

**Poistoilman lämmöntalteenottolaitteen
kytkennän vaikutus
kaukolämpöjärjestelmän toimintaan**

Alex Kylmälä

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015

Energiatekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



| | | |
|--|--------------------------------|--|
| Tekijä(t) Kylmä, Alex | Julkaisun laji Opinnäytetyö | Päivämäärä 31.05.2015 |
| | Sivumäärä 37 | Julkaisun kieli Suomi |
| | | Verkkojulkaisulupa myönnetty (X) |
| Työn nimi Poistoilman lämmöntalteenottolaitteen kytkennän vaikutus kaukolämpöjärjestelmän toimintaan | | |
| Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma | | |
| Työn ohjaaja(t) Marjukka Nuutinen Harri Peuranen | | |
| Toimeksiantaja(t) Jyväskylän Energia | | |
| Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia poistoilman lämmöntalteenottolaitteen (LTO) kytkennän vaikutusta kaukolämpöjärjestelmään lämmöntuottajan näkökannalta. Työ rajattiin neljään kaukolämmöllä lämmitettyyn asuinkerrostaloon, jossa on poistoilmalämpöpumppu (PILP). Kytkentä on mahdollista toteuttaa rinnan tai sarjan kaukolämpöjärjestelmään. Kytkennän vaikutusta tutkittiin kaukolämpöjärjestelmän jäähtymään ennen ja jälkeen LTO-laitteiston asentamisen. Lisäksi tarkastelun kohteena oli sähkönkulutus.</p> <p>Neljän kerrostalon kulutustietoja analysoitiin jäähtymän ja sähkönkulutuksen osalta. Analysoinnista selvisi, että jäähtymä on kohteissa huonontunut LTO-laitteiston käyttöönoton jälkeen. Huono jäähtymä lisää kaukolämpöverkon pumppauskustannuksia suuremman vesivirran myötä. Myös sähkönkulutus nousi LTO-laitteiston käyttöönoton jälkeen, koska PILP vaatii toimiakseen sähköä.</p> <p>Tulokset osoittivat että kohteissa jäähtymä huononi ja sähkönkulutus nousi LTO-järjestelmän käyttöönoton jälkeen. Kaukolämpöjärjestelmässä jäähtymä pitäisi olla mahdollisimman suuri. Jäähtymää voidaan parantaa kytkemällä laitteisto lämmöntuottajan ohjeistuksen mukaisesti, jotta asiakas ei lämmittäisi kaukolämpöverkon paluuvettä.</p> | | |
| Avainsanat (asiasanat) | | |
| Lämpöpumppu, kerrostalo, energiankulutus, kaukolämmitys, lämmön talteenotto | | |
| Muut tiedot | | |



| | | |
|---|--|--|
| Author(s) Kylmälä, Alex | Type of publication Bachelor's Thesis | Date 31.05.2015 |
| | Pages 37 | Language Finnish |
| | | Permission for web publication (X) |
| Title Effects of heat recovery from exhaust air with heat pump technology on district heating systems function | | |
| Degree Programme Energy Technology | | |
| Tutor(s) Marjukka Nuutinen Harri Peuranen | | |
| Assigned by Jyväskylän Energia | | |
| Abstract <p>The aim of this bachelor's thesis was to examine the effects of heat recovery from exhaust air with heat pump technology in a block of flats on district heating. Focus was on district heating systems functioning, cooling and water flow.</p> <p>This thesis specifically focuses on the energy producer's side and what effects heat recovery system's connection has on the district heating system. Four apartment buildings consumption data was analyzed. The analysis showed that cooling of water from customers has worsened since the installation of heat recovery system. Poor cooling of water also increases the pumping costs of the heating network. Subsequently, consumption of electricity rose after the installation of heat recovery system, as the heat pump requires electricity to function. This data was obtained from the local energy company.</p> <p>Results indicated that this type of connections used for the heat recovery systems affect district heating system in a negative way. The temperature of return water was higher after the implementation of heat recovery systems. Thus the combined heat and power plants run at a lower efficiency as pumping costs rose. The temperature of return water should be as low as possible. This can be achieved by installing the heat recovery system in accordance with the heat producers guidelines.</p> | | |
| Keywords Heat pump, multi-story building, energy consumption, district heating, heat recovery | | |
| Miscellaneous | | |

Sisältö

| | |
|--|----|
| 1 Johdanto | 3 |
| 1.1 Rakennukset energian kuluttajina | 3 |
| 1.2 Opinnäytetyön tavoitteet..... | 4 |
| 2 Talotekniikka ja poistoilmalämpöpumppu..... | 5 |
| 2.1 Vanhan asuinkerrostalon ilmanvaihto | 5 |
| 2.2 Lämmöntalteenotto poistoilmalämpöpumpulla..... | 7 |
| 3 Kaukolämpö..... | 12 |
| 3.1 Kaukolämpöjärjestelmä | 12 |
| 3.2 Jyväskylän Energian kaukolämpöverkko | 16 |
| 3.3 Rakennusten kaukolämmitys: määräykset ja ohjeet | 17 |
| 4 Pilottijärjestelmän vaikutus kaukolämpöjärjestelmään..... | 21 |
| 4.1 Pilottikohteiden kytkennät..... | 21 |
| 4.4 Yhteenveto pilottikohteiden kytkennöistä | 24 |
| 5 Kulutustietojen analysointi | 25 |
| 5.1 Teoria..... | 25 |
| 5.2 Jäähtymä ja kaukolämpöenergia..... | 26 |
| 5.3 Sähkönkulutus | 27 |
| 5.4 Johtopäätökset..... | 29 |
| 6 Pohdinta | 29 |
| Lähteet..... | 31 |
| Liitteet | 33 |
| Liite 1. Jyväskylän Energian ohje hybridikytkennästä asiakkaan kaukolämpölaitteiston rinnalle | 33 |
| Liite 2. Pilottikohde 1 jäähtymä 30.4.2011-30.4.2012 | 36 |
| Liite 3. Pilottikohde 1 jäähtymä 30.4.2013-30.4.2014 | 37 |

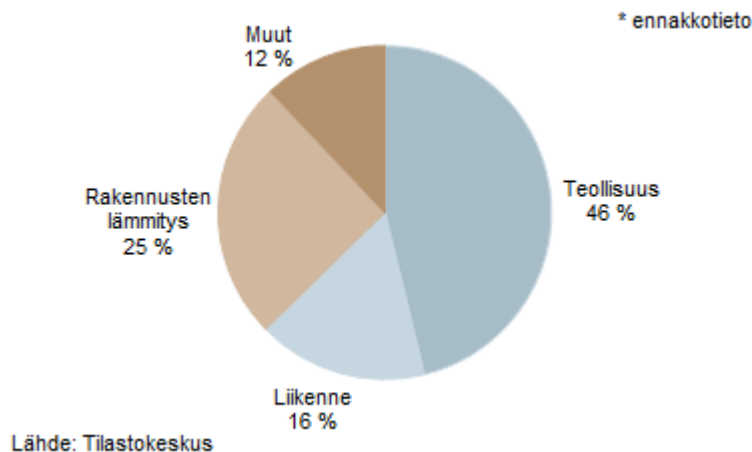
Kuviot

| | |
|--|----|
| Kuvio 1. Energian loppukäytön jakaantuminen sektoreittain 2013. | 3 |
| Kuvio 2. Koneellinen poistoilmanvaihto..... | 6 |
| Kuvio 3. Lämpöhäviöiden jakaantuminen kerrostalossa | 7 |
| Kuvio 4. Lämpöpumpun toimintaperiaate | 8 |
| Kuvio 5. Selitteet kytkentäkaavioille | 10 |
| Kuvio 6. Lämpöpumppu ja kaukolämpö kytketty rinnan | 10 |
| Kuvio 7. Lämpöpumppu ja kaukolämpö kytketty sarjaan..... | 11 |
| Kuvio 8. Poistoilman lämmöntalteenotto. | 12 |
| Kuvio 9. Kaukolämmön asiakkaiden lukumäärän ja johtopituuden kehitys Suomessa | 13 |
| Kuvio 10. Esimerkki kaukolämpökytkennästä kiinteistössä..... | 15 |
| Kuvio 11. Jäähtymän vaikutus vesivirtaan mitoituslämpötilassa..... | 16 |
| Kuvio 12. Rinnakkaislämmön kytkentä käyttöveden lämmitykseen | 18 |
| Kuvio 13. Rinnakkaislämmön kytkentä tilojen lämmitykseen | 19 |
| Kuvio 14. Hybridikytkentä kaukolämpölaitteiston rinnalle..... | 20 |
| Kuvio 15. Kytkennän toimintaperiaate | 22 |
| Kuvio 16. Ensimmäisen kohteen lämmityskaavio. | 23 |
| Kuvio 17. Toisen kohteen lämmityskaavio..... | 24 |

1 Johdanto

1.1 Rakennukset energian kuluttajina

Euroopan sisäiset sekä maailmanlaajuiset ilmastopöytäkirjat edellyttävät maassamme huomattavia päästövähennyksiä ja energiansäästöjä ilmastonmuutoksen hidastamiseksi ja pysäyttämiseksi. Rakennusten energiankulutuksella on merkittävä vaikutus päästöihin ja kulutukseen, sillä rakennusten lämmitys kuluttaa noin 25 % energian loppukäytöstä (ks. kuvio 1). Asuinrakennukset kuluttavat tästä 52 %. Rakennuskantamme uudistuu niin hitaasti, että entistä tiukemmat energiatehokkuusvaatimukset ja energiansäästötoimenpiteet uudiskohteissa eivät riitä saavuttamaan asetettuja tavoitteita. Vanhojen rakennusten korjaaminen vain energiatehokkuuden parantamiseksi on harvoin kannattavaa taloudellisesti. Suurin hyöty saavutetaan, kun energiatehokkuutta parantavat korjaukset tehdään pakollisten korjausten, kuten putkiremontin tai julkisivukorjausten, yhteydessä. (Jaakkola, Lindstedt & Junnonen 2010, 7.)



Kuvio 1. Energian loppukäytön jakaantuminen sektoreittain 2013. (Energian loppukäyttö 2014)

Suomen asuinkerrostaloista noin 48 % on rakennettu vuosina 1960–1979. Valtaosa näistä asuinkerrostaloista on tullut peruskorjausikään, ja niiden korjaustarve kasvaa koko ajan. Energiansäästöpotentiaali on 1960- ja 1970-luvun kerrostaloissa suuri, sillä energiankulutukseen ei tuolloin kiinnitetty juurikaan huomiota. (Jaakkola, Lindstedt & Junnonen 2010, 7)

Suomen lämmitysmarkkinat ovat jakautuneet siten että 46 % kiinteistöistä on kaukolämmitettyjä. Tämä on Suomessa pääosin yhteistuotantolaitosten ansiota, jolla tuotetaan melkein 80 % maan kaukolämmöstä. Yhteistuotannossa sähköä tuotetaan turbiineilla ja prosessista ylijäävä lämpö hyödynnetään kaukolämmitykseen. Yhteistuotannossa saavutetaan polttoaineella korkea hyötysuhde verrattuna erillistuotantoon, kun prosessista saatava lämpö ei mene hukkaan. Jäähdyttämällä tarkoitetaan kaukolämpöverkon meno- ja paluuvien lämpötilan erotusta. Hyvä jäähdytys säästää pumppauskustannuksia, vähentää lämpöhäviöitä kaukolämpöverkossa ja parantaa yhteistuotannon hyötysuhdetta. Tämä säästää energiantuottajan kustannuksia ja pienentää kaukolämpöverkon kuormittumista. Energiantuotantoprosessin hyötysuhteen huonontuessa energiantuottaja saattaa joutua pitkällä aikavälillä nostamaan hintojaan. Energiahintojen noustessa lämmöntalteenotto poistoilmasta muuttuu yhä kiinnostavammaksi vaihtoehdoksi taloyhtiöille vähentää energiankulutusta eritoten taloudellisesta näkökulmasta. Energiayhtiön on oltava selvillä, miten erilaiset kytkennät kaukolämpöverkkoon vaikuttavat koko järjestelmän toimintaan teknistaloudellisesta näkökulmasta.

