järjestelmillä



Toimittaja	Urakoitsija 1	Urakoitsija 2	Urakoitsija 3
Laskennallinen teho	34,1 kW	24,6 kW	59,1 kW
Laskennallinen SCOP	3,9	3,4	2,5
Tuotto-osuus vuosittaisesta lämmitysenergiatarpeesta	64,5 %	52,0 %	91,1 %
Vuosittainen lämmitysenergian tuotto	249 489 kWh	196 270 kWh	343 850 kWh
Kaukolämmityksellä tuotettava lisäenergian tarve	127 953 kWh	181 172 kWh	33 592 kWh

Kuvio 6. Luhtitalokohde 1, vuosittaiset lämmitysenergiankulutukset eri PILP-järjestelmillä

Asiakas valitsi laitteiston asennuksineen Urakoitsijalta 2. Tarjous piti sisällään PILP-järjestelmän toimituksen avaimet käteen periaatteella. Laitteisto koostui kahdesta lämpöpumpusta, lämmönkeruutputkistosta, katolle asetettavista lämmönsiirtimistä, 500 litran lämmityksen puskurivaraajasta, 432 litran käyttövesivaraajasta ja logiikasta. laitevalmistajan ilmoittama SCOP on järjestelmälle 3,4 (ks. Kuvio 6).

Liitteessä 7 on esitetty PILP-järjestelmän toteutunut energiantuotto ja -kulutus sekä kaukolämmön kulutus aikavälillä 22.9.2016-5.10.2017. Tiedot ovat peräisin laitteiston energiamittauksista, joista on laskettu PILP:n hyötysuhde kaavalla 2. Laitteistolle

on toteutunut COP 4.062. Investoinnin aikaansaamat säästöt on tarkasteltu toteutuneella ja suunnitellulla hyötysuhteella.

9 Tulokset

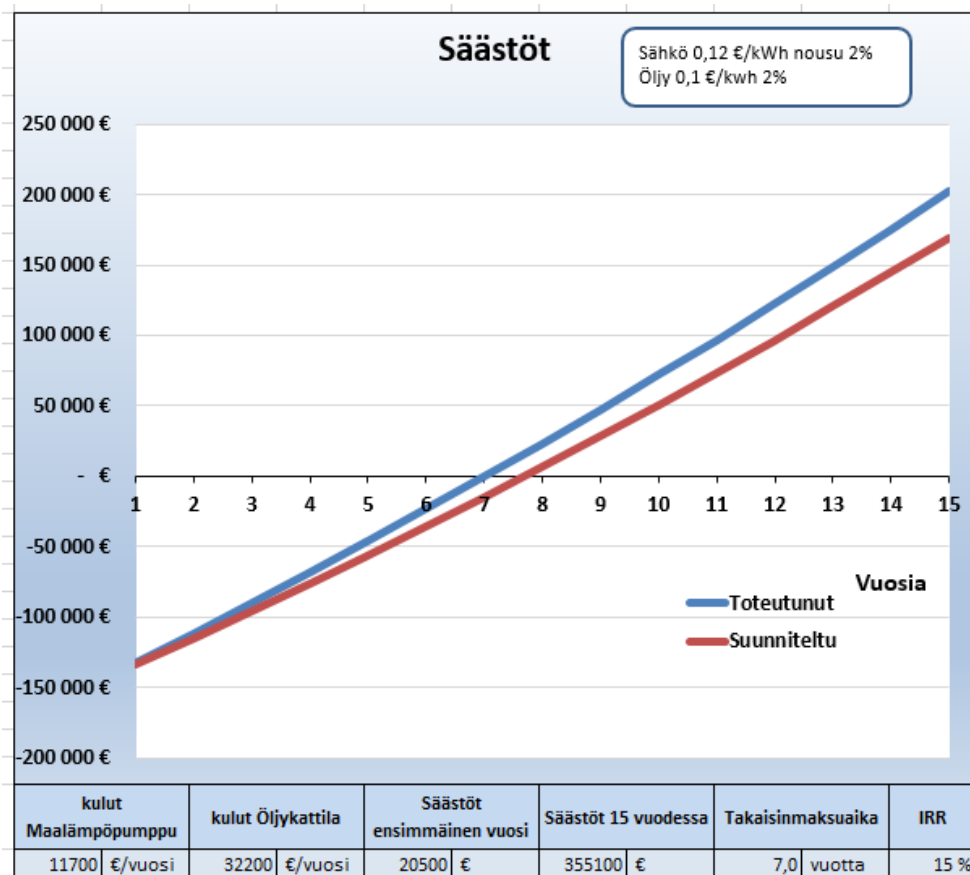
Lämpöselvitysprojekteissa aikaansaatujen säästöjen laskennassa on käytetyt energianhinnat ovat peräisin lämpöselvityksistä ja ne ovat kohteiden sen hetkisiä energianhintoja. Energianhinnankehityksestä voidaan esittää vain arvioita. Yleensä eri energiamuotojen hinnat nousevat lähes samassa suhteessa, mutta esimerkiksi poliittiset päätökset ja energiatuet voivat vaikuttaa merkittävästi jonkin tietyn energiamuodon hintaan. Tässä työssä esitettyjen säästöjen laskentaan on käytetty 2% vuotuista hinnannousua kaikille energiamuodoille, mikä on hyvin maltillinen arvio. Takaisinmaksu-aikaan vaikuttaa myös se, joudutaanko investointi rahoittamaan lainalla. Lainan vaikutusta takaisinmaksuun ei huomioitu projektien onnistumisen arvioinnissa, sillä rahoituskuviot ovat hyvin tapauskohtaisia. Lainan vaikutus investointiin voidaan kuitenkin halutessa huomioida annuitettimenetelmällä käyttäen työssä tehtyä laskentatyökälyä.

9.1 Kerrostalokohde 1, tulokset

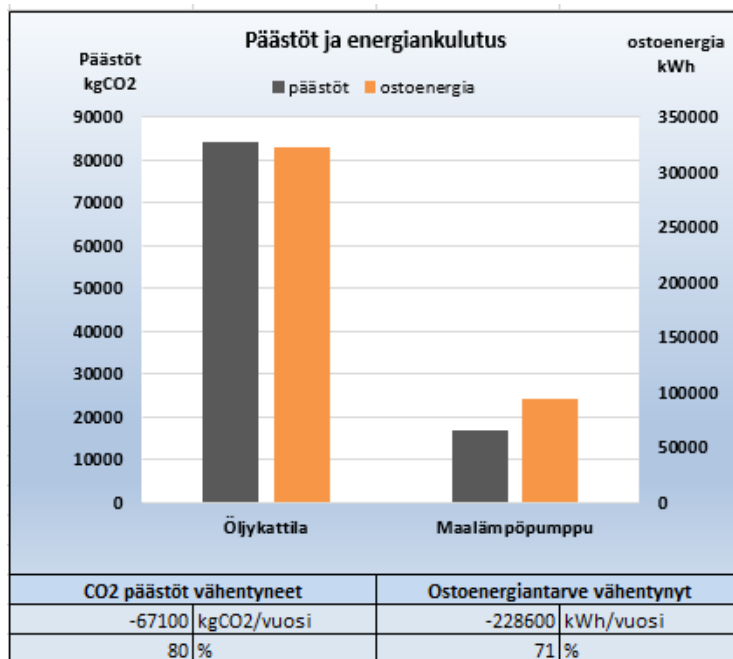
Projekti on onnistunut saatujen kulutustietojen perusteella hieman suunniteltua paremmin. Kuviossa 7 on esitetty PILP-järjestelmällä aikaansaadut säästöt, sekä kuvajasta voidaan lukea investoinnin takaisinmaksuaika. Laskettu takaisinmaksu on toteutuneella hyötysuhteella investoinnille noin 7 vuotta, joka on lämpöpumppuinvestoinnille erittäin hyvä. Lämmityskustannukset pienenevät lähes 60 %.

Uusi järjestelmä tarvitsee ostoenergiaa 71 % vähemmän saman lämpömäärän tuottamiseen kuin vanhat öljykattilat ja hiilidioksidipäästöt ovat 80 % pienemmät (ks. Kuvio 8).

Investointi vaikutti myös rakennuksen E-lukuun. Ostoenergian tarve pienentyi niin paljon, että E-luku pieneni sähkön suuremmasta energiamuodon kertoimesta huolimatta (ks. Kuvio 9). Maalämpöjärjestelmän etuja on myös öljykattilaa vähäisempi huoltotoimenpiteiden tarve.



