

Wilhelmiina Rosu

ILMA-VESILÄMPÖPUMPUN ENERGIA- JA
KUSTANNUSTEHOKKUUS RIVITALOSSA

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
2018

ILMA-VESILÄMPÖPUMPUN ENERGIA- JA KUSTANNUSTEHOKKUUS RIVITALOSSA

Rosu, Wilhelmiina
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2018
Ohjaaja: Sirén, Pekka
Sivumäärä: 26
Liitteitä: 3

Asiasanat: lämmitysjärjestelmät, saneeraus, seuranta, toiminta

Opinnäytetyön aiheena oli tutustua rivitalossa tehtyyn lämmitysjärjestelmän saneeraukseen, jossa olemassa olevan öljylämmityksen rinnalle oli kytketty pääasialliseksi lämmönlähteeksi ilma-vesilämpöpumppu. Työn tavoitteena oli tutkia järjestelmän toimintaa sekä energia- ja kustannustehokkuutta. Tarkoituksena oli myös ottaa selvää saneerauksen onnistumisesta ja havaita mahdollisia puutteita tarkastelemalla seurantatietoja.

Työ toteutettiin käymällä kohteessa, tutkimalla urakka-asiakirjoja, haastatteleamalla urakoitsijoita ja isännöitsijää, katsomalla Web-valvomon kautta järjestelmän seurantatietoja sekä tutustumalla työhön liittyviin aineistoihin ja artikkeleihin. Lisäksi kuluksien muutoksia ja takaisinmaksuaikaa laskettiin, jotta nähtäisiin saneerauksesta saadut todelliset säästöt.

Tulokseksi työstä saatiin ilma-vesilämpöpumpun ja öljykattilan kytkennästä ja järjestelmän toimintaperiaatteesta tehty kuvaus sekä varmistettiin järjestelmän toimimisen oikein. Lisäksi nähtiin ostoennergiankulutuksen vähentyneen ja sitä kautta energiatehokkuuden parantuneen, vaikka asetettuihin tuotto-odotuksiin ei vielä täysin ylletty. Työssä tehtyjen laskelmien perusteella urakassa mainittuun takaisinmaksu-aikaan ei aivan päästä. Arvioitiin, että tulevaisuudessa tarkempaa seurantaa tulee jatkaa, jotta järjestelmällä saavutetaan kaikki halutut tavoitteet.

THE ENERGY EFFICIENCY AND COST-EFFICIENCY OF AN AIR TO WATER HEAT PUMP IN A TERRACED HOUSE

Rosu, Wilhelmiina

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction and Civil Engineering

January 2018

Supervisor: Sirèn, Pekka

Number of pages: 26

Appendices: 3

Keywords: heating systems, renovation, tracking, operation

The purpose of this thesis was to explore the renovated heating system in a terraced house. There was an air to water heat pump installed as a primary heating source to the side of the existing oil heating. Focus of the thesis was to study the function of the system as well as study the energy efficiency and the cost-efficiency of the system. Main issues were that had the renovation succeeded and were there any insufficiencies one could spot by looking the tracking information.

The research methods were visiting the sight, checking the documents of the renovation, interviewing the contractors and the estate manager, analysing information of web-based monitoring and also getting acquainted with material related with this thesis. Furthermore, changes of consumptions and payback time were calculated in order to demonstrate actual received savings.

The outcome of the thesis was a description of an air to water heat pump and oil heating combined system and the operating principle of it. In addition, the examination ascertained that the renovated heating system operates as premeditated. The consumption of delivered energy decreased causing the energy efficiency to improve, even though the heat pump unreachd its expected cost savings. According to calculations it seems that payback time mentioned in contract was too short. It was estimated that in the future close monitoring should continue until all the wanted aims are achieved.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	OPINNÄYTETYÖN KUVAUS	6
2.1	Työssä tarkasteltava kohde	6
2.2	Työn tarkoitus ja toteuttaminen	7
2.3	Työn tavoitteet	7
2.4	Järjestelmän kuvaus.....	8
2.4.1	Ilma-vesilämpöpumppu, öljykattila ja varaajat	9
2.4.2	Bivalentti nelitieventtiili lämmityksessä	12
2.4.3	Käyttöveden lämmitys.....	14
3	JÄRJESTELMÄN TOIMINTA.....	15
3.1	Web-valvomon yleisnäkyvä	15
3.2	Ilma-vesilämpöpumpun otto- ja tuottoteho sekä hetkellinen COP-arvo	16
3.3	Bivalentin nelitieventtiilin asento	17
3.4	Patteriverkoston meno- ja paluueden lämpötila.....	18
4	JÄRJESTELMÄN ENERGIATEHOKKUUS.....	19
4.1	Kulutustiedot.....	19
4.2	Kulutusten vertailu	19
4.3	Tulosten arviointi	20
5	JÄRJESTELMÄN KUSTANNUSTEHOKKUUS	22
5.1	Kustannukset lämmitysjärjestelmän saneerauksesta.....	22
5.2	Todelliset säästöt.....	22
5.3	Tulevat säästöt	24
5.4	Takaisinmaksuaika	24
6	YHTEENVETO	26
	LÄHTEET	27
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Nykyäänkin LVI-alan yksi suurta pohdintaa ja keskustelua synnyttävä aihe on lämmitysjärjestelmän valinta. Sen perustamis-, käyttö- sekä huoltokustannuksia on pidetty pitkään tärkeänä valintakriteerinä. Lisäksi tietoisuus ympäristöstä on lisääntynyt ja halutaankin luoda tulevien sukupolvien kannalta järkeviä ja kestäviä lämmitysratkaisuja. Valinnanvaraa on toki paljon, mutta jo olemassa oleviin rakennuksiin lämmitysjärjestelmän uusimista suunniteltaessa pitää kuitenkin huomioida edellä mainittujen lisäksi vanhan järjestelmän asettamat rajoitukset.

Suomessa on paljon tällaisia rakennuksia, joiden lämmitysjärjestelmä kaipaisi päivittämistä. Opinnäytetyön aiheeksi onkin ajankohtaisuutensa vuoksi valikoitunut yksi valmistunut lämmitysjärjestelmän saneeraus. Tavoitteena on luoda tästä kirjallista aineistoa tukemaan tulevia päätöksiä lämmitysjärjestelmien uusimisesta ja päivittämisestä. Toinen näkökulma opinnäytetyössä on tutkia tarkemmin ilma-vesilämpöpumppua todellisessa käytössä.

2 OPINNÄYTETYÖN KUVAUS

Opinnäytetyö hahmottui valitun tarkasteltavan kohteen perusteella, sillä se määritteli, miten työtä lähdettiin toteuttamaan sekä mitä tarkoituksia ja tavoitteita työllä oli. Tiedot kohteesta ja tehdystä saneerauksesta ovat isännöitsijältä ja urakoitsijoilta sähköpostin välityksellä ja tapaamisten yhteydessä saatuja sekä kirjoittajan omiin havaintoihin perustuvia.

2.1 Työssä tarkasteltava kohde

Opinnäytetyössä tarkasteltavana kohteena toimi Hämeenlinnan asunnot Oy:n rivitalo Likokujalla, Tuuloksessa. Rakennus oli valmistunut 1975 ja silloin lämmöntuotto-
muodoksi oli valikoitunut öljylämmitys ja lämmönsiirto vesikiertoisilla lämmityspattereilla. Vuoden 2015 lopussa lämmitysjärjestelmä saneerattiin ja öljypolttimen rinnalle kytkettiin ilma-vesilämpöpumppu. Asennuksen kohteeseen toteutti JM-Putki Oy, joka oli myös opinnäytetyön tilaaja.



Kuva 1. Likokuva 1 ulkoa kuvattuna.

Rivitaloyhtiö koostuu kolmesta yhteensä 15 asunnon rakennuksesta, joissa asukkaita on 26. Lisäksi yhtiön tiloihin lukeutuu lämmönjakohuone sekä katoksen 16 auto-
paikkaa. Rivitalon pinta-ala on 963 m² ja tilavuus 2500 m³. Rivitalossa on koneelli-

nen poistoilmanvaihto ja korvausilmaventtiilit. Rakennuksen ja asuntojen kunto on hyvä. Lämmitysjärjestelmän saneerauksen lisäksi 2000-luvun alussa rivitalossa on tehty putkiremontti ja vuonna 2014 katto on pinnoitettu. Kaikki asunnot ovat vuokrattuina.

Aiemmin lämmönjakohuoneesta oli lähtenyt lämpöputket lähellä sijaitsevaan palvelutaloon, mutta lämmitysjärjestelmän saneerauksen jälkeen yhteys katkaistiin. Urakkaa tarjotessa ja lämpöpumppua mitoittaessa tämä oli otettu huomioon siten, että palvelutalon kulutuksen arvioitiin olevan kolmannes kokonaiskulutuksesta. Arvio perustui energiamittariin, jonka lukeman perusteella palvelutaloa laskutettiin lämmityksestä. Syynä lämmityksen eriytykseen oli se, ettei palvelutalo ollut Hämeenlinnan asunnot Oy:n omistuksessa ja lämpöenergian myynnistä päätettiin luopua. Tässä työssä palvelutalon osuudet on vähennetty ilmoitetuista rivitaloyhtiön laskuista ja kulutustiedoista, koska työn tarkoitus on käsitellä pelkästään rivitalon lämmitysjärjestelmää.

2.2 Työn tarkoitus ja toteuttaminen

Työn tarkoituksena oli tutustua Likokujalla tehtyyn ilma-vesilämpöpumpun ja öljypolttimen kytkentään sekä kyseisen järjestelmän toimintaan. Tarkastelu toteutettiin urakoitsijan kanssa käymällä kohteessa, tutkimalla reaaliaikaisia ja takautuvia seurantatietoja sekä katsomalla urakka-asiakirjoja. Järjestelmän energia- ja kustannustehokkuutta arvioitiin lisäksi isännöitsijältä saatujen kulutustietojen perusteella.

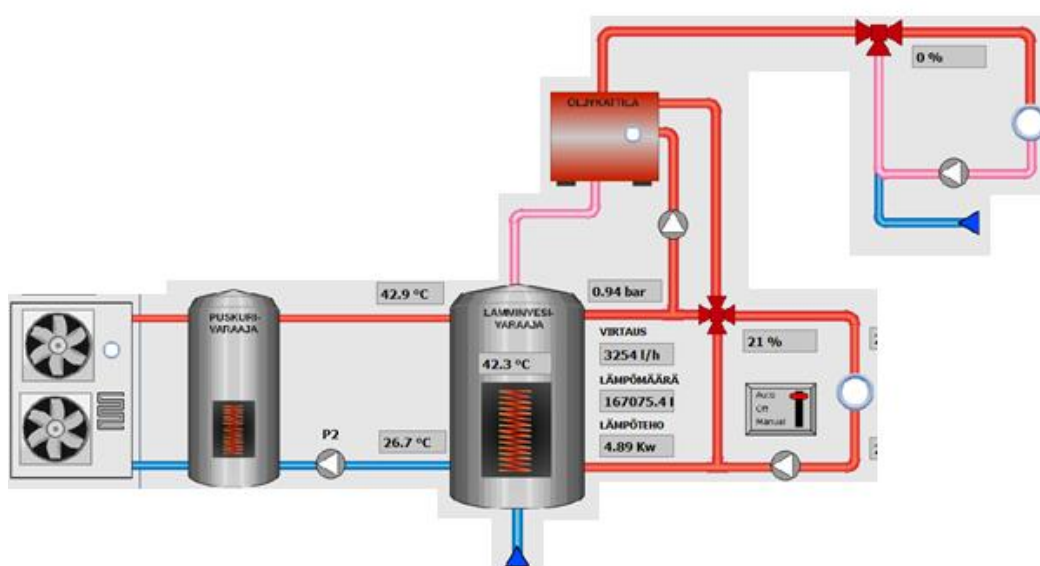
2.3 Työn tavoitteet

Tavoitteeksi muodostui luoda kirjallista aineistoa, joka antaisi tietoa kohteen lämmitysjärjestelmästä. Aineistoa koottaessa tarkoituksena oli saada kokoon selkeä tietopaketti, josta löytyisi apua tulevia lämmitysjärjestelmäsaneerauksia mietittäessä. Tässä tärkeään rooliin nousivat todelliset säästöt, takaisinmaksuaika ja energiatehokkuus. Urakoitsijan kannalta tärkeäksi tavoitteeksi nousi kytkennän ja automaation yhteistoiminnasta saatu tieto todellisessa toimintaympäristössä. Lisäksi urakkasopi-

muksen tavoitteisiin pääsemisestä haluttiin tietoa, joka auttaisi tulevien töiden suunnittelussa.

