

Taavi Verta

# Poistoilman lämmön talteenotto lämpöpumpulla lämmitys- ja käyttöveden tai lämmönsiirtimellä tuloilmaan kaukolämpökerrostalossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinööriytyö

24.5.2015

Tekijä Otsikko	Taavi Verta Poistoilman lämmön talteenotto lämpöpumpulla lämmitys- ja käyttöveden tai lämmönsiirtimellä tuloilmaan kaukolämpökerrostalossa
Sivumäärä Aika	51 sivua + 5 liitettä 24.5.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	yliopettaja Jukka Yrjölä kehityspäällikkö Jouni Kivirinne
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli verrata poistoilmalämpöpumpun (PILP) ja lämmön talteenotolla varustetun koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon (LTO) elinkaaritaloutta sekä energiankäyttövaikutuksia rakennuksen ja yhdyskunnan kannalta. Työ rajattiin koskemaan 60–80-luvuilla rakennettuja kaukolämmitteisiä asuinkerrostaloja.</p> <p>Tutkittavaksi etsittiin kaksi kerrostaloa pääkaupunkiseudulta, joihin on asennettu poistoilmalämpöpumppu. Molempiin kohteisiin on asennus tehty vuoden 2012 aikana. Kohteen energiankulutukset vuosilta 2009–2014 normeerattiin ja näiden normeerattujen energiankulutusten perusteella laskettiin PILP:n vaikutus energiankulutukseen ja kustannuksiin. Energiankulutus väheni toisessa kohteessa noin kolmanneksella ja toisessa melkein puolella. Kohteissa PILP säästi energiakustannuksissa 6 000–7 500 € vuodessa.</p> <p>LTO:n energiankäyttövaikutukset arvioitiin laskennallisesti. LTO:n investointikustannukset jouduttiin myös arvioimaan urakoitsijan toiseen kohteeseen tekemän kustannusarvion perusteella. LTO vähensi kohteiden energiankulutusta noin 20 %. Energiakustannuksissa LTO säästi hieman alle 5 000 € vuodessa.</p> <p>Järjestelmien elinkaarikustannukset laskettiin nettonykyarvomenetelmällä. PILP oli molemmissa kohteissa yksityistaloudellisesti kannattava investointi. PILP:n takaisinmaksuajat kohteissa olivat hieman yli 7 ja 11 vuotta. LTO:n hankinnan takaisinmaksuaika venyi oletettua 20 vuoden käyttöikää pidemmäksi. Epävarmoista lähtötiedoista eniten järjestelmien kannattavuuteen vaikutti kaukolämmön hinnan nousu.</p> <p>Yhdyskunnan kannalta molemmat järjestelmät vähensivät energiankäytön aiheuttamaa luonnonvarojen kulutusta 10–15 %. PILP vähensi CO<sub>2</sub>-päästöjä toisessa kohteessa noin 50 % ja toisessa noin 30 %. LTO:n päästövaikutukset olivat molemmissa kohteissa hieman yli 20 %.</p> <p>PILP:n asennus on energiansäästömielessä kannattavaa. Jotta LTO:n asennukset asunto-osakeyhtiöissä yleistyisi, täytyisi investointikustannuksia saada alhaisemmiksi. Tähän vaadittaisiin uusia innovaatioita.</p>	
Avainsanat	poistoilmalämpöpumppu, ilmanvaihto, lämmön talteenotto

Author Title Number of Pages Date	Taavi Verta Exhaust air heat recovery with heat pump to water or with heat exchanger to supply air in district heated residential buildings 51 pages + 5 appendices 24 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructors	Jukka Yrjölä, Principal Lecturer Jouni Kivirinne, Director of Development
<p>The aim of this final year project was to compare an exhaust air heat pump and a ventilation system with heat recovery in regards to their life cycle costs and effects on the energy consumption of buildings. The effects on the environment were also studied through both consumption of natural resources and CO<sub>2</sub>-emissions.</p> <p>Two residential buildings with an exhaust air heat pump were studied. Their actual energy consumption was normalized and used to calculate the energy savings due to the heat pump. The energy savings for these buildings were 30 % and almost 50 %, respectively, or 6 000–7 500 € per year.</p> <p>The effects of ventilation heat recovery were evaluated with computational methods. The energy savings for the ventilation heat recovery were a little over 20 %. This is equivalent to 5 000 € per year.</p> <p>The life cycle costs were analyzed with the net present value method for a 20 year time frame. The investment in a heat pump was profitable but the ventilation system with heat recovery did not pay itself back in the 20 year time frame.</p> <p>Housing associations will be able to evaluate, utilizing this thesis, the pros and cons of these systems when planning renovations.</p>	
Keywords	exhaust air, heat recovery, heat pump, ventilation

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Poistoilmalämpöpumppu	2
2.1	Toimintaperiaate ja käyttö asuinrakennuksessa	2
2.2	Kytkenät lämmitysjärjestelmään	6
2.3	Asennusten määrä Suomessa	12
3	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla	13
4	Tutkimuskohteet	15
4.1	Soukanahde 6	15
4.2	Armas Launiksen katu 7	19
5	Vaikutukset ostoenergian käyttöön	22
5.1	Soukanahde 6	25
5.2	Armas Launiksen katu 7	30
6	Vaikutukset E-lukuun	35
6.1	Energiamuotokertoimet	35
6.2	E-luku	36
7	Vaikutukset päästöihin	37
8	Yksityistaloudellinen kannattavuus	40
8.1	Tuet	40
8.2	Elinkaarikustannukset	40
9	Yhteenveto	47
	Lähteet	49
	Liitteet	
	Liite 1. Elinkaarikustannusten herkkyystarkastelut	
	Liite 2. Energiankulutustiedot, Armas Launiksen katu 7	
	Liite 3. Energiankulutustiedot, Soukanahde 6	
	Liite 4. Toimintakaavio, Armas Launiksen katu 7	
	Liite 5. Toimintakaavio, Soukanahde 6	

## 1 Johdanto

Suomessa on 1960–80-luvuilla rakennettu runsaasti kerrostaloja, jotka nykykriteereillä arvioituna käyttävät huomattavasti energiaa. Näillä rakennuksilla on suuret ominaiskulutukset, joten niissä on myös suuri energiansäästöpotentiaali. 1960-luvulta aina 2000-luvulle saakka on kerrostalojen rakentamisessa ollut vallalla koneellinen poistoilmanvaihto ilman lämmön talteenottoa. Näiden rakennusten lämmitysenergiankulutuksesta 30–40% aiheutuu ilmanvaihdosta. [1.]

Tämän insinööriyön tarkoituksena on tutkia poistoilmalämpöpumpun (PILP) vaikutuksia rakennuksen energiankäyttöön ja sen yksityistaloudellista kannattavuutta vanhassa asuinkerrostalossa, jossa on koneellinen poistoilmavaihto. PILP:a verrataan lämmön talteenotolla varustetun koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon (LTO) jälkiasennukseen. Työ on rajattu koskemaan kaukolämmitteisiä kerrostaloja. Työssä verrataan järjestelmien vaikutuksia myös yhdyskunnan kannalta E-luvun ja hiilidioksidipäästöjen osalta.

Tarkoituksena oli etsiä toteutuneita kohteita, joihin on jälkiasennettu poistoilmalämpöpumppu tai koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. PILP-kohteita löytyi suhteellisen helposti, joista tutkimukseen päätyi kaksi Espoossa sijaitsevaa kohdetta. LTO-kohteita löytyi myös, mutta kaikissa kohteissa oli tehty samalla täydellinen energiaremontti, joten LTO:n osuutta energiansäästövaikutuksista oli mahdoton luotettavasti arvioida. Tästä syystä päädyttiin tarkastelemaan mahdollisen LTO:n vaikutuksia laskennallisesti kahdessa PILP-kohteessa.

Työn toimeksiantajana toimi Energiateollisuus ry:n ympäristöpooli, joka nimesi projektille ohjausryhmän, jonka säännöllisessä ohjauksessa työ toteutettiin.

## 2 Poistoilmalämpöpumppu

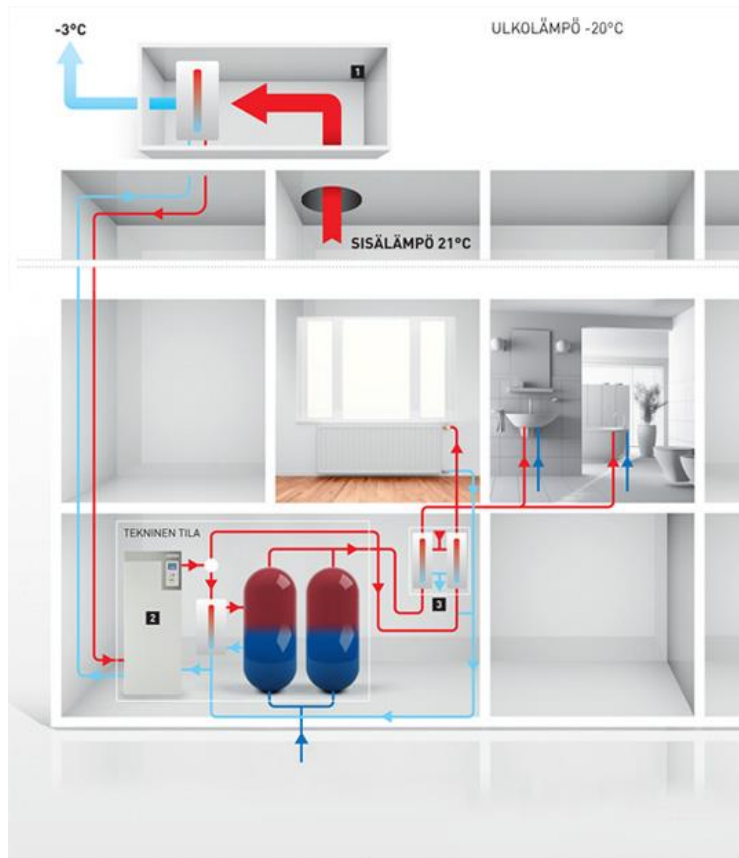
### 2.1 Toimintaperiaate ja käyttö asuinrakennuksessa

#### Toimintaperiaate

Poistoilmalämpöpumpulla hyödynnetään jäteilmassa olevaa lämpöenergiaa. Järjestelmässä käytetään lämpöpumpputekniikkaa, jonka avulla saadaan lämpöä siirrettyä poistoilmasta sitä lämpimämpään veteen. Poistoilmanlämpöpumpun tuottama lämpö voidaan käyttää joko käyttöveden tai lämmitysverkoston veden lämmittämiseen. Pientaloissa käytetään myös laitteita, joilla lämpö siirretään tuloilmaan. Poistoilmalämpöpumppu soveltuu erityisesti jälkiasenteisena asuinkerrostaloon, jossa on koneellinen poistoilmanvaihto. Painovoimainen ilmanvaihto voidaan joissain tapauksissa muuttaa koneelliseksi poistoksi, jotta saadaan parempi ja hallitumpi ilmanvaihtuvuus ja voidaan ottaa poistoilmasta lämpöenergia talteen. [2.]

Olenneimpina komponentteina poistoilmalämpöpumppujärjestelmässä ovat lämpöpumppuun kuuluvat kompressori, höyrystin ja lauhdutin. Poistoilmasta lämpö voidaan ottaa suoraan höyrystimellä, tai yleisemmin vesi-glykolikiertoisella lämmöntalteenottopatterilla. Jos höyrystin sijaitsee poistoilmavirrassa, kutsutaan järjestelmää suora-höyrysteiseksi. Jos taas poistoilmavirrassa on lämmön talteenottopatteri, järjestelmää kutsutaan nestekiertoiseksi.

Nestekiertoisessa järjestelmässä (kuva 1) jäteilmakanavaan asennetaan lämmön talteenottopatteri, jossa kiertävä kylmä liuos lämpiää ja jäteilma jäähtyy. Liuos voi olla ennen patteria jopa  $-5\text{ °C}$ . Tavallinen nestepumppu kierrättää liuosta katolla tai ullakolla sijaitsevan lämmön talteenottopatterin ja yleensä pohjakerroksessa sijaitsevassa lämmönjakohuoneessa olevan höyrystimen välillä.