Kuvio 7. Kerrostalokohde 1, säästöt



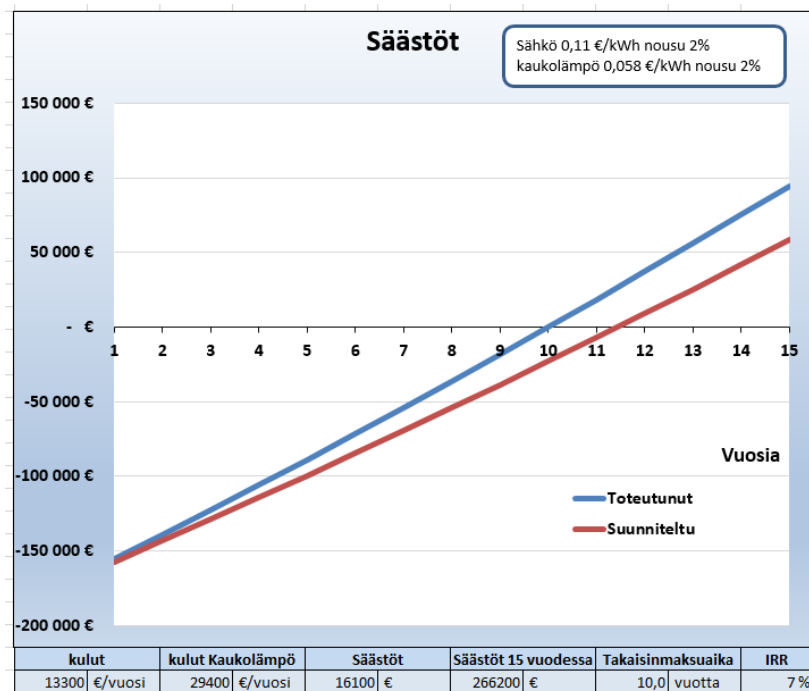
Kuvio 8. Kerrostalokohde 1, lämmityskustannukset

Energiatohokkuusluokka			
A			
B			
C			
D	uudisrakennusten määräystaso 2012		
E		◀	UUSI
F			
G		◀	VANHA
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiakulutus (E-Luku)			168
			kWh_E/m ² vuosi

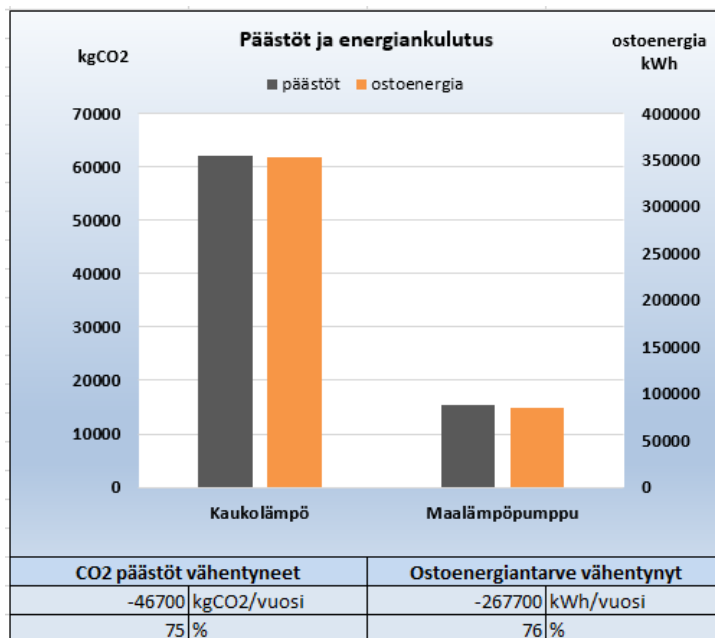
Kuvio 9. Kerrostalokohde 1, E-luvun muutos

9.2 Kerrostalokohde 2, tulokset

Kerrostalokohteessa 2 kaukolämmön vaihtaminen maalämpöön onnistui hieman suunniteltua paremmalla hyötysuhteella. Maalämpö korvasi kohteen kaukolämmön kokonaan. Vanha kaukolämpöliittymä purettiin ja kaukolämmön perusmaksusta päästiin kokonaan eroon. Sähköliittymää jouduttiin suurentamaan ja sähkön perusmaksu nousi hieman. Investoinnin takaisinmaksuaika syyskuukausin toteutuneilla hyötysuhteilla laskettuna on tasan 10 vuotta. Talvikuukausina laitteiston hyötysuhde on tyypillisesti heikompi patteriverkoston korkeamman vedenlämpötilan takia. Takaisinmaksuaika on kyseisillä hinnoilla noin 10-11,5 vuotta (ks. Kuvio 10). Kohteen lämmityskustannukset vähentyivät noin 50 %. Uuden maalämpöjärjestelmän sähkön-tarve on noin neljäsosa kaukolämmön tarpeesta kWh:na mitattuna. Jyväskylän kaukolämmön yhteistuotannon päästökerroin on 0,176 kgCO₂/kWh, joka on lähes sama kuin Suomen keskimääräinen sähköntuotannon päästökerroin K2 0,181 kgCO₂/kWh. Täten myös uudet hiilidioksidipäästöt ovat noin neljäsosan aikaisemmista (ks. Kuvio 11). Maalämpöinvestointi ei hyvästä hyötysuhteestaan huolimatta riittänyt aivan parantamaan kohteen energiatohokkuusluokkaa. Tämä johtuu siitä, että E-lukuun vaikuttava energiakerroin kaukolämmölle on 0,7, mutta sähkölle huomattavasti suurempi 1,7.



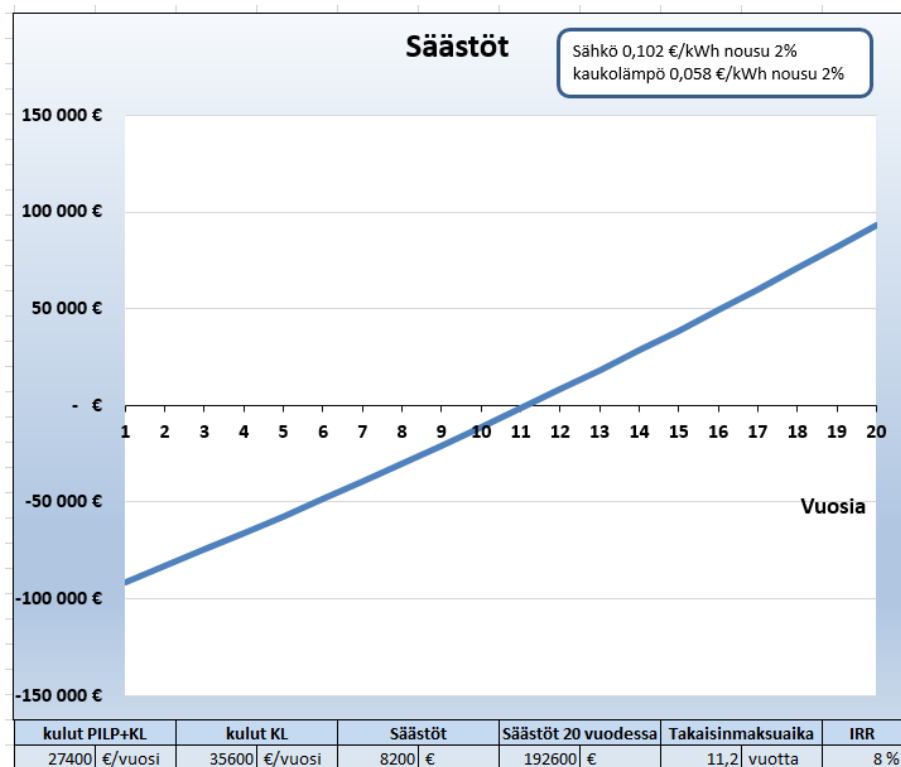
Kuvio 10. Kerrostalokohde 2, säästöt



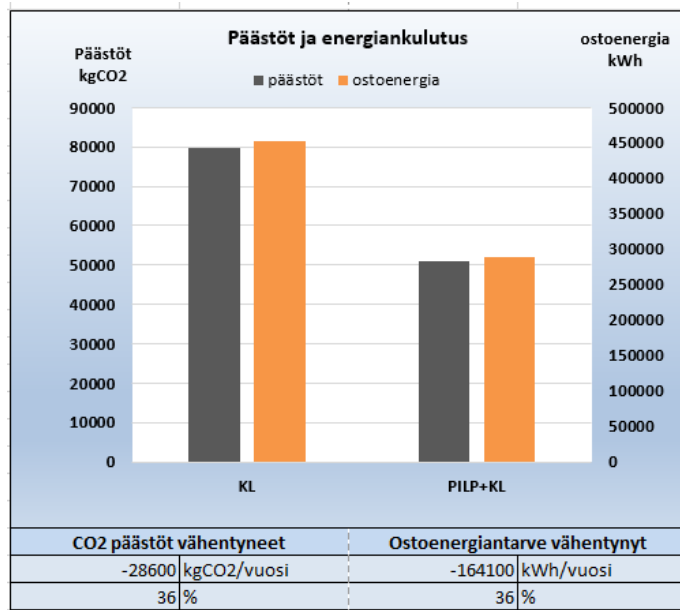
Kuvio 11. Kerrostalokohde 2, päästöt ja kulutus