2.4 Järjestelmän kuvaus

Järjestelmän kytkennän havainnointi aloitettiin tutustumalla Web-valvomon kuvaan järjestelmästä (kuva 2). Kuva ei ollut teknisesti kattava, vaan paikan päällä kytkentöjä tarkasteltiin kattavammin.



Kuva 2. Kuvakaappaus Web-valvomon esittämästä kytkennästä.

Kohteen lämmityksestä ja lämpimästä käyttövedestä huolehtii kaksi erilaista lämmöntuottojärjestelmää. Ensisijaisena lämmöntuottajana toimii ilma-vesilämpöpumppu. Sen toiminta perustuu kylmäaineeseen, joka virtaa ulkoyksikön höyrystimeltä kompressorin läpi sisäyksikön lauhduttimelle ja takaisin paisuntaventtiilin kautta.

Tarkemmin kuvailtuna ulkoyksikössä olevan puhaltimen avulla ulkoilmavirta kulkee höyrystimen läpi, minkä vaikutuksesta höyrystimessä virtaava nestemäinen matalapaineinen kylmäaine höyrystyy. Matalakin ulkoilman lämpö kykenee höyrystämään kylmäaineen, siksi lämpöpumpun toiminta-alue on niin laaja. Kompressorilla höyrystyneen kylmäaineen paine nousee ja se muuttuu kuumakaasuksi, jonka lämpötila on

erittäin korkea. Tästä kuumakaasusta lauhduttimella, eli puskurivaraajan kierukassa, lämpöä siirtyy varaajan veteen. Lämmönsiirto lauhduttimella aiheuttaa kuumakaasun lämpötilan laskun ja sen muuttumisen takaisin nestemäiseksi kylmäaineeksi. Paisuntaventtiilin läpi kulkiessaan kylmäaineen paine alenee ja kierto on valmis alkamaan uudestaan. (Cer 2017)

Lisälämmönlähteenä on öljykattila, jonka toimintaperiaate on öljypolttimella tuottaa lämpöä öljystä. Öljykattilan sisällä oleva kattilavesi on patteriverkostoissakin kiertävää vettä ja sen yhteydessä on myös lämminvesikierukka. Kattilaveden lämpötilan laskiessa alle asetusarvon kattilatermostaatti antaa öljypolttimelle käskyn käynnistyä. Sähkömoottorin pyörittämät öljypumppu ja puhallin mahdollistavat öljyn syöttämisen öljysäiliöstä tulipesään. Siellä sytytyskärjet sähkövirralla saavat öljyn syttymään ja palamisesta syntyvä lämpöenergia siirtyy kattilaveteen. (Edu 2017)

2.4.1 Ilma-vesilämpöpumppu, öljykattila ja varaajat

Ilma-vesilämpöpumppu sijaitsee ulkona, lämmönjakuhuoneen seinän vieressä. Lämpöpumpusta lähtevät putket menevät lämmönjakuhuoneessa sijaitsevan puskurivaraajan sisään. Putkissa kiertää kuumakaasu, josta lämpöä siirtyy puskurivaraajan veteen varaajassa sijaitsevan kierukan kautta. Puskurivaraajan vesi lämpenee jopa 60 °C lämpötilaan ja kuumakaasukierukan rekuperaatioaste on erittäin hyvä.



Kuva 3. Ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksikkö

Puskurivaraajan ja hybridivaraajan vedet ovat samaa vesitilavuutta patteriverkostossa kiertävän veden kanssa. Suuremmassa, 1500 litran hybridivaraajassa oleva viilein vesi siirtyy varaajan alaosaan latauspumpun avulla pienempään 200 litran puskurivaraajan alaosaan. Lämpimin vesi puolestaan virtaa puskurivaraajan yläosaan hybridivaraajan yläosaan lämmittäen jälkimmäisenä mainitun vesitilavuutta.

Hybridivaraajan keski- tai alalämpötilan saavuttaessa halutun asetusarvon, ilma-vesilämpöpumppu pysähtyy ja viiveellä pysähtyy myös latauspumppu. Viiveen ansiosta kaikki kuumakaasuputkien kautta puskurivaraajaan siirtynyt lämpö saadaan hybridivaraajaan ja siten käytettyä hyödyksi. Samalla ala- ja yläosien kierron avulla isoon hybridivaraajaan muodostuu lämpökerrostuma, eli varaajan yläosassa on huomattavasti kuumempaa vettä kuin alhaalla. Tällöin hybridivaraajassa sijaitseva käyttöveden esilämmityskierukka saa tuotettua mahdollisimman lämmintä käyttövettä ja lämmitysverkostoon nelitieventtiilin kautta virtaava vesi on mahdollisimman kuumaa.

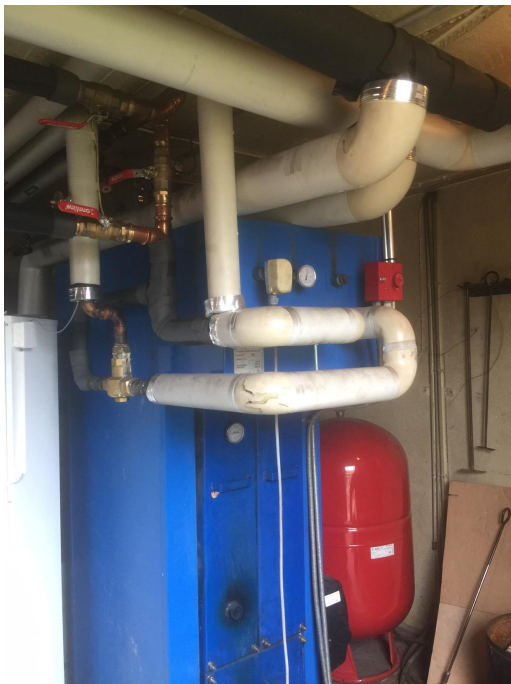


Kuva 4. Puskurivaraaja ja kuumakaasuputket.



Kuva 5. Hybridivaraajan kytkentä vasemmalla olevaan puskurivaraajaan.

Öljykattila sijaitsee hybridivaraajan vieressä ja tarvittaessa lämmittää hybridivaraajasta tulevaa vettä, ennen kuin se syötetään patteriverkostolle. Hybridivaraajalta puskurivaraajalle menevään paluuputkeen liittyy lisäksi patteriverkoston paluu, joka ennen liittymistään haaroittuu nelitieventtiilille.



Kuva 6. Öljykattilan kytkentä.

2.4.2 Bivalentti nelitieventtiili lämmityksessä

Bivalentti nelitieventtiili on nimensä mukaisesti neljän putken risteyskohdassa. Kolmea putkea pitkin virtaa vettä kohti venttiiliä ja yhtä pitkin vettä virtaa pois päin venttiililtä. Ensimmäinen kohti venttiiliä virtaava putki on patteriverkoston paluuputki, joka myös jatkaa matkaansa puskurivaraajalle ja johon samalla liittyy hybridivaraajan paluuputki. Toinen putki on öljykattilalta tuleva putki. Kolmas venttiilille tuleva putki on hybridivaraajan yläosasta tuleva putki. Nelitieventtiililtä lähtevää putkea pitkin virtaa vettä patteriverkoston.



Kuva 7. Bivalentti nelitieventtiili.

Nelitieventtiilistä on auki aina kolme reittiä kerrallaan ja erityistä on, että Bivalentilla venttiilillä pystytään samanaikaisesti ottamaan lämpöä kahdesta eri lähteestä. Kun lämpöpumppu riittää kattamaan lämmitystarpeen venttiilin arvo on välillä 0 – 50 %, jolloin sulkeutuneena pysyy reitti öljykattilalta nelitieventtiilille ja avoinna on verkoston paluusta haaroitettu reitti venttiilille. Venttiilin arvon ollessa 51 – 100 % tilanne on päinvastainen, koska lisälämmitystä hybridivaraajan veden saattamiseksi asetusravoon öljyllä tarvitaan. Tarkemmin sanottuna arvon ollessa 25 % puolet vedestä tulee hybridivaraajalta ja puolet patteriverkoston paluusta, arvon ollessa 50 % kaikki vesi tulee hybridivaraajalta ja arvon ollessa 75 % puolet vedestä tulee hybridivaraajalta ja puolet öljykattilalta. Kun patteriverkoston paluun reitti nelitieventtiilille on kiinni, niin kaikki paluuvesi virtaa puskurivaraajan alaosaan. Nelitieventtiililtä patteriverkoston virtaava reitti sekä reitti hybridivaraajalta nelitieventtiilille pysyvät aina auki tilanteesta riippumatta. Käytännössä virtaussuhteet eivät toteudu aivan täsmällisesti, sillä venttiilin auktoriteetti on todellisuudessa pienempi kuin 100 %:a.

2.4.3 Käyttöveden lämmitys

Kylmä käyttövesi virtaa hybridivaraajan läpi kierukassa ja lämpenee matkalla. Lopullinen lämpeneminen tapahtuu öljykattilassa, jonka jälkeen kuuma vesi virtaa kolmitieventtiilille. Suoraan eteenpäin kolmitieventtiililtä virtaa lämmin käyttövesi. Haarasta venttiiliin päin virtaa lämpimän käyttöveden kierron johto, johon yhdistyy myös kylmä vesi. Tällä tavalla kolmitieventtiili takaa suunnitellun lämpöisen käyttöveden virtaamisen vesikalusteille.



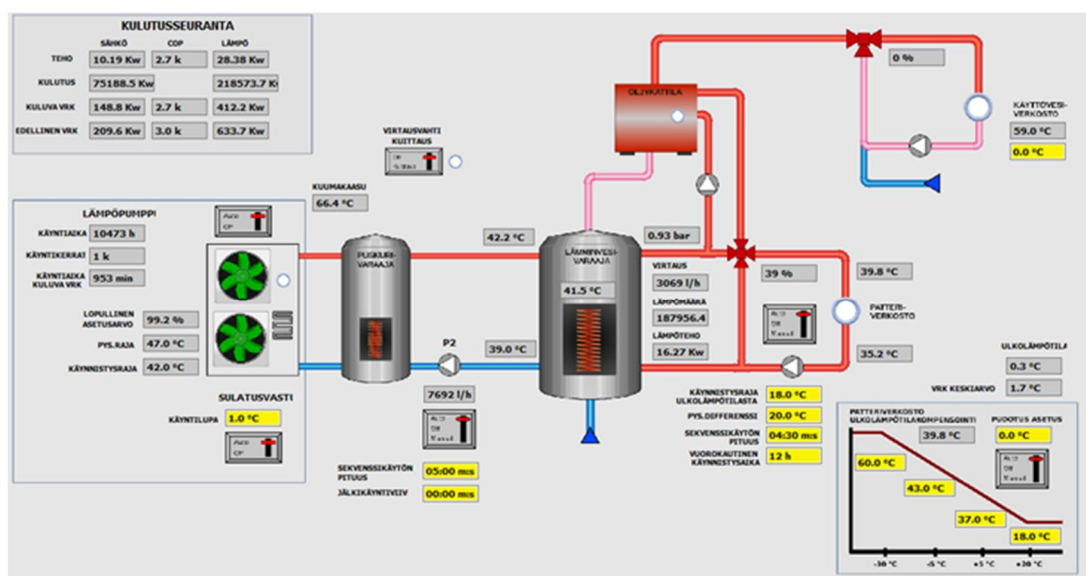
Kuva 8. Käyttövesiputket.