Kuva 1. Poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate [3]

Lämmön talteenottopatterina voidaan käyttää erilaisia lämmönsiirtimiä. Suomessa yleisesti käytössä ovat levy-, neulaputki- ja harjalämmönsiirtimet. Myös ripaputki- tai siileäputkipattereita voidaan käyttää. Neulaputki- ja harjalämmönsiirtimien etuna verrattuna levylämmönsiirtimeen on ilmansuodattimen tarpeettomuus ja pienet painehäviöt [2]. Toisaalta ne ovat jonkin verran kalliimpia [4]. Ne toimivat itsessään karkeasuodattimina, joten ne täytyy pestä painepesurilla noin kerran vuodessa.

Suorahöyrysteisessä järjestelmässä lämpöpumpun höyrystin, jossa kiertää kylmäaine, sijoitetaan suoraan poistoilmavirtaan. Tällöin kaikki lämpöpumpun komponentit sijoitetaan huippumurin lähelle katolle tai ullakolle. Sijoitus voi joissain tapauksissa olla ongelma. Katon kantavuus täytyy huomioida ja harjakatolle asennus voi olla hankalaa ja kalliimpaa. Suorahöyrysteiselle järjestelmälle luvataan kuitenkin noin 0,5 yksikköä suurempi vuotuinen lämpökerroin, koska höyrystimen ja lämmönlähteen väliltä poistuu yksi lämmönsiirrin. [5]

## Asennustavat

Järjestelmän asennushintaan vaikuttaa suuresti kiinteistön muoto. Pistetalossa, jossa kaikki ilma kulkee yhden huippuimurin kautta, asennus on halpa verrattuna lamellitaloon, jossa on useita huippuimureita.

Lamellitalossa yleinen usean huippuimurin ongelma voidaan ratkaista joko asentamalla jokaiseen huippuimuriin oma lämmön talteenottopatteri, yhdistämällä jäteilmakanavat yhteen yhteiseen huippuimuriin tai näiden ratkaisujen yhdistelmällä. Kannattavin tapa pitää aina mieltä tapauskohtaisesti. Jäteilmakanavat on yleensä helpointa ja halvinta yhdistää rakennuksen katolla. Erään laitetoimittajan mukaan ilmavirraltaan alle 400 dm<sup>3</sup>/s huippuimuriin ei yleensä ole kannattavaa asentaa omaa lämmön talteenottopatteria [4]. Pienet huippuimurit voidaan yhdistää muihin lähellä oleviin kanaviin tai harkinnanvaraisesti jättää liittämättä järjestelmään.

Lämmönkeruuputkistot lämmönjakohuoneen ja huippuimurin välillä voidaan kuljettaa esimerkiksi

- roskakuilussa
- hissikuilussa
- rappukäytävässä
- ulkoseinällä
- ilmanvaihtohormissa.

Jäteilman lämpötila voidaan laskea jopa  $-3$  °C:seen. Yleisesti jäteilman lämpötila pyritään kuitenkin pitämään  $+3$ – $5$  °C:ssa. Tällöin lämpöpumppu toimii paremmalla hyötysuhteella eikä patterin huurtumisvaaraa ole. Kun kostea poistoilma jäädytetään näin viileäksi, patteriin tiivistyy kosteutta. Tämä vesi pitää johtaa hallitusti pois.

## Lämmitysjärjestelmän merkitys

Lämpöpumppu toimii parhaalla hyötysuhteella, kun lauhtumis- ja höyrystymislämpötilojen ero on mahdollisimman pieni. Kiinteistön lämmitysjärjestelmällä on suuri merkitys järjestelmän kannattavuuteen. Mitä lämpimämpää vettä lämmitysverkostosta palaa, sitä huonommalla hyötysuhteella lämpöpumppu sitä lämmittää. Paras lämmitysjärjes-

telmä lämpöpumpun kannalta olisi lattialämmitys, koska sen toimintalämpötilat ovat matalimmat. 1960–1980-lukujen kerrostaloissa yleisimpänä on kuitenkin patterilämmitys melko korkeilla lämpötiloilla. Yleensä järjestelmissä käytetään puskurivaraajaa, jotta voidaan pitää lämpöpumppu käynnissä, vaikka juuri sillä hetkellä ei ole lämmitystarvetta. Järjestelmän kannattavuus heikkenee aina, kun lämpöpumppu ei käy. Sillä vähennetään myös ylipaineesta johtuvia kompressorin pysähtymisiä, silloin kun lauhduttimessa ei kierrä tarpeeksi vettä, johon kylmäaineen lauhtumislämpö siirtyisi. Joissain tapauksissa lämpöpumppu seisoo huippupakkasella, kun patteriverkostosta palaava vesi on niin lämmintä, että sitä ei ole kannattava lämpöpumpulla lämmittää. Tällöin kaukolämpöjärjestelmä pitää mitoittaa täysteholle. Seneran edustajan Timo Sivulan mukaan nykyaikaisilla lämpöpumpuilla pystytään tuottamaan 65-asteista vettä lämpökertoimella 2,6. [3; 5.]

### Lämpöpumput

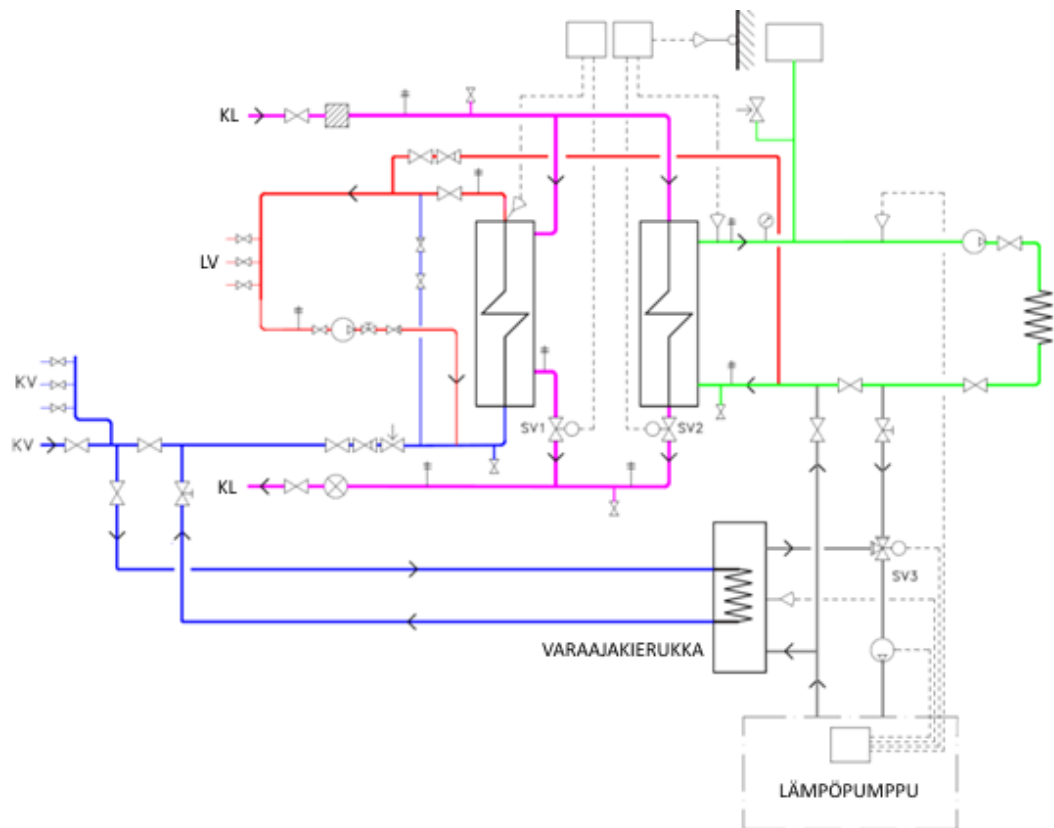
Lämpöpumppuina PILP-järjestelmissä käytetään pääasiassa maalämpöjärjestelmiin suunniteltuja pumppuja. Kerrostaloissa käytettävissä lämpöpumpuissa käytetään yhtä tai kahta kompressoria. Kahden kompressorin järjestelmässä on etuna mahdollisuus puolittaa lämpöpumpun teho ja pidentää kompressorien elinikää. Jos poistoilmamäärä puolitetaan suunnitellusta, yhden kompressorin lämpöpumppu ei voi käydä kuin vain pätkittäin, koska muuten lämmön talteenottopatteri jäätyy. Lyhyissä jaksoissa käyminen lyhentää kompressorin käyttöikää. Kompressorin elinikä riippuu vahvasti sen käynnistymiskertojen määrästä, koska käynnistyminen on kompressoria eniten kuormittava vaihe, johtuen ainakin suuresta lämpötilanvaihtelusta. Poistoilmalämpöpumppu kattaa tavallisesti 30–40 % asuinrakennuksen huipputehontarpeesta. [5; 6.]

Kompressorin tehoa voidaan säätää myös taajuusmuuttajalla. Tällöin ilmamäärää voidaan säätää vapaasti ilman vaaraa patterin jäätymisestä tai kompressorin käyttöiän lyhenemisestä ja pysytään aina lämpöpumpun kannalta ihanteellisella toiminta-alueella. Huonona puolena on noin 50 % kalliimpi lämpöpumppu. Pelkkä lämpöpumppu aiheuttaa kuitenkin järjestelmän investointikustannuksista vain n. 10–20 %, joten ei ole kyse isosta muutoksesta kokonaisinvestointikustannuksissa. [6.]

## 2.2 Kytkenät lämmitysjärjestelmään

### Yleistä

Kaukolämmön myyjän näkökulmasta poistoilmalämpöpumpun asentaminen vähentää vuosittaista myydyin energian määrää, kuitenkin usein vaikuttamatta tarvittavaan huipputehokseen. Tällöin kaukolämmön kulutus painottuu entistä enemmän huippupakkasille, jolloin kaukolämpöverkko on muutenkin kovilla. Alentunut kaukolämmönkulutus ja lisääntynyt sähkönkulutus tarkoittaa, että yhteistuotantolaitoksissa joudutaan ajamaan ylimääräistä lauhdelämpöä mereen. [7.]



Kuva 2. Sarjakytkentä [8]

Ennen julkaisua K1/2013 poistoilmalämpöpumput kytkettiin yleensä kaukolämmön kanssa sarjaan (kuva 2) ennen kaukolämpöä, jolloin kaukolämmön paluuvien lämpötila nousee eli sen jäähtymä huononee. Mitä suurempitehoinen on lämpöpumppu, sitä enemmän jäähtymä huononee.

Kaukolämmön tuotantolaitokselle paluueden alhainen lämpötila tarkoittaa parempaa hyötysuhdetta. Yhteistuotantolaitoksessa saadaan parannettua laitoksen rakennusasetta, eli saatavaa sähköä suhteessa kaukolämpöön. Myös mahdollisen lämpöakun varastointikyky riippuu jäähtymästä. [9.]

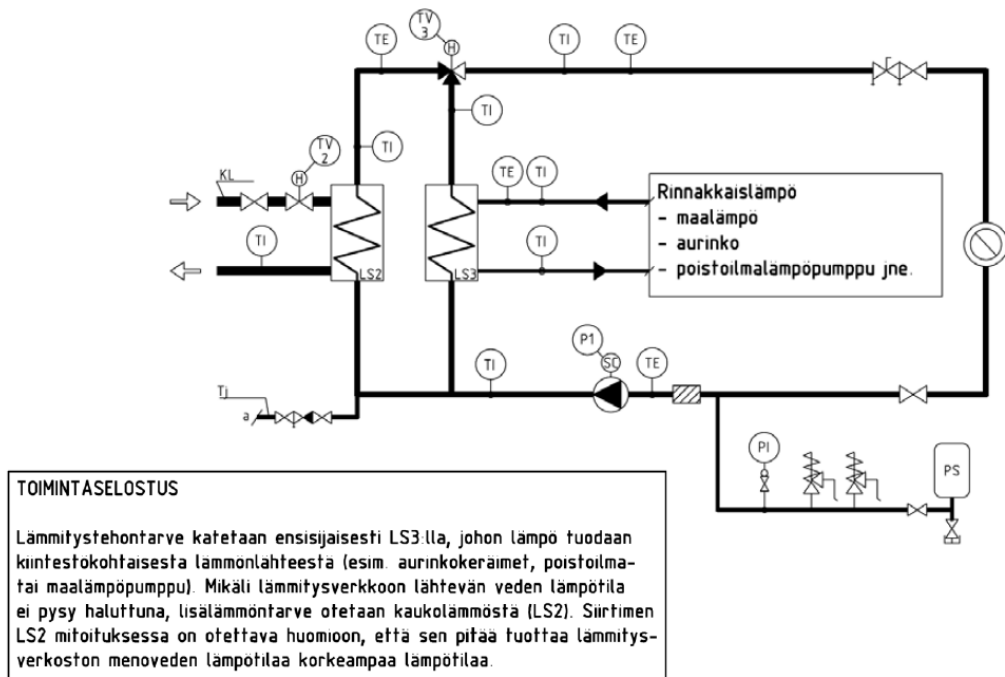
Kaukolämpöverkostossa matalampi paluulämpötila tarkoittaa pienempiä lämpöhäviöitä lämpötilaeron pienentyessä kaukolämpöveden ja sitä ympäröivän maan välillä. Jäähtymän parantaminen myös pienentää verkoston virtaamaa ja tällöin myös pumppauskustannuksia. Jäähtymää parantamalla voidaan kasvattaa kaukolämpöverkon siirtokapasiteettiä. Käytettäessä energiantuotantolaitoksella lämmöntalteenottosavukaasupesuria saadaan kaukolämmön paluueden lisjäähdytymästä osa ilmaiseksi pesurista. Mitä alempi kaukolämmön paluueden lämpötila on, sitä alemmaksi saadaan myös savukaasujen lämpötilaa laskettua pesurin jälkeen, jolloin suurempi osa savukaasujen kosteudesta lauhtuu ja näin suurempi osa savukaasujen sisältämästä energiamäärästä vapautuu hyödynnettäväksi kaukolämpönä. [9.]