9.3 Kerrostalokohde 3, tulokset

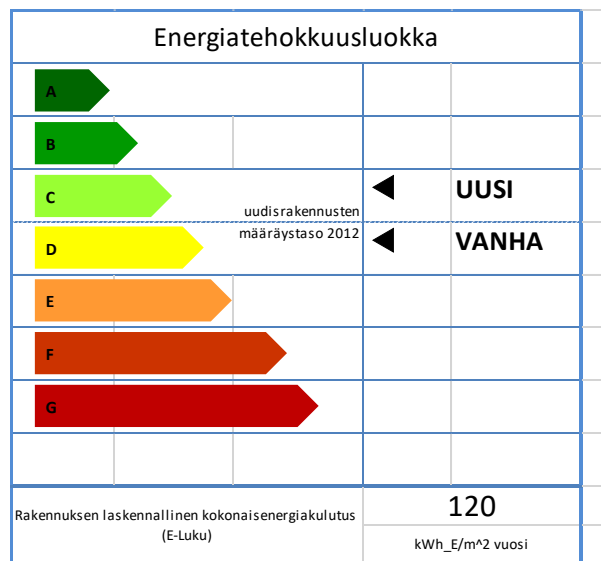
PILP-järjestelmän suunniteltu asennus kohteeseen toteutetaan syksyllä 2017, eikä toteutuneita kulutustietoja ollut vielä tätä raporttia tehdessä saatavilla, joten investoinnin tuottamia säästöjä tarkastellaan vain suunniteltujen arvojen perusteella. Investoinnin suuruus on 99376 €, säästöt ensimmäisen vuoden energiakustannuksissa ovat 8943 €, investoinnin takaisinmaksuaika on n. 11 vuotta (ks. Kuvio 12). Lämmityskustannukset tippuivat noin 23 %. Kohteen hiilidioksidipäästöt vähentyivät samassa suhteessa kuin ostoenergiantarve (ks. Kuvio 13), sillä Jyväskylän kaukolämmön päästökerroin ja sähkön päästökerroin K2 ovat lähes samat. Suuremmalla PILP-järjestelmällä olisi saatu vielä enemmän vähennettyä kaukolämmön kulutusta, mutta pienemmän järjestelmän etuja ovat sen hyvä hyötysuhde ja hyödynnettävyys myös kesäkuukausina. Pienentynyt ostoenergiantarve vaikutti rakennuksen E-lukuun ja energiatehokkuusluokka parani. Uusi energiatehokkuusluokka täyttäisi jopa uudisrakennuksen vaatimukset (ks. Kuvio 14).



Kuvio 12. Kerrostalokohde 3, PILP-järjestelmän säästöt



Kuvio 13. Kerrostalokohde 3, päästöt ja kulutus

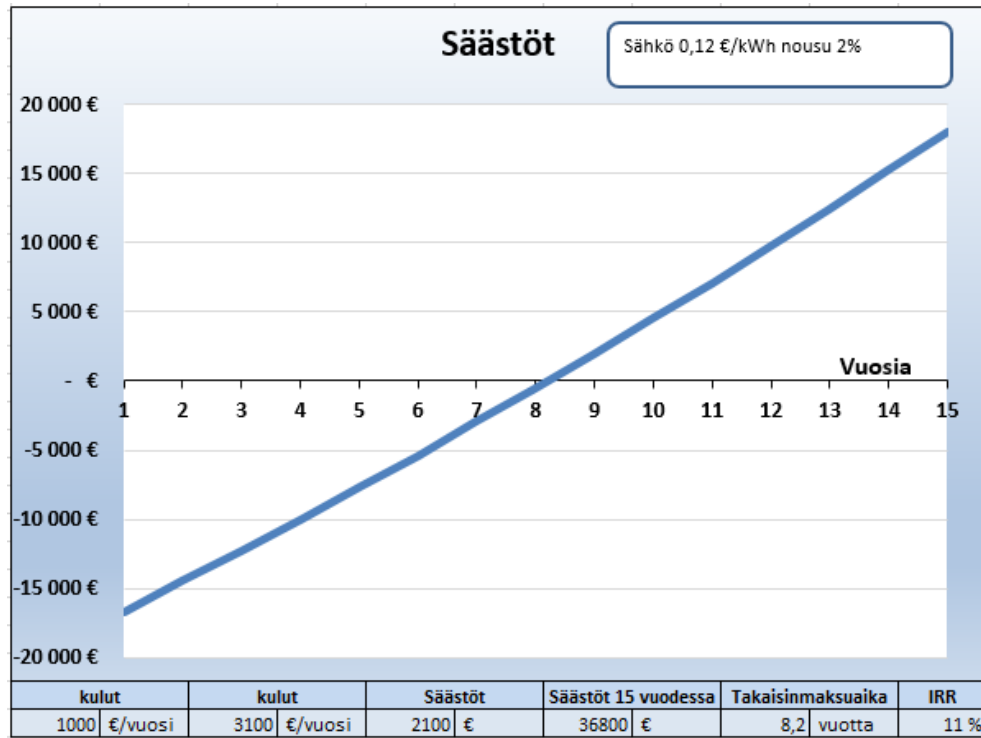


Kuvio 14. Kerrostalokohde 3, E-luvun muutos

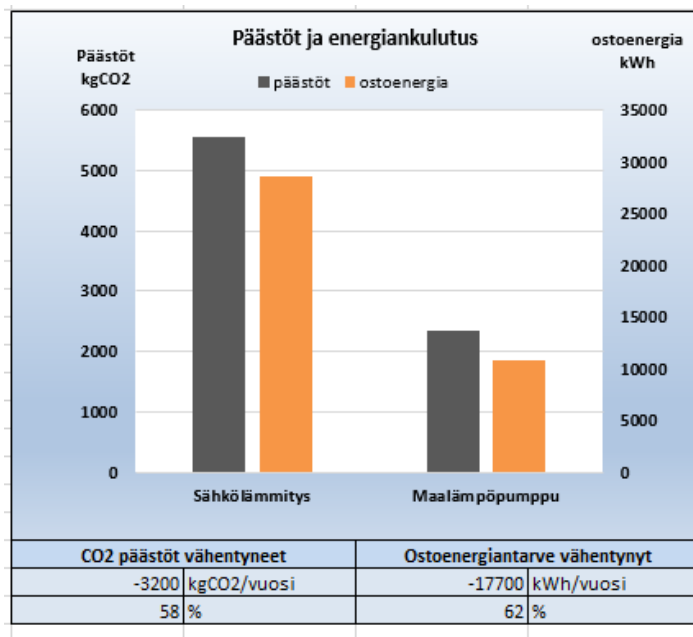
9.4 Omakotitalokohde, tulokset

Aikaansaadut säästöt verrattuna sähkölämmitykseen ovat noin 2100€ vuodessa. Investoinnin takaisinmaksuaika on noin 8 vuotta (ks. Kuvio 15). Laskennallisten säästöjen mukaan maalämpöjärjestelmä sopii kohteeseen hyvin ja sen avulla saadaan ostosähkönkulutusta pienennettyä noin kolmanneksella. Ostosähkön kulutuksen vähentymisen myötä lämmityksestä johtuvat hiilidioksidipäästöt pienenevät samassa

suhteessa. (ks. Kuvio 16). Energiankulutuksen vähentymien vaikutti suoraan myös rakennuksen laskennalliseen E-lukuun ja energiatehokkuusluokka parani. (ks. Kuvio 17)



Kuvio 15. Omakotitalokohde, säästöt



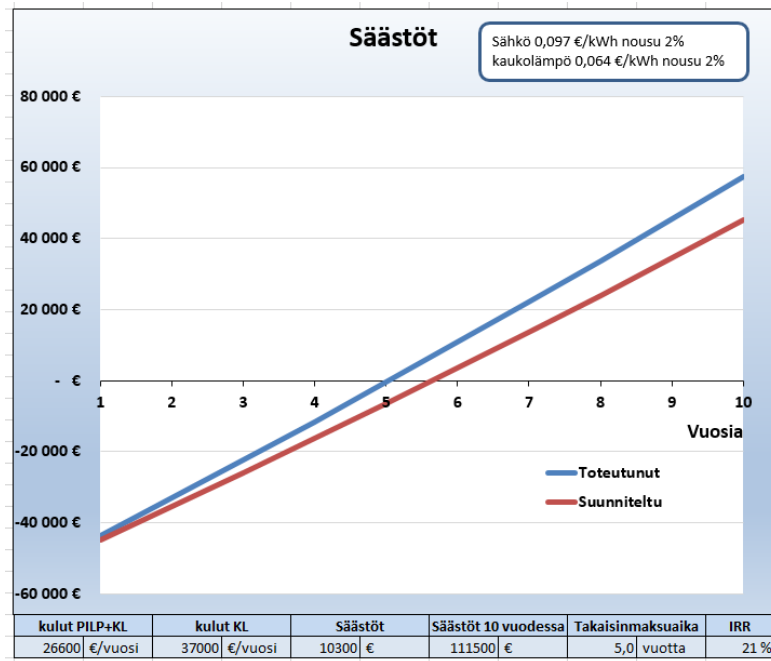
Kuvio 16. Omakotitalokohde, päästöt ja kulutus

Energiatehokkuusluokka			
A			
B			
C		◀	UUSI
D	uudisrakennusten määräystaso 2012		
E		◀	VANHA
F			
G			
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiakulutus (E-Luku)			135 kWh_E/m ² vuosi