3 JÄRJESTELMÄN TOIMINTA

Järjestelmän toimintaa tarkasteltiin Web-valvomon kautta. Alla on kerrottu tämän pohjalta tehtyjä havaintoja ja kuvia niihin liittyen löytyy liitteestä 1. Kuvat otettiin ruutukaappauksina Web-valvomosta 26.10.2017.

3.1 Web-valvomon yleisnäkymä

Yleisnäkymän kautta nähdään kulutusseuranta sekä lämmitysjärjestelmän arvoja eri mittauspisteissä tarkasteluhetkellä.



Kuva 10. Web-valvomon yleisnäkymä 26.10.2017.

Kulutusseurannasta nähdään tehot ja COP-arvot viimeisen kymmenen minuutin sekä kuluvan ja edellisen vuorokauden ajalta. Kulutusseurannassa on lisäksi ilma-vesilämpöpumpun ottamalle sähköteholle ja tuottamalle lämpöteholle kulutuslaskurit. Ilma-vesilämpöpumpun toiminta-arvoista nähdään koko toiminnassaoloaikana ja kuluvan vuorokauden aikana kertynyt käyntiaika sekä vuorokaudessa kertyneet käyntikerrat. Lisäksi lopullinen asetusarvo kertoo, milloin lämpöpumppu käynnistyy ja milloin se pysähtyy. Tätä toimintoa ohjaavat asetetut käynnistys- ja pysäytysrajat, joiden lämpötilat mitataan puskurivaraajasta.

Lämmitysjärjestelmään on asetettu lämpötilamittareita mittaamaan kuumakaasun ja veden lämpötiloja. Kuvasta löytyy myös painemittari, virtaamamittarit sekä siirtyvän lämpömäärän ja -tehon mittarit. Lisäksi lämmitysverkoston nelitie- ja käyttöveden kolmitieventtiilien asennot voidaan tulkita prosenttien perusteella. Kaikkien näiden arvojen avulla voidaan tarkkailla, että järjestelmä toimii toivotusti. Poikkeavista arvoista voidaan asettaa hälytys, jolloin vika huomataan nopeammin.

3.2 Ilma-vesilämpöpumpun otto- ja tuottoteho sekä hetkellinen COP-arvo

Liitteessä 1 olevissa kuvissa 1–8 punainen viiva kuvaa ilma-vesilämpöpumpun ottamaa sähkötehoa ja ruskea viiva sen tuottamaa lämpötehoa, vaaleansininen ulkolämpötilaa sekä vihreä hetkellistä COP-arvoa. Kuvakaappaukset on otettu eri vuodenaajoista, jotta päästään tarkastelemaan lämpöpumpun toimintaa eri lämpötilojen vallitessa.

Keväällä tarkasteltavan jakson aikana ulkolämpötila vaihtelee -5°C ja $+18^{\circ}\text{C}$ välillä. Ilma-vesilämpöpumpun tuottoteho pysyy koko jakson ajan suurempana kuin ottoteho, joten myös hetkellinen COP-arvo saa yli yhden arvoja järjestelmän ollessa toiminnassa. Kyseisen viikon ajalle osuu kaksikymmentä kertaa, jolloin lämpöpumppu ei ole käynnissä ja hetkellinen COP-arvo on nollassa. Pisin näistä kerroista on aikana, jolloin ulkolämpötila on korkeimmillaan, eli lämpöä ei silloin tarvita. Parhaimmillaan hetkellinen COP-arvo nousee kahdeksaan ulkolämpötilan ollessa kahden ja kymmenen celsiusasteen välillä, mikä osoittautuu siten kuuluvan ilma-vesilämpöpumpun parhaaseen toiminta-alueeseen.

Kesällä ulkolämpötilojen ollessa korkealla ilma-vesilämpöpumppu lämmittää vain lämmintä käyttövettä ja on näin ollen pidempiä aikoja sammuksissa kuin käynnissä. Tarkastellulla ajanjaksolla ulkolämpötila pysyy yhdeksän lämpöasteen yläpuolella ja lämpöpumpun käynnistymisiä nähdään kaksikymmentäyksi. Hetkellinen COP-arvo vaihtelee 6 - 8,5 välillä, sillä pelkkää käyttövettä lämmittäessään lämpöpumppu pysyy myös toimimaan optimoidusti ja näin sopivat toiminta-arvot saavat aikaan hyvän hyötysuhteen.

Syksyllä ilma-vesilämpöpumpulla viikon tarkastelujaksolla on kolmekymmentä käynnistymistä ja järjestelmä on selkeästi suuremman osan ajasta käynnissä kuin sammuksissa. Ulkolämpötila vaihtelee seitsemän ja viidentoista celsiusasteen välillä ja hetkelliset COP-arvot pysyvät korkealla. Tarkastelujaksolla päästään jopa hetkelliseen COP-arvoon yhdeksän, ulkolämpötilan ollessa 8 °C. Alimmillaankin hetkellinen COP-arvo on kolme.

Talven tarkastelujakson kylmällä ilmalla huomataan, että ilma-vesilämpöpumppu ottaa lähes yhtä paljon tehoa kuin tuottaa tai pahimmillaan se tuottaa jopa vähemmän lämpötehoa kuin ottaa sähkötehoa. Siirryttäessä kireämpiin pakkasiin kuin -15°C voidaan nähdä, että lämpöpumppu pysähtyy, sillä silloin lämpöteho on edullisempaa tuottaa kokonaan öljyllä. Hetkellinen COP-arvo sahaa nollan ja puolentoista väliä, minkä takia voidaankin todeta alhaisissa lämpötiloissa hyötysuhteen olevan huono.

3.3 Bivalentin nelitieventtiilin asento

Nelitieventtiilin toiminnasta kertovissa kuvissa 9 ja 10 liitteessä 1 punainen viiva kertoo prosentteina venttiilin asennon ja vaaleansininen ulkolämpötilan. Kuvakaappaukset on otettu peräkkäisistä päivistä, jotta nähdään nelitieventtiilin toimintaa eri ulkolämpötiloilla.

Nelitieventtiilin asennon ollessa yli 50 % ilma-vesilämpöpumppu ei pysty tuottamaan kaikkea tarvittavaa lämmitystehoa, joten myös öljykattila on käytössä. Huomataan ensimmäisen vuorokauden tarkastelujakson aikana, ulkolämpötilan vaihdellessa nollan ja kuuden asteen välillä, että venttiilin asento on useinkin yli 50 %. Seuraavan vuorokauden aikana, ulkolämpötilan ollessa yhden ja viiden celsiusasteen välillä, on venttiilin asento osoittamassa, että pelkkä lämpöpumpun teho riittää.

Molemmat vuorokaudet ovat arkipäiviä, jolloin voidaan asuntojen olettaa olevan pienemmällä käytöllä päivällä. Tätä tukee myös venttiilin asennossa tapahtuva nousu aamulla ja iltopäivällä, sillä suuri lämpimän käyttöveden kysyntä jäädyttää hybridi-varaajan vesitilavuutta, jolloin öljykattilaa tarvitaan avustamaan lämmitysverkostoon

virtaavan veden lämmityksessä. Myöskään ulkolämpötiloissa ei tapahdu merkittävää muutosta.

3.4 Patteriverkoston meno- ja paluueden lämpötila

Patteriverkoston lämpötiloja havainnoivissa kuvissa 11 ja 12 liitteessä 1 punainen viiva on menovesi, vihreä paluuvesi ja vaaleansininen ulkolämpötila. Kuvakaappaukset on otettu kahdelta kuukauden mittaiselta tarkastelujaksolta, jotta nähdään mahdollisimman erilaisia ulkolämpötiloja.

Ensimmäisen tarkastelujakson aikana päivälämpötilat ovat hellelukemia. Patteriverkoston vesi pysyttelee silloin huonelämpötilojen tasolla, koska lämmitystarvetta ei ole. Monena yönä ulkolämpötila laskee kuitenkin niin alas, että laitteisto alkaa pumpata lämmintä menovettä patteriverkostoon. Menoveden lämpötila määräytyy ulkolämpötilan perusteella yleisnäkyvän oikeassa alareunassakin näkyvän käyrän mukaan. Toisessa tarkastelujaksossa voi nähdä käyrän mukaan vaihtelevan syötettävän menoveden lämpötila-arvojen seuraavan ulkolämpötilaa, mikä osoittaa järjestelmän toimivan toivotusti näiltäkin osin. Patteriverkostossa tapahtuva veden jäähtymä pidetään suuren vesivirran avulla pienenä, sillä se on laitteiston kannalta edullisin tilanne. Tällöin patteriverkoston vesi saadaan pidettyä koko ajan liikkeellä ja laitteisto on virtausteknisesti paremmin säädettävissä.

4 JÄRJESTELMÄN ENERGIATEHOKKUUS

Ilma-vesilämpöpumpun ja öljykattilan yhteistoiminnan energiatehokkuuden arvioimiseksi selvitettiin öljyn- ja sähkönkulutusta. Lämmitysjärjestelmän saneerauksen aiheuttaman muutoksen havaitsemiseksi normitettuja kulutuksia täytyi vertailla ajalta ennen lämpöpumpun asennusta ja sen jälkeen.

4.1 Kulutustiedot

Isännöitsijältä saatiin Likokujan öljy- ja sähkölaskuja, joiden kokonaiskulutukset on koottu taulukkoon 1. Laskuissa olleet ostetut öljylitrat kerrottiin kevyen polttoöljyn lämpöarvolla 10,02 kWh/litra (Motiva 2017), jotta kulutustiedot saatiin muutettua yksikköön kWh. Arvot koskevat pelkästään rivitalon osuuksia kulutuksista vuosilta 2015 ja 2016.

Taulukko 1. Öljyn- ja sähkönkulutus vuosina 2015-2016.

	2015	2016
Öljy	268 580 kWh	118 650 kWh
Sähkö	28 746 kWh	61 113 kWh

4.2 Kulutusten vertailu

Vertailua varten vuosittaiset kulutukset normitettiin. (Motiva 2017) Lämpimän käyttöveden kulutuksen arvioitiin olevan noin 40 % vuoden 2015 lämmityskulutuksesta molempina vuosina ja yleissähkönkulutuksen olevan vuoden 2015 kulutus molempina vuosina, sillä kyseiset arvot eivät ole riippuvaisia lämmitystarveluvusta. Normitusta tehtäessä tällaiset muuttujat pitää erottaa yhtälöstä lähempänä totuutta olevan tuloksen varmistamiseksi. Öljykattilan hyötysuhteeksi oletettiin 75 % (Liite 3) ja web-valvomosta katsottiin koko käyntiajan COP-arvo 2,9, jota käytettiin ilma-vesilämpöpumpun hyötysuhteena. Alla olevilla kaavoilla on esitetty vuosien 2015 ja 2016 kulutuksien normitukset.