Poistoilmalämpöpumppujärjestelmää suunniteltaessa kannattaa ottaa huomioon siitä johtuva mahdollinen kaukolämpöveden virtaaman pieneneminen käyttöveden säätöventtiilissä. Tämä aiheutuu lämpöpumpun lämmittäessä osan käyttövedestä. Voi olla tarpeen asentaa rinnalle toinen pienempi säätöventtiili, jotta vältytään käyttöveden lämpötilan huojunnalta.

Kytkentävalinnan tulee soveltua paikallisiin olosuhteisiin. Huomioon pitää ottaa lämpöpumpun lämpöteho, kokonaistehon- ja energiantarve sekä energian hinnat. Erityisesti on huomioitava kaukolämmön ja sähkön hintojen suhde.

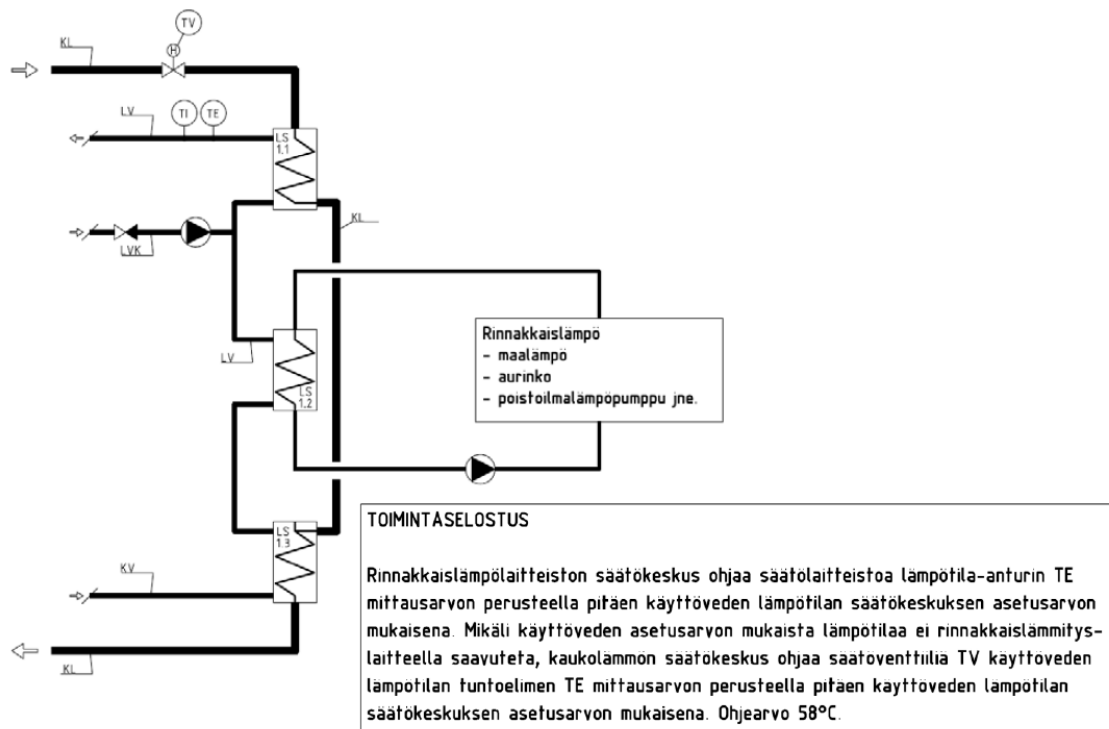
### Määräykset ja ohjeet

Julkaisussa K1/2013 ohjeistetaan kytkemään lämpöpumppu rinnan kaukolämmön kanssa (kuva 3), millä pyritään parantamaan jäähtymää verrattuna sarjakytkentään.



Kuva 3. K1:n ohjekytkentä lämmitysverkostoon [10]

K1:n ohjeellisessa kytkennässä ei ole mainintaa siitä, miten säätö pitäisi toteuttaa. Parasta kaukolämmön jäähtymää ei saavuteta, jos kaukolämmönsiirtimen kautta ohjataan mahdollisimman pieni vesivirta ja lämmitetään se niin kuumaksi kuin mahdollista ennen sekoittumista PILP:lta tulevaan lämmitysverkoston asetusarvoa viileämpään veteen. Tämä tapa on toisaalta lämpöpumpun hyötysuhteen kannalta paras. Tällöin saadaan lämpöpumpulla myös tuotettua suurin mahdollinen energiaosuus. [6.]

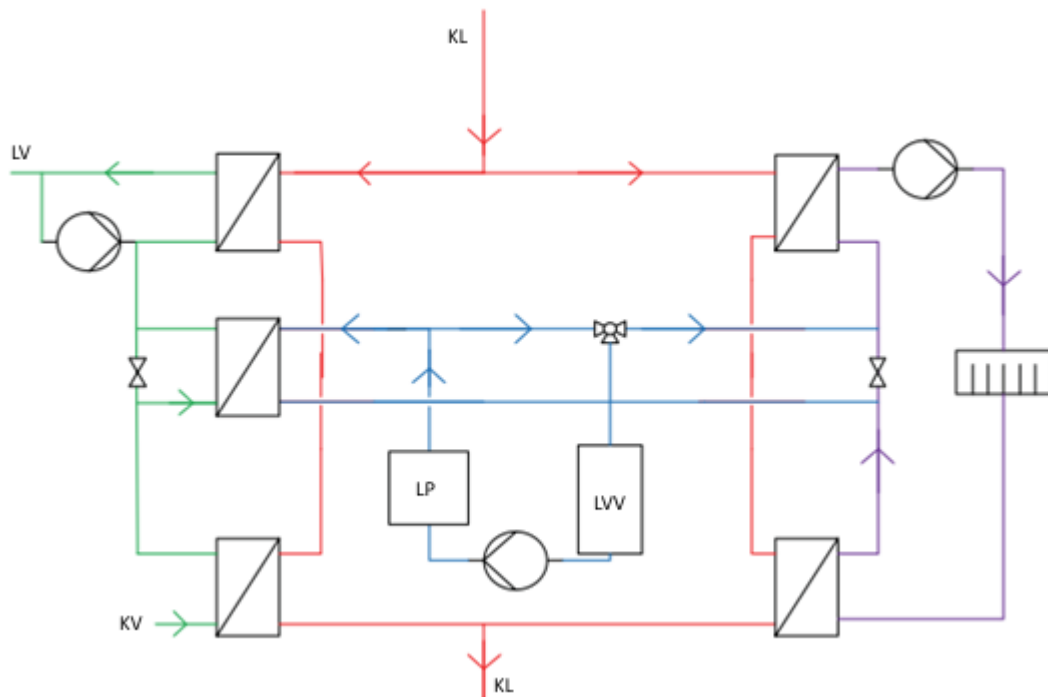


Kuva 4. K1:n ohjekytkentä käyttövedelle [10]

K1:n ohjekytkennässä (kuva 4) käyttöveden lämmitys kytketään sarjaan, mutta käyttövedellä jälkijähdytetään kaukolämpövesi, ennen kuin sitä lämmitetään lämpöpumpulla. Ohjekytkennän tilanteessa kaukolämpövesi jälkijähdytty vain, jos käyttövettä kulutetaan.

Kaikki lämmönsiirtimet on mahdollista korvata kierukkavaraajilla. Kytkennässä, jossa lämmitysverkostoa lämmittävä kaukolämpövesi ajetaan myös jälkijähdytymään kuvan alimpaan lämmönsiirtimeen ja se korvataan varaajalla, kaukolämmön paluuvesi jälkijähdytty myös silloin, kun käyttövettä ei käytetä.

## Kolmiportainen lämmitys



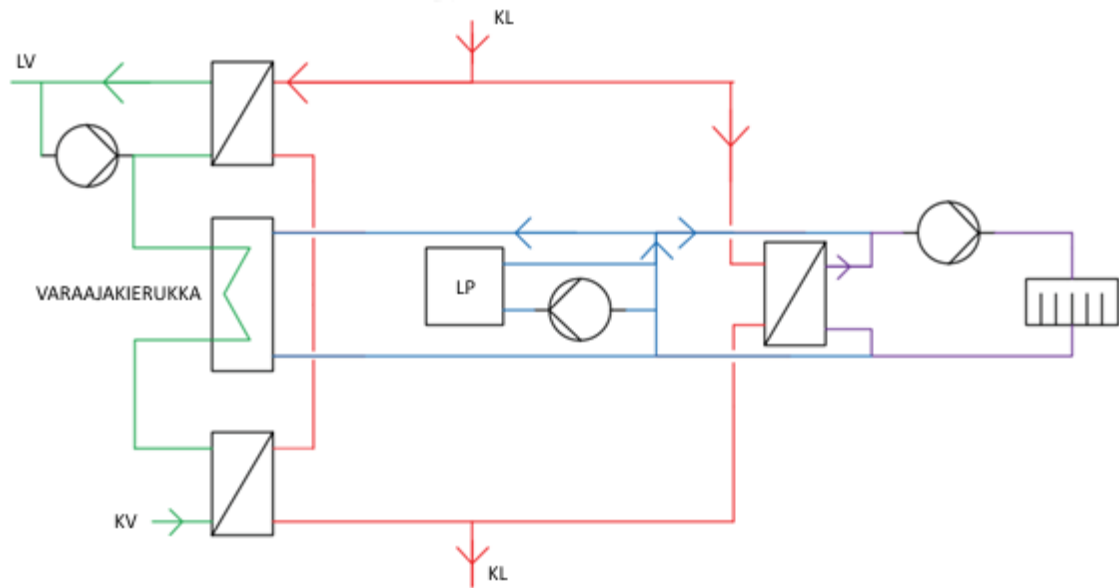
Kuva 5. Tilojen ja lämpimän käyttöveden kolmiportainen lämmitys [7]

Kolmiportaisessa lämmityksessä (kuva 5) kaukolämpö esi- ja jälkilämmittää käyttöveden ja lämmitysverkoston veden. Lämpöpumpulla lämmitetään molempia näiden vaiheiden välissä. Ensisijaisesti käytetään lämpöpumppua ja kaukolämmön säätöventtiili avautuu, kun lämpöpumpussa ei enää riitä teho. Sääto ei ole erityisen monimutkainen, koska lämpöpumppua ja kaukolämpöä voidaan säätää täysin itsenäisesti. [7.]

Kytkeä ei vaikuta kaukolämmön paluveden jäähtymään, koska lämmitys tapahtuu kolmessa vaiheessa. Kaukolämmön kulutus vähenee läpi vuoden ja kesäaika voidaan selvittää kokonaan ilman. [7.]

Lämpöpumpun lämpökerroin säilyy korkeana, kun sen ei ole välttämätöntä lämmittää vettä kovin kuumaksi. Kun käyttövettä ei säilötä varaajaan, ei ole bakteerikasvun riskiä. Huonona puolena kytkennässä on komponenttien suuri määrä, joka kasvattaa investointi- ja huoltokustannuksia. Jos kaukolämmön toimittajalla on halpa kesähinnoittelu, kytkennän kallis investointi ei välttämättä ole kannattava. [7.]