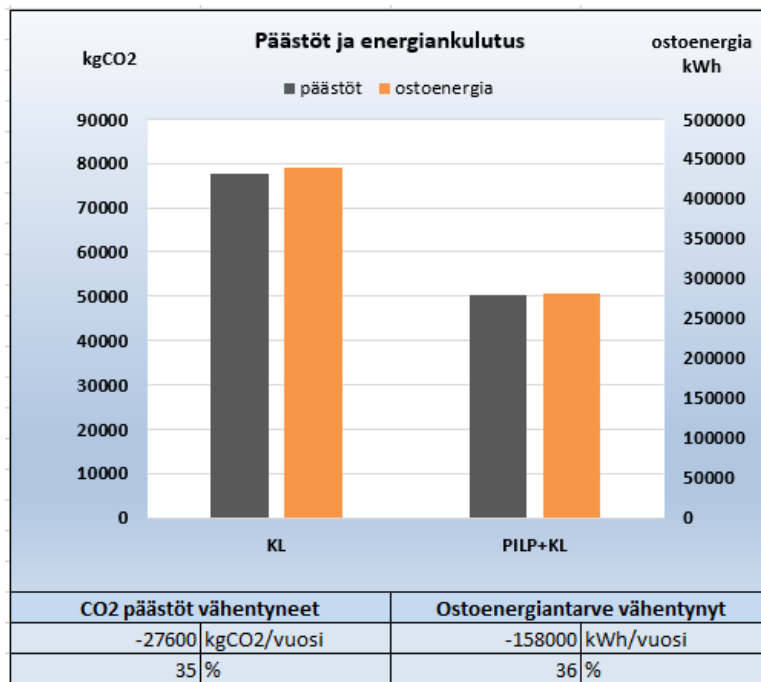
Kuvio 17. Omakotitalokohde, E-luvun muutos

9.5 Luhtilatokohde, tulokset

Kaukolämmön rinnalle asennettu PILP-järjestelmä on toiminut erittäin hyvällä hyötysuhteella ja sen tuottamat säästöt investoinnin suuruuteen nähden ovat mahdollistaneet jopa 5 vuoden takaisinmaksuajan (ks. Kuvio 18). Poistoilmalämpöpumppu ottaa talteen koneellisen poistoilmanvaihdon muutoin hukkaamaa lämpöenergiaa ja vähentää näin ostoenergiatarvetta. Koska sähkön päästökerroin K2 on lähes sama kuin kohteen käyttämä kaukolämmön päästökerroin, pienenevät rakennuksen laskennalliset hiilidioksidipäästöt samassa suhteessa energiatarpeen kanssa. (ks. Kuvio 19). Investointi vaikutti rakennuksen E-lukuun ja energiatehokkuusluokka parani. (ks. Kuvio 20).



Kuvio 18. Luhtitalokohde 1, aikaansaadut säästöt



Kuvio 19. Luhtitalokohde 1, päästöt ja ostoenergia

Energiatehokkuusluokka	
A	
B	
C	
D	uudisrakennusten määräystaso 2012
E	UUSI
F	VANHA
G	
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiakulutus (E-luku)	144 kWh_E/m ² vuosi

Kuvio 20. Luhtitalokohde 1, E-luvun muutos

9.6 Laskentatyökalu

Liitteessä 8. on esitetty kuva työssä tehdystä laskentatyökalusta. Työkalulla voidaan vertailla kahden eri lämmitysjärjestelmän välisiä kustannuksia, säästöjä ja takaisinmaksuaikaa investoinnille. Laskennassa voidaan ottaa huomioon mm. energiamuotojen hinnannousu, investointilainan korko. Lisäksi työkalu laskee järjestelmille laskennalliset hiilidioksidipäästöt ja piirtää niistä kuvaajan. Lähtötiedoksi laskentatyökaluun tarvitaan lämmitysjärjestelmien ostoenergiat, energianhinnat ja -hinnannousu, investoinnin hinta ja muut kustannukset kuten perusmaksut.

Tätä laskentatyökalua voidaan käyttää tulevia lämpöselvityksiä tehdessä tai niiden lopputuloksia analysoidessa. Laskentatyökalulla saadaan päivitettyä laskennan tulokset suoraan kohteen esitepohjaan.

9.7 Referenssiesite

Työssä tarkastelluista kohteista tehtiin alustava referenssiesite, johon koottiin kohteista lasketut tiedot. Esitteessä esitetään aikaansaadut rahalliset säästöt, vaikutus hiilidioksidipäästöihin, takaisinmaksuaika, lyhyt kuvaus kohteesta, energiatehokkuusluokka ja kuva. Laskettuja lukuja pyöristettiin ja selkeyden vuoksi. Hiilidioksidipäästöjen esityksessä päätettiin korostaa % yksiköitä, sillä päästöyksikkö kgCO₂ ei ole kovin tuttu ja kuvaava yksikkö. Kerrostalokohteesta 1 laadittu referenssiesitepohja on esitetty liitteessä 9.

10 Johtopäätökset

Jokaiseen tässä työssä tarkasteltuun kohteeseen asennettiin lämpöselvityksen pohjalta jokin lämpöpumppujärjestelmä. Lämpöpumput ovat hyvä investointi etenkin uudisrakennuksiin, mutta tuloksista käy ilmi, että investointi kannattaa myös vanhoihin rakennuksiin. Lämpöpumppuinvestoinnin kannattavuutta useilla paikkakunnilla määrittää kaukolämmön hinta. Halvimmilla kaukolämpöalueilla lämpöpumppuinvestoinnin takaisinmaksuaika voi nousta turhan korkeaksi.

Esitetyissä lämpöselvitysprojekteissa on kaikissa onnistuttu aikaansaamaan rahallisia säästöjä kiinteistön lämmityskuluissa. Hyvänä takaisinmaksuaikana lämpöpumppuinvestoinneille voidaan pitää noin 8-10 vuotta. Kaikissa kohteissa joista toteutuneista kulutustietoja uudesta järjestelmästä oli saatavilla, on päästy hieman suunnitteluvaiheessa esitettyjä arvoja parempiin tuloksiin. Esiselvitys- ja mitoitusvaiheessa asiakkaalle on luultavasti esitetty sellaiset potentiaaliset säästöt, joihin tullaan myös varmasti pääsemään. Suunnitellut säästöt on todennäköisesti arvioitu varmuuden vuoksi hiukan alakanttiin.

Kohteissa on onnistuttu pienentämään uuden lämmitysjärjestelmän myötä myös hiilidioksidipäästöjä. Lämpöpumppujen tuottama lämpöenergia on yleisesti noin 2,5 - 3,5 kertaa niiden käyttämästä sähköenergiasta (Maalämpöpumppu 2017). Sähkön päästökerroin K2 on lähes sama kuin työssä tarkasteltujen kiinteistöjen käyttämien kaukolämmöntuottajien päästökertoimet ja huomattavasti pienempi kuin polttoöljyn päästökerroin. Näin ollen jokaisessa kohteessa kiinteistön ostoenergian vähentyminen vaikutti lämmityksestä johtuviin hiilidioksidipäästöihin merkittävästi.

Lämmitykseen tarvittavan energian vähentyminen vaikutti positiivisesti kiinteistöjen energiatehokkuusluokkaan. Jokaisessa kohteessa E-luku pieneni ja kaikissa paitsi kerrostalokohteessa 3 myös energiatehokkuusluokka parani.

Excel- laskentatyökalu laadittiin pääasiassa tätä työtä varten, mutta sitä tehdessä pyrittiin mahdollisimman selkeään toteutukseen, jotta yritys voisi käyttää sitä tulevaisuudessa tehtäviin lämpöselvityksiin ja niiden tulosten analysointiin.

11 Pohdinta

11.1 Työn toteutus

Opinnäytetyön tarkoitus oli laskea lämpöselvitysprojektien vaikutus kiinteistön lämmityksen säästöihin ja hiilidioksidipäästöihin, sekä tehdä tätä varten laskentatyökalu. Lisäksi työn tuloksista koottiin referenssiesite. Työssä keskityttiin viiteen kohteeseen, joista tietoa oli riittävästi saatavilla. Jokaiselle kohteelle onnistuttiin laskemaan tehdyllä Excel- laskentatyökalulla uuden lämmitysjärjestelmän säästöt, vaikutus päästöihin ja takaisinmaksuaika. Työssä esitetyistä kohteista laadittiin referenssiesite. Opinnäytetyön selvityksen piiristä jouduttiin rajaamaan sellaiset kohteet, jotka eivät olleet vielä valmiita työtä tehtäessä.

11.2 Luotettavuuden arvointi

Työn lähtötietoina käytettiin pääasiassa yrityksen tekemiä lämpöselvityksiä. Lämpöselvityksissä on käytetty lähtötietoina mm. kiinteistöistä saatuja kulutustietoja, teknisten laitteiden dokumentteja sekä alan standardeja. Näiden selvitysten luotettavuutta on vaikea arvioida ilman koko lämpöselvityksen yksittäisten tietojen alkupe-
rään perehtymistä. Mitä vähemmän lämpöselvityksiä tehdessä on jouduttu tekemään oletuksia ja turvautumaan yleistettyihin arvoihin, sitä tarkempiin tuloksiin niissä päästään. Lämpöselvityksissä tilojen lämmitysenergiantarvetta tarkasteltiin laskennallisesti sekä mitattujen kulutustietojen avulla, joita vertaamalla osattiin antaa melko tarkkoja arvioita tilojen kulutuksesta.