- a) Lämmitysenergian kokonaistarve, kun öljykattilan hyötysuhde ja ilma-vesilämpöpumpun COP-arvo huomioidaan:

$$Q_{koko,2015} = 268\,580 \text{ kWh} * 0,75 = 201\,435 \text{ kWh}$$

$$Q_{koko,2016} = 118\,650 \text{ kWh} * 0,75 + (61\,113 \text{ kWh} - 28\,746 \text{ kWh}) * 2,9 \\ = 88\,987,5 \text{ kWh} + 93\,864,3 \text{ kWh} = 182\,852 \text{ kWh}$$

- b) Lämpimän käyttöveden osuus lämmitysenergian tarpeesta:

$$Q_{\text{lämmin käyttövesi}} = 201\,435 \text{ kWh} * 0,4 = 80\,574 \text{ kWh}$$

- c) Toteutunut rakennuksen lämmityksen osuus lämmitysenergian tarpeesta:

$$Q_{\text{toteutunut},2015} = 201\,435 \text{ kWh} - 80\,574 \text{ kWh} = 120\,861 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{toteutunut},2016} = 182\,852 \text{ kWh} - 80\,574 \text{ kWh} = 102\,278 \text{ kWh}$$

- d) Lämmitystarveluvut, vertailupaikkakuntana Lahti: (Ilmatieteenlaitos 2017)

$$S_N \text{ vpkunta} = 4392 \text{ °Cvrk}$$

$$S_{\text{toteutunut vpkunta},2015} = 3662 \text{ °Cvrk}$$

$$S_{\text{toteutunut vpkunta},2016} = 4175 \text{ °Cvrk}$$

- e) Normitettu lämmitysenergian tarve:

$$Q_{\text{norm},2015} = \frac{4392 \text{ °Cvrk}}{3662 \text{ °Cvrk}} * 120\,861 \text{ kWh} + 80\,574 \text{ kWh} = 225\,528 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{norm},2016} = \frac{4392 \text{ °Cvrk}}{4175 \text{ °Cvrk}} * 102\,278 \text{ kWh} + 80\,574 \text{ kWh} = 188\,168 \text{ kWh}$$

4.3 Tulosten arviointi

Normitettuja lämmitysenergian kulutuksia vertaillessa huomattiin, että vuonna 2016 lämmitykseen käytetty energia oli 37 360 kWh vähemmän vuoteen 2015 verrattuna. Kiinteistössä ei ollut tapahtunut vertailujen välissä muita muutoksia tai korjauksia, joten lämmitysenergian kulutusten pitäisi olla lähellä toisiaan. Eroa tulosten välille voi aiheutua muuttuneesta yleissähkön tai lämpimän käyttöveden määrästä. Toisaalta kulutustiedoissa saattaa olla epätarkkuuksia, jotka aiheuttavat eroa lämmitysenergian tarpeisiin. Myös COP-arvossa tai öljykattilan hyötysuhteessa saattaa olla virhettä.

Laskennassa on käytetty lähtöarvoja, joiden tarkkuudesta ei voida olla varmoja, joten tuloksia on tarkasteltava kriittisesti.

Urakka-asiakirjoissa oli mainittu myös tavoite siitä, että ilma-vesilämpöpumpun avulla tuotettaisiin 70 % kiinteistön lämmitysenergiasta. Kulutuslaskujen mukaan vuonna 2016 lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden tuottamiseen kului energiaa n. 183 000 kWh, kun arvioitu yleissähkön kulutus vähennettiin kokonaisuudesta ja laitteistojen hyötysuhteet huomioitiin. Tästä normittamattomasta kokonaistarpeesta lämpöpumpulla tuotettu osuus oli n. 94 000 kWh eli 51 %. Tämä osuus ei yllä tavoitteen, mutta järjestelmän toiminta ei välttämättä heti alussa ollutkaan täysin optimilukemissa, sillä järjestelmä palveli jonkin aikaa myös palvelutaloa. Ilma-vesilämpöpumpun uskotaan vielä nousevan asetettuun tuottotavoitteen. Lisäksi tätäkin tulosta tarkastellessa pitää muista epätarkkojen lähtöarvojen vaikutus lopputulokseen.

Öljynkulutuksen laskulla ja sähkönkulutuksen nousulla on myös vaikutusta kiinteistön E-lukuun. Rakennuksen energialuvun laskennassa huomioidaan ostoenergian määrä ja eri lähteistä tulleelle energialle on eri kertoimia. Öljyn kerroin on 1,0 ja sähkön kerroin 1,7. (RakMK D5, RakMK D3) Pelkkä ostoenergian väheneminen öljyn osalta pienentää E-lukua. Kuitenkin sähköenergiaa ostetaan saneerauksen jälkeen enemmän kuin ennen, mutta lämpöpumpun hyötysuhteen ollessa öljykattilaa paljon parempi kasvu ei ole läheskään niin suurta kuin öljynkulutuksen väheneminen. Tämä takaa pienentyneen E-luvun ja siten energiatehokkaamman kiinteistön.

5 JÄRJESTELMÄN KUSTANNUSTEHOKKUUS

Kustannustehokkuuden arviointia varten selvitettiin saneerauksesta aiheutuneet kustannukset sekä sen myötä syntyneet säästöt. Näillä tiedoilla laskettiin takaisinmaksuaika, jota verrattiin urakkasopimuksen takaisinmaksuaikalaskelmaan.

5.1 Kustannukset lämmitysjärjestelmän saneerauksesta

Verollinen kokonaisurakkahinta oli 54 613,14 €. Tämä nähdään urakkasopimuksesta, joka on liitteenä 2. Lisä- tai muutostöitä ei kohteessa jouduttu urakan yhteydessä tekemään, joten niistä ei tullut lisää kuluja. Lämmitysjärjestelmän saneerauksen Hämeenlinnan asunnot Oy maksoi omista varoistaan, eikä ottanut lainaa eli mitään korkokuluja ei muodostunut. Kuitenkin urakan maksuun käytetyn rahasumman Hämeenlinnan Asunnot Oy olisi voinut sijoittaa muualle ja näin saada varoilleen korkotuottoa, joten rahalle voisi määrittää laskentakoron. Tässä työssä tarkasteltavissa energialaskelmissa on kuitenkin epävarmuutta, joten suoran eli korottoman takaisinmaksuajan käyttö on perusteltua.

5.2 Todelliset säästöt

Todelliset säästöt nähdään, kun verrataan ennen saneerausta olleita lämmityskuluja saneerauksen jälkeen olleisiin kuluihin. Tiedot näistä kuluista on kerätty isännöitsijältä saaduista laskuista ja koottu taulukkoon 2. Tarjous on annettu vuonna 2014 eli on tässä yhteydessä järkevää verrata lämmityslaskujen muutoksia kyseisen vuoden laskuihin. Vuonna 2014 öljy- ja sähkölaskujen yhteissumma oli 27 169,86 € ja vuonna 2016 vastaava summa oli 15 147,65 € eli säästöjä kertyi 12 022,21 € vuodessa.

Taulukko 2. Öljy- ja sähkölaskujen summat vuosina 2014-2016.

	2014	2015	2016
Öljy	25 060,32 €	20 257,78 €	8 402,22 €
Sähkö	2 109,54 €	3 126,26 €	6 745,43 €

Myös säästöjä arvioitaessa pitää ottaa huomioon erot vuosien lämmitystarpeessa sekä energian hinnassa. Lämmitystarveluvut (Ilmatieteenlaitos 2017) sekä lämmityslaskujen summien normitus on esitettyä alla. Laskennassa oletettiin, että 40 % lämmityslaskuista koostuu lämpimän käyttöveden lämmityksestä. Taulukossa 3 on listattu yksikköhinnat öljylle ja sähkölle eri vuosina.

$$S_N \text{ vpkunta} = 4392 \text{ }^\circ\text{Cvrk}$$

$$S_{\text{toteutunut vpkunta,2014}} = 4073 \text{ }^\circ\text{Cvrk}$$

$$S_{\text{toteutunut vpkunta,2016}} = 4175 \text{ }^\circ\text{Cvrk}$$

$$\epsilon_{\text{norm}} = \frac{S_N \text{ vpkunta}}{S_{\text{toteutunut vpkunta}}} * \epsilon_{\text{lämmitys,tilat}} + \epsilon_{\text{lämmin käyttövesi}}$$

$$\epsilon_{\text{norm,2014}} = \frac{4392 \text{ }^\circ\text{Cvrk}}{4073 \text{ }^\circ\text{Cvrk}} * (0,6 * 27\,169,86)\text{€} + (0,4 * 27\,169,86)\text{€} = 28\,446,64 \text{ €}$$

$$\epsilon_{\text{norm,2016}} = \frac{4392 \text{ }^\circ\text{Cvrk}}{4175 \text{ }^\circ\text{Cvrk}} * (0,6 * 15\,147,65)\text{€} + (0,4 * 15\,147,65)\text{€} = 15\,620,04 \text{ €}$$

Taulukko 3. Öljyn ja sähkön yksikköhintojen keskiarvo vuosina 2014-2016.

	2014	2015	2016
Öljy	0,9342 €/ltr	0,7508 €/ltr	0,7047 €/ltr
Sähkö	0,1365 €/kWh	0,1088 €/kWh	0,1104 €/kWh

Normitetuista lämmityslaskujen summista huomattiin, että molemmat hieman nousivat, mutta ero normitettujen summien välillä, eli säästö, ei merkittävästi muuttunut. Toisaalta vuosien 2014 ja 2016 lämmitystarveluvut olivat melko lähellä toisiaan, joten jo siitä voitiin todeta, ettei normituksella pitäisikään olla suurta vaikutusta. Yksikköhinnat löytyivät laskuista eriteltyinä ja niiden vuosittaiset keskiarvot koottiin taulukkoon 3, jotta niitä olisi helpompi verrata toisiinsa. Vertailtaessa huomattiin yksikköhintojen muutosten olevan suuria. Vuoden 2014 laskujen kulutuksia tarkasteltiinkin vuoden 2016 hinnalla. Laskelmat normittamattomilla öljyn ja sähkön kustannuksilla on esitetty alla.

$$\frac{25\,060,32 \text{ €}}{0,9342 \frac{\text{€}}{\text{ltr}}} * 0,7047 \frac{\text{€}}{\text{ltr}} + \frac{2\,109,54 \text{ €}}{0,1365 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}} * 0,1104 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 20\,610,06 \text{ €}$$

Laskelman perusteella vuonna 2016 lämmityskustannukset olisivat olleet n. 20 600 €, jos saneerausta ei olisi tehty. Tähän summaan verrattuna vuonna 2016 säästöjä lämmitysjärjestelmän saneerauksen ansiosta olisi kertynyt vain alle 5 500 €.

5.3 Tulevat säästöt

Öljyn hinta on laskenut viime vuosina suuresti. Hintakehitys alaspäin on kuitenkin hidastunut ja odotettavissa on seuraavaksi hinnan maltillista kasvua (Kauppalehti 29.7.2016). Mikäli ennusteet toteutuvat ja öljyn hinta nousee, niin öljynkulutuksen pysyessä vakiona vuosittaiset säästöt kasvavat. Sähkön hintakin on pienentynyt melkoisesti ja ennusteen mukaan kehitys jatkuu samansuuntaisena (Kauppalehti 13.9.2016). Ennusteen toteutuminen tarkoittaisi laitteiston sähkönkulutuksen pysyessä tasaisena suurempia vuosittaisia säästöjä, sillä suurentuneen sähkönkulutuksen laskut pienenisivät.