### Kytkeä lämmitysverkostoon rinnan; käyttövedessä kolmiportainen lämmitys



Kuva 6. Kaukolämpö ja lämpöpumppu on kytketty lämmitysverkostoon rinnan ja käyttövesi sarjaan kolmessa vaiheessa. Käyttövesi kulkee kierukassa varaajan läpi. [7.]

Kuvasta 6 nähdään, että lämmitysverkoston puolella lämpöpumppu on kytketty rinnan kaukolämpösiirtimen kanssa. Käyttövesi esi- ja jälkilämmitetään kaukolämmöllä. Niiden välissä se kiertää lämpöpumpun varaajan kautta kierukassa. Lämmitykseen käytetään ensisijaisesti lämpöpumppua, mutta kun sen teho ei riitä, avataan kaukolämmön säätöventtiiliä. [7.]

Kytkenällä ei ole vaikutusta kaukolämpöveden jäähtymään, jos lämpöpumppu kykenee tuottamaan lämpötilaltaan lämmitysverkoston vaatimaa vettä, jotta kaukolämmöllä ei tarvitse lämmittää vettä yllämpimäksi. Jos lämpöpumpun lämmittämän veden lämpötila on liian matala, siihen joudutaan sekoittamaan lämmitysverkoston vaatimusta lämpimämpää kaukolämmöllä lämmitettyä vettä. Tällöin kaukolämpöveden virtaama kasvaa, jolloin jäähtymä huononee. [7.]

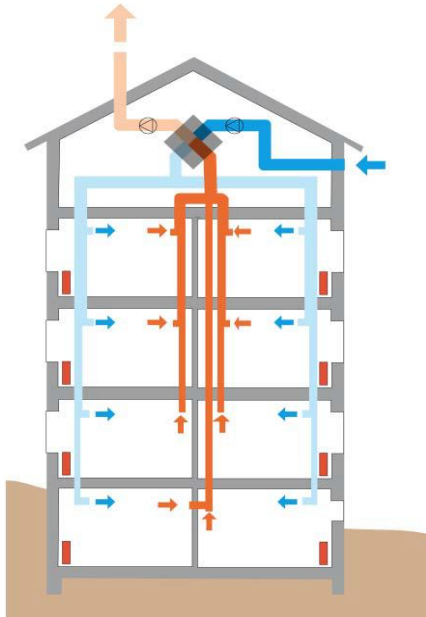
Jos lämpöpumpulla pyritään lämmittämään lämmitysverkoston vesi asetusarvoonsa, sen vuosittainen lämpökerroin on alhaisempi kuin edellisessä kytkennässä. Säätö on monimutkaisempi, koska kaukolämmön ja lämpöpumpun säätöjen pitää toimia hyvin yhdessä. [7.]

### 2.3 Asennusten määrä Suomessa

Suomessa asuinkerrostaloihin asennettuihin poistoilmalämpöpumppuihin on herätty vasta viime vuosina. Järjestelmätoimittajia ei Suomessa vielä ole kovinkaan montaa. Suomen lämpöpumppuyhdistyksen toiminnanjohtaja Jussi Hirvonen arvioi, että vuonna 2014 olisi asennettu 250 ja sitä edeltävänä vuonna 150 poistoilmalämpöpumpua kerrostaloihin. Tätä edeltävinä vuosina asennuksia olisi huomattavasti vähemmän.

Asennuksien määrää selvitettiin myös tiedustelemalla suurimmilta järjestelmätoimittajilta heidän toimittamien poistoilmalämpöpumppujen määrää. Tällä tiedustelulla tulokseksi tuli hieman yli 300 toimitettua poistoilmalämpöpumppujärjestelmää.

### 3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla



Kuva 7. Keskitetty koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto kerrostalossa lämmön talteenotolla [11]

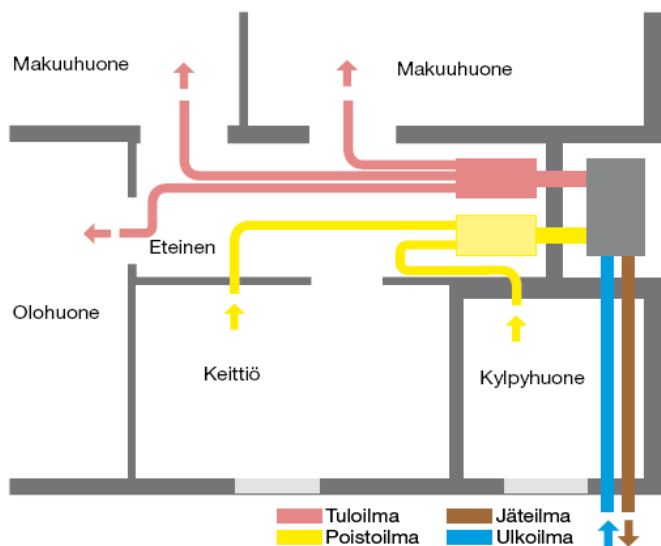
Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa (kuva 7) ilma poistuu asunnoista likaisten tilojen, kuten WC:n, keittiön ja vaatehuoneen kautta ja korvausilma tuodaan makuuhuoneisiin ja oleskelutilaan. Lämmön talteenotto toteutetaan kerrostaloissa useimmiten levylämmönsiirtimellä, jossa ilmavirrat kulkevat joko ristikkäisiin tai vastakkaisiin suuntiin. Hyvän nykyaikaisen vastavirtalevylämmönsiirtimen lämpötilahyötysuhde on noin 80 %.

LTO:n vuosihyötysuhde on alhaisempi kuin lämpötilahyötysuhde. Tämä johtuu siitä, että kovilla pakkasilla lämmön talteenottoa joudutaan rajoittamaan, jotta jäteilma ei jäähydy liikaa ja ala muodostamaan huurretta. Myös lämmityskauden alussa ja lopussa voidaan lämmön talteenottoa rajoittaa, jotta tuloilma ei lämpene liikaa.

Kun koneellisella poistolla varustettuun kerrostaloon asennetaan LTO, voidaan yleensä käyttää vanhoja poistoilmakanavistoja, jos ne vain ovat käyttökuntoisia. Uusi ilmanvaihdon kone asennetaan katolle tai ullakolle. Asuinkerrostaloissa on toteutettu ilmanvaihdon uudistamisia nykyaikaiseksi, tulo- ja poistoilmanvaihdon sekä lämmöntalteenoton sisältäväksi järjestelmäksi ainoastaan vuokratalojen perusparannuksen yhteydessä. Asun-

to-osakeyhtiöt ovat tyytyneet rakennusten alkuperäisten järjestelmien säilyttämiseen ja mahdolliseen kunnostamiseen. [11.]

Ilmanvaihdon korjaukset kannattaa toteuttaa välttämättömien korjausten yhteydessä. Etuina ovat sekä pienemmät haitat asukkaille että halvemmat kustannukset rakennustöiden kustannusten jakaantuessa. Esimerkiksi julkisivuremontin yhteydessä voidaan runkokanavat asentaa koteloituna ulkoseinälle. Linjasaneerauksen yhteydessä runkokanavat voivat käyttää samoja nousureittejä vesijohtojen ja viemäreiden kanssa. Alakat joudutaan avaamaan vesijohtoja uusittaessa, jolloin sinne voidaan asentaa huoneistojen sisäisiä kanavoiteja. [11.]



Kuva 8. Huoneistokohtainen ilmanvaihto [11]

Ilmanvaihto voidaan toteuttaa myös huoneistokohtaisesti (kuva 8). Huoneistokohtaisessa ilmanvaihdossa jokaiselle huoneistolle asennetaan omat ilmanvaihtokoneet. Tällöin ei tarvita kanaville pystykuiluja. Järjestelmä voidaan tarvittaessa asentaa vaikkakin yhteen huoneistoon kerrallaan. Jos ilmanvaihtokone suunnitellaan siten, että siihen pääsee käsiksi porraskäytävästä, huolto onnistuu asukkaita häiritsemättä, eikä se jää asukkaiden vastuulle. [11.]

Ilmanvaihtoa tuskin uudistetaan pelkän energiansäästön takia, vaan pitää huomioida vaikutukset asumisviihtyvyyteen ja sisäilmastoon. Ilmanlaadun parantumisella voi olla myös terveysvaikutuksia.

## 4 Tutkimuskohteet

### 4.1 Soukanahde 6

Kiinteistö Soukanahde 6 on Espoon Soukassa sijaitseva Espoon asunnot Oy:n omistama vuokraloyhtiö. Kohteen julkisivukuva on esitetty kuvassa 9 ja perustiedot taulukossa 1. Kiinteistöön asennettiin joulukuussa 2012 poistoilmalämpöpumppu, eikä samalla tehty muita energiatehokkuuteen vaikuttavia toimenpiteitä.



Kuva 9. Espoon Asunnot Oy, Soukanahde 6

Taulukko 1. Rakennuksen tiedot

Rakennusvuosi	1969
Kerroksia	7
Asuntoja	35
Rakennustilavuus	8820m <sup>3</sup>
Huoneistoala	2100m <sup>2</sup>



Kuva 10. Lämpöpumppu ja varaajat

Kiinteistöön asennettiin kuvassa 10 näkyvä IVT:n Greenline HE E28 -lämpöpumppu, jonka lämmitysteho on noin 28 kW. Koska käytävissä oli reilusti tilaa, asennettiin myös neljä 750 litran lämpimän käyttöveden varaajaa. Laitteiston toimittajana toimi Senera Oy.

Lämmön talteenottojärjestelmä kytkettiin olemassa olevan kaukolämmönjakolaitteiston kanssa sarjaan, jolloin kaikki lämmitettävä vesi kulkee viimeisenä kaukolämmönsiirtimen läpi, jossa se lämmitetään asetusarvoonsa. Patteriverkoston mitoitukslämpötilat ovat 80/60 °C. Järjestelmän toimintakaavio on liitteessä 5. Lämpöpumppu ja varaajat asennettiin lämmönjakuhuoneen viereiseen tilaan vanhan muuntamon tilalle. Järjestelmän kannattavuutta laskettaessa pitää muistaa ottaa huomioon myös sen viemä tila. Voisiko tilasta saada tuloja vuokraamalla se vaikka autotalliksi tai varastoksi?

Lämpöpumppu käyttää poistoilmasta saadun lämmön talvella pelkästään patteriverkoston lämmittämiseen. Kesällä saatu lämpö käytetään käyttöveden lämmittämiseen, ja jos tilojen lämmitystarvetta on, niin myös patteriverkoston. Kesätilassa lämpöpumppu pitää varaajien lämpötilan 60 °C:ssa. Kesä-/talvitilan vaihtaminen on kiinteistön huoltomiehen tehtävänä. Tavoitteena oli, että lämpöpumppu olisi pystynyt lämmittämään kesällä tarvittavan käyttöveden täysin ilman kaukolämpöä, mutta tähän tavoitteeseen ei aivan päästy.



Kuva 11. Poistoilmapuhallin ja lämmön talteenottokenno

Poistoilmapuhallin ja lämmöntalteenottolaitteisto asennettiin rakennuksen ullakolla tyhjiällä olleeseen tilaan (kuva 11). Kiinteistössä on vain yksi poistoilmapuhallin. Sekä puhallin että lamellimallinen lämmönsiirrin ovat Koja Oy:n valmistamia.

Puhaltimen vaihdon yhteydessä säädettiin myös ilmamäärät. Aikaisemmin kiinteistössä oli oletettujen ruoanlaittoaikojen mukaiset ilmanvaihdon tehostusajat. Nyt käytössä on vakioilmavirta, joka on valittu vanhojen ilmavirtojen painotettuna keskiarvona. Ilmaviraksi määrittyi  $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Vuorokauden aikana huoneistoista poistunut ilmamäärä pysyi samana, mutta nyt ilmavirta ei vaihtele tehostusajojen mukaan. Tällöin myös lämmitysenergiantarve säilyi ennallaan. Seneran edustajan Timo-Mikael Sivulan mukaan asukkaat ovat tähän tyytyväisempiä, koska tänä päivänä ihmisten elämänrytmit vaihtelevat suuresti, jolloin tehostusajojen valitseminen on hankalaa. Tällöin ilmanvaihdon tehoksesta johtuva vedontunne poistuu. [5] Toisaalta tämä voi hieman lisätä tehostusajojen ulkopuolista vedontunnetta.