Kulutustietojen normituksella energiankulutuksesta saadaan paremmin vertailtavaa riippumatta kulutuksen ajankohdasta. Normitetulla ja normaalivuoden lämmitysenergiantarpeella lasketut säästöt eivät välttämättä vastaa täysin todellisuutta, sillä lämmityksen tarve riippuu aina toteutuneista ulkolämpötiloista. Säästölaskelmissa oletettiin myös lämmityslaitteiston toimivan häiriöttä, eikä niissä huomioitu esimerkiksi mahdollista maalämpökaivojen hiipumista.

Muutamankin prosenttiyksikön muutos esimerkiksi kaukolämmön ja sähkön hinnankehityksen välillä voi muuttaa takaisinmaksuaikaa ja aikaansaatuja säästöjä kohteesta riippuen jopa usealla vuodella. Koska energian hinnannousua on mahdotonta ennustaa tarkasti, investointia pohtiessa olisikin hyvä tarkastella investoinnin kannattavuutta useammalla eri hinnanmuutos-skenaariolla.

Motivan laskentaohjeessa yksittäisen kohteen hiilidioksidipäästöjen laskemiseksi käytettyjen päästökertoimien osalta on tehty useita yksinkertaistuksia, jotka heikentävät laskennan tarkkuutta. Tarkat päästöarvioinnit tulisi aina tehdä tapauskohtaisesti. Laskennan tuloksia voidaan kuitenkin käyttää riittävällä tarkkuudella vertaamaan kulumuutosten ja säästötoimenpiteiden vaikutusta päästöihin. (Hippinen & Suomi 2012)

11.3 Jatkotoimenpide-ehdotukset

Työtä voidaan käyttää hyväksi yrityksen markkinoinnissa ja tulevien lämpöselvityskohteiden analysoinnissa. Excel- laskentatyökalua voitaisiin kehittää edelleen yhtenäisemmäksi yrityksen muiden työkalujen kanssa ja mahdollisesti lisätä siihen uusia laskentaominaisuuksia. Työssä tehty referenssiesitepohja tulisi suunnitella vielä graafisesti ammattilaisen avulla ennen käyttöönottamista.

Lähteet

Brown, J. 2015. How to Calculate Coefficient of Performance. Maritime Geothermal. Viitattu 14.11.2017. <https://www.nordicghp.com/2015/08/how-to-calculate-coefficient-of-performance/>.

RakMk, osa D5, 2012. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki. Ympäristöministeriö. Viitattu 20.9.2017. <https://www.edilex.fi/rakentamismaaraykset>.

Hippinen, I. & Suomi, U. 2012. Yksittäisen kohteen CO₂-päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO₂-päästökertoimet. Motiva Oy. Viitattu 15.10.2017. <https://www.motiva.fi/raatkaisut/energiankaytto-suomessa/co2-laskentaohje-energiankulutuksen-hiilidioksidipaastojen-laskentaan/co2-laskentaohje-yksittainen-kohde>.

Ilmalämpöpumppu tukilämmityslähteenä. 2017. Motiva Oy. Viitattu 24.11.2017. <https://www.motiva.fi/raatkaisut/uusiutuva-energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilmalampopumppu-tukilammityslahtena>.

Jokisalo, J., Eskola L., & Siren, K. 2012. Lämpöpumppujen energialaskenta-
opas. Ympäristöministeriö. Viitattu 20.9.2017. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B10A732A6-EA2F-45F9-869C-6F909138CB26%7D/30757>.

Kanninen, J. Stiebel Eltron lämpöpumpun energialaskelmat. Viitattu 5.11.2017. Lamit.fi yrityksen sisäinen verkkolevy.

Kaukolämmön erillistuotannon paikkakuntien ryhmäjakoja laskennassa käytettävät CO₂-päästökertoimet. 2017. Motiva Oy. Viitattu 2.10.2017. <https://www.motiva.fi/raatkaisut/energiankaytto-suomessa/co2-laskentaohje-energiankulutuksen-hiilidioksidipaastojen-laskentaan/co2-paastokertoimet>.

Kolme tekijää jotka vaikuttavat lämpöpumpun valintaan. Tietoa lämpöpumppuista. Thermia yrityksen kotisivut. N.d. Viitattu 18.10.2017. <http://www.thermia.fi/hyodyllistatietoa/osta-lampopumppu/lampopumppu-kolme-tekijaa/>.

Kulutuksen normitus Laskentakaavat ja -ohjeet. 2016. Motiva Oy. Viitattu 6.10.2017. https://www.motiva.fi/files/12186/Kulutuksen_normitus_Laskentakaavat_ja_-ohjeet_Motiva_Oy_12-2016.pdf.

L 18.1.2013/50. Laki rakennuksen energiatodistuksesta. Finlex. Viitattu 23.11.2017. [Finlex. http://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2013/20130050](http://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2013/20130050).

Lamit E – Franchising-kumppanit. N.d. Lamit.fi yrityksen kotisivut Viitattu 29.11.2017. <https://www.lamit.fi/verkosto>

Lamit.fi palvelut. N.d. Lamit.fi yrityksen kotisivut. Viitattu 29.11.2017. <https://lamit.fi/palvelut>

Lämmitystarveluvut. 2017. Ilmatieteenlaitos. Viitattu 28.10.2017. <http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>.

Lämpöpumput. 2017. Motiva Oy. Viitattu 24.11.2017. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput.

Lämpöselvitys. 2017. Tietoja lämpöselvitys palvelusta. Lamit.fi kotisivut. Viitattu 12.9.2017. <https://lamit.fi/palvelut/lamposelvitys>.

Maalämpöpumppu. 2017. Motiva Oy. Viitattu 24.11.2017. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampopumppu.

Mikä on energiatodistus? 2016. Motiva Oy. viitattu 23.11.2017. syyskuuta 2016. <http://energiatodistus.motiva.fi/mika-on-energiatodistus/>.

Myydyt lämpöpumput 2016. SULPU ry. Viitattu 23.11.2017. <https://www.sulpu.fi/documents/184029/208772/Myydyt%20%C3%A4mp%C3%B6pumput%202016%2C%20kaaviot%2C%20f.pdf>.

Osakeyhtiö lamit.fi - kotimaista huippulaatua tuotteina ja palveluina. N.d. Lamit.fi:n kotisivut. Viitattu 29.11.2017. <https://lamit.fi/yritys>.

Paikkakunnat, joissa kaukolämpöä tuotetaan voimalaitoksilla sähkön ja lämmön yhteistuotantona. 2017. Motiva Oy Viitattu. 3.10.2017. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-laskenta-ohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertomet.

Poistoilmalämpöpumppu. 2017. Motiva Oy. Viitattu 24.11.2017. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/poistoilmalampopumppu.

Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen ker toimien lukuarvoista 9/2013 1 §. Viitattu 23.11.2017. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130009>.

Liitteet

Liite 1. Lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhteita (D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto 2012)

Taulukko 6.2 Lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhteiden ja apulaitteiden ominaissähkönkäytön ohjearvoja.

Lämmitysratkaisu	Vuosihyötysuhde η_{tilat}	Sähkö e_{tilat} kWh/(m ² a)
Vesiradiaattori 45/35 °C		
jakojohtot eristetty	0,90	2
jakojohtot eristämätön	0,85	
Vesiradiaattori 70/40 °C		
jakojohtot eristetty	0,9	2
jakojohtot eristämätön	0,8	
Vesiradiaattori 70/40 °C jakotukilla		
	0,80	2
Vesiradiaattori 45/35 °C jakotukilla		
	0,85	2
Vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C		
maata vasten rajoittuvassa rak.	0,8	2,5
ryömintatilaan rajoittuvassa rak.	0,8	
ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,75	
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak.	0,85	
Kattolämmitys (sähköinen)		
ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,85	0,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak.	0,9	0,5
Ikkunalämmitys (sähköinen)		
	0,80	0,5
Ilmanvaihtolämmitys ¹⁾		
huonekohtainen säätö	0,90	0,5
Sähköpatterilämmitys		
	0,95	0,5
Sähköinen lattialämmitys		
maata vasten rajoittuva rak.	0,85	0,5
ryömintatilaan tai ulkoilmaan rajoittuvassa rak	0,8	0,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak	0,85	0,5
Muut lämmityslaitteet		
Ulkotilaa tai maata vasten rajoittuva lämmitys	0,8	0,5
Sisätilaan rajoittuva lämmityslaitte	0,8	0,5

¹⁾ Ilmanvaihtolämmityksen hyötysuhde pätee järjestelmälle, jossa tuloilma lämmitetään huonekohtaisilla päätelaitteilla. Muuttuvavirtaisten järjestelmien hyötysuhteet on laskettava tarkemmalla menetelmällä.

Selostus

Hyötysuhteissa on otettu huomioon lämmönjakelun- ja luovutuksen häviöt sekä järjestelmän säädön ja lämpötila-kerrostuman vaikutus. Hyötysuhteet on määritetty suhde-säätöisellä säätimellä ($P=2^{\circ}\text{C}$) sähköpatterilämmitystä, sähköistä katto-, lattia- ja ikkunalämmitystä lukuun ottamatta, joka on määritetty elektronisella säätimellä. Vesikiertoisten järjestelmien, joiden mitoituslämpötilat poikkeavat taulukoiduista arvoista, hyötysuhteet voidaan arvioida interpoloimalla taulukkoarvojen perusteella. Sähköisten lämmitysjärjestelmien apulaitteiden ominaiskulutukset perustuvat säätölaitteiden sähkönkäyttöön.