Myös järjestelmän hyötysuhde vaikuttaa tuleviin säästöihin. Käyttöön tai olosuhteisiin voi tulla muutoksia, jotka lisäävät laitteiston käymistä tietyillä toiminta-arvoilla. Esimerkiksi leudot talvet ovat ilma-vesilämpöpumpulle parempia kuin kovat pakkaset. Toiminta-arvojen ollessa sellaisia, joilla laitteiston hyötysuhde on korkeampi, myös säästöt kasvavat, sillä vähemmällä ostoenergialla saadaan tuotettua enemmän hyötyenergiaa. Lisääntyneillä toiminta-arvoilla, joilla laitteen hyötysuhde on matalampi, vaikutus on päinvastainen. Toisaalta myös ankarat talvet lisäävät lämmitystarvetta kasvattaen lämmityskustannuksia ja näin pidentävät myös takaisinmaksuaikaa.

5.4 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika laskettiin jakamalla kokonaisurakkahinta vuodessa kertyneillä säästöillä. Jos päivitetyllä lämmitysjärjestelmällä säästettäisiin joka vuosi saman verran kuin vuonna 2016 verrattuna vuoteen 2014 ilman, että huomioitaisiin yksikköhintojen muutoksia, niin järjestelmä maksaisi itsensä takaisin 4,5 vuodessa. Yksikköhintojen muutokset huomioimalla takaisinmaksuaika olisi 10 vuotta. Kuitenkin täysin tarkkaa takaisinmaksuaikaa on vaikea määritellä, sillä vuosittaiset säästöt riippuvat

edellä kerrotulla tavalla energiahinnoista, vuoden lämmitystarpeesta sekä laitteiston hyötysuhteesta.

Urakkatarjouksessa esitetty takaisinmaksuaikalaskelma on liitteenä 3 ja siinä on laskettu, että investointi maksaa itsensä takaisin 4,4 vuodessa. Tässä laskelmassa on siis vain kuukausien ero verrattuna laskennalliseen 4,5 vuoden takaisinmaksuaikaan ja taas 10 vuoden takaisinmaksuaika on yli kaksinkertainen. Voidaan siis todeta, että ilma-vesilämpöpumppu on toiminut aivan hyvin kohteessa, mutta muuttuneet energiahinnat muuttavat paljon takaisinmaksuajan laskentaa. Jo kulutuksia vertaillen todettiin, ettei ilma-vesilämpöpumppu täysin vielä yltänyt sille suunniteltuihin tavoitteisiin ja tämä vaikuttaa myös takaisinmaksuaikaan. Jatkossa saatujen käyttötietojen perusteella pystytään lämpöpumpun ja öljykattilan yhteistoimintaa optimoimaan ja säästöt kasvavat, kunhan lämpöpumpun osuus tuotetusta lämpöenergiasta kasvaa vielä suuremmaksi. Öljyn hinnan romahduksen vaikutus on suuri ja eikä sen perusteella voida sanoa saneerauksen epäonnistuneen. Toisaalta tästä laskelmasta nähdään, kuinka tärkeää on ennustaa tulevia energiahintoja takaisinmaksuaikalaskelmia tehtäessä.

6 YHTEENVETO

Työn johtopäätöksiksi voidaan summata, että järjestelmä toimii oikein ja suunnitellusti, mutta tavoitteisiin on vielä hieman matkaa. Jatkossa järjestelmän toiminnan seuraamista tulee jatkaa, jotta saadaan tavoitellut toiminta-arvot täyttymään. Kaiken kaikkiaan saneeraus on onnistunut, vaikka takaisinmaksuaika tällä hetkellä laskettuna on pidempi kuin urakkaa tarjotessa arveltiin. Energiatehokkuus on varmasti parantunut kiinteistössä ja tämän voisi todeta päivittämällä rivitalon energiatodistuksen.

Opinnäytetyötä tehdessä ilmenneitä epävarmuustekijöitä olivat energiankulutustiedot, energiahintojen muutokset ja lämmitysjärjestelmien hyötysuhteet. Edellä mainitut tekijät vaikuttivat etenkin takaisinmaksuajan laskentaan. Huomattavan tärkeää on suhtautua kriittisesti saatuihin tuloksiin, sillä lähtötiedoissa olevat vaihtelut vaikuttavat merkittävästi muuttaen tuloksia aivan erilaisiksi. Myös palvelutalon irrottaminen lämmitysjärjestelmän piiristä kesken tarkastelujakson on varmasti tuonut virhettä laskujen lähtötietoihin ja eri vuosien vertailuarvoihin.

Projektin toteuttaminen vaati paljon aikaa, tietoja eri henkilöiltä ja monista aineistoista sekä näiden yhdistelemistä käyttökelpoiseksi ja järkeväksi kokonaisuudeksi. Lopputulos jäsenyi hyvin laajasta tietomäärästä ja asioiden monipuolisesta tarkastelusta johtuen. Toteutunut työ vastasi useimpiin tarpeisiin ja nosti esiin vielä ne kohdat, joiden parissa pitäisi vielä tehdä havaintoja sekä mahdollisesti muutoksia. Työ osoitti saneerauksen jälkeisen tarkastelun olennaisuuden, sillä varmistuminen onnistuneesta lopputuloksesta ja tulevia kohteita varten saatu tieto on tärkeää.

LÄHTEET

Cerin www-sivut. Viitattu 7.6.2017 www.cer.fi

Edun www-sivut. Viitattu 7.6.2017 www.03wdu.fi

Ilmatieteenlaitoksen www-sivut. Viitattu 6.11.2017. www.ilmatieteenlaitos.fi

Karisto, Juha. Isännöitsijä, Hämeenlinnan asunnot Oy. Hämeenlinna. Sähköposti 17.5.2017. Vastaanottaja: wilhelmiina.rosu@jinputkioy.fi Viitattu 18.5.2017.

Karisto, Juha. Isännöitsijä, Hämeenlinnan asunnot Oy. Hämeenlinna. Sähköposti 21.8.2017. Vastaanottaja: wilhelmiina.rosu@jinputkioy.fi Viitattu 26.9.2017.

Karisto, Juha. Isännöitsijä, Hämeenlinnan asunnot Oy. Hämeenlinna. Sähköposti 25.9.2017. Vastaanottaja: wilhelmiina.rosu@jinputkioy.fi Viitattu 26.9.2017.

Karisto, Juha. Isännöitsijä, Hämeenlinnan asunnot Oy. Hämeenlinna. Sähköposti 27.10.2017. Vastaanottaja: wilhelmiina.rosu@jinputkioy.fi Viitattu 6.11.2017.

Karjalainen, Jukka. Konsultti, JM-Putki Oy. Hämeenlinna. Sähköposti 20.10.2017. Vastaanottaja: wilhelmiina.rosu@jinputkioy.fi Viitattu 6.11.2017.

Karjalainen, Jukka. Konsultti, JM-Putki Oy. Hämeenlinna. Sähköposti 12.12.2017. Vastaanottaja: wilhelmiina.rosu@jinputkioy.fi Viitattu 16.12.2017.

Kauppalehden www-sivut, artikkeli 29.7.2016. Viitattu 7.6.2017.
<https://www.kauppalehti.fi/uutiset/oljyn-hintaan-ennustetaan-lievaa-nousua/GsTY7BeU>

Kauppalehden www-sivut, artikkeli 13.9.2016. Viitattu 7.6.2017.
<https://www.kauppalehti.fi/uutiset/teollisuus-saa-liian-aikaisin-sahkon-hintatukea/rNNrY6Lm>

Kohdekäynti, Likokuja 1 lämmönjakohuone 17.5.2017. Viitattu 7.6.2017.

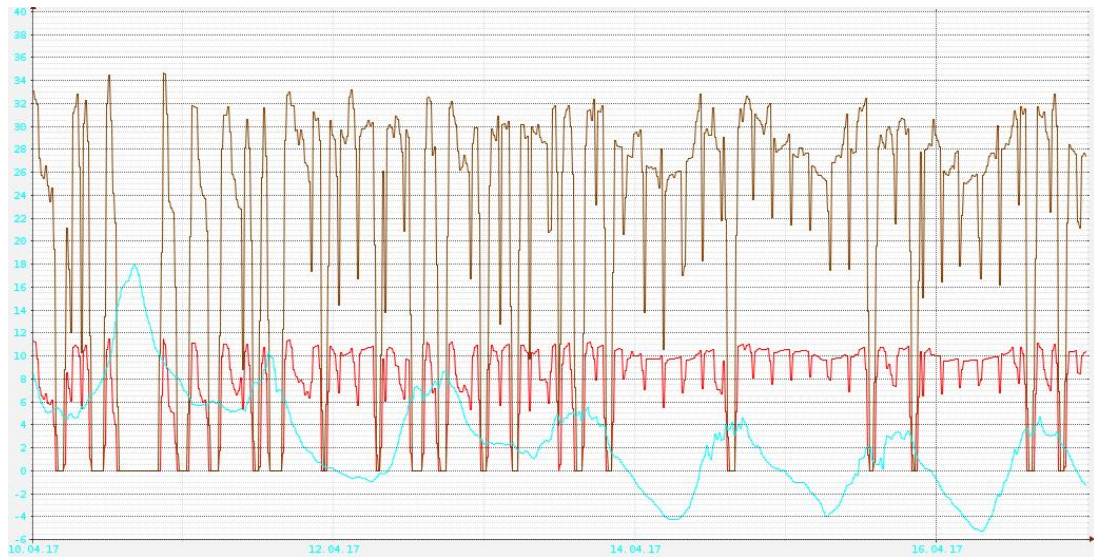
Motivan www-sivut. Viitattu 6.11.2017 www.motiva.fi

Mäkelä, Jussi. Toimitusjohtaja, JM-Putki Oy. ja Karjalainen, Jukka. Konsultti JM-Putki Oy. Hämeenlinna. Henkilökohtainen tiedonanto 21.6.2017. Viitattu 26.9.2017.

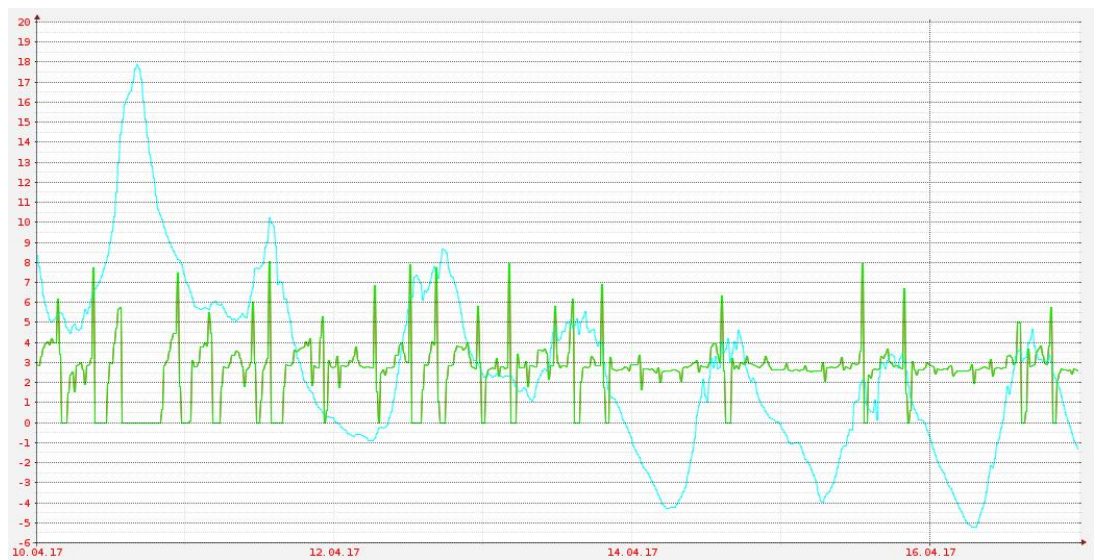
Suomen Rakentamismääräyskokoelma D5. 2013. Ympäristöministeriö. Viitattu 6.11.2017.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. 2012. Ympäristöministeriö. Viitattu 6.11.2017.