Vakioilmavirta on myös lämpöpumpun kannalta parempi vaihtoehto. Koska kiinteistöön asennetussa lämpöpumpussa ei ole taajuusmuuttajaohjattua kompressoria ja vain yksi kompressori, se ei kykene säätämään tehoaan ja mukautumaan muuttuvaan ilmavir-

taan. Jos ilmanvaihdossa olisi tehostusajat, lämpöpumppu pitäisi käytännössä mitoittaa pienemmän ilmavirran mukaan, jolloin tehostuksen aikana menisi lämpöä hukkaan.



Kuva 12. Lämmönkeruuputkisto asennettuna porraskäytävään

Lämmönkeruuputkisto lämpöpumpulta poistoilmapuhaltimelle kulkee porraskäytävässä koteloituna (kuva 12). Porraskäytävä on avoin kierreportaan mallinen, joten kerrosten välille ei tarvinnut porata läpivientejä. Kuvasta 13 huomataan, että katolle ei tarvinnut tehdä muutoksia eikä rakennus siten muuttunut ulkoapäin mitenkään.



Kuva 13. Vanha ulospuhallushajottaja.

#### 4.2 Armas Launiksen katu 7

Kiinteistö Armas Launiksen katu 7 on Espoon Mäkkylässä sijaitseva Espoon asunnot Oy:n omistama vuokrataloyhtiö. Kohteen julkisivukuva on esitetty kuvassa 14 ja perustiedot taulukossa 2.



Kuva 14. Espoon Asunnot Oy, Armas Launiksen katu 7

Taulukko 2. Rakennuksen tiedot

Rakennusvuosi	1981
Kerroksia	6
Asuntoja	45
Rakennustilavuus	6480m <sup>3</sup>
Huoneistoala	1450m <sup>2</sup>

Kiinteistö on perusparannettu täysin vuoden 2012 aikana. Tässä yhteydessä sinne asennettiin myös poistoilmalämpöpumppu. Perusparannukseen kuului linjasaneeraus. Energiatohokkuuteen vaikuttavia toimenpiteitä oli ikkunoiden vaihto, termostaattisten patteriventtiilien vaihto ja patteriverkoston perussäätö. Ilmamäärät säädettiin puhaltimen vaihdon yhteydessä vastaamaan nykyisen rakentamismääräyskokoelman osan

D2 määräyksiä. Huoneiston ilman täytyy sen mukaan vaihtua vähintään kerran kahdessa tunnissa. Poistoilmamäärä on nykyään 1,14 m<sup>3</sup>/s. Espoon Asuntojen perusparannusten projektipäällikön Kalevi Hautalan pitkän perusparannuskokemuksen mukaan heidän rakennuskannassaan poistoilmavirtojen kasvattamisen aiheuttama lämpöenergiankulutuksen lisäys vastaa ikkunoiden vaihdon aiheuttamaa energiansäästöä [30].



Kuva 15. Lämpöpumppu ja varaaja lämmönjakuhuoneessa

Kiinteistöön asennettiin kuvassa 15 näkyvä IVT:n Greenline HE E21 -lämpöpumppu, jonka lämmitysteho on noin 21 kW. Lämmönjakuhuoneeseen asennettiin myös yksi 1000 litran puskurisäiliö.

Poistoilmalämpöpumppu lämmittää kiinteistön patteriverkoston paluuvettä sekä esilämmittää käyttövettä. Tarvittava lisälämpö otetaan kaukolämmöstä. Lämpöpumppu on kytketty patteriverkoston olemassa olevan kaukolämmönjakolaitteiston kanssa rinnan, jolloin lämpöpumpun lämmittämä vesi ei enää kulje kaukolämmönsiirtimen läpi, eikä täten vaikuta kaukolämpöveden jäähtymään. Patteriverkoston mitoituslämpötilat ovat 80/50 °C. Järjestelmän toimintakaavio on liitteessä 4.

Lämpöpumpun käyttöveden lämmönsiirrin on kuitenkin kytketty sarjaan kaukolämmön käyttöveden esilämmityssiirtimen kanssa. Jos kaukolämpöveden jäähtymä on alle 26 °C, kylmä käyttövesi ohittaa lämpöpumpun käyttöveden lämmönsiirtimen ja menee suoraan kaukolämmön käyttöveden esilämmityssiirtimelle pitäen jäähtymän asetusarvossaan. Fortum ilmoittaa hyvin toimivan kaukolämpölaitteiston jäähtymäksi yli 25 °C [12].



Kuva 16. Pilpit-lämmöntalteenottojärjestelmä

Kiinteistössä on vain yksi huippuimuri. Kuvassa 16 koteloituna näkyvät puhallin, lämmön talteenottopatteri ja säätöjärjestelmä ovat yhdessä kauppanimeltään Pilpit-lämmöntalteenottojärjestelmä. Pilpit-järjestelmässä lämmön talteenottopatteri on pyöreä lamellipatteri. Järjestelmä asennettiin vanhan poistoilmahuuhtimen paikalle ullakon IV-konehuoneeseen. Puhallinmoottorina toimii energiatehokas EC-moottori.

## 5 Vaikutukset ostoenergian käyttöön

### PILP

Kaikissa energiankulutuslaskelmissa on käytetty normeerattuja kulutuksia. Normeeraus tarkoittaa, että kulutus sääkorjataan vastaamaan normaalikuukautta vertailukaudella 1981–2010. Erityisen kylmä tai leuto talvi ei siten vaikuta laskelmiin. Tällöin eri vuosien kulutukset ovat keskenään vertailukelpoisia. [13.]

Normeerauksessa on käytetty Ilmatieteen laitokselta saatuja lämmitystarvelukuja. Lämmitystarvelukuja käytetään, koska rakennuksen lämmitysenergiankulutus on verrannollinen sisä- ja ulkolämpötilojen erotukseen. Lämmitystarveluku vuorokaudelle saadaan vähentämällä sisälämpötilasta vuorokauden keskimääräinen ulkolämpötila. Laskennassa sisälämpötilana käytetään +17 °C. Kuukauden lämmitystarveluku saadaan summaamalla sen kaikkien vuorokausien lämmitystarveluvut yhteen. Lämmitystarveluvun laskennassa jätetään huomioimatta vuorokaudet, joiden keskilämpötila on keväällä yli +10 °C ja syksyllä yli +12 °C. [13.]

Normeeraus tapahtuu kertomalla tilojen lämmitykseen käytetty energia normaalikuukauden ja tarkasteltavan kuukauden toteutuneen lämmitystarveluvun suhteella. Kesä-, heinä- ja elokuun kulutuksia ei ole normeerattu, vaan normeerattuna kulutuksena on käytetty toteutunutta kulutusta. [14.]

Kaavalla 1 lasketaan kuukauden normeerattu energiakulutus. Esimerkkilaskuissa on normeerattu vuoden 2013 tammikuu.

$$Q_{norm} = \frac{S_N}{S_{tot}} \times Q_{tot} + Q_{lkv} \quad (1)$$

$$29,8MWh = \frac{647^{\circ}C_{vrk}}{678^{\circ}C_{vrk}} \times 18,8MWh + 11,9MWh$$

Kaavalla 2 lasketaan tilojen lämmitykseen kuluva energia.

$$Q_{tot} = Q_{kok} - Q_{lkv} \quad (2)$$

$$18,8MWh = 30,7MWh - 11,9MWh$$

$Q_{norm}$  on rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus

$Q_{tot}$  on rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia

$Q_{kok}$  on rakennuksen kokonaislämmitysenergiankulutus

$Q_{lkv}$  on lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia

$S_N$  on normaalikuukauden lämmitystarveluku

$S_{tot}$  on toteutunut lämmitystarveluku

Koska tiedossa ei ole todellisia lämpimän käyttöveden kulutuksia, niin sen käytön on oletettu pysyvän jokaisena kuukautena samana. Oletettu lämpimän käyttöveden energiankulutus on saatu keskimääräisestä kaukolämmön energiankulutuksesta kuukaussilta, joiden lämmitystarveluku on ollut nolla. Kulutukset on saatu neljän vuoden ajalta ennen PILP:n asennusta. Oletusta voidaan pitää melko luotettavana, koska näiden kuukausien kaukolämmönkulutuksen keskihajonta on noin 1 MWh. Normitusta varten kaiken käyttöveden lämmityksen on oletettu tapahtuvan kaukolämmöllä myös PILP:n asennuksen jälkeen.

PILP:n ollessa käytössä sähkönkulutuksesta on normeerattu neljän asennusta edeltävän vuoden keskiarvokulutuksen ylittävä osuus. Kaikissa kuvaajissa pylväs ”Ennen PILP” tarkoittaa neljän edeltävän vuoden keskiarvoa.

## LTO

LTO:n säästöt on laskettu käyttäen kiinteistöjen nykyisiä todellisia poistoilmavirtoja. Tuloilmavirran arvioitiin olevan noin 8 % poistoilmavirtaa pienempi, jotta rakennus pysyisi lievästi alipaineisena. Yleensä jälkiasennettaessa kasvatetaan ilmavirrat nyky-määräyksien tasolle, mutta näissä laskelmissa ilmavirtoja ei muutettu, jotta PILP ja LTO olisivat vertailukelpoisia keskenään. Tuloilmapuhaltimen lisäyksen vaikutusta sähkönkulutukseen laskiessa oletettiin puhaltimen ominaissähkötehon olevan 1,0 kW/(m<sup>3</sup>/s), joka on D2:n mukainen koneellisen poistoilmanvaihdon suurin sallittu ominaissähköteho. LTO:n vuosihyötysuhteeksi laskettiin 69 % käyttäen lähtötietona laa-

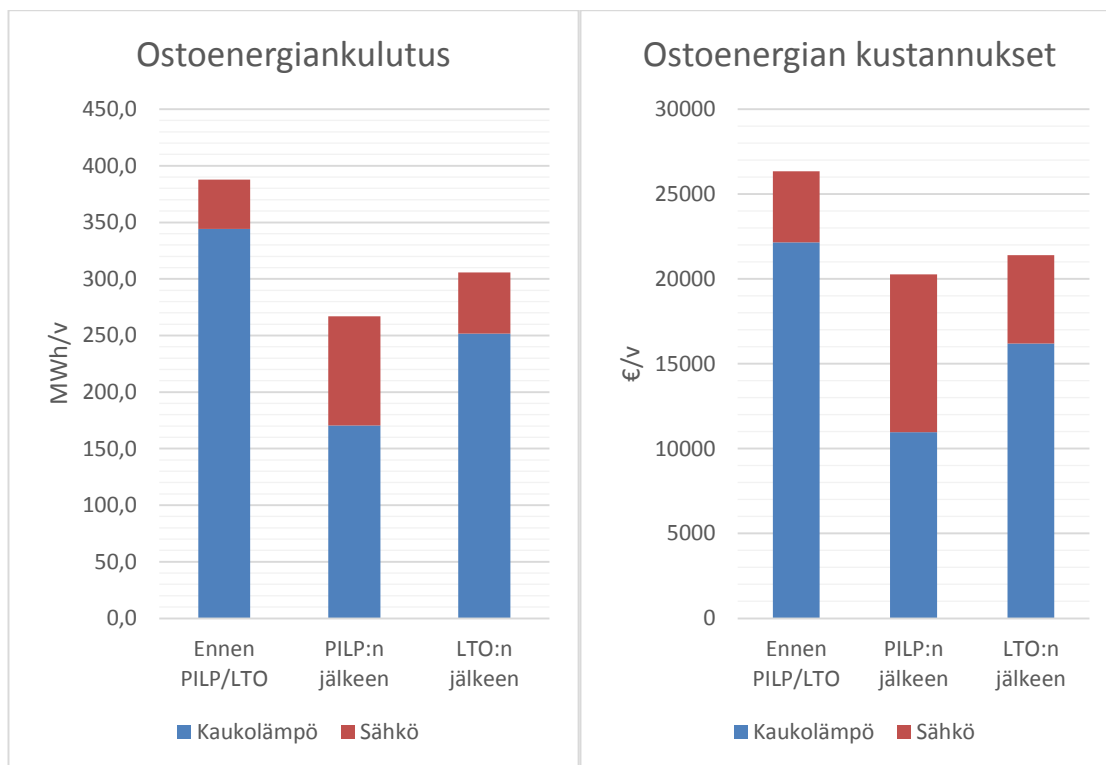
dukkaan nykyaikaisen vastavirtalevylämmönsiirtimeen lämpötilahyötysuhdetta 81 % standardin SFS-EN 308 mukaan mitattuna. Vuosihyötysuhteen laskennassa käytettiin ympäristöministeriön LTO-laskinta, joka perustuu heidän ”Tasauslaskentaopas 2012”:n liitteen neljä laskentatapaan. Huonelämpötilaksi asetettiin +21 °C ja jäteilman minimilämpötilaksi jäätymissuojauksessa tasauslaskentaoppaassa tavanomaisille asuintiloille neuvottu +5 °C. [31.]