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

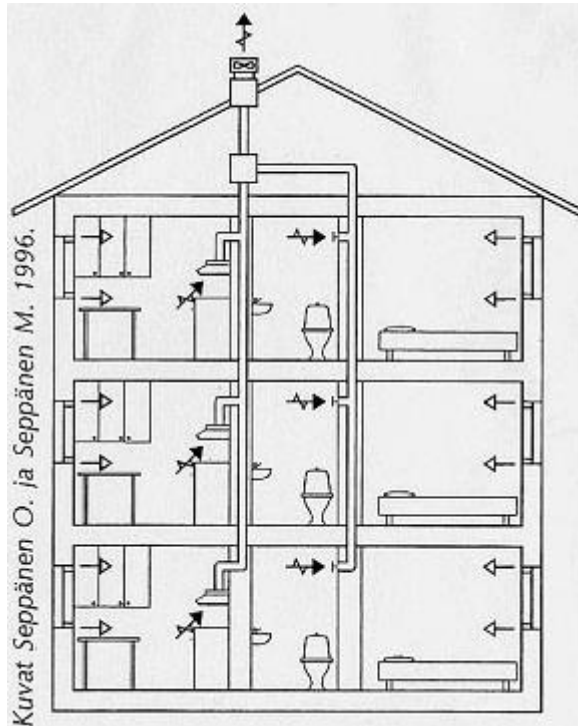
Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, miten lämmöntalteenottolaitteen kytkentä vaikuttaa kaukolämpöjärjestelmän toimintaan vanhassa asuinkerrostalossa. Opinnäytetyössä tutustuttiin ensin kaukolämpöjärjestelmään ja lämmöntalteenottoon poistoilmalämpöpumpulla sekä tutkittiin olemassa olevia määräyksiä ja ohjeita niiden yhteiskytkennästä eli hybridikytkennästä. Tarkoituksena oli saada selville, mi-

ten poistoilmalämpöpumppu vaikuttaa kaukolämpöverkkoon ja yhteistuotantoon kaukolämmön tuottajan kannalta. Työssä tarkasteltiin kaukolämmön ja sähkönkäytön kulutustietoja. Kulutustietoja on neljästä 1960- ja 1970-luvulla rakennetusta, Jyväskylässä sijaitsevasta, kaukolämmitetystä asuinkerrostalosta, joihin on jälkiasennuksena tehty lämmöntalteenottolaitteisto. Kaikissa kerrostaloissa oli ennestään koneellinen poistoilmanvaihto. Kulutustiedot on saatu Jyväskylän Energialta. Eritoten oli tarkoitus pohtia miten poistoilmalämpöpumppu vaikuttaa kaukolämpöjärjestelmään, jonka lämpö tuotetaan pääosin yhteistuotantolaitoksissa.

2 Talotekniikka ja poistoilmalämpöpumppu

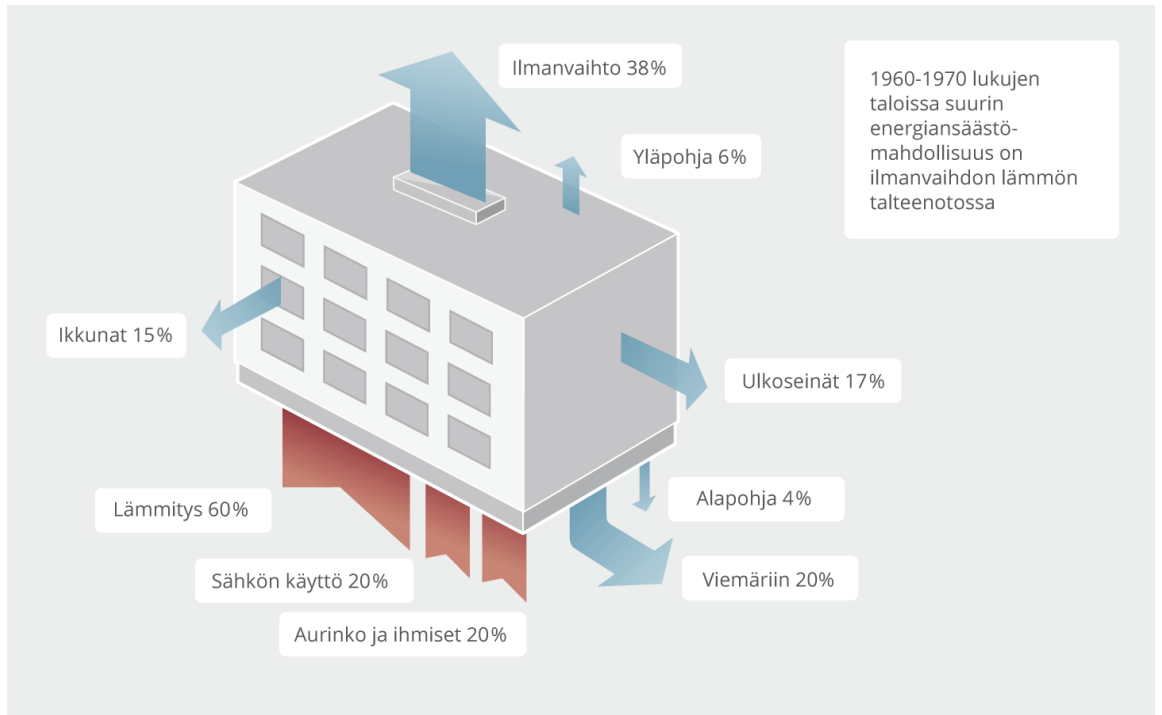
2.1 Vanhan asuinkerrostalon ilmanvaihto

Koneellinen poisto on yleisin ilmanvaihtojärjestelmä kerrostaloissa. Noin 70 % 1960-luvulla rakennetuista ja yli 90 % 1970-luvulla rakennetuista asuinkerrostaloista on varustettu koneellisella poistoilmanvaihtojärjestelmällä. 1960- ja 1970-luvulla rakennettujen talojen osuus on merkittävä – noin 30 % koko rakennuskannasta. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa sisätilojen ilmanvaihtokanavat ovat alipaineisia puhaltimen tai huippuimurin poistaessa ilmaa ulos kiinteistöstä. (Jaakkola, Lindstedt & Junnonen 2010, 19-20) Järjestelmässä kiinteistön korvausilma tulee ikkunoiden väleistä sekä epätiiviestä ulkoseinistä (ks. kuvio 2). Tämän jälkeen ilma lämpenee huoneistossa pattereiden avulla ja lämmitetty ilma poistuu ilmanvaihtokanavia pitkin ulos. Näin pattereilla lämmitetty ulkoilma puhalletaan 21 – 24 asteisena hukkaan.



Kuvio 2. Koneellinen poistoilmavaihto (Ilmanvaihdon toimintaperiaate n.d.)

Suurin yksittäinen energiansäästömahdollisuus 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostaloissa on ilmanvaihdon lämmön talteenotossa. Jopa 38 % lämpöhäviöistä tapahtuu ilmanvaihdon kautta (ks. kuvio 3). Tähän on osasyynä tuolloin rakennettujen rakennusten vaipan heikko ilmatiiviyys. 1970-luvun kerrostaloissa ilmanvaihdon suhteellinen osuus lämpöhäviöistä on suurempi, koska ulkovaipan eristys on usein paksumpi kuin 1960-luvun kerrostaloissa. Ilmanvaihdon lämmitysenergiankulutusta voidaan pienentää yli 50 % ottamalla poistoilmasta saatavaa lämpöä talteen ja tiivistämällä rakenteita. (Jaakkola, Lindstedt & Junnonen 2010, 9-11)



Kuvio 3. Lämpöhäviöiden jakaantuminen kerrostalossa (Lämmitysjärjestelmät ja energiansäästö n.d.)

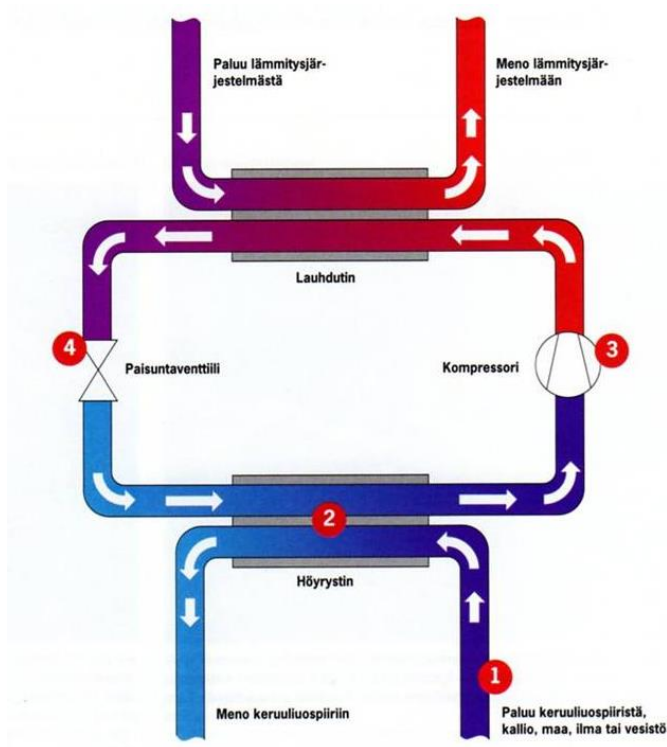
Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto yleistyi uudisrakennuksissa 1990-luvun alussa. Vuonna 2003 voimaan tulleiden ilmanvaihtomääräysten jälkeen se on ollut käytännössä miltei ainoa uusien kerrostalojen ilmanvaihtojärjestelmä. (Neuvonen 2006, 232) Tässä opinnäytetyössä tutkittiin kohteita, joissa on nimenomaan koneellinen poistoilmanvaihto.

2.2 Lämmöntalteenotto poistoilmalämpöpumpulla

Nimensä mukaisesti poistoilmalämpöpumppu eli PILP ottaa talteen lämpöä, jota on koneellisen ilmanvaihdon poistoilmassa. Periaate on sama kuin lämmöntalteenotto-laitteessa. PILP on kuitenkin monipuolisempi, koska sitä käyttämällä voidaan siirtää lämpöenergiaa tuloilman lisäksi myös lämmitysvaraajan veteen tai lämpimään käyttöveteen. Tämä vähentää kaukolämmön tarvetta, mutta ei poista sitä. Poistoilman

lämpötila on vakio, joten järjestelmästä saatava lämpöenergian määrä ei riipu vuodenajasta. (Laitinen 2013, 49)

Lämpöpumpun toimintaperiaate on kuvattuna kuviossa 4. Lämmönkeruuneste kiertää keruuputkistossa ja kerää lämpöenergiaa. Höyrystimessä haalea lämmönkeruuneste kohtaa lämpöpumpun jääkylmän kylmäaineen, jonka lämpötila nousee muutaman asteen, jolloin se höyrystyy. Tämän jälkeen kompressori puristaa höyrystyneen kaasun korkeaan paineeseen, jolloin se lämpenee, ja lämpö johdetaan lauhduttimen kautta talon lämmitysjärjestelmään. Kylmäaineen kierto jatkuu, ja paisuntaventtiilissä sen paine laskee, ja kylmäaine tulee jälleen jääkylmäksi. Tästä prosessi alkaa uudelleen, kun jääkylmä kylmäaine kohtaa haalean lämmönkeruunesteen. (Thermia, n.d.)



Kuvio 4. Lämpöpumpun toimintaperiaate (Thermia n.d.)