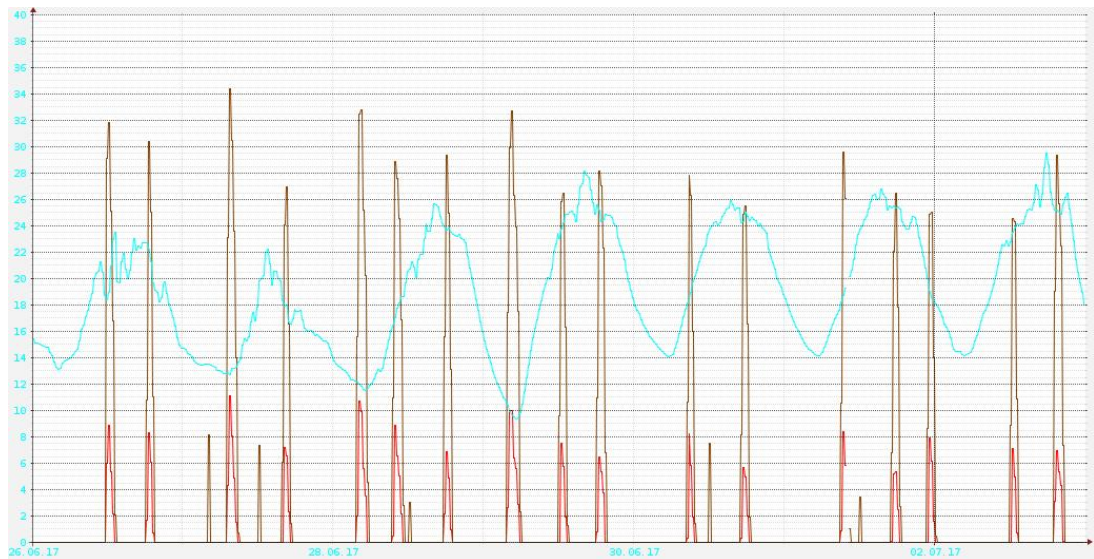
Web-valvomo. Viitattu 26.10.2017.



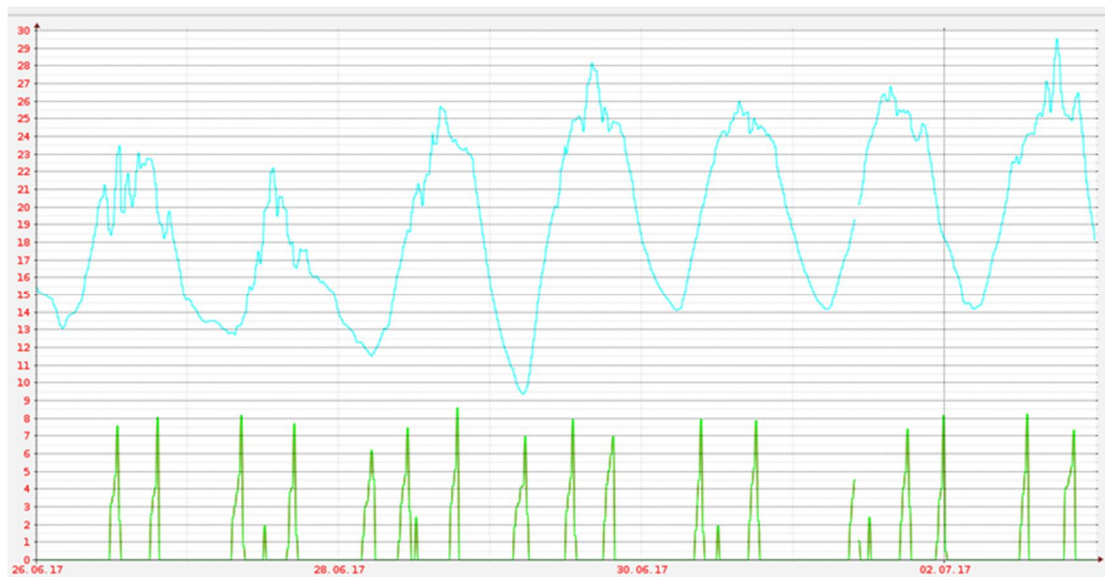
Kuva 1. Lämpöpumpun otto- ja tuottoteho sekä ulkolämpötila keväällä. Punainen viiva kuvaa ilma-vesilämpöpumpun ottamaa sähkötehoa ja ruskea viiva sen tuottamaa lämpötehoa sekä vaaleansininen ulkolämpötilaa.



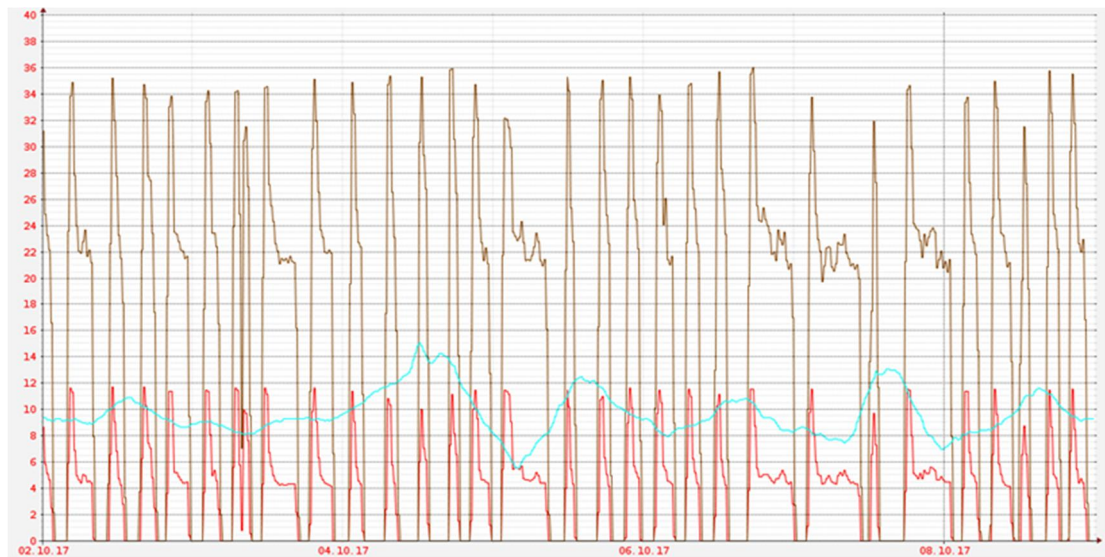
Kuva 2. Lämpöpumpun hetkellinen COP-arvo sekä ulkolämpötila keväällä. Vaaleansininen viiva kuvaa ulkolämpötilaa ja vihreä hetkellistä COP-arvoa.



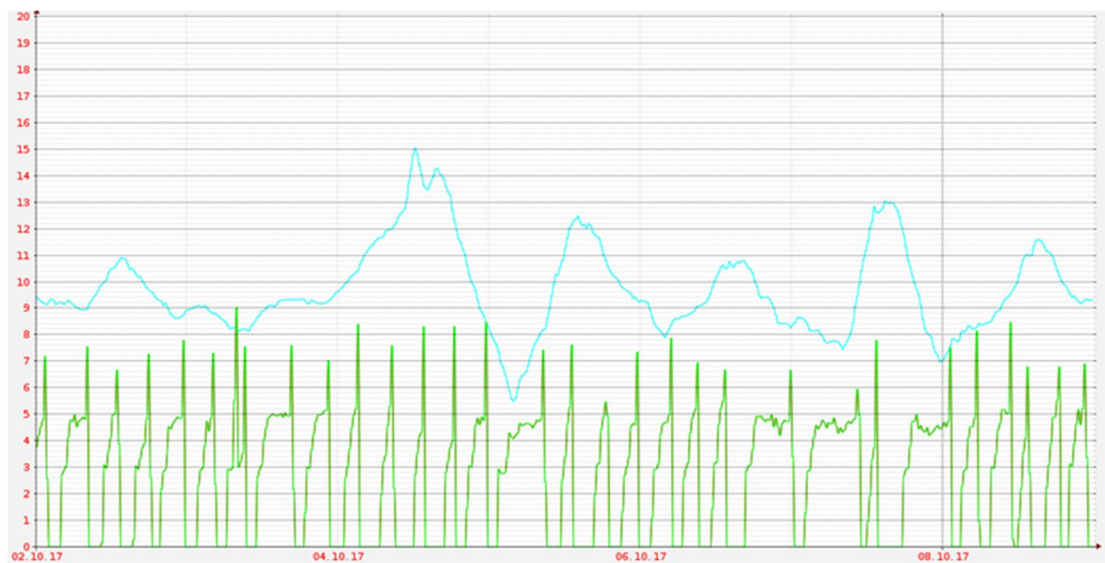
Kuva 3. Lämpöpumpun otto- ja tuottoteho sekä ulkolämpötila kesällä. Punainen viiva kuvaa ilma-vesilämpöpumpun ottamaa sähkötehoa ja ruskea viiva sen tuottamaa lämpötehoa sekä vaaleansininen ulkolämpötilaa.



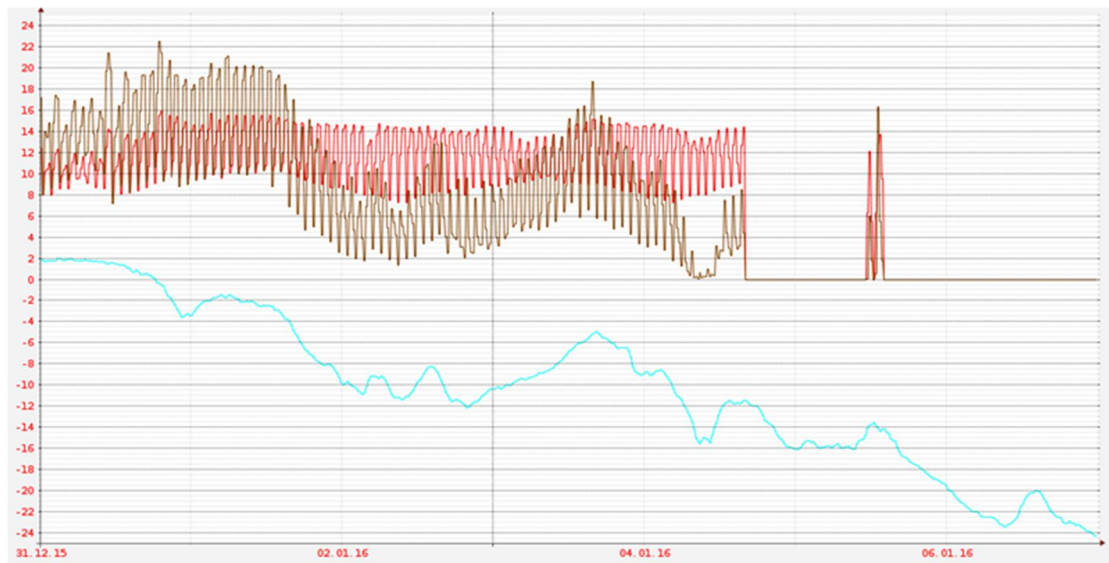
Kuva 4. Lämpöpumpun hetkellinen COP-arvo sekä ulkolämpötila kesällä. Vaaleansininen viiva kuvaa ulkolämpötilaa ja vihreä hetkellistä COP-arvoa.