### Energian hinnat

Kaikissa kustannuslaskelmissa on käytetty Espoon Asunnot Oy:n maksamaa vuosien 2013 ja 2014 toteutunutta kaukolämmön hintaa 64,36 €/MWh [15]. Sähkön Espoon Asunnot Oy ostaa pörssisähköä, joten sähkön siirron hintana on käytetty vuosien 2013–2014 keskimääräistä Caruna Espoo Oy:n sähkön siirtohintaa tyyppikiinteistölle, joka kuluttaa 35 MWh/v. Sähkön siirtohinnaksi muodostui 48,64 €/MWh lisättynä saman aikavälin keskimääräisellä pörssisähkön hinnalla 47,85 €/MWh, joka tekee yhteensä 96,49 €/MWh. Kaikki hinnat ovat verollisia. [16; 17]

## 5.1 Soukanahde 6

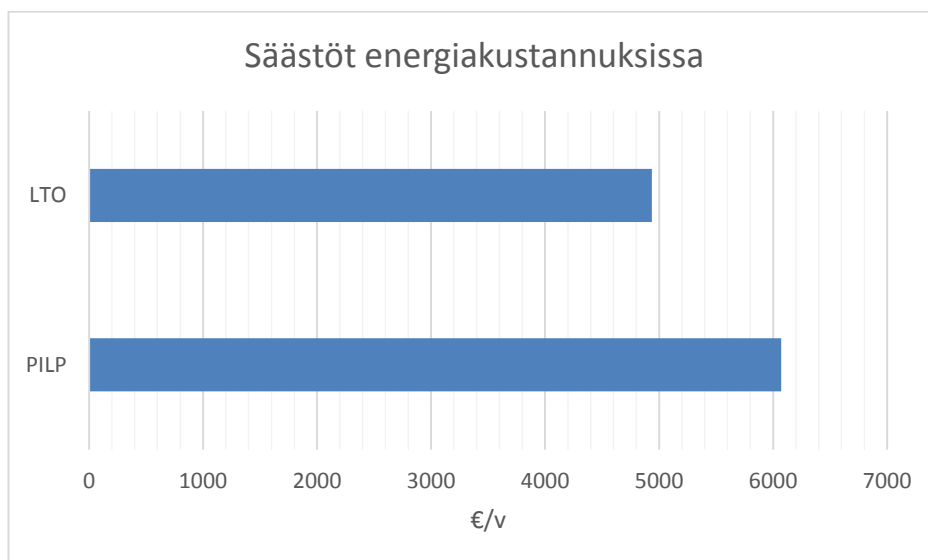
## PILP:n ja LTO:n vaikutuksien vertailu



Kuva 17. Energiansäästövaikutusten vertailu

Kuvasta 17 nähdään, että ennen vuotta 2012 ostoenergiankulutus on ollut vuosittain 388 MWh, josta kaukolämmön osuus on ollut 344 MWh ja sähkön osuus 44 MWh. Kaukolämmön kulutus lämpöpumpun asennuksen jälkeen on melko tarkkaan puolittunut sen laskiessa 174 MWh/v ja on nyt 170 MWh/v. Sähkön kulutus on noin kaksinkertaistunut kasvaessa 52 MWh/v ja on nyt 96 MWh/v. Yhteensä ostoenergiankulutus on pienentynyt 31 %. Toteutuneet vuosittaiset lämpökertoimet lämpöpumpulle vuosina 2013 ja 2014 ovat vastaavasti 3,2 ja 3,4. PILP:lla tuotetun lämmön hinnaksi tulee 29,42 €/MWh.

Jos kiinteistöön olisi asennettu LTO, niin kaukolämmön kulutus olisi pienentynyt melkein kolmanneksella sen laskiessa arvoon 93 MWh/v ja ollessa asennuksen jälkeen 252 MWh/v. Sähkön kulutus lisääntyisi lisätystä tuloilmapuhaltimesta ja LTO-kennon painehäviöstä johtuen 10 MWh/v. Kokonaisenergiankulutus olisi pienentynyt 21 %.

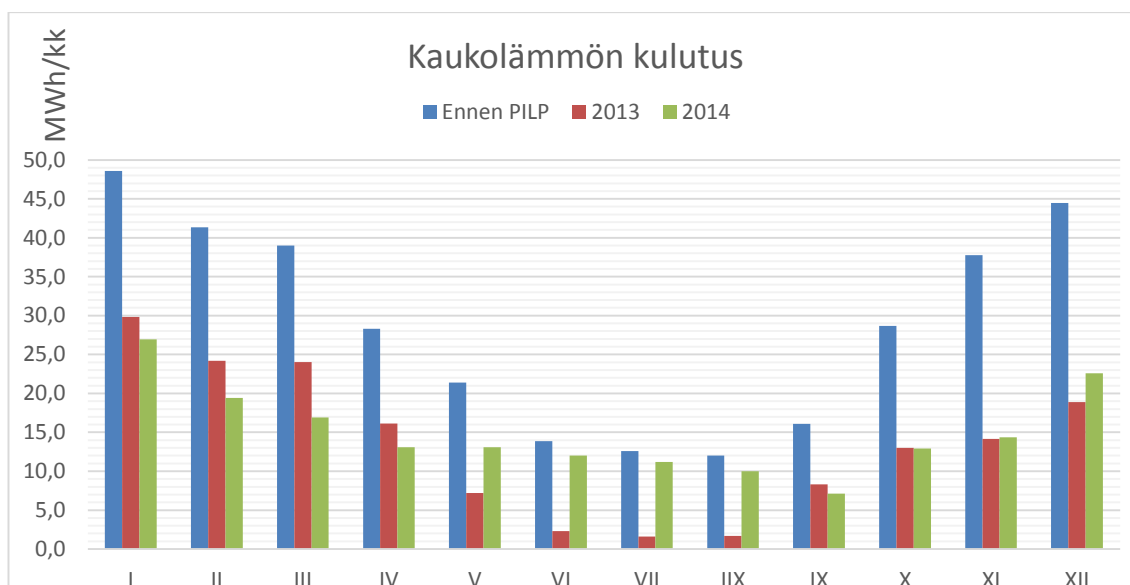


Kuva 18. Kustannussäästöjen vertailu

Ennen energiansäästötoimenpiteitä kiinteistön vuotuiset energiakustannukset olivat hieman yli 26 000 €. Lämpöpumpun saavuttamat vuotuiset euromääräiset säästöt energiakustannuksissa ovat kuvan 18 mukaisesti 6 071 €. Lämpöpumpun ollessa epä-suora sähkölämmityksen muoto se on kasvattanut reilusti sähkölaskua, mutta vasta-vuoroisesti pienentänyt reilusti kaukolämpölaskua niiden ollessa nykyään melkein sa-mansuuruiset.

Kiinteistöön asennettu LTO-laitteisto olisi energiakustannuksissa säästänyt vuosittain 4937 €. Sähkölasku olisi kasvanut vain noin tuhannella eurolla kaukolämpölaskun pie-nentyessä melkein 6 000 €:lla vuodessa.

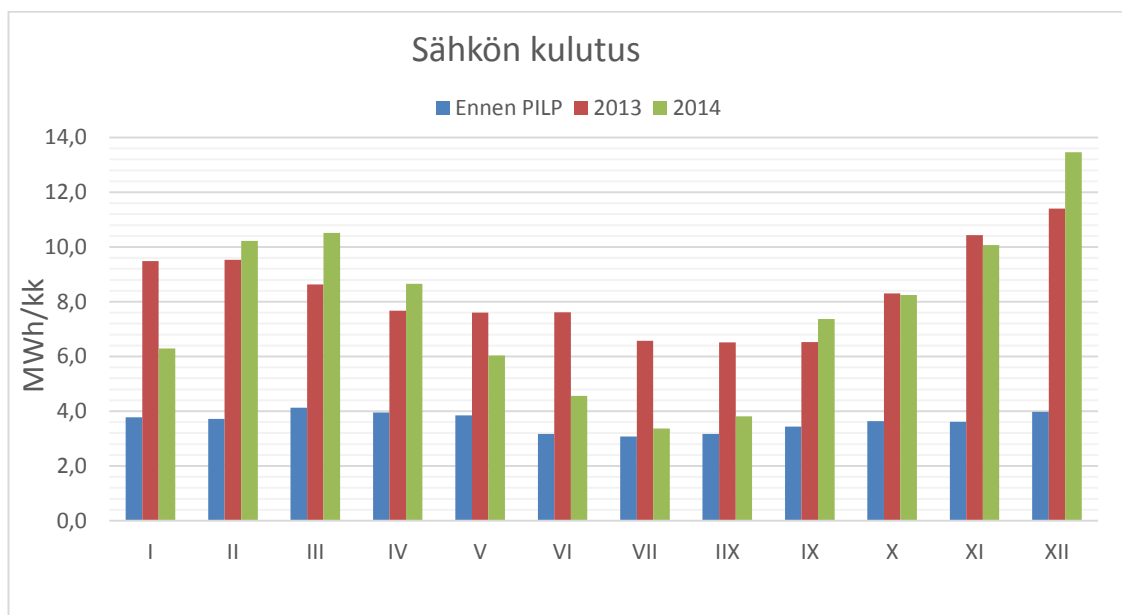
## PILP:n vaikutukset kuukausikulutuksiin



Kuva 19. Kuukausittainen kaukolämmön kulutuksen muutos.

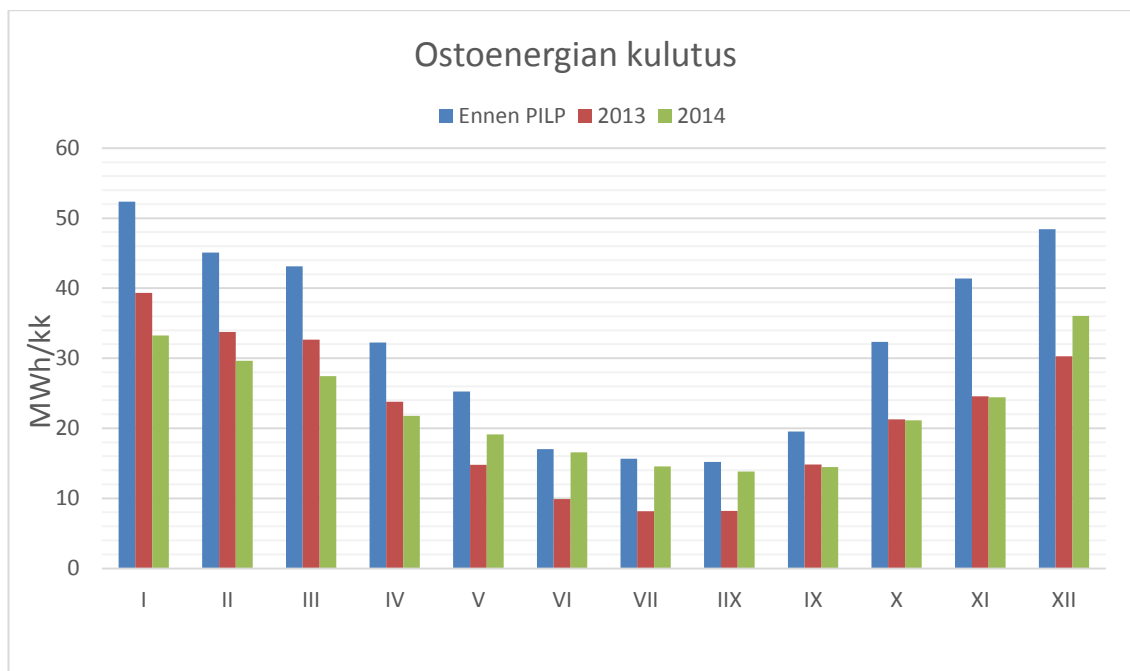
Kaukolämmön kulutuksessa kuvasta 19 huomataan vuosien 2013 ja 2014 välillä olevan merkittävä muutos kesäkuukausina. Kaukolämpöä on vuonna 2013 kulunut kesällä vain hyvin vähän, mutta vuoden 2014 kesänä merkittävää muutosta PILP:a edeltävään aikaan ei ole. Tästä voidaan päätellä, että kesällä 2013 PILP:lla on tuotettu lämmin käyttövesi melkein kokonaan, kun taas kesällä 2014 ei lämmintä käyttövettä ole tuotettu ilmeisesti lainkaan.