PILP-järjestelmään kuuluu kompressori, poistoilmavirtaan sijoitettu höyrystin ja lämmön käyttökohteeseen sijoitettu lauhdutin. Lämpöpumpun avulla lämpötila saadaan nostetuksi lauhduttimessa yli 40 °C:n. Poistoilmalämpöpumppu soveltuu erityisesti rakennuksiin, joissa ei ole koneellista tuloilmajärjestelmää. (Seppänen 2001, 380)

Höyrystimessä voidaan käyttää kahdenlaista ratkaisua, puhutaan suorasta ja epäsuorasta höyrystimestä. Suorassa höyrystimessä ei käytetä väliainetta lämmön siirtoon, vaan höyrystin on suorassa kosketuksessa väliaineen kanssa. Epäsuorassa höyrystimessä käytetään väliainetta lämmön siirtoon.

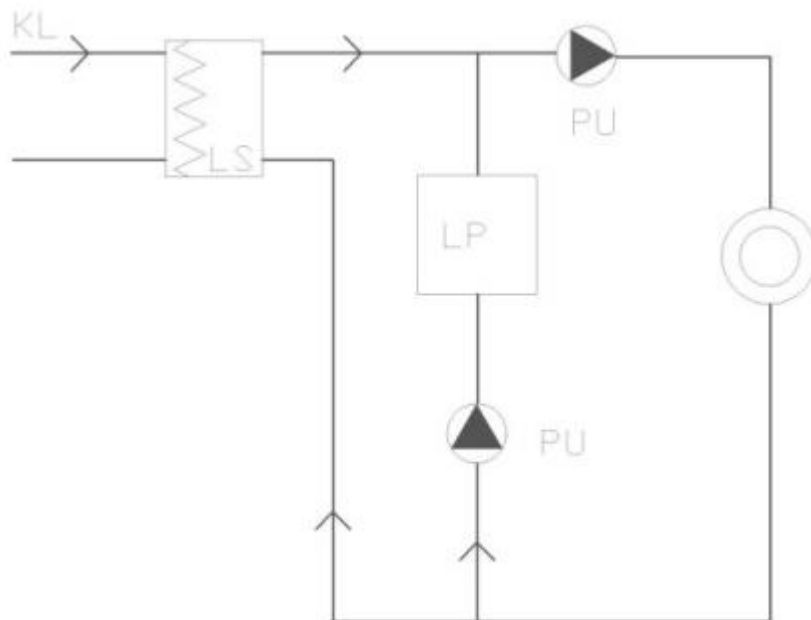
Lämpökerroin kuvaa, kuinka tehokas lämpöpumppu on käyttämäänsä sähköenergiaan nähden. Esimerkiksi jos lämpöpumpun kerroin on 3 saadaan jokaista 1 kW:a käytettyä sähkötehoa kohden 3 kW:a lämpötehoa. Vuositasolla poistoilmalämpöpumpujen lämpökerroin kerrostalossa voi olla jopa 4,2, mutta yleensä se on noin 2-4. Esimerkiksi tässä työssä tutkitussa pilottikohde 1:ssä vuosihyötysuhde oli 3,84. Sähköä poistoilmalämpöpumpussa käyttää kompressori. (Jaakkola, Lindstedt & Junnonen 2010, 31)

Korkeaan lämpökertoimeen päästään parhaiten, kun minimoidaan lämpöpumpulla tehtävä lämpötilannosto. Tämä puolestaan johtaa yhdessä kaukolämmön kanssa käytettynä kaukolämmön heikkoon jäähtymään, mikäli lämpöpumpun kytkentää ei toteuteta kaukolämpöjärjestelmää huomioon ottavalla tavalla vaan kytketään kaukolämpö lämpöpumpun lauhduttimen jälkeen sarjaan. (Tiitinen & Kostama 2011, 27)

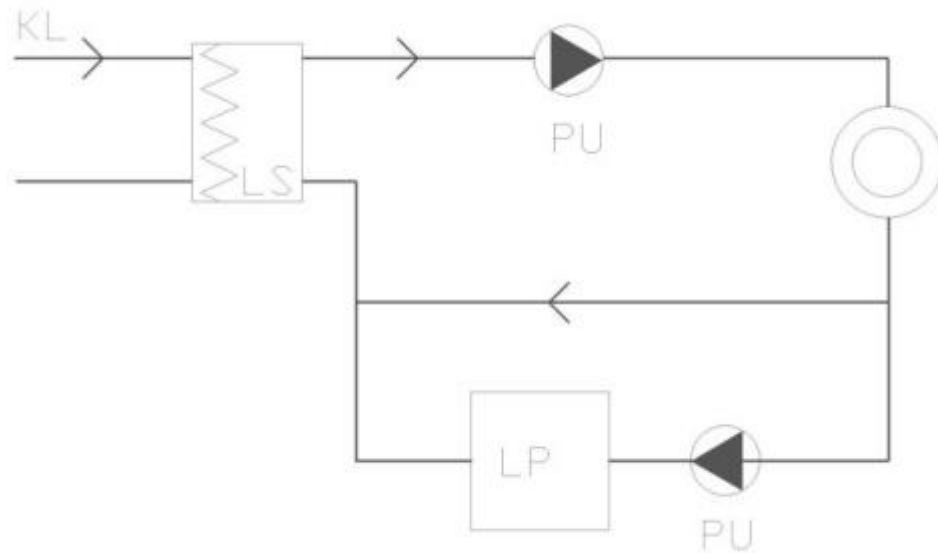
Kuviossa 5 on esitetty selitteet kytkentäkaavioille (kuviot 6 ja 7). Kuvioissa 6 ja 7 on yksinkertaistettuna esitetty kytkennät kaukolämmölle ja lämpöpumpulle. Kuviossa 6 on esitetty rinnankytkentä ja kuviossa 7 sarjankytkentä.



Kuvio 5. Selitteet kytkentäkaavioille (Westman 2014, 32)



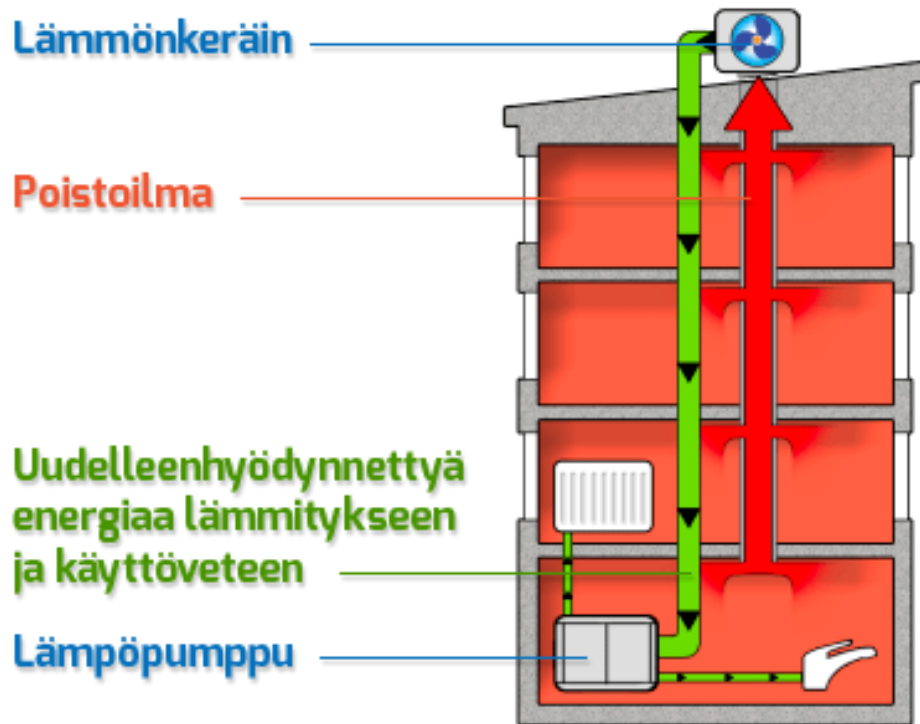
Kuvio 6. Lämpöpumppu ja kaukolämpö kytketty rinnan (Westman 2014, 36)



Kuvio 7. Lämpöpumppu ja kaukolämpö kytketty sarjaan (Westman 2014, 36)

Lämpöpumpun avulla poistoilman lämpötila voidaan jäähdyttää alle ulkoilman lämpötilan. Ulkoilman lämpötilaan verrattuna lämmön talteenoton hyötysuhde on silloin yli 100 %. (Seppänen 2001, 381-382) Lämpöpumppu kuluttaa käydessään sähköä, mikä pitää ottaa huomioon hyötysuhteita laskettaessa. Vaikka poistoilmalämpöpumpun ja kaukolämmön yhteiskytkennässä, eli hybridikytkennässä, poistoilmalämpöpumppu vähentää kaukolämmön kulutusta, niin se lisää kiinteistön sähkönkulutusta.

Talteen otettu lämpö siirretään lämmönkeräimessä nesteeseen ja johdetaan katolta alas lämmönjakokeskukseen lämpöpumpulle (ks. kuvio 8). Poistoilmasta saatava lämpö ei yksin riitä käyttöveden lämmittämiseen, joten kaukolämmön käyttöveden lämmönsiirtimiä tarvitaan edelleen. (Jaakkola, Lindstedt & Junnonen 2010, 31)



Kuvio 8. Poistoilman lämmöntalteenotto. (Poistoilman lämmöntalteenotto n.d.)

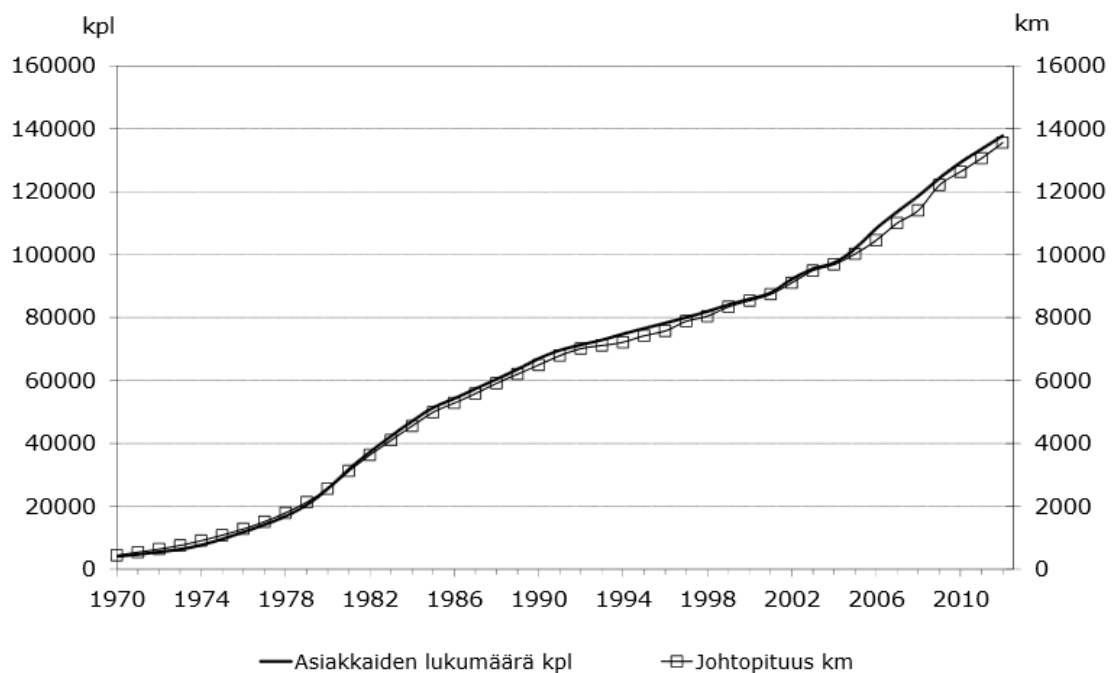
Poistoilmalämpöpumppujen käyttö asuinkerrostaloissa Suomessa on tiettävästi ollut hyvin vähäistä, verrattuna esimerkiksi Ruotsiin. Markkinoilla on kuitenkin nyt useampia toimijoita, jotka tarjoavat vanhoihin kerrostalokohteisiin soveltuvia PILP-laitteistoja.