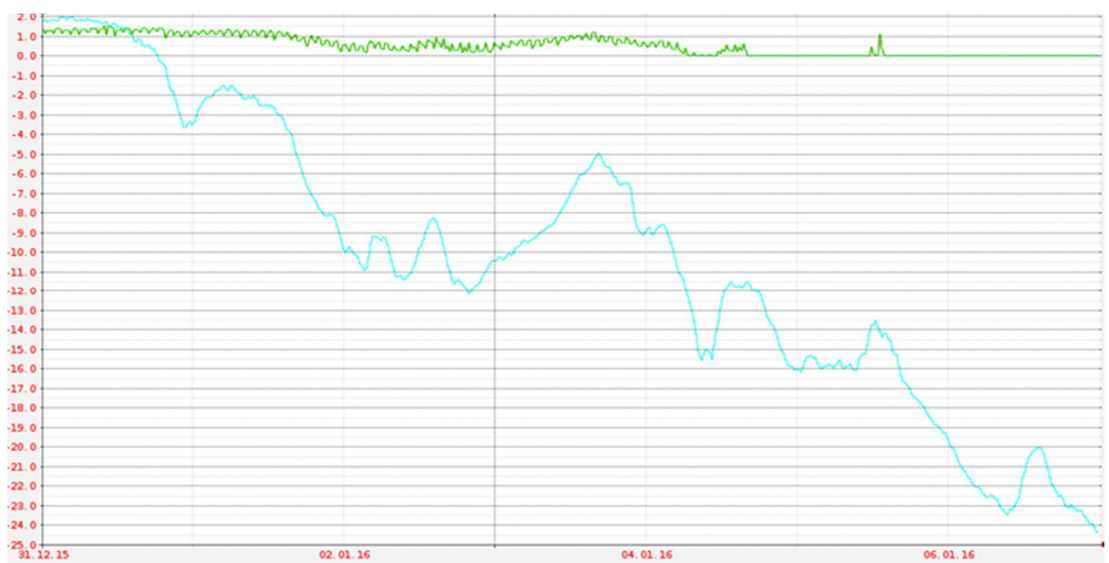
Kuva 5. Lämpöpumpun otto- ja tuottoteho sekä ulkolämpötila syksyllä. Punainen viiva kuvaa ilma-vesilämpöpumpun ottamaa sähkötehoa ja ruskea viiva sen tuottamaa lämpötehoa sekä vaaleansininen ulkolämpötilaa.



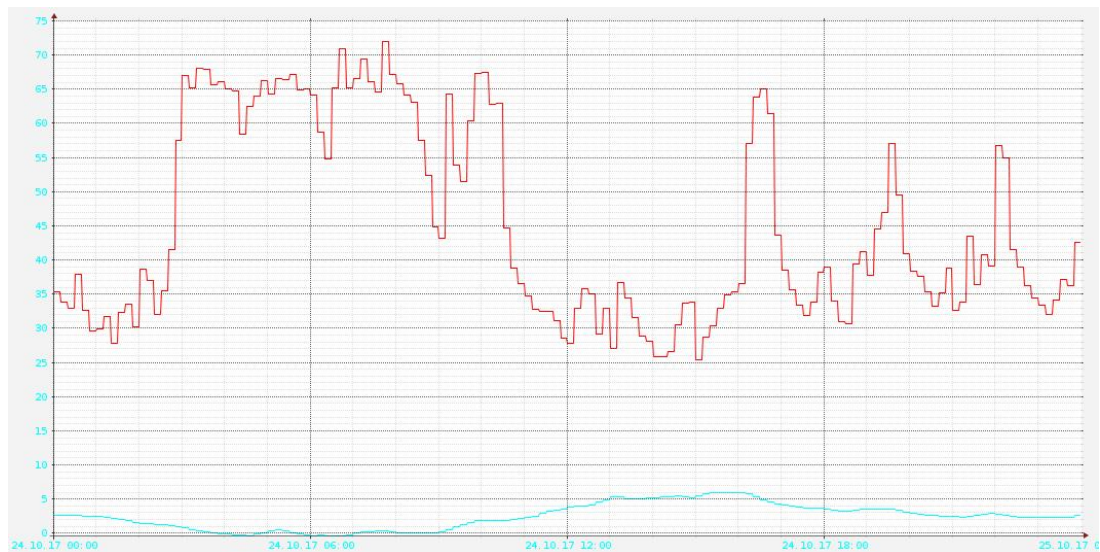
Kuva 6. Lämpöpumpun hetkellinen COP-arvo sekä ulkolämpötila syksyllä. Vaaleansininen viiva kuvaa ulkolämpötilaa ja vihreä hetkellistä COP-arvoa.



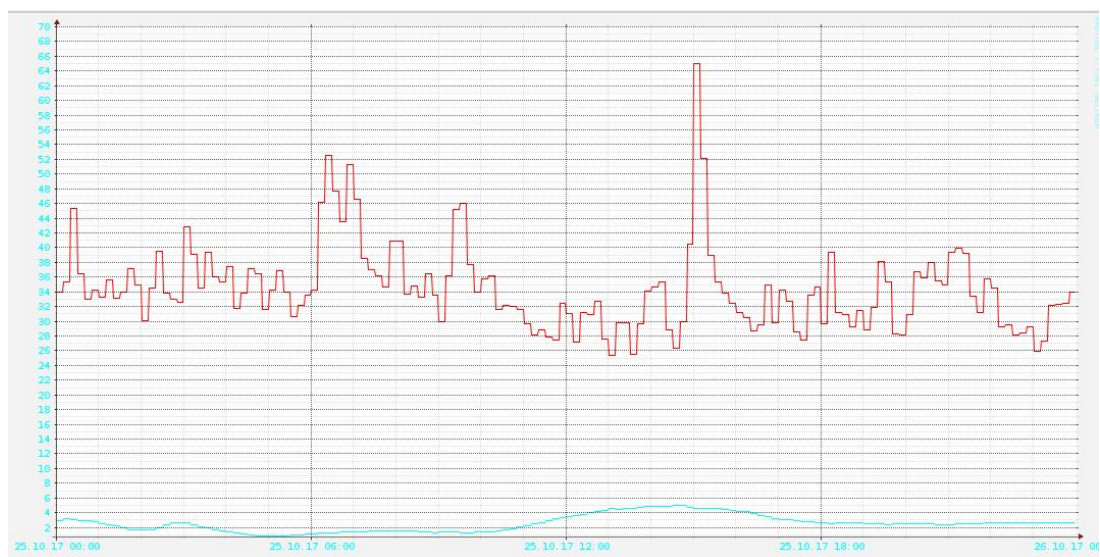
Kuva 7. Lämpöpumpun otto- ja tuottoteho sekä ulkolämpötila talvella. Punainen viiva kuvaa ilma-vesilämpöpumpun ottamaa sähkötehoa ja ruskea viiva sen tuottamaa lämpötehoa sekä vaaleansininen ulkolämpötilaa.



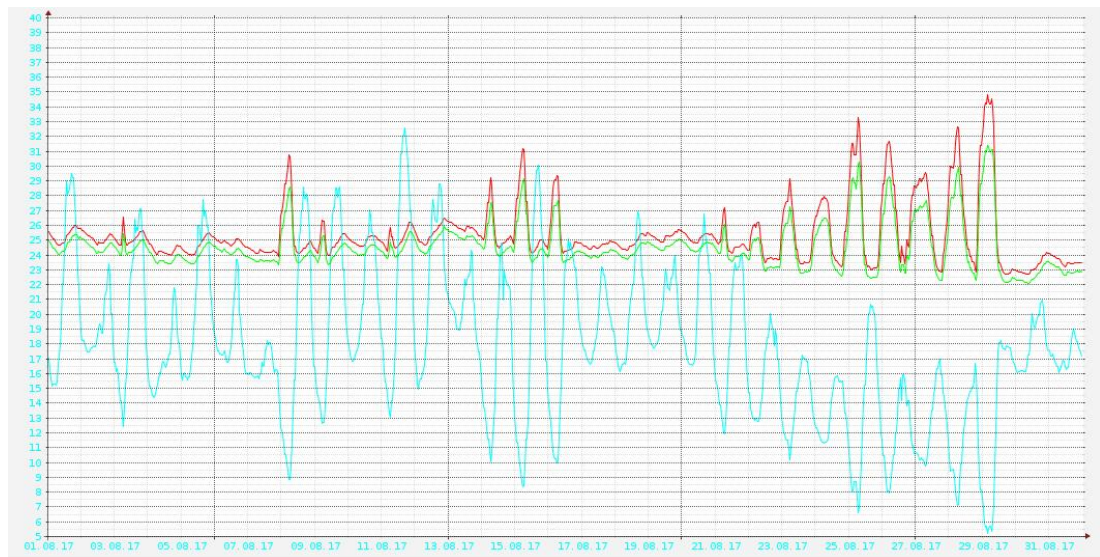
Kuva 8. Lämpöpumpun hetkellinen COP-arvo sekä ulkolämpötila talvella. Vaaleansininen viiva kuvaa ulkolämpötilaa ja vihreä hetkellistä COP-arvoa.



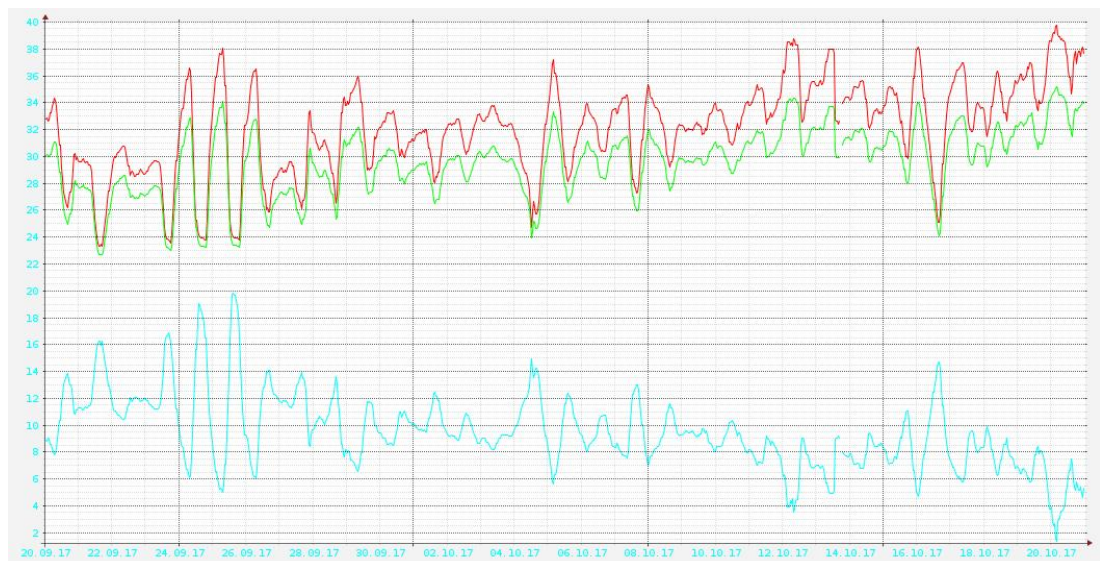
Kuva 9. Nelitieventtiilin asento ja ulkolämpötila 24.10.2017. Punainen viiva kertoo prosentteina venttiilin asennon ja vaaleansininen kuvaa ulkolämpötilaa.