Liite 2. Lämmitysjärjestelmien vuosihyötysuhteita ("D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto" 2012)

Taulukko 6.6. Erillisten pientalojen sekä rivi- ja ketjutalojen kattiloiden ja KL-lämmönjakokeskusten hyötysuhteiden ja sähkönkulutuksen ohjearvoja. Kuukausittaiset hyötysuhteet on esitetty liitteessä 1.

	Vuosihyötysuhde	Sähkö kWh/a m ²
standardi öljy/kaasu	0,81 ³⁾	0,99 ¹⁾ 0,59 ²⁾
kondenssi öljy	0,87 ³⁾	1,07
kondenssi kaasu	0,92 ³⁾	0,68
pellettikattila	0,75 ³⁾	0,77
puukattila energiavaraajalla	0,73	0,38
sähkökattila	0,88 ³⁾	0,02
kaukolämpö	0,94	0,60
huonekohtainen sähkölämmitys	1,00	0,00

¹⁾ öljy

²⁾ kaasu

³⁾ Vuosihyötysuhde sisältää tyypillisen lämmöntuottoyksikköön integroidun varaajan häviöt. Mikäli varaaja on erillinen, voidaan sen häviöt arvioida interpoloiden käyttövesivaraajan häviöistä, ellei tarkempaa laskelmaa ole olemassa.

Taulukko 6.7 Muiden (isompien) rakennusten kattiloiden ja KL-lämmönjakokeskusten hyötysuhteiden ja sähkönkulutuksen ohjearvoja. Kuukausittaiset hyötysuhteet on esitetty liitteessä 1.

	Vuosihyötysuhde	Sähkö kWh/a m ²
standardi öljy/kaasu	0,90	0,24 ¹⁾ 0,11 ²⁾
kondenssi öljy ³⁾	0,95	0,25
kondenssi kaasu ³⁾	1,01	0,12
pellettikattila	0,84	0,13
puukattila energiavaraajalla	0,82	0,25
kaukolämpö	0,97	0,07
huonekohtainen sähkölämmitys	1,00	0,00

¹⁾ öljy

²⁾ kaasu

³⁾ hyötysuhde alemman lämpöarvon mukaan

Liite 3. Lämmitystarveluvut vertailukaudelta 1981-2010 (Lämmitystarveluvut 2017)

Lämmitystarveluvut vertailukaudella 1981-2010

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

Päivitetty viimeksi 20.1.2014 klo 8:13.

Liite 4. Kaukolämmön yhteistuotantopaikkakunnat 2017 (Paikkakunnat, joissa kaukolämpöä tuotetaan voimalaitoksilla sähkön ja lämmön yhteistuotantona 2017)

Paikkakunnat, joissa kaukolämpöä tuotetaan voimalaitoksilla sähkön ja lämmön yhteistuotantona

Päivitys 15.6.2017

Kaukolämpö/Yhteistuotantoalueet (v. 2015)

Espoo	Fortum Power and Heat Oy, Espoo
Forssa	Vapo Oy, Forssa
Heinola	Elenia Lämpö Oy, Heinola
Helsinki	Helsingin Energia
Hollola	Lahti Energia Oy, Hollola
Hyvinkää	Hyvinkään Lämpövoima Oy
Hämeenkyrö	Leppäkosken Lämpö Oy, Hämeenkyrö
Hämeenlinna	Elenia Lämpö Oy, Hämeenlinna
Iisalmi	Savon Voima Oyj, Iisalmi
Ilomantsi	Vapo Oy, Ilomantsi
Joensuu	Fortum Power and Heat Oy, Joensuu
Jyväskylä	Elenia Lämpö Oy, Jyväskylä
Jyväskylä	Jyväskylän Energia Oy
Järvenpää	Fortum Power and Heat Oy, Järvenpää
Kaarina	Turku Energia, Kaarina
Kajaani	Loiste Lämpö Oy
Kankaanpää	Vatajankosken Sähkö Oy
Kauniainen	Fortum Power and Heat Oy, Kauniainen
Kemijärvi	Kemijärven Kaukolämpö Oy
Kempele	Oulun Seudun Sähkö
Kerava	Keravan Energia Oy, Kerava
Keuruu	Keuruun Lämpövoima Oy
Kirkkonummi	Fortum Power and Heat Oy, Kirkkonummi (keskusta)
Kokkola	Kokkolan Energia
Kotka	Kotkan Energia Oy
Kouvola	KSS Lämpö Oy
Kuopio	Kuopion Energia Oy
Lahti	Lahti Energia Oy, Lahti
Lappeenranta	Lappeenrannan Energia Oy
Lapua	Lapuan Energia Oy
Lieksa	Vapo Oy, Lieksa
Maarianhamina	Mariehamns Energi Ab
Mikkeli	Etelä-Savon Energia Oy
Mänttä	Mäntän Kaukolämpö ja Vesihuolto Oy
Naantali	Turku Energia, Naantali
Nastola	Lahti Energia Oy, Nastola
Nivala	Nivalan Kaukolämpö Oy
Nokia	Tampereen Sähkölaitos, Nokia
Oulu	Oulun Energia
Pieksämäki	Savon Voima Oyj, Pieksämäki
Pietarsaari	Herrfors Oy Ab, Pietarsaari
Pirkkala	Tampereen Sähkölaitos, Pirkkala
Pori	Pori Energia Oy, Pori
Porvoo	Porvoon Energia Oy, Porvoo

Kaukolämpö/Yhteistuotantoalueet (v. 2015)

Raisio	Turku Energia, Raisio
Rauma	Rauman Energia Oy
Riihimäki	Riihimäen Kaukolämpö Oy
Rovaniemi	Napapiirin Energia ja Vesi Oy, Rovaniemi
Salo	Salon Kaukolämpö Oy
Savonlinna	Suur-Savon Sähkö Oy, Savonlinna
Seinäjoki	Seinäjoen Energia Oy
Sotkamo	Vapo Oy, Sotkamo
Tammisaari	Ekenäs Energi
Tampere	Tampereen Sähkölaitos, Tampere
Toholampi	Toholammin Energia Oy
Tomio	Tomion Energia Oy
Turku	Turku Energia, Turku
Tuusula	Fortum Power and Heat Oy, Tuusula
Ulvila	Uvilan Lämpö Oy
Vaasa	Vaasan Sähkö Oy
Valkeakoski	Valkeakosken Energia Oy
Vantaa	Vantaan Energia Oy
Varkaus	Varkauden Aluelämpö Oy
Ylivieska	Herrfors Oy Ab, Ylivieska
Ylöjärvi	Tampereen Sähkölaitos, Ylöjärvi
Äänekoski	Äänekosken Energia Oy

Liite 5. Kaukolämmön erillistuotantopaikkakunnat (Kaukolämmön erillistuotannon paikkakuntien ryhmäjakoja laskennassa käytettävää CO₂-päästökertoimet 2017)

Kaukolämmön erillistuotannon paikkakuntien ryhmäjako ja laskennassa käytettävät ryhmäkohtaiset CO₂-päästökertoimet

Päivitetty 15.6.2017

Ryhmä A 20 kgCO ₂ /MWh	Ryhmä B 40 kgCO ₂ /MWh	Ryhmä C 60 kgCO ₂ /MWh	Ryhmä D 80 kgCO ₂ /MWh
Haapejärvi Hanko Hausjärvi Inkoo Kiuruvesi Kolari – Kolarin Lämpö Oy Kuortane Loimaa Mäntyharju Nurmes Nurmijärvi Rantasalmi Rääkkylä Uusikaarleby Viitasaari	Inari Kannus Kauhava Kokemäki Paimio Puumala	Akaa Juankoski Juuka Mynämäki Pielavesi Virrat	Jalasjärvi Kolari – Yläs Orimattila Somero
Ryhmä E 100 kgCO ₂ /MWh	Ryhmä F 150 kgCO ₂ /MWh	Ryhmä G 200 kgCO ₂ /MWh	Ryhmä H 250 kgCO ₂ /MWh
Iiti Karvia Lovisa	Kangasniemi Kittilä – Adven Oy, Levi Kärsämäki Leppävirta Rautalampi Suonenjoki Sysmä	Alaveska Hamina Joroinen Kangasala Kauhava – Alahärmä Laihia Loppi Mäntsälä Ruovesi	Kauhajoki Sievi Veteli
Ryhmä I 300 kgCO ₂ /MWh	Ryhmä J 350 kgCO ₂ /MWh	Ryhmä K 400 kgCO ₂ /MWh	Ryhmä L 450 kgCO ₂ /MWh
Alajärvi Kittilä – Kittilän aluelämpö Saarijärvi Vimpeli Ylöjärvi	Keminmaa	Eura Karkkila Tohmajärvi	Juva Parkano
Ryhmä M 123 kgCO ₂ /MWh			
Erillistuotantoalueet, joita ei ole ryhmissä A-L			