3 Kaukolämpö

3.1 Kaukolämpöjärjestelmä

Kaukolämpöä on tuotettu Suomessa 1950-luvulta lähtien. Asiakkaiden lukumäärä ja johtopituuden kehitys on ollut nousujohteista tähän päivään asti (ks. kuvio 9). Kauko-

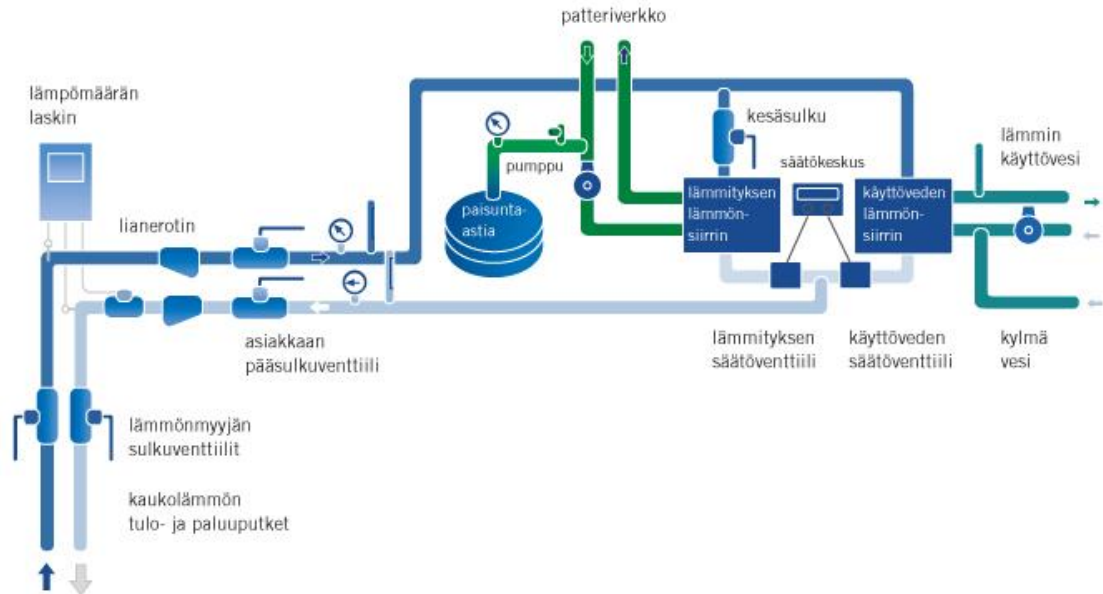
lämmön markkinaosuus on 46 % lämmitysmarkkinoista. Asuinkerrostaloista jopa 95 % ja yli 44 500 asuinkerrostaloa lämpenee kaukolämmöllä. Suurissa kaupungeissa, joissa on paljon kerrostaloja, voi kaukolämmön markkinaosuus olla jopa 90 %. Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa energiantuotantolaitoksessa tuotetaan samanaikaisesti sähköä ja lämpöä. Yhteistuotannossa hyötysuhde on korkeampi kuin erillistuotannossa. Erillistuotannossa saadaan hyödynnettyä 60 % polttoaineen energiasta, kun yhteistuotannon kohdalla hyötysuhde on parhaimmillaan 90 %. Yhteistuotannossa sähköntuotannosta syntyvä lämpö saadaan hyödynnettyä kaukolämpöveden lämmitykseen. Sähkön ja lämmön yhteistuotannon energiatehokkuus edistää kaukolämmön laajaa käyttöä Suomen energiakannassa. Kaukolämmöstä noin 70 % tuotetaan yhteistuotantolaitoksissa. Lämpökeskukset ovat lämmitysteholtaan pienempiä laitoksia, jotka toimivat isoissa kaupungeissa lähinnä varavoimana yhteistuotantolaitoksille. Lämpökeskukset käyttävät yleensä polttoaineena öljyä. (Energiateollisuus n.d.)



Kuvio 9. Kaukolämmön asiakkaiden lukumäärän ja johtopituuden kehitys Suomessa (Energiateollisuus 2013, 6)

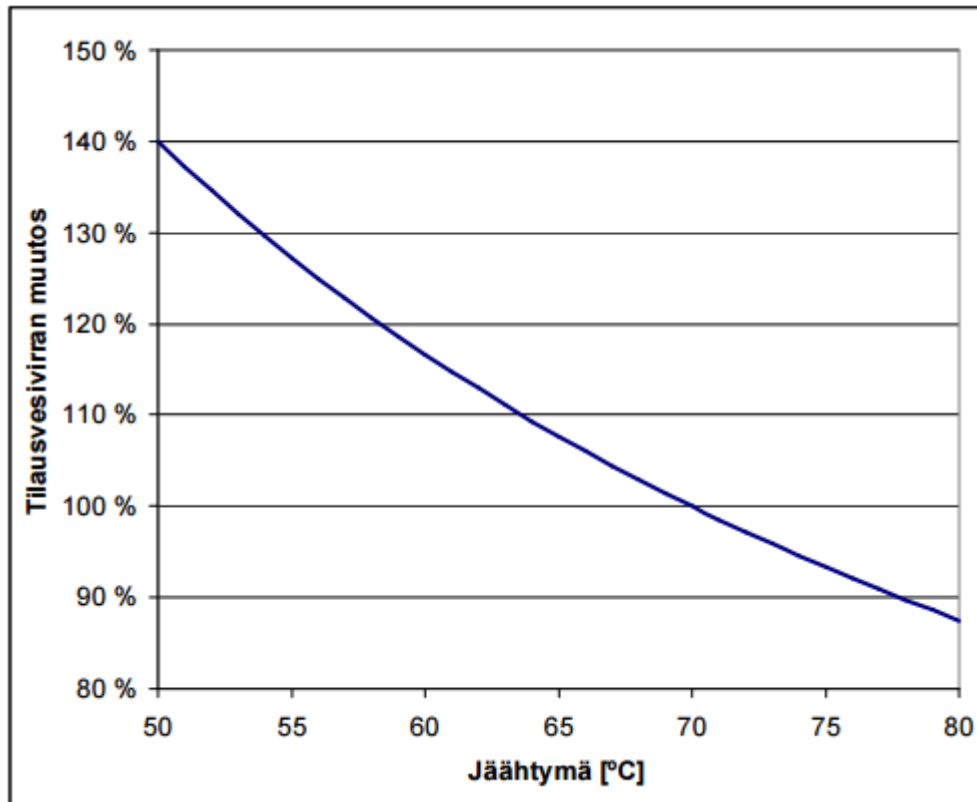
Yhteistuotantolaitos on hyötysuhteeltaan erittäin tehokas tapa tuottaa sähköä ja lämpöä, parhaimmillaan yli 90 % polttoaineesta saadaan käyttöön lämpönä ja sähköinä. EU:ssa yhteistuotanto mainitaan merkittävimmäksi yksittäiseksi keinoksi vähentää kasvihuonekaasujen syntymistä tulevaisuutta ajatellen. Jotta yhteistuotantolaitoksen hyötysuhde saataisiin korkeaksi, kaukolämpöverkostosta palaavan veden lämpötila ei saa olla liian korkea. Kaukolämmön paluveden on jäädyttävä, jotta yhteistuotantolaitoksen prosessin hyötysuhde paranee, saadaan enemmän sähköenergiaa ja kaukolämpöverkon siirtoteho paranee. Jos kaukolämmön paluvesi ei jäähdy tarpeeksi, niin paluveden lämpötilaa täytyy laskea esimerkiksi siirtämällä lämpö vesistöön. Tästä lämmön siirrosta aiheutuu pumppauskustannuksia. (Heikkilä 2011, 18)

Kiinteistöille kaukolämpö siirtyy kaukolämpöverkossa kiertävän kuuman veden avulla. Menoputken kuuma vesi johtaa kiinteistössä olevan lämmönsiirtimen välityksellä lämpöä talon lämmitysverkkoihin, esimerkiksi patteriverkkoon ja lämpimän käyttöveden verkkoon. Kaukolämpövesi ei kierrä talojen lämmitys- ja käyttövesiverkoissa, vaan asiakkaalla on aina oma erillinen verkko, johon lämpö siirtyy lämmönsiirtimen välityksellä. Yleinen peruskytkentä kiinteistössä on havainnollistettu kuviossa 10. (Kaukolämmön toimintaperiaate n.d.)



Kuvio 10. Esimerkki kaukolämpökytkennästä kiinteistössä (Kaukolämpö n.d.)

Kiinteistöön tulevan ja sieltä palaavan kaukolämpöveden lämpötilojen ero on kaukolämpöveden jäähtymä. Talviaikana jäähtymää voidaan pitää erittäin hyvänä, jos se on yli 60 °C. Kesällä jäähtymän on hyvä olla yli 15 °C (Kaukolämpölaitteiden seuranta ja käyttöohjeita n.d., 2). Jäähtymän heikentyessä laitteiston läpi virtaavan kaukolämpöveden virtaus lisääntyy huonontaan kaukolämpöverkoston toimintaa (Heikkilä 2011, 27). Kaukolämmön paluueden jäähtymän heikentyessä 20 astetta vesivirta kasvaa 1,4-kertaisesti. Jäähtymän parantuessa 10 astetta vesivirta pienenee 0,88-kertaisesti. (Heikkilä 2011, 29) Jäähtymällä on erittäin suuri vaikutus vesivirtaan, joka kaukolämpöverkolta vaaditaan. Pienempikin jäähtymän parannus vaikuttaa vesivirtaan ja sitä kautta pumppausenergiaan sekä putkiston mitoitukseen merkittävästi. Jäähtymän parantuessa vesivirta pienenee epälineaarisesti (ks. kuvio 11).



Kuvio 11. Jäähtymän vaikutus vesivirtaan mitoituslämpötilassa (Heikkilä 2011, 29)

3.2 Jyväskylän Energian kaukolämpöverkko

Jyväskylän Energialla on kaksi yhteistuotantolaitosta, Rauhalahden ja Keljonkankaan voimalaitokset. Nämä tuottavat yhdessä suurimman osan Jyväskylän seudun kaukolämmöstä ja sähköstä. Rauhalahden ja Keljonlahden yhteenlaskettu teho on 742 MW. Nämä kaksi laitosta tuottivat vuonna 2013 yhteistuotannolla 1094,89 GWh. Keljonlahden ja Rauhalahden voimalaitoksia kaukolämmön tuotannossa avustavat 14 lämpö- tai aluelämpökeskusta sekä yksi biokaasukeskus, joiden osuus lämmöntuotannosta vuonna 2013 oli 39,49 GWh. Nämä toimivat huippukuorman avustajina kovimmilla pakkasilla, sekä vikatilanteissa. (Lämmön tuotanto n.d.)

Jyväskylän Energia tuotti vuonna 2012 1203 GWh kaukolämpöä. Jyväskylän Energian kaukolämpöverkon pituus vuonna 2012 oli 427 km. Jyväskylän Energian kaukolämpöverkon alueella on vuosina 1960-2012 rakennettu 466 taloa, joihin voisi asentaa pois-toilmalämpöpumpun. Näiden talojen tilausvesivirta on yli $2,1 \text{ m}^3/\text{h}$. Tilausvesivirta tarkoittaa kaukolämpöveden maksimivirtausta, jonka energialaitos sallii kiertävän lämmönsiirtimien läpi mitoitusolosuhteissa (Kaukolämpö 2013). Talojen lämmönkulutus vuonna 2012 oli 250,852 GWh, kun koko verkon lämmönkulutus oli 1129,00 GWh. Potentiaalisten talojen, joihin järjestelmän voisi asentaa jälkikäteen, osuus on 22,2% koko talokannasta. Tämä on merkittävä osuus koko Jyväskylän Energian kaukolämpöverkkoa ja –järjestelmää ajatellen. (Lämmön tuotanto n.d.)