Järjestelmän olisi toimintaselostuksen mukaan tarkoitus lämmittää talvella pelkästään patteriverkostoa ja kesällä myös käyttövettä. Kesä- ja talvitilan vaihtaminen tapahtuu manuaalisesti sulkuventtiileillä. Järjestelmää ei ole vaihdettu vuonna 2014 toimimaan kesätilassa, paitsi ilmeisesti syyskuussa, jolloin kaukolämmön kulutus tippuu reilusti alle käyttöveden lämmittämisen vaatiman kulutuksen.



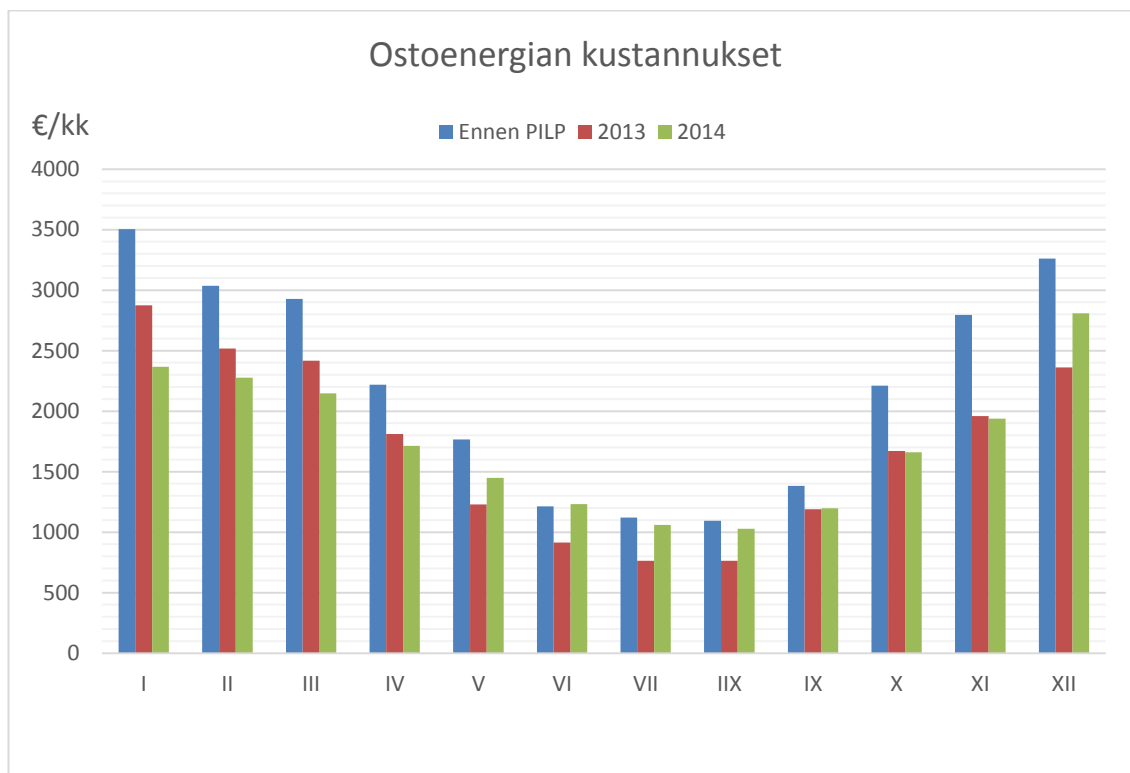
Kuva 20. Kuukausittainen sähkön kulutuksen muutos.

Sähkön kulutuksen kuvaajasta (kuva 20) nähdään myös kesäkuukausien kulutuksen vaihtelu. Vuonna 2013 kesäaikainen sähkön kulutus kaksinkertaistuu, mutta vuonna 2014 se palaa lähes takaisin lämpöpumpun asentamista edeltävälle tasolle.



Kuva 21. Kuukausittainen ostoenergian kulutuksen muutos.

Ostoenergiankulutuksen kuvaajasta (kuva 21) voidaan huomata alkuvuoden 2013 huomattavasti suurempi kulutus verrattuna alkuvuoteen 2014. Tämän voidaan olettaa johtuneen järjestelmän säätämisestä ja toimintakuntoon virittämisestä.

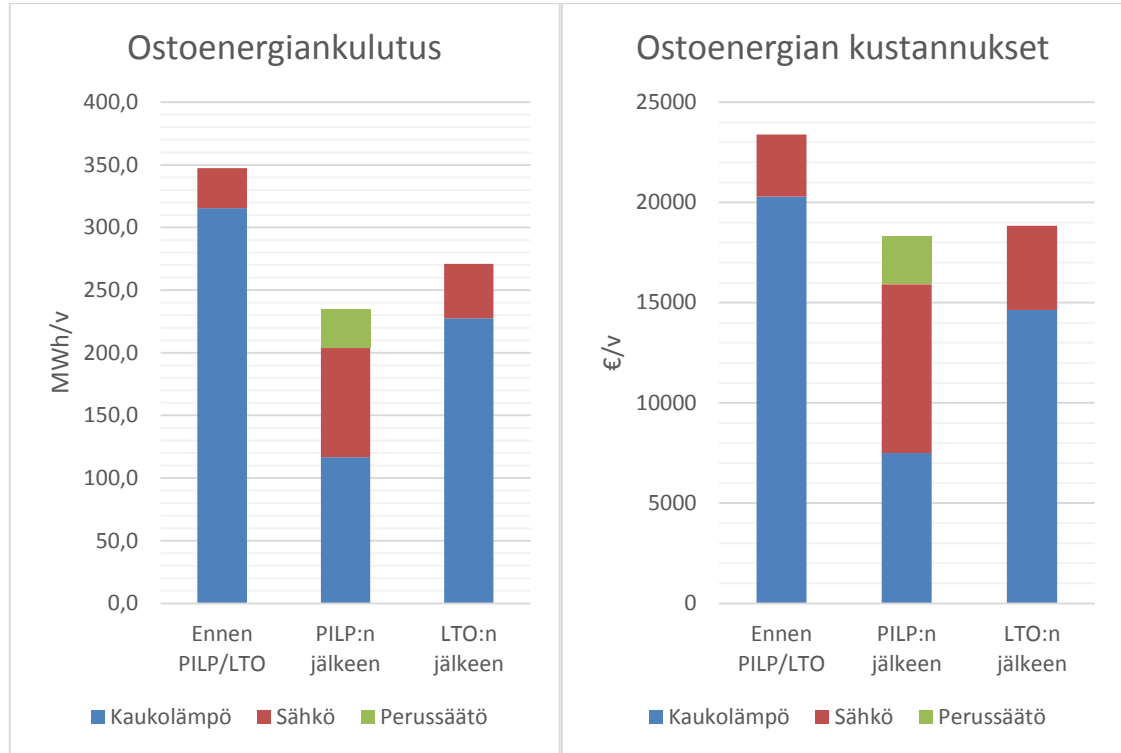


Kuva 22. Kuukausittainen ostoenergian kulutuksen muutos muunnettuna euroiksi

Muistetaan, että kesällä 2013 lämpöpumpulla on lämmitetty käyttövesi melkein kokonaan ja kesällä 2014 lämpöpumppu on ollut lähes käyttämättömänä. Ostoenergian kustannuksista kuvan 22 kesäkuukausien osalta huomataan, että käyttöveden lämmitäminen lämpöpumpulla on ollut taloyhtiön kannalta kannattavaa, vaikka varaajien lämpötila pidetään 60 °C:ssa.

## 5.2 Armas Launiksen katu 7

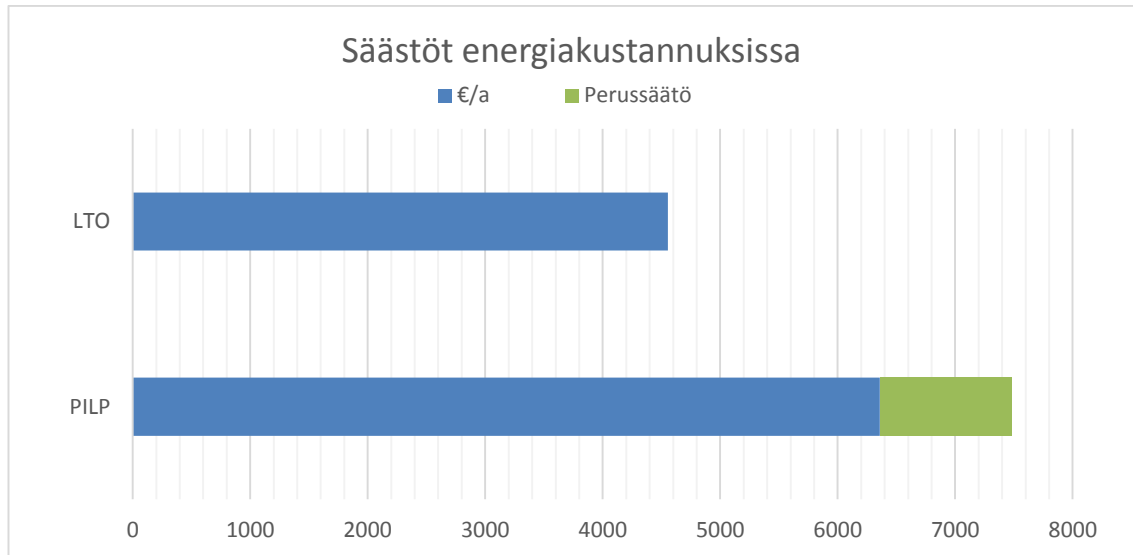
### PILP:n ja LTO:n vaikutusten vertailu



Kuva 23. Energiansäästövaikutusten vertailu. Vihreällä perussäädön suurin arvioitu vaikutus (15 %).

Ennen vuotta 2012 ostoenergiankulutus on ollut kuvan 23 mukaisesti vuosittain 347 MWh, josta kaukolämmön osuus on ollut 315 MWh ja sähkön osuus 32 MWh. Kaukolämmön kulutus lämpöpumpun asennuksen jälkeen on pudonnut melkein kolmannekseen aiemmasta sen laskiessa 198 MWh/v ja on nyt 117 MWh/v. Sähkön kulutus on vastavuoroisesti melkein kolminkertaistunut lisääntyen 55 MWh/v ja on nyt 87 MWh/v. Yhteensä ostoenergiankulutus on pienentynyt 41 % eli 143 MWh/v. Osan energiansäästöstä voidaan olettaa johtuneen termostaattisten patteriventtiilien vaihdosta ja lämmitysverkoston perussäädöstä. Kuvissa on vihreällä merkitty näiden toimenpiteiden suurin arvioitu säästövaikutus eli 15 % [18]. Toteutuneet lämpökertoimet lämpöpumpulle vuosina 2013 ja 2014 ovat vastaavasti 3,4 ja 3,9. PILP:lla tuotetun lämmön hinnaksi tulee 26,80 €/MWh.

Jos kiinteistöön olisi asennettu LTO, kaukolämmön kulutus olisi pienentynyt 87 MWh/v eli vajaan kolmanneksen ja ollen asennuksen jälkeen 228 MWh/v. Sähkön kulutus lisääntyisi lisätystä tuloilmapuhaltimesta johtuen 11 MWh/v. Kokonaisenergiansäästö olisi 22 %.