Liite 6. Kerrostalokohde 2, lämpöpumpun hyötysuhteen riippuvuus
ulkolämpötilasta

LÄMPÖPUMPUN ENERGIALASKELMAT

STIEBEL ELTRON

UMT/TR v2.64

Primäärienergia Lämmitys

Lämpötila [°C]	Lämmönmotto, LP [kWh/v]	Lämmönsäntö, 2. lämmönlähtö [kWh/v]	Toimintapiste -	COP -	Sähkökulutus, LP [kWh/v]	2. lämmönlähtö [kWh/v]
< -20	10 666,6	0,0	80/W45	3,75	2 844,4	0,0
-20	1 911,1	0,0	80/W45	3,75	509,6	0,0
-19	2 204,6	0,0	80/W45	3,75	587,9	0,0
-18	2 083,5	0,0	80/W45	3,75	555,6	0,0
-17	3 767,7	0,0	80/W45	3,75	1 004,7	0,0
-16	2 168,8	0,0	80/W45	3,75	578,4	0,0
-15	3 020,3	0,0	80/W45	3,75	805,4	0,0
-14	3 810,4	0,0	80/W45	3,75	1 016,1	0,0
-13	4 395,6	0,0	80/W45	3,75	1 172,2	0,0
-12	4 653,3	0,0	80/W45	3,75	1 240,9	0,0
-11	4 880,3	0,0	80/W45	3,75	1 301,4	0,0
-10	6 143,0	0,0	80/W45	3,75	1 638,1	0,0
-9	6 921,1	0,0	80/W45	3,75	1 845,6	0,0
-8	6 711,2	0,0	80/W45	3,75	1 789,7	0,0
-7	6 569,6	0,0	80/W45	3,75	1 751,9	0,0
-6	7 883,5	0,0	80/W45	3,75	2 102,3	0,0
-5	7 951,7	0,0	80/W45	3,75	2 120,5	0,0
-4	9 142,8	0,0	80/W45	3,75	2 438,1	0,0
-3	9 644,5	0,0	80/W45	3,75	2 571,9	0,0
-2	8 702,6	0,0	80/W45	3,75	2 320,7	0,0
-1	7 371,6	0,0	80/W45	3,98	1 852,2	0,0
0	7 883,5	0,0	80/W40	4,21	1 872,6	0,0
1	7 286,3	0,0	80/W40	4,21	1 730,7	0,0
2	7 076,4	0,0	80/W40	4,21	1 680,8	0,0
3	6 532,0	0,0	80/W40	4,21	1 551,6	0,0
4	6 212,9	0,0	80/W40	4,21	1 475,8	0,0
5	3 975,9	0,0	80/W40	4,21	944,4	0,0
6	3 731,9	0,0	80/W40	4,21	886,4	0,0
7	4 027,1	0,0	80/W40	4,21	956,5	0,0
8	3 523,7	0,0	80/W40	4,21	837,0	0,0
9	2 518,6	0,0	80/W40	4,66	540,3	0,0
10	2 286,6	0,0	80/W30	5,11	447,2	0,0
11	1 788,3	0,0	80/W30	5,11	349,8	0,0
12	1 438,5	0,0	80/W30	5,11	281,4	0,0
13	808,8	0,0	80/W30	5,11	158,2	0,0
14	465,8	0,0	80/W30	5,11	91,1	0,0
15	0,0	0,0	80/W30	5,11	0,0	0,0
16	0,0	0,0	80/W30	5,11	0,0	0,0
17	0,0	0,0	80/W30	5,11	0,0	0,0
18	0,0	0,0	80/W30	5,11	0,0	0,0
19	0,0	0,0	80/W30	5,11	0,0	0,0
20	0,0	0,0	80/W30	5,11	0,0	0,0
> 20	0,0	0,0	80/W30	5,11	0,0	0,0
180 160	0	0		3,93	45 851	0

Liite 7. Luhtitalokohde 1, poistoilmalämpöpumpun toteutunut vuosihyötysuhde 2016-2017

PILP SEURANTA.		1 VUOSI 13 PV	
<u>22.9.2016</u>			
KAUKOL.	27 26.296 MWh		
	<u>MASTER</u> (LÄMMIYS)	<u>SLAVE</u>	LÄMMIYS + (VEDEN TEKO KONE)
T:	+ 3860.8 kWh	+ 4090.2 kWh	
K:	- 911.64 kWh	- 1139.12 kWh	
<hr/>			
<u>5.10.2017</u>			
KAUKOL.	2894.077 MWh		
	<u>MASTER</u>	<u>SLAVE</u>	
T:	+ 95 599 kWh	+ 96 856 kWh	
K:	- 23 345.77 kWh	- 24 124.41 kWh	
<hr/>			
<u>YHTEENVETO:</u>			
KAUKOL.	167.781 MWh		
	<u>MASTER</u>	<u>SLAVE</u>	
T:	+ 91 739 kWh	+ 92 766 kWh	
K:	- 22 434.13 kWh	- 22 986.29 kWh	
COP	<u>4.09</u>	<u>4.04</u>	
(HYÖTYSUHDE)			
TOTEUTUNUT!			

KOKONAIS KULUTUS = 45420.42 kWh
 TUOTTO = 184505 kWh
 COP = 4.062

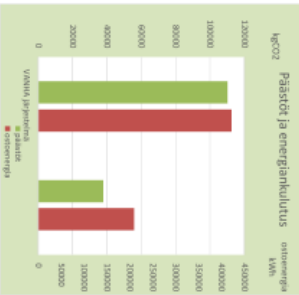
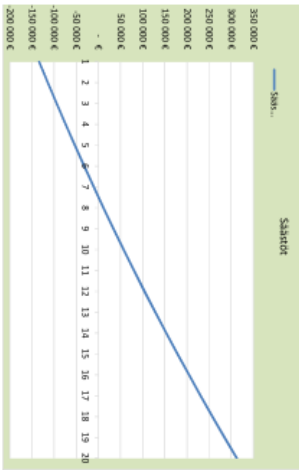
Liite 8. Kuva laskentatyökälusta

ostoehtojen nettoterve ja hinta			
kuukausi	1 pottoaine	2 pottoaine	
VANHA järjestelmä	0	422000	0
UUSI järjestelmä	209465	0	0
hinta €/MWh	0,11	0,07	0,10
hinnastonauk%	2%	2%	2%
*Merkinnät/hihneet			

Investointi ja muut kustannukset	
VANHA järjestelmä	UUSI järjestelmä
Investointi	0 €
Ylläpito/m	0 €/a
Rakennuskustannukset	152700 €
pitäminen	1 a
korke	0%
lähennä taso	152700 €
kok. kustant	0 €
*Merkinnät/hihneet	152700 €

Päästökoefisiensit	
Kaivostyö	0,176 kgCO2/MWh
Yhteistyö	0,205 kgCO2/MWh
1 pottoaine	0 kgCO2/MWh
2 pottoaine	0 kgCO2/MWh
Sihilo	0,181 kgCO2/MWh
*Merkinnät/hihneet	

E-todituksen mukainen E-luokka	
A	100%
B	75%
C	50%
D	25%
E	0%
F	0%
G	0%
*Merkinnät/hihneet	
VANHA	



Kulut UUSI järjestelmä	Kulut VANHA järjestelmä	Yhteensä
23041 €/vuosi	42200 €/vuosi	45 %
467934 €	7 vuosi	13 %
		19167 €

2 Päätöksiä vähentävien ostoehtojen yhteisvaikutus	
72250 kgCO2/vu	-221651 kgMWh/vuosi
66 %	50 %

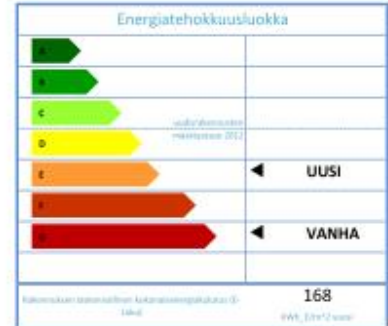
Lämmitysohjelmien	
VANHA järjestelmä	UUSI järjestelmä
Sihilo	0
209465	0
0	0
37913	0