3.3 Rakennusten kaukolämmitys: määräykset ja ohjeet

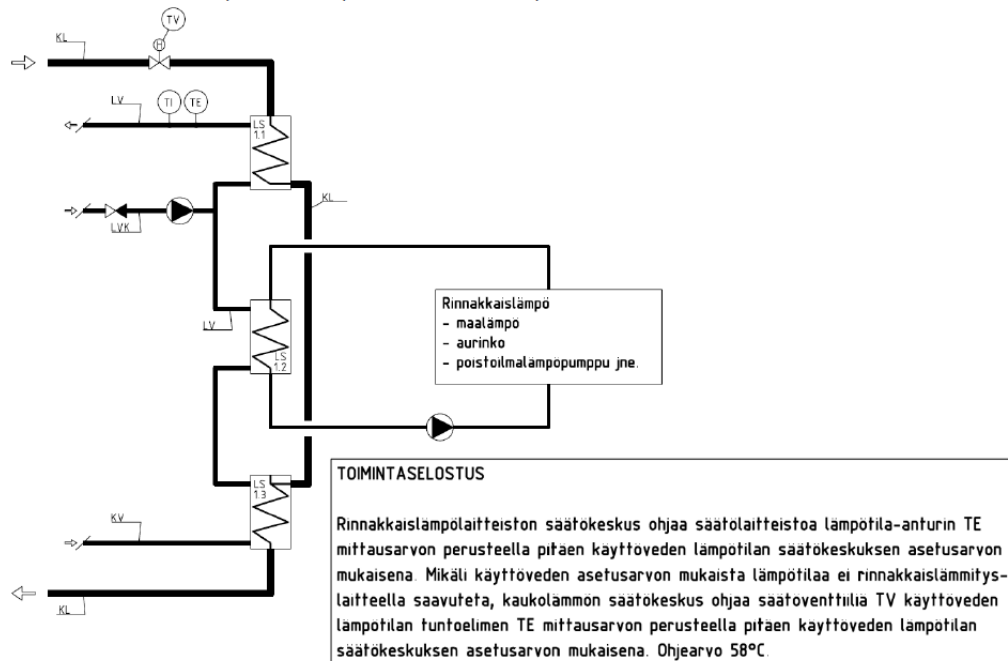
Nykyistä edellinen versio Energiateollisuus ry:n julkaisusta K1, joka pitää sisällään rakennusten kaukolämmityksen määräykset ja ohjeet, on vuodelta 2003. Julkaisussa määritellään vaatimukset rakennuksen kaukolämmityslaitteiden suunnittelulle, asennukselle ja laitteille. Yhtenäiset määräykset ja ohjeet ovat tärkeitä kokonaisuuden kannalta niin lämmöntoimittajille, lämmönkäyttäjille, rakennuttajille ja muille alalla toimiville. Julkaisun määräysten ja ohjeiden tarkoituksena on taata sekä asiakkaille että lämmönjakelijoille kokonaisuutena mahdollisimman toimiva ja energiatehokas kaukolämmönjakelu. Aina kun lämmitysjärjestelmiin tehdään muutoksia, suunnitelmat pitää hyväksyttää lämmöntuottajalla hyvissä ajoin ennen laitehankintoja ja asennusta. Lämmitysjärjestelmiin liittyvät ratkaisut ovat sitten edellisen julkaisun jälkeen kehittyneet ja määräykset sekä ohjeet on päivitetty. Vuoden 2003 julkaisussa ei vielä otettu kantaa hybridikytkentään eli rinnakkaislämmönlähteen kytkemisestä kaukolämpöjärjestelmän rinnalle. Tämän jälkeen kytkentämalli on tullut ajan-kohtaiseksi ja julkaisu on päivitetty vuonna 2013, jolloin hybridikytkentä on otettu osaksi julkaisua.

Energiateollisuuden 1.9.2013 päivittämä julkaisu 'Rakennusten kaukolämmitys: Määräykset ja ohjeet K1/2013' astuu voimaan 1.1.2014 jälkeen tapahtuvissa toimituksissa. Se kertoo rinnakkaislämmön esimerkkikytkennästä seuraavasti:

Esimerkkikytkentä 7: Rinnakkaislämmön kytkentä. Periaatteellisissa kytkentämalleissa on esitetty vaihtoehdot kiinteistön oman lämmönlähteen kytkemisestä lämmitysverkkoon ja käyttöveden lämmittämiseen. Kytkentämallit on laadittu siten, että kaukolämpöveden jäähtymä ei huonone tarpeettomasti.

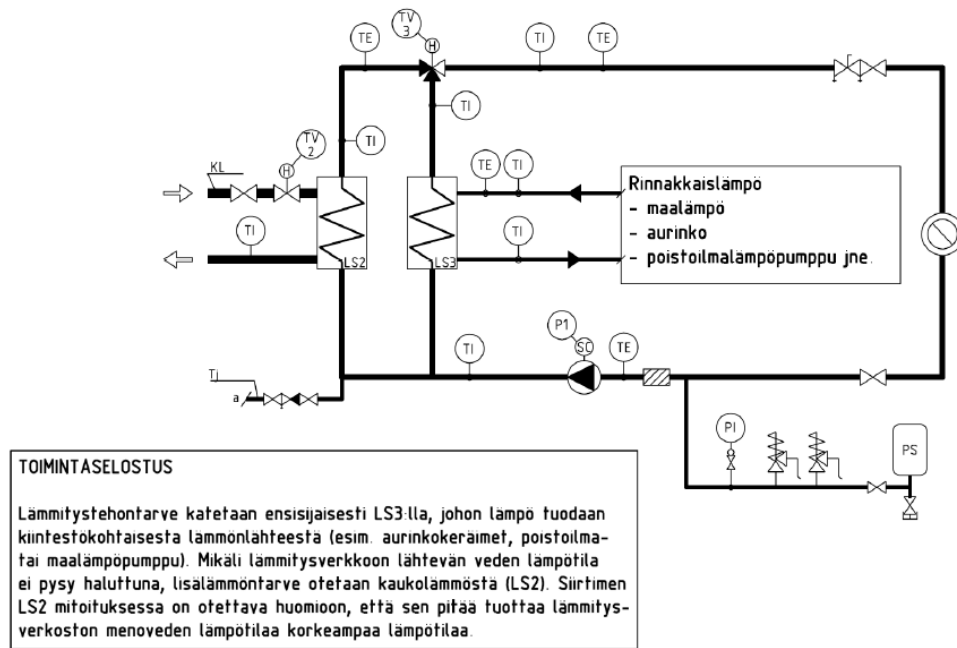
Kuvioissa 12 ja 13 on esitelty edellä mainittu esimerkkikytkentä jaettuna käyttöveden lämmitykseen ja tilojen lämmitykseen.

Rinnakkaislämmön kytkentä käyttöveden lämmitykseen



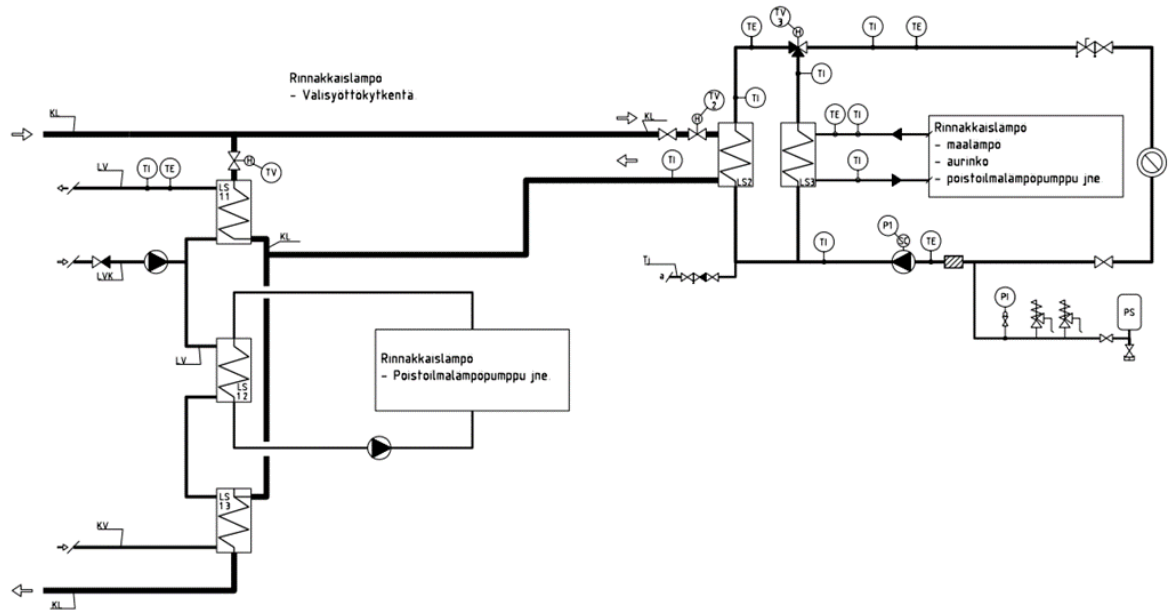
Kuvio 12. Rinnakkaislämmön kytkentä käyttöveden lämmitykseen (Rakennusten kaukolämmitys 2014, 89)

Rinnakkaislämmön (rakennuskohtaisen lämmönlähteen) kytkentä tilojen lämmitykseen



Kuvio 13. Rinnakkaislämmön kytkentä tilojen lämmitykseen (Rakennusten kaukolämmitys 2014, 89)

Tämän lisäksi Jyväskylän Energialla on oma ohje hybridikytkennästä kaukolämpölaitteiston rinnalle (ks. liite 1). Jyväskylän Energia edellyttää vuonna 2014 ilmestyneessä ohjeessaan asiakkaita tekemään muutoksia kaukolämpölaitteisiin vain lämmönmyyjän luvalla. Kaukolämpölaitteiston rinnalle tuleva lämmönlähde ei saa heikentää kaukolämpöveden jäähtymää tai lämmityksen toimitusvarmuutta. Mitoituksessa on aina pyrittävä mahdollisimman tehokkaaseen jäähtymään, joka määritetään kulutustietojen ja mitoituslämpötilojen perusteella. Rinnakkaislämmönlähde on kytkettävä kaukolämpölaitteiston rinnalle aina niin, että lämmitysverkoston paluuvettä ei lämmitetä ennen kaukolämmönsiirintä (ks. kuvio 14).



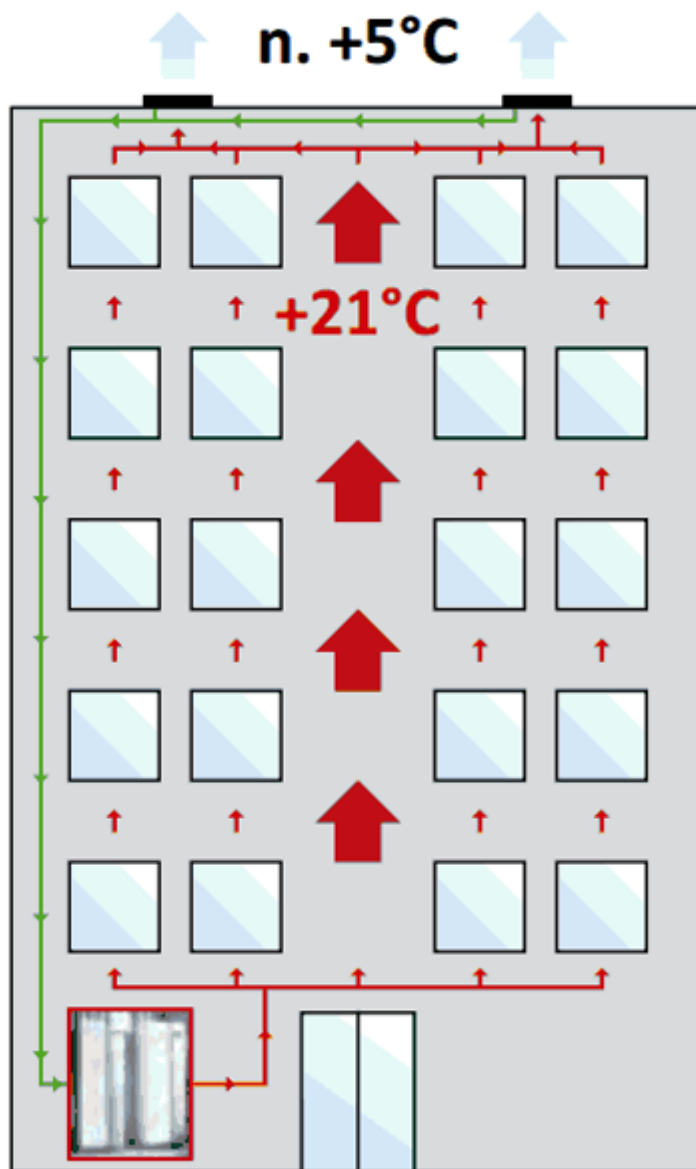
Kuvio 14. Hybridikytkentä kaukolämpölaitteiston rinnalle (Rakennusten kaukolämmitys 2014, 89)

Kytkentämalli ei huononna kaukolämpöveden jäähtymää, sillä molemmat rinnakkaislämpöpiirit ovat kytketty rinnan alkuperäisen lämmitysjärjestelmän kanssa. Malli kuitenkin hyödyntää rinnakkaislämpöpiirien lämpöenergian vähentäen kaukolämmön tarvetta kohteessa.