Kuva 10. Nelitieventtiilin asento ja ulkolämpötila 25.10.2017. Punainen viiva kertoo prosentteina venttiilin asennon ja vaaleansininen kuvaa ulkolämpötilaa.



Kuva 11. Patteriverkoston meno- ja paluueden lämpötilat elokuussa 2017. Punainen viiva on menovesi, vihreä paluuvesi ja vaaleansininen ulkolämpötila.



Kuva 12. Patteriverkoston meno- ja paluueden lämpötilat syys – lokakuussa 2017. Punainen viiva on menovesi, vihreä paluuvesi ja vaaleansininen ulkolämpötila.

URAKKASOPIMUS

Hanke	Lämmitysjärjestelmän saneeraus
Rakennuskohde	Likokuja 1 14820 Tuulos
Urakkasopimus	Pääurakka

1 SOPIJAPUOLET

Tilaaaja	Hämeenlinnan Asunnot Oy Raatihuoneenkatu 7 13100 Hämeenlinna
----------	--

Tilaaajan edustajat	Juha Karisto Isännöitsijä
---------------------	------------------------------

Urakoitsija	JM-Putki Oy Kiusamäentie 68 14300 Renko
-------------	---

Urakoitsijan edustajat	Jussi Mäkelä
------------------------	--------------

2 MUUT OSAPUOLET

Rakennuttaja	Hämeenlinnan Asunnot Oy
--------------	-------------------------

Pääurakoitsija	JM-Putki Oy
----------------	-------------

Työmaan johtovelvollisuuksista vastaava	JM-Putki Oy
---	-------------

Työmaapalveluista
vastaava

Tilaaaja vastaa:

Veden, valaistukseen ja laitteiden käyttöön tarvittavan sähkön antamisesta

Urakoitsija vastaa:

Työaikaisten rakennelmien (esim. telineiden) ja asennuksien tekemisen
Rakennuskohteen, rakennusosien ja rakennustarvikkeiden sekä ympäristön suojaamisen ja hoidon

Työmaan sisäisen jätehuollon järjestämisen ja siivouksen

LIITE 2 (2)

3 SOPIMUSEHDOT JA KÄSITTEISTÖ

Yleistä	Tämä sopimuslomake ja Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998 liittyvät toisiinsa. Vasemmalla reunuksessa olevat otsikot viittaavat yleisten sopimusehtojenvastaavaan kohtaan.
Nimitys	Tässä urakkasopimuksessa käytetään jäljempänä Rakennusurakan yleisistä sopimusehdoista nimitystä YSE.

4 URAKOITSIJAN SUORITUSVELVOLLISUUS

Urakan kohde	Likokuja 1 14820 Tuulos
Pääsuoritusvelvollisuus Viite YSE 1 §	JM-Putki Oy
Sivovelvollisuudet Viite YSE 2 §	Urakkaan kuuluvat urakoitsijan oman suorituksen osalta kaikki valmiin työn edellyttämät YSE 2 §:n toimenpiteet ja velvollisuudet, joita sopimusasiakirjoissa ei erikseen ole mainittu kuuluviksi tilaajan velvoitteisiin.
Työmaapalvelut Viite YSE 3 §	Työmaapalveluista vastaa pääurakoitsija paitsi kohdassa 2 mainittu tilaajan vastattavaksi osoitettu veden, valaistukseen ja laitteiden käyttöön tarvittavan sähkön antaminen.
Työmaan johtovelvollisuudet Viite YSE 4 §	JM-Putki Oy

5 SOPIMUSASIAKIRJAT

Viite YSE 12 §	Urakassa noudatetaan tätä sopimusta ja siihen liittyviä jäljempänä lueteltuja sopimusasiakirjoja.
Viite YSE 13 §	Asiakirjojen keskinäinen pätevyys YSE 13 §:n mukaisesti

Urakka-asiakirjaluettelo

	Liite Nro	Päiväys
A. Kaupalliset asiakirjat		
Tarjous	1	19.10.2015
B. Tekniset asiakirjat		
Työturvallisuusasiakirja	2	20.5.2011

Lisäksi urakassa noudatetaan yleisiä standardeja, työohjeita työselostuksia, jotka on osoitettu edellä luetelluissa asiakirjoissa.

6 TILAAJAN MYÖTÄVAIKUTUSVELVOLLISUUS

Lupien hankkiminen

Viite YSE 8 § JM-Putki Oy

Suunnitelmien toimittaminen

Viite YSE 8 §

Tilaaajan teettämät muut työt ja hankinnat

Viite YSE 7 § ja 8 § Tilaaaja ei muita hankintoja.

7 LAADUNVARMISTUS

Viite YSE 9 § ja 10 § YSE:n ja sopimusasiakirjojen mukaisesti.

8 URAKKA-AIKA

Viite YSE 17 §

Urakoitsijalla on oikeus alkaa työt rakennuskohteessa 26.10.2015 kuitenkin ei ennen, kun verkkoyhtiö on saanut korotettua verkkoliittymän.

Työt on suoritettava siten, että eri työvaiheet saavutetaan sovitun aikataulun mukaisesti ja että urakkasuoritus on valmis luovutettavissa tilaajalle viimeistään 15.12.2015.

9 VIIVÄSTYSSAKKO

Viite YSE 18 §

Urakkasuorituksen viivästyessä kohdassa 8 mainitusta määräajasta tilaaja on oikeutettu saamaan urakoitsijalta viivästyssakkona 1 % kultakin viikolta, kuitenkin enintään 5 viikolta.

10 TAKUUAIKA

Viite YSE 29 §

Takuuaika on 24 kuukautta rakennuskohteen valmistumisesta.

11 VAKUUKSET

Urakoitsijan vakuudet

Viite YSE 36 §

Urakoitsija antaa tilaajalle rakennusaikaiseksi vakuudeksi pankin tai vakuutuslaitoksen myöntämän omavelkaisen takauksen määrältään 0% arvonlisäverottomasta urakkasummasta.

Rakennusaikainen vakuus kattaa myös lisä- ja muutostyöt. Vakuuden tulee olla voimassa kolme kuukautta yli urakka-ajan

Urakoitsija antaa tilaajalle takuuajaksi vakuudeksi pankin tai vakuutuslaitoksen myöntämän omavelkaisen takauksen määrältään euroa. 0 % arvonlisäverottomasta urakkasummasta.

Takuuajainen vakuus kattaa myös lisä- ja muutostyöt. Vakuuden tulee olla voimassa kolme kuukautta yli takuuajan

LIITE 2 (4)

Tilaaajan vakuudet Viite YSE 37 §

Tilaaaja ei anna urakoitsijalle vakuutta

12 VAKUUTUKSET Viite YSE 38 §

Urakoitsijan tulee vakuuttaa rakennuskohde tilaaajan nimiin otetulla rakennustyövakuutuksella.

Urakoitsijalla tulee olla voimassaoleva toiminnan vastuuvakuutus.

Kiinteistön omistaja vastaa koko kiinteistön palovakuutuksesta.

13 URAKKAHINTA Viite YSE 39 §

Urakoitsijan suoritusta vastaan tilaaaja maksaa urakoitsijalle kiinteän urakkahinnan, joka on:

Veroton hinta **44 042,85 €**

Arvonlisäveron osuus hinnasta on **10570,28 € (24%)**

Verollinen hinta yhteensä **54 613,14€ €**

14 URAKKAHINNAN MAKSAMINEN Viite YSE 40 §

Maksut suoritetaan, kun työvaihe on suoritettu ja valvoja on hyväksynyt työn suoritetuksi.

Hyväksytyjen laskun maksuehto on 14 päivää netto. Viivästyskorko on korkolain mukainen kulloinkin voimassa oleva viivästyskorko.

15 HINTASIDONNAISUUDET Viite YSE 48 § ja 49 §

Urakkahinta on kiinteä ilman indeksi- tai valuuttasidonnaisuutta.

16 SUUNNITELMIEN MUUTTAMISEN VAIKUTUS URAKKAHINTAAN Viite YSE 44 § ja 47 §

Muutostöissä noudatetaan YSE:n 44 §:n mukaista menettelyä. Yleiskustannuslisänä käytetään 6 %. Yleiskustannuslisä lasketaan muutoksesta aiheutuvien lisäysten ja vähennysten erotuksella.

Kaikkiin muutoksiin on ennen työn toteuttamista ja hankintoja saatava tilaaajan kirjallinen hyväksyminen.

17 OMISTUSOIKEUS

Viite YSE 51 § , 52 § ja 53 § YSE:n mukaisesti

LIITE 2 (5)

18 LISÄ- JA MUUTOSTÖIDEN TILAAMINEN

Viite YSE 46 § ja 59 § Lisä- ja muutostöitä on oikeutettu tilaamaan Hämeenlinnan Asunnot Oy:
edustaja

19 VALVONTA

Viite 59 § ja 60 § Isännöitsijä

20 TYÖNJOHTO

JM-Putki Oy

21 TYÖSUOJELU

Viite YSE 57 § Työmaan turvallisuudesta yleisjohdosta vastaava henkilö on vastaava
työnjohtaja.

Urakoitsijan on vaadittaessa ilmoitettava omien ja alihankkijoidensa
työmaalla työskentelevien työntekijöiden nimet ja henkilötunnukset ti-
laajalle.

22 YHTEISET TOIMITUKSET

Viite YSE 66 § Työmaakokouksia pidetään erikseen sovittuina aikoina tarpeen vaaties-
sa..

23 ERITYISIÄ MÄÄRÄYKSIÄ

Loppuselvitys on tehtävä viivytyksettä ja välittömästi, kun se on mah-
dollista.

24 RIITAISUUKSIEN RATKAISEMINEN

Viite YSE 92 § Tätä sopimusta koskevat mahdolliset erimielisyydet ratkaistaan ensisijai-
sesti osapuolten neuvottelujen avulla. Mikäli yhteysymmärrystä ei saa-
vuteta, riitaisuudet jätetään Hämeenlinnan käräjäoikeuden ratkaistavaksi.

Tätä sopimusta on tehty kaksi samansanaista kappaletta, yksi kummalle-
kin sopijapuolelle.

Hämeenlinnassa 30.10.2015

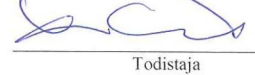

Tilaja

Juha Karisto


Urakoitsija

Jussi Mäkelä


Todistaja


Todistaja

LIITE 3

Likokuja 1

Kiinteistön öljyn kulutus	27000 l/V	
Kiinteistön energian kulutus	202500 kWh	75% Hyötysuhteella
Öljynkustannus	24 300,00 € €/V	Öljyn hinta 0,90€ per litra
-Lämpöpumpulla tuotettu energia	141750,00 kwh per vuosi	
Sähkö	0,08 €/kWh	70% Energian tarpeesta
COP	2,5	
Sähköenergia tarve	56700 kWh	
Sähkön kustannus	4 536,00 €	
Erotus vuodessa	60750,00 kwh öljy	7 290,00 € Kustannus öljy 30%
	141750,00 kwh lämpöpumppu	4 536,00 € Kustannus sähkö
		11 826,00 € Kustannukset yhteensä
		12 474,00 € Säästö vuodessa
		55 000,00 € Tarjous
		4,4 Takaisinmaksuaika, vuotta