VANHA järjestelmä		UUSI järjestelmä		Kustannukset €		Energialkulut		Investointi/hihneet		Sisäiset	
Vuosi	kuukausi	1 pottoaine	2 pottoaine	1 pottoaine	2 pottoaine	1 pottoaine	2 pottoaine	1 pottoaine	2 pottoaine	1 pottoaine	2 pottoaine
1	€	42 208	€	42 208	€	23 041	€	23 041	€	19 157	€
2	€	43 052	€	43 052	€	23 502	€	23 502	€	19 506	€
3	€	43 913	€	43 913	€	23 972	€	23 972	€	19 941	€
4	€	44 791	€	44 791	€	24 451	€	24 451	€	20 340	€
5	€	45 687	€	45 687	€	24 940	€	24 940	€	20 747	€
6	€	46 601	€	46 601	€	25 439	€	25 439	€	21 162	€
7	€	47 533	€	47 533	€	25 948	€	25 948	€	21 585	€
8	€	48 484	€	48 484	€	26 467	€	26 467	€	22 017	€
9	€	49 454	€	49 454	€	26 996	€	26 996	€	22 457	€
10	€	50 442	€	50 442	€	27 536	€	27 536	€	22 906	€
11	€	51 451	€	51 451	€	28 087	€	28 087	€	23 364	€
12	€	52 480	€	52 480	€	28 649	€	28 649	€	23 832	€
13	€	53 529	€	53 529	€	29 222	€	29 222	€	24 310	€
14	€	54 601	€	54 601	€	29 806	€	29 806	€	24 798	€
15	€	55 693	€	55 693	€	30 402	€	30 402	€	25 296	€
16	€	56 806	€	56 806	€	31 010	€	31 010	€	25 796	€
17	€	57 943	€	57 943	€	31 631	€	31 631	€	26 312	€
18	€	59 101	€	59 101	€	32 263	€	32 263	€	26 838	€
19	€	60 283	€	60 283	€	32 908	€	32 908	€	27 375	€
20	€	61 489	€	61 489	€	33 567	€	33 567	€	27 922	€
21	€	62 719	€	62 719	€	34 238	€	34 238	€	28 481	€
22	€	63 973	€	63 973	€	34 923	€	34 923	€	29 051	€
23	€	65 253	€	65 253	€	35 621	€	35 621	€	29 632	€
24	€	66 558	€	66 558	€	36 334	€	36 334	€	30 224	€
25	€	67 889	€	67 889	€	37 060	€	37 060	€	30 829	€
26	€	69 247	€	69 247	€	37 801	€	37 801	€	31 445	€
27	€	70 632	€	70 632	€	38 557	€	38 557	€	32 074	€
28	€	72 044	€	72 044	€	39 329	€	39 329	€	32 716	€
29	€	73 485	€	73 485	€	40 115	€	40 115	€	33 376	€
30	€	74 955	€	74 955	€	40 918	€	40 918	€	34 051	€
Yhteensä		42 208	€	42 208	€	23 041	€	23 041	€	19 157	€
Yhteensä		43 052	€	43 052	€	23 502	€	23 502	€	19 506	€
Yhteensä		43 913	€	43 913	€	23 972	€	23 972	€	19 941	€
Yhteensä		44 791	€	44 791	€	24 451	€	24 451	€	20 340	€
Yhteensä		45 687	€	45 687	€	24 940	€	24 940	€	20 747	€
Yhteensä		46 601	€	46 601	€	25 439	€	25 439	€	21 162	€
Yhteensä		47 533	€	47 533	€	25 948	€	25 948	€	21 585	€
Yhteensä		48 484	€	48 484	€	26 467	€	26 467	€	22 017	€
Yhteensä		49 454	€	49 454	€	26 996	€	26 996	€	22 457	€
Yhteensä		50 442	€	50 442	€	27 536	€	27 536	€	22 906	€
Yhteensä		51 451	€	51 451	€	28 087	€	28 087	€	23 364	€
Yhteensä		52 480	€	52 480	€	28 649	€	28 649	€	23 832	€
Yhteensä		53 529	€	53 529	€	29 222	€	29 222	€	24 310	€
Yhteensä		54 601	€	54 601	€	29 806	€	29 806	€	24 798	€
Yhteensä		55 693	€	55 693	€	30 402	€	30 402	€	25 296	€
Yhteensä		56 806	€	56 806	€	31 010	€	31 010	€	25 796	€
Yhteensä		57 943	€	57 943	€	31 631	€	31 631	€	26 312	€
Yhteensä		59 101	€	59 101	€	32 263	€	32 263	€	26 838	€
Yhteensä		60 283	€	60 283	€	32 908	€	32 908	€	27 375	€
Yhteensä		61 489	€	61 489	€	33 567	€	33 567	€	27 922	€
Yhteensä		62 719	€	62 719	€	34 238	€	34 238	€	28 481	€
Yhteensä		63 973	€	63 973	€	34 923	€	34 923	€	29 051	€
Yhteensä		65 253	€	65 253	€	35 621	€	35 621	€	29 632	€
Yhteensä		66 558	€	66 558	€	36 334	€	36 334	€	30 224	€
Yhteensä		67 889	€	67 889	€	37 060	€	37 060	€	30 829	€
Yhteensä		69 247	€	69 247	€	37 801	€	37 801	€	31 445	€
Yhteensä		70 632	€	70 632	€	38 557	€	38 557	€	32 074	€
Yhteensä		72 044	€	72 044	€	39 329	€	39 329	€	32 716	€
Yhteensä		73 485	€	73 485	€	40 115	€	40 115	€	33 376	€
Yhteensä		74 955	€	74 955	€	40 918	€	40 918	€	34 051	€

Liite 9. Kerrostalokohde 1, esite



Kerrostalo öljystä maalämpöön



Tietoja kohteesta

- Kerrostalokohde Keski-Suomessa
- Rakennettu 1970
- Lämmitetty nettoala 1725m²

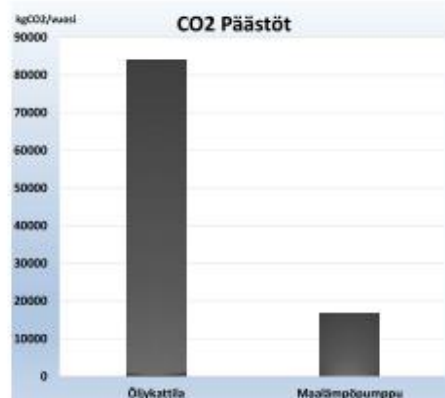
Kohteen lämmitys hoidettiin aikaisemmin kahdella vanhalla öljykattilalla. Polttoöljyä kului noin 30 000l vuodessa ja lämmityskulut olivat nousseet 10 vuodessa lähes kaksinkertaiseksi. Nyt tilojen lämmitys hoituu tehokkaasti ja vaivatta maalämmöllä.

Takaisinmaksuaika 7 vuotta

Säästöt ensimmäisenä vuonna
20500 €

Säästöt 15 vuodessa 355100 €

MLP vuosihyötysuhde 3,0



CO₂ päästöt
pienenevät 80%

Ostoenergiatarve
pienenevä 71%

Kustannukset
pienenevät 64%

Liite 10. Esimerkki hiilidioksidipäästöjen laskemisesta (Hippinen & Suomi 2012, 9)

Esimerkki 6

Kauppa-keskus hankkii sähköenergiansa sähkömyyjältä, jonka ilmoittama myydyn sähkön CO₂-päästökerroin (K1) on 142 kgCO₂/MWh. Kiinteistön sähkönkulutus on 9 500 MWh/a.

Kokonaispäästöjen laskenta perustuen sähkömyyjän laskennallisiin päästöihin

Sähkömyyjän sähkön CO₂-päästökerroin: 142 kgCO₂/MWh (K1)
Sähkönkäytön kokonaispäästöt: 9 500 MWh/a*142 kgCO₂/MWh= **1 349 tCO₂/a**

Vertailu: Kokonaispäästöjen laskenta perustuen sähkön keskimääräiseen CO₂-päästökertoimeen (K2)

Sähkön keskimääräinen CO₂-päästökerroin: 210 kgCO₂/MWh (K2 vuosi 2011)
Sähkönkäytön kokonaispäästöt: 9 500 MWh/a*210 kgCO₂/MWh= 1 995 tCO₂/a

Säästötoimenpide ja sen laskenta

Kauppa-keskuksen ilmanvaihdon käyntiaikoja muuttamalla alenee ilmanvaihdon sähkönkulutus 375 MWh/a

Sähkön CO ₂ -päästökerroin:		Sähkömyyjän ilmoittama(K1): 142 kgCO ₂ /MWh
		Suomen keskimääräinen (K2) 210 kgCO ₂ /MWh
Sähkönkulutus pienenee:		375 MWh/a
CO ₂ -päästöt pienenevät:	(K1)	375 MWh/a*142 kgCO ₂ /MWh= 53 tCO₂/a
	(K2)	375 MWh/a*210 kgCO ₂ /MWh= 79 tCO₂/a

Liite 11. Esimerkki omatuotannon päästöjen laskennasta öljykattilalla (Hippinen & Suomi 2012, 7)

Esimerkki 5

Itä-Suomessa sijaitsevan kunnantalon lämmitys on toteutettu vanhalla huonokuntoisella kevytöljykattilalla. Vuonna 2011 kevyttä polttoöljyä kului 76,4 tonnia eli 900 MWh/a. Kattilan vuosihyötysuhde on 80 %.

Kokonaispäästöjen laskenta

Kevyen polttoöljyn CO₂-päästökerroin: 261 kgCO₂/MWh
Lämmöntuotannon kokonaispäästöt: 900 MWh/a*261 kgCO₂/MWh= **235 tCO₂/a**

Säästötoimenpide ja sen laskenta

Vanha öljykattila uusitaan pellettikattilalla. Uuden kattilan vuosihyötysuhde on 85 %.

Kevyen polttoöljyn CO ₂ -päästökerroin:	261 kgCO ₂ /MWh
Pellettien CO ₂ -päästökerroin:	0 kgCO ₂ /MWh
Nettolämmönkäyttö öljykattilan hyötysuhteella 80 %:	900 MWh/a*(80/100) = 720 MWh/a
Pellettien kulutus hyötysuhteella 85 %:	720 MWh/a*(100/85) = 847 MWh/a

Öljynkulutus pienenee:	900 MWh/a
Öljyn CO ₂ -päästöt poistuvat:	900 MWh/a*261 kgCO ₂ /MWh = 235 tCO₂/a
Pellettikattilan päästöt:	847 MWh/a*0 kgCO ₂ /MWh = 0 tCO₂/a
CO ₂ -päästöt pienenevät:	235 tCO₂/a