4 Pilottijärjestelmän vaikutus kaukolämpöjärjestelmään

4.1 Pilottikohteiden kytkennät

Pilottikohteissa kerrostalojen vanhat poistoilmapuhaltimet on purettu pois ja tilalle asennettu uudet, kierroslukuohjatut matalaenergiapuhaltimet sekä lämmöntalteenottokennostot. Poistoilmalämpöpumppu kerää lämpöä poistoilmasta. Kennosto siirtää poistoilmasta talteen otetun lämmön nesteeseen, joka johdetaan putkistoa pitkin lämpöpumpulle. Lämpöpumppu siirtää veteen talteen otetun energian ja samalla nostaa veden lämpötilatason lämmitysverkostolle ja lämpimälle käyttövedelle varaajaan sopivaksi. Koko järjestelmää ohjaa automatiikka. Tässä opinnäytetyössä esitellään kahden pilottikohteen kytkennät kaukolämpöverkkoon (pilottikohde 1 ja pilottikohde 2). Pilottikohteissa PILP-laitteisto on otettu käyttöön vuonna 2013. (Enermix n.d.)



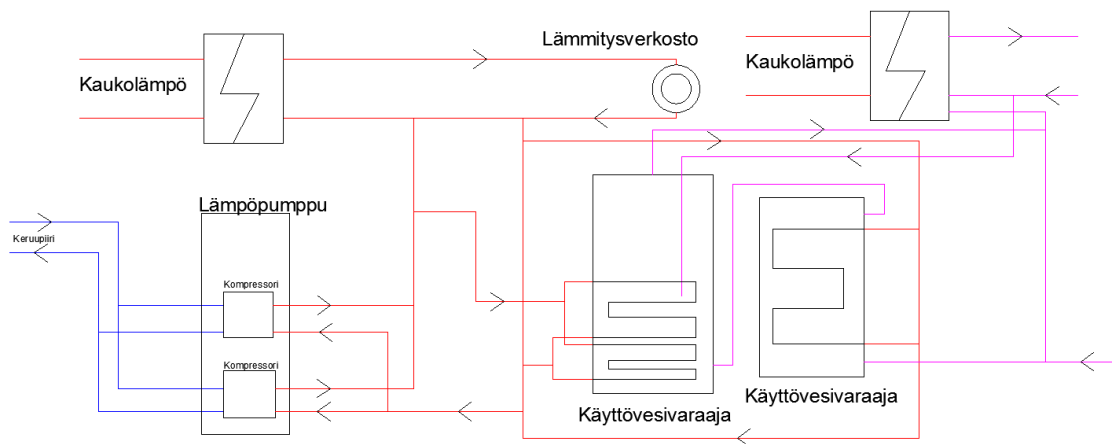
Kuvio 15. Kytkenän toimintaperiaate (Kerrostalon poistoilman LTO n.d.)

Kuviossa 15 on esitetty kytkennän toimintaperiaate. Poistoilmasta kerättävän lämmön määrä on aina sama. Poistoilman lämpötila on noin 21 astetta. Poistoilma johdetaan kanavia pitkin huippuimurille, joka on sijoitettu vesikatolle. Korvausilma tulee raitisilmaventtiilien kautta sekä rakenteiden läpi. Kun lämmön talteenottopatteri on

ottanut lämmön talteen, keruuneste kuljetetaan putkia pitkin lämmönjakohuoneeseen. Sieltä se jaetaan kiinteistöön. (Westman 2014, 16-17)

Pilottikohde 1

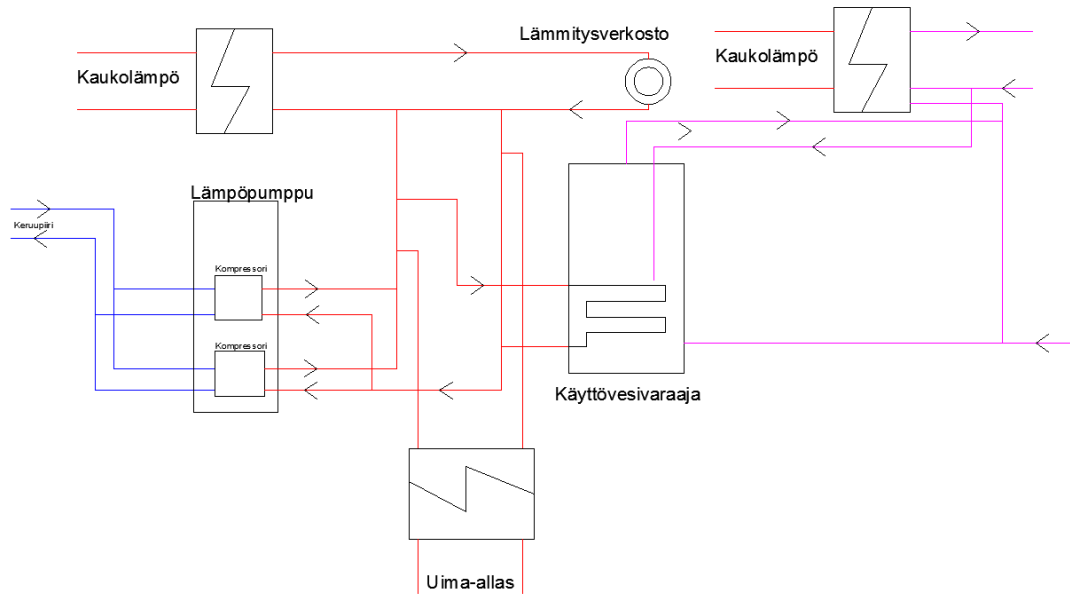
Ensimmäisessä pilottikohteessa on kaksi käyttövesivaraajaa. Katolla olevasta keruupiiristä lämpö tuodaan lämpöpumpun kahteen kompressoriin (ks. kuvio 16).



Kuvio 16. Ensimmäisen kohteen lämmityskaavio.

Pilottikohde 2

Toisessa pilottikohteessa on vain yksi käyttövesivaraaja, mutta siinä lämmitystä käytetään myös uima-altaan lämmittämiseen. Katolla olevasta keruupiiristä lämpö tuodaan lämpöpumpun kahteen kompressoriin (ks. kuvio 17).



Kuvio 17. Toisen kohteen lämmityskaavio.

4.4 Yhteenveto pilottikohteiden kytkennöistä

Pilottikohteiden laitteistot on otettu käyttöön alkuvuodesta 2013. Tällöin voimassa olivat vielä päivittämättömät Energiateollisuus Ry:n määräykset ja ohjeet rakennusten kaukolämmityksestä K1 vuodelta 2003. Pilottikohteissa kytkennät on tehty Energiateollisuus Ry:n esimerkkikytkentä 7:n määräyksien ja ohjeiden vastaisesti sarjakytkennällä, kun käytössä on rinnakkaislämpöjärjestelmä. Tällaisenaan kytkennät eivät takaa parasta mahdollista jäähtymää kaukolämpövedelle, koska ne lämmittävät kaukolämmön paluulinjaa eikä kaikkea lämpöenergiaa käytetä kytkennän sisällä. Pahimmillaan pilottikohteiden kytkentätapa voi huonontaa jäähtymää. Jäähtymän huonontuminen lisää kaukolämpöverkon pumppaussähkön kulutusta, koska vesivirtaa joudutaan kasvattamaan saman lämpötehon takaamiseksi. Yhteistuotantolaitoksen hyötysuhde huononee, jos kaukolämpöveden paluulämpötila on korkea, koska paluu-

lämpötilan alentamiseen joudutaan käyttämään esimerkiksi vesistöä (Heikkilä 2011, 18). Huonompi hyötysuhde nostaa laitoksen käyttämän polttoaineen tarvetta.

5 Kulutustietojen analysointi

5.1 Teoria

Tavoitteena oli tutkia poistoilman lämmöntalteenottolaitteen kytkennän vaikutusta kaukolämpöjärjestelmän toimintaan. Tämä tehtiin analysoimalla pilottikohteiden energiankäytön muutosta PILP-laitteiston asennuksen jälkeen. Seuraavassa tarkastellaan jäähtymää sekä sähkönkulutusta ennen ja jälkeen järjestelmän käyttöönoton. Pilottikohteiden kulutustiedot ovat peräisin Jyväskylän Energialta. Tietoja oli saatavilla kaukolämpöenergiasta, kaukolämpövesivirrasta, kaukolämmön menolämpötilasta sekä kaukolämmön paluulämpötilasta. Tiedot olivat neljän vuoden tuntimittauksia.

Jotta saman rakennuksen kaukolämpöenergian kulutusta peräkkäisinä vuosina voisi verrata toisiinsa, täytyy toteuttaa normeeraus. Normeerauksella saadaan esimerkiksi saman rakennuksen käyttämä lämmitysenergia vertailukelpoiseksi eri vuosina poistamalla lämpötilaeroista johtuvat poikkeamat. Lämpöenergiankulutus muuttuu sääolosuhteiden mukaan. Laskennassa käytetyt lämmitystarveluvut on saatavilla Ilmatieteenlaitoksen internetsivuilta.

Normeerauskaava saman rakennuksen lämmitysenergian kulutuksesta eri ajankohtina, $Q_{norm} = \frac{S_N \text{ vpkunta}}{S_{toteutunut \text{ vpkunta}}} \times Q_{toteutunut} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$. Normitettu lämmitysenergiankulutus saadaan laskemalla ensin kerroin vertaamalla paikkakunnan normaalivuoden tai –kuukauden lämmitystarvelukua toteutuneeseen lämmitystarvelukuun. Tämä kerroin kerrotaan rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluvalle energialla. Lopuksi lisätään rakennuksen käyttämän lämmön käyttövesi erikseen ilman kerrointa, koska sen lämmittämiseen kuluva energia on säästä riippumatonta. Kaa-

vassa Q_{norm} = rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus, $S_{N\ vpkunta}$ = normaali-
vuoden tai -kuukauden (1981-2010) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla, S_{toteu-}
 $tunut\ vpkunta$ = toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikka-
kunnalla, $Q_{toteutunut}$ = rakennuksen tilojen lämmitämiseen kuluva energia, $Q_{lämmin\ käyttö-}$
 $vesi$ = käyttöveden lämmittämisen vaatima energia. Pilottikohteissa käyttöveden
lämmitykseen kulutettu energia oletettiin olevan 25 % kokonaisenergiasta.

5.2 Jäähtymä ja kaukolämpöenergia

Jäähtymä laskettiin kaukolämpöveden meno- ja paluulämpötilan erotuksena. Kes-
kiarvo saatiin lisäämällä jokaisen tunnin jäähtymä yhteen ja jakamalla tuntien mää-
rällä. Jäähtymän keskiarvo ajanjaksolla 30.4.2011 - 30.4.2012 oli 37,41 °C (ks. liite 2),
kun käyttöönoton jälkeen ajanjaksolla 30.4.2013-30.4.2014 se oli 31,53 °C (ks. liite 3).
Tämä merkitsee 15 %:n huononemista vuositasona.

Lisäksi vertailtiin kuukausittaisen jäähtymän eroa (ks. taulukot 1-4). Maaliskuu valit-
tiin kuukaudeksi tilastollisista syistä, jotta saataisiin kahden kuukauden jäähtymä
ennen laitteiston käyttöönottoa ja sen jälkeen.

Taulukko 1. Pilottikohteen 1 kuukausittainen jäähtymävertailu

| Vertailukuukausi | Jäähtymä ° C |
|-------------------------------|--------------|
| Maaliskuu 2011 | 40,39 |
| Maaliskuu 2012 | 38,70 |
| Maaliskuu 2013 (LTO käytössä) | 43,78 |
| Maaliskuu 2014 (LTO käytössä) | 34,58 |

Taulukko 2. Pilottikohteen 2 kuukausittainen jäähtymävertailu

| Vertailukuukausi | Jäähtymä ° C |
|------------------|--------------|
| Maaliskuu 2011 | 53,09 |

| | |
|-------------------------------|-------|
| Maaliskuu 2012 | 46,02 |
| Maaliskuu 2013 | 51,68 |
| Maaliskuu 2014 (LTO käytössä) | 41,25 |

Taulukko 3. Pilottikohteen 3 kuukausittainen jäähtymävertailu

| Vertailukuukausi | Jäähtymä ° C |
|-------------------------------|--------------|
| Maaliskuu 2011 | 53,31 |
| Maaliskuu 2012 | 44,06 |
| Maaliskuu 2013 (LTO käytössä) | 50,24 |
| Maaliskuu 2014 (LTO käytössä) | 42,89 |

Taulukko 4. Pilottikohteen 4 kuukausittainen jäähtymävertailu

| Vertailukuukausi | Jäähtymä ° C |
|-------------------------------|--------------|
| Maaliskuu 2011 | 54,49 |
| Maaliskuu 2012 | 45,38 |
| Maaliskuu 2013 (LTO käytössä) | 52,90 |
| Maaliskuu 2014 (LTO käytössä) | 40,02 |

5.3 Sähkönkulutus

Pilottikohteessa 1 sähkönkulutus on selvästi noussut PILP:n käyttöönoton jälkeen (ks. liite 8). Taloyhtiön tietojen mukaan sähkönkulutus on lähes kaksinkertaistunut vuodesta 2012 (69397 kWh) vuoteen 2013 (116070 kWh) verrattuna.

Taulukoissa 5-8 on esitetty neljän pilottikohteen hetkellinen sähkötehon käyttö kuukausittaisella keskiarvolla. Kulutustiedot on mitattu tunnin välein, ja niistä on laskettu jokaiselle kuukaudelle keskiarvo. Vertailukuukaudet alkavat vuodesta 2012, koska

kulutustietoja oli saatavilla vain vuosilta 2012 - 2014, toisin kuin kaukolämmön tietoja.

Taulukko 5. Pilottikohteen 1 hetkellinen sähköenergian käyttö kuukausittaisella keskiarvolla

| Vertailukuukausi | Pätöteho W | Loisteho var |
|-------------------------------|------------|--------------|
| Maaliskuu 2012 | 9,20 | 4,15 |
| Maaliskuu 2013 (LTO käytössä) | 19,52 | 6,83 |
| Maaliskuu 2014 (LTO käytössä) | 19,59 | 6,82 |

Taulukko 6. Pilottikohteen 2 hetkellinen sähköenergian käyttö kuukausittaisella keskiarvolla

| Vertailukuukausi | Pätöteho W | Loisteho var |
|-------------------------------|------------|--------------|
| Maaliskuu 2012 | 3,84 | 2,71 |
| Maaliskuu 2013 | 3,32 | 2,61 |
| Maaliskuu 2014 (LTO käytössä) | 9,67 | 6,37 |

Taulukko 7. Pilottikohteen 3 hetkellinen sähköenergian käyttö kuukausittaisella keskiarvolla

| Vertailukuukausi | Pätöteho W | Loisteho var |
|-------------------------------|------------|--------------|
| Maaliskuu 2012 | 3,21 | 2,69 |
| Maaliskuu 2013 | 2,62 | 2,36 |
| Maaliskuu 2014 (LTO käytössä) | 3,59 | 1,55 |

Taulukko 8. Pilottikohteen 4 hetkellinen sähköenergian käyttö kuukausittaisella keskiarvolla

| Vertailukuukausi | Pätöteho W | Loisteho var |
|------------------|------------|--------------|
| Maaliskuu 2012 | 3,06 | 2,39 |
| Maaliskuu 2013 | 3,43 | 2,17 |

| | | |
|-------------------------------|------|------|
| Maaliskuu 2014 (LTO käytössä) | 9,12 | 6,00 |
|-------------------------------|------|------|

5.4 Johtopäätökset

Eri vuosien kuukausia vertaamalla nähdään, että kaikissa kohteissa sähköenergian käyttö on noussut LTO:n käyttöönoton jälkeen. Pilottikohteessa 1 on selvästi nähtävissä jäähtymän huononeminen PILP:n käyttöönoton jälkeen 15 %:lla. Tämä johtuu järjestelmän kytkennästä, sillä PILP on kytketty järjestelmässä sarjaan kaukolämpöjärjestelmän kanssa. Tämä malli lämmittää kaukolämmön paluuvettä ennen lämmönsiirrintä. Kytkentämalli antaa lämmön talteenottolaitteistolle hyvän hyötysuhteen kaukolämmön paluueden lämpötilan kustannuksella. Tätä ongelmaa ei tule, kun rinnakkaislämpö kytketään rinnankytkennällä Energiateollisuus Ry:n K1/2013 julkaisun ohjeiden mukaan. Huomioitavaa on myös se, että muutokset kaukolämpöjärjestelmään on aina ilmoitettava kaukolämmön tuottajalle. Jos asiakkaat noudattavat tätä ohjetta, niin kaukolämmön tuottaja voi aina reagoida muutokseen tarvittavalla tavalla, esimerkiksi antamalla lisäohjeita ja näin varmistetaan toimiva kaukolämpöjärjestelmä.

6 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia poistoilman lämmöntalteenottolaitteen kytkennän vaikutusta kaukolämpöjärjestelmän toimintaan. Analysoitavana oli neljän asuin-kerrostalon jäähtymä ja sähkönkulutus kulutustietojen pohjalta. Työn edetessä analysoidut kulutustiedot rajattiin kohteiden jäähtymään ja sähkönkulutukseen. Opinnäytetyön tuloksena saatiin neljän pilottikohteen jäähtymän ja sähkönkulutuksen ero PILP-laitteiston käyttöönoton jälkeen. Rajoituksia työlle toi lyhyt kulutustietojen tarkasteluväli ja kohteiden lukumäärä. Nykyisellään lyhyt tarkasteluväli on herkkä mitausvirheille. Myös erilaisiin kytkentöihin ja niiden vaikutuksiin tulisi perehtyä. Työn

tärkeimpänä antina oli huomata jo pienestä otannasta kuinka kyseinen kytkentä vaikuttaa jäähtymään ja sähkönkulutukseen. Jatkokehitystä silmälläpitäen pitäisi ottaa laajempi otanta kohteita sekä pidentää kulutustietojen mittausväliä.

Lähteet

Energian loppukäyttö. 2014. Motiva. Viitattu 13.5.2015.

http://www.motiva.fi/taustatietoa/energian kaytto_suomessa/energian_loppukaytto

Kopplingsprinciper. 2009. Rapportti. Fjärrvärmecentralen. Viitattu. 11.6.2014.

http://www.svenskfjarrvarme.se/Global/Rapporter%20och%20dokument%20INTE%20Fj%C3%A4rrsyn/Ovriga_rapporter/Kundanlaggningar/Fjarrvarmecentraler_kopplingsprinciper_2009_3.pdf

Harju, P. 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. Kouvola: Penan tieto-opus.

Heikkilä, T. 2011. Kaukolämmön hinnoittelurakenteet. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu, Talotekniikka.

Ilmanvaihdon toimintaperiaate. N.d.. Taloyhtio.net. Viitattu 14.5.2014.

<http://www.taloyhtio.net/talotekniikka/iv/toiminta/>

Ilmastopaneeli. 2013. Rakennetun ympäristön hajautetut energiajärjestelmät. Raportti. Viitattu 28.4.2014.

http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/selvitykset_lausunnot/Rakennetun%20ymp%C3%A4ris%C3%B6n%20hajautetut%20energiaj%C3%A4rjestelm%C3%A4t.pdf

Jaakkola, T., Lindstedt, T. & Junnonen, J-M. 2010. Energiatehokas asuinkerrostalojen talotekniikkakorjaus. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

Kaukolämmitys. N.d.. Energiateollisuus. Viitattu 20.4.2014. <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>

Kaukolämmön toimintaperiaate. N.d.. Energiateollisuus. Viitattu 21.4.2014.

<http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/toimintaperiaate>

Kaukolämpö. N.d.. Jyväskylän Energia. Viitattu 19.4.2014.

<http://www.jyvaskylanenergia.fi/energiaopas/isannoitsija-tai-taloyhtion-edustaja/kaukolampo>

Kaukolämpö. 2013. VTT. Opetusmateriaali.

<http://www.rte.vtt.fi/webdia/kaukolampo/opastus/faq.asp?Viite1=KF32>

Kaukolämpölaitteiden seuranta- ja käyttöohjeita. Jyväskylän Energia. Viitattu

28.4.2014. <http://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/210-kaukolampolaitteidenopas.pdf>

Kerrostalon poistoilman LTO. N.d.. Enermix. Viitattu 30.4.2014.

<http://www.enermix.fi/taloyhtio-lto>

Laitinen, J. 2010. Pieni suuri energiakirja – opas energiatehokkaaseen asumiseen. Helsinki: Into Kustannus.

Lämmitysjärjestelmät ja energiansäästö. N.d.. Ympäristöosaava. Viitattu 14.5.2014.

<http://www.ymparistoosaava.fi/kiinteistonhoitoala/index.php?k=22462>

Lämmön tuotanto. N.d.. Jyväskylän Energia. Viitattu 19.4.2014.

<http://www.jyvaskylanenergia.fi/lampo/lammon-tuotanto>

Julkisten että yksityisten asuin- ja kaupallisten rakennusten perusparantamista koskeva pitkän aikavälin strategia. 2014. Raportti. Motiva. Viitattu 11.6.2014.

http://www.motiva.fi/files/8928/NEEAP-3_LIITE_5.pdf

Neuvonen, P. 2006. Kerrostalot 1880 – 2000. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennusten kaukolämmitys. 2013. Määräykset ja ohjeet, julkaisu K1/2013. Lämmönkäyttötoimikunta. Energiateollisuus Ry. Viitattu 20.4.2014.

http://energia.fi/sites/default/files/julkaisuk1_2013_rakennustenkaukolammitys_20.pdf

Seppänen, O. 2001. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä: Suomen LVI-liitto ry.

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto. N.d.. Energiateollisuus. Viitattu 20.4.2014.

<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/sahkon-ja-lammon-yhteistuotanto>

Tiitinen, M. & Kostama, J. 2011. Kaukolämmön lämmönjakokeskusten kytkennät ja lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat. Pöyry. Viitattu 28.4.2014.

http://energia.fi/sites/default/files/lij-kytkennat_mitoituslampotilat_poyry_2011.pdf

Poistoilman lämmöntalteenotto. N.d.. Pilto. Viitattu 14.5.2014.

<http://www.pilto.fi/poistoilman-lammontalteenotto>

Westman, M. 2014. Poistoilman lämmön talteenotto. Opinnäytetyö. Arcada, hajaute-
tut energiajärjestelmät. Viitattu 30.5.2015.

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/76399/Westman_Mindi.pdf

Liitteet

Liite 1. Jyväskylän Energian ohje hybridikytkennästä asiakkaan kaukolämpölaitteiston rinnalle

JYVÄSKYLÄN ENERGIAN OHJE HYBRIDIKYTKENNÄSTÄ ASIAKKAAN KAUKOLÄMPÖLAITTEISTON RINNALLE

Heti hankesuunnittelun alkuvaiheessa on hyvä ottaa yhteyttä Jyväskylän Energian kaukolämpösuunnitteluun, jotta voimme yhdessä löytää kiinteistölle soveltuvan parhaan mahdollisen hybridiratkaisun energiansäästöä ajatellen. Suunnitelmat tulee lähettää Jyväskylän Energialle tarkastukseen hyvissä ajoin ennen laitehankintaa ja asennusta.

Ohjeet ja ohjeiden noudattaminen

Laitteiston suunnittelussa on noudatettava seuraavia ohjeita ja määräyksiä:

- Rakennusten kaukolämmitys Määräykset ja ohjeet K1/2013
- Suomen rakentamismääräyskokoelma D1
- Sosiaali- ja terveysministeriön opas 2003:1 Asumisterveysohje
- ja tämä ohje

Ohjeiden ja määräysten noudattaminen määritellään kaukolämmitykseen liittyvän asiakkaan ja Jyväskylän Energian välisessä yksityisoikeudellisessa sopimuksessa.

Lämmöntoimitusehtojen kohdassa 5.4 todetaan seuraavasti, ”Asiakkaan kaukolämpölaitteisiin saa tehdä vain lämmönmyyjän hyväksymiä muutoksia. Asiakkaan lämmityslaitteisiin tehtävistä olennaisista muutoksista on sovittava erikseen lämmönmyyjän kanssa.”

Suunnittelu ja asennusohjeita

Tämän ohjeen liitteenä on Jyväskylän Energian kytkentäesimerkki rinnakkaislämmönlähteen kytkennästä kaukolämpölaitteistoon. Rinnakkaislämmönlähteen kytkentä

kaukolämpölaitteiston rinnalle ei saa heikentää kaukolämpöveden jäähtyvyyttä tai asiakkaan lämmityksen toimitusvarmuutta. Mitoituksessa pyritään mahdollisimman tehokkaaseen kaukolämpöveden jäähtymään kaikissa käyttötilanteissa. Asiakkaan kaukolämpöveden jäähtyvyys määritetään Jyväskylän Energian asiakkaalta keräämien kulutustietojen ja asiakaslaitteiden mitoituslämpötilojen perusteella. Tämän lisäksi laitteiston pitää täyttää Kaukolämmön sopimusehtojen mukainen laskutuskauden kaukolämpöveden jäähtymä.

Lämminvesilaitteisto

Lämminvesilaitteisto on suunniteltava ja asennettava siten, että se täyttää Suomen rakentamismääräyskokoelman D1 ja Sosiaali- ja Terveysministeriön oppaan 2003:1 Asumisterveysohjeen mukaiset vesijohtoveden lämpötilat.

Lämpimän käyttöveden kaukolämpösiirtimet (LS 1.1 ja LS 1.3) mitoitetaan mitoitusvirtaaman mukaiselle täydelle teholle. Siirtimet mitoitetaan esimerkiksi tehojen suhteessa seuraavasti LS 1.1 n. 60 - 65 % teholle ja LS 1.3 n. 35 - 40 % teholle. Mitoituksessa on myös huomioitava lämmityssiirtimeltä välisyöttöön tuleva vesi. Siirtimen LS 1.3 tulee jäädyttää kaukolämpövesi 20 °C:een kaikissa käyttötilanteissa käyttöveden mitoitusvirtaamalla kylmän veden ollessa 10 °C.

Kuormituksen vaihtelusta johtuen siirtimet varustetaan kahdella säätöventtiilillä. Kytkentä ja säätölaitteisto tulee tehdä niin, että säätö toimii K1/2013 vaatimusten mukaisesti. Lämpimän käyttöveden lämmityslaitteistossa rinnakkaislämmönlähde ei saa olla käyttöveden esilämmitysosana eli pelkästään lämpimän käyttöveden kierron ja lämpimän käyttöveden ns. jälkilämmittämistä ei sallita kaukolämmöllä.

Lämmityslaitteisto

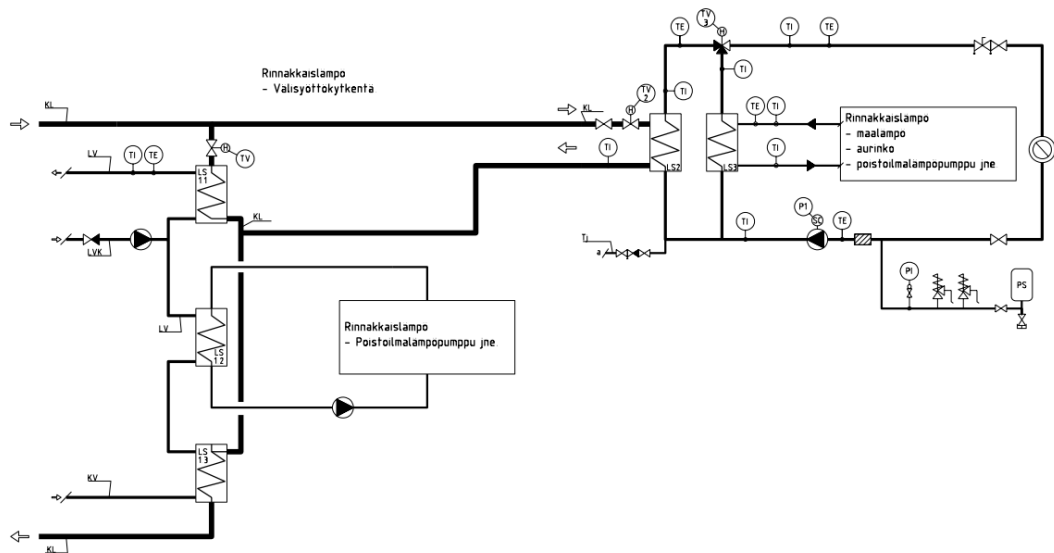
Lämmitysverkoston lämmönsiirrin mitoitetaan kiinteistön tarvitsemalle täydelle lämmitysteholle. Ympäristöministeriön asetuksessa 4/13 rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä määritetään kiinteistön päälämmitysmuodoksi se lämmitysmuoto, joka kattaa kiinteistön tarvitseman lämmitystehon

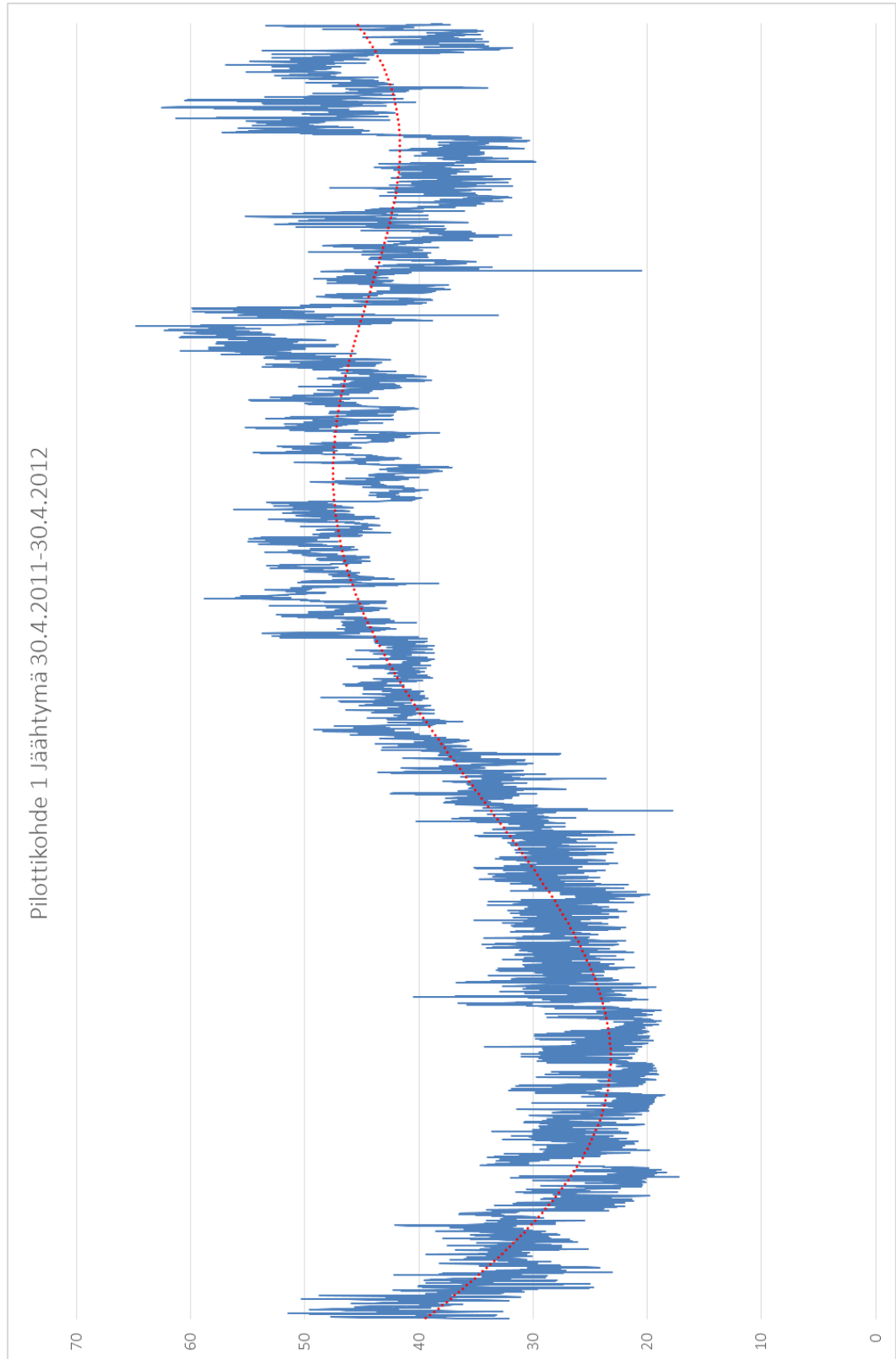
100 %:sti. Kaukolämpö tulee tästä syystä mitoittaa toimintavarmuuden takia mitoituslämpötilaa -32 °C (D3, 3- vyöhyke) vastaavalle täydelle mitoitusteholle.

Lämmitysverkoston rinnakkaislämmönlähde tulee kytkeä aina kaukolämpölaitteiston rinnalle rinnankytkennällä niin, että lämmitysverkoston paluuvettä ei lämmitetä ennen sen virtausta kaukolämpösiirtimelle. Lämmitysverkoston säädön voi tehdä esim. 3-tieventtiiliä käyttäen, massavirtasäädöllä tai muulla tavalla, mikä täyttää tässä mainitut ohjeet ja määräykset. Suurista tehon vaihteluista johtuen kaukolämmön lämmönsiirrin varustetaan aina kahdella säätöventtiilillä.

Lämmityssiirtimen mitoituksesta ja säätölaitteiden toiminnasta on huomioitava, että esim. poistoilmalämpöpumpun (PILP) siirtimeltä tulevan viileän veden lämpötilaa pitää tarvittaessa nostaa lämmitysverkoston säätökäyrän mukaiseen lämpötilaan kaukolämpösiirtimen menovedellä. Tämä edellyttää kaukolämpösiirtimeltä lämmitysverkoston säätökäyrän asetusta korkeampaa menoveden lämpötilaa.

Kyt kentäesimerkki



Liite 2. Pilottikohde 1 jäähtymä 30.4.2011-30.4.2012

Liite 3. Pilottikohde 1 jäähtymä 30.4.2013-30.4.2014