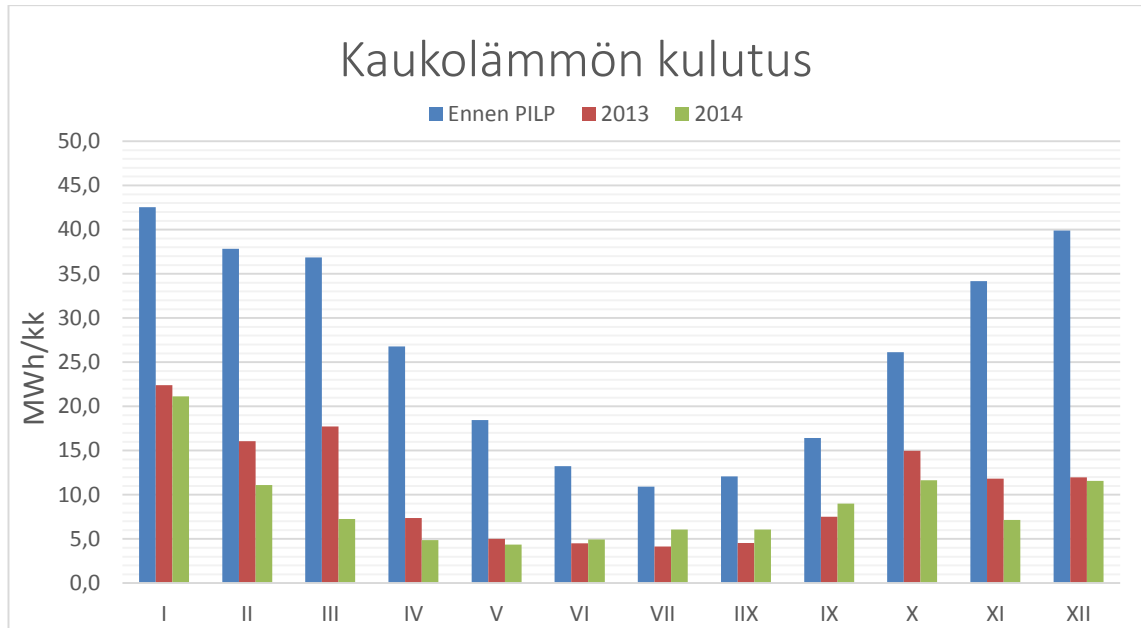


Kuva 24. Kustannussäästöjen vertailu. Vihreällä perussäädön suurin arvioitu vaikutus (15 %).

Ennen energiänsäästötoimenpiteitä kiinteistön vuotuiset energiakustannukset ovat olleet hieman yli 23 000 €, josta kaukolämmön osuus on ollut noin 20 300 € ja loput sähkön osuutta. Kuvasta 24 nähdään lämpöpumpun saavuttamien vuotuisten euromääräisten säästöjen energiakustannuksissa olevan 7 481 €. Lämpöpumppu on kasvattanut sähkönkulutusta ja pienentänyt kaukolämmönkulutusta niin paljon, että sähkön kustannukset ovat nykyään isommat kuin kaukolämmön.

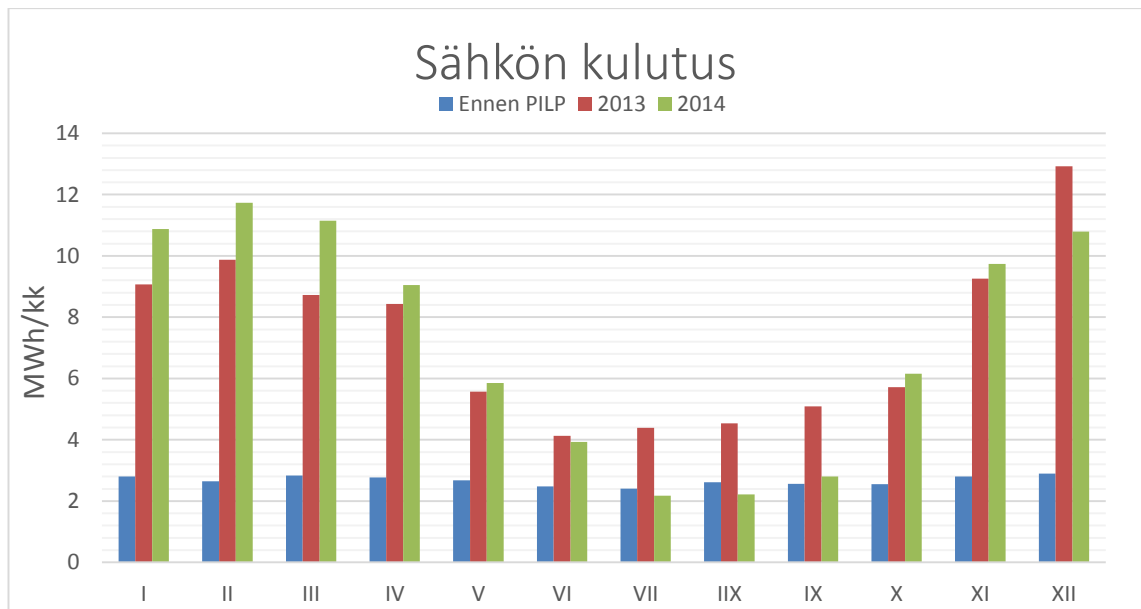
Kiinteistöön asennettu LTO-laitteisto olisi energiakustannuksissa säästänyt vuosittain 4 555 €. Sähkölasku olisi kasvanut noin 1 100 €:lla kaukolämpölaskun pienentyessä noin 5 700 €:lla vuodessa.

## PILP:n vaikutukset kuukausikulutuksiin



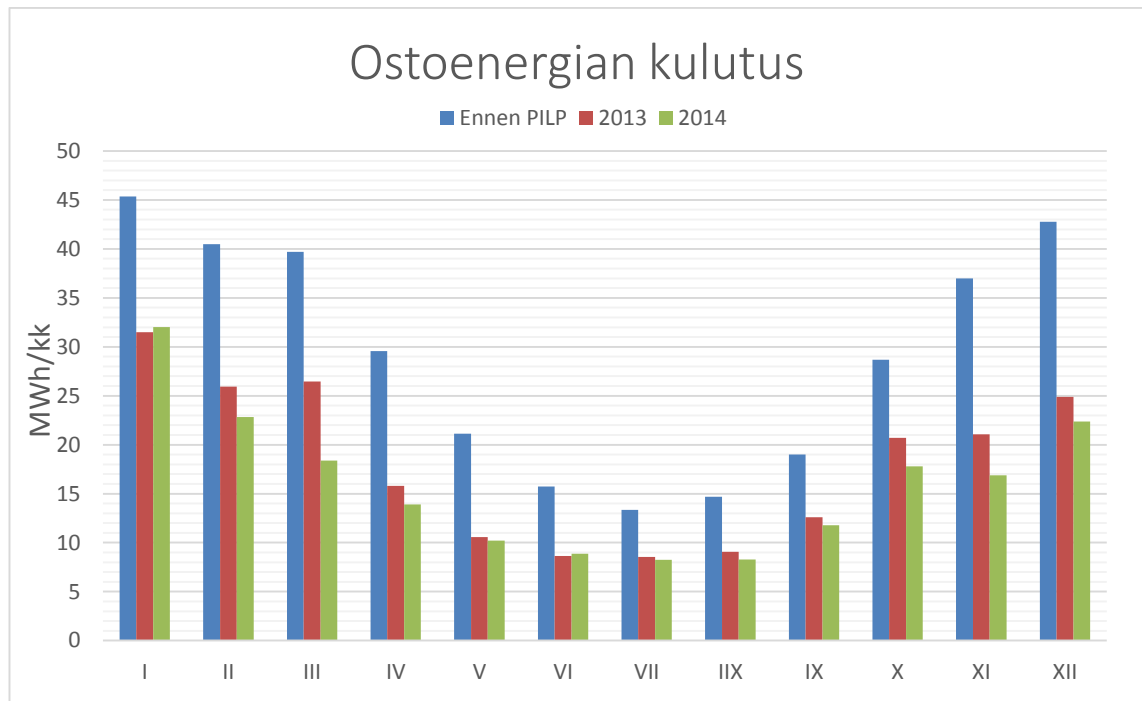
Kuva 25. Kuukausittainen kaukolämmön kulutuksen muutos.

Kuvasta 25 nähdään, että kaukolämmön kulutusta on saatu vuodesta 2013 vuoteen 2014 vähennettyä noin 20 %:lla.



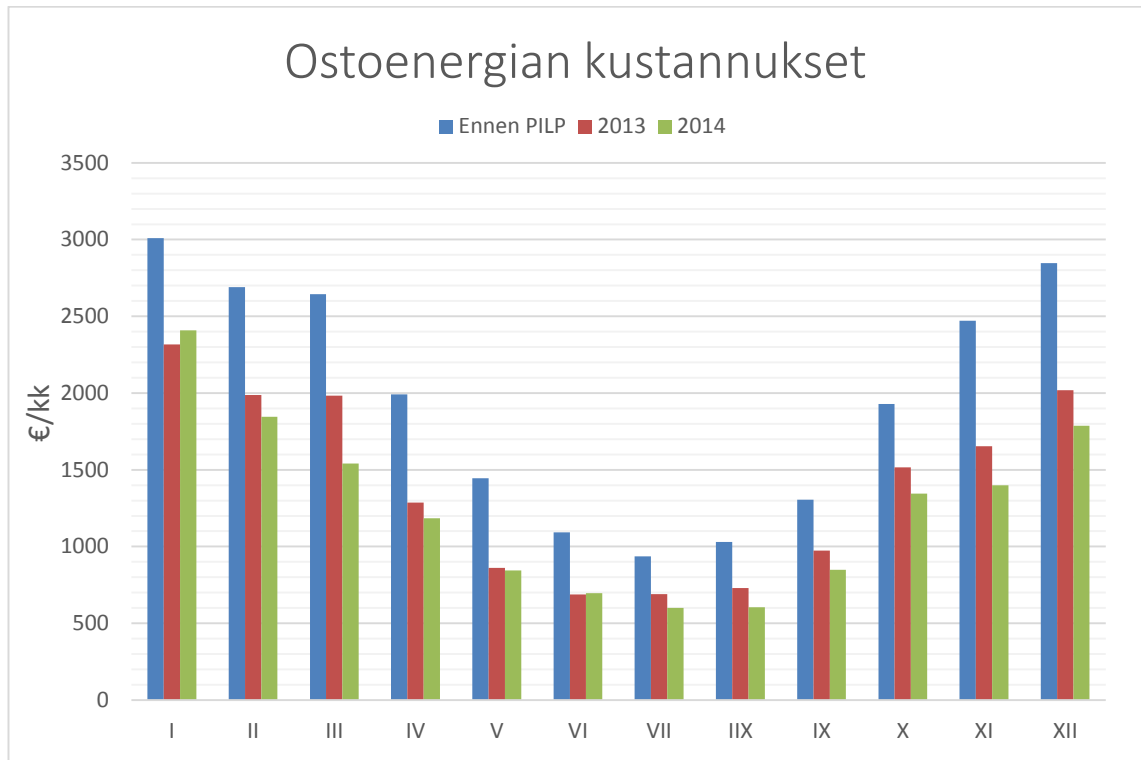
Kuva 26. Kuukausittainen sähkön kulutuksen muutos.

Sähkönkulutuksen määrässä, kuten nähdään kuvasta 26, vuosien 2013 ja 2014 välillä ei ole juuri eroa, mutta sähkönkulutus on jakaantunut selkeästi eri kuukausille. Sähköä on kulunut alkuvuodesta 2014 huomattavasti enemmän kuin edeltävänä vuotena, mutta elokuusta syyskuuhun kulutusta on ollut vain noin puolet edellisvuoteen verrattuna.



Kuva 27. Kuukausittainen ostoenergian kulutuksen muutos.

Ostoenergiankulutuksen kuvaajasta (kuva 27) nähdään, että poistoilmalämpöpumpulla saadaan suurimmat energiansäästöt talvikuukausina, kun tilojen lämmitysenergiankulutus on suurimmillaan. Kesällä pelkästään käyttövettä lämmitettäessä energiansäästöt jäävät vähäisemmiksi.



Kuva 28. Kuukausittainen ostoenergian kulutuksen muutos muunnettuna euroiksi.

Kuvasta 28 huomataan, että myös energiakustannuksissa poistoilmalämpöpumppu säästää eniten talvikuukausina, jolloin lämmitysenergiankulutus on suurimmillaan. Lämpöpumpun kustannussäästöjen prosentuaalinen osuus pysyy noin 30 %:ssa läpi vuoden.

## 6 Vaikutukset E-lukuun

### 6.1 Energiamuotokertoimet

Eri energialähteille on määritetty energiamuodon kertoimet, jotka on suhteutettu luonnonvarojen käyttöön. Ympäristöministeriön Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 käyttämillä kertoimilla on tarkoitus ohjata kohti energiatehokasta rakentamista ja kestäväää luonnonvarojen käyttöä. Ne eivät vastaa todellisia pääkaupunkiseudun voimalaitosten toteutuneita primäärienergiakertoimia. Suurempi kerroin tarkoittaa suurempaa luonnonvarojen kulutusta jalostettaessa käyttökelpoiseksi energiaksi.

Taulukko 3. Ympäristöministeriön käyttämät primäärienergiakertoimet [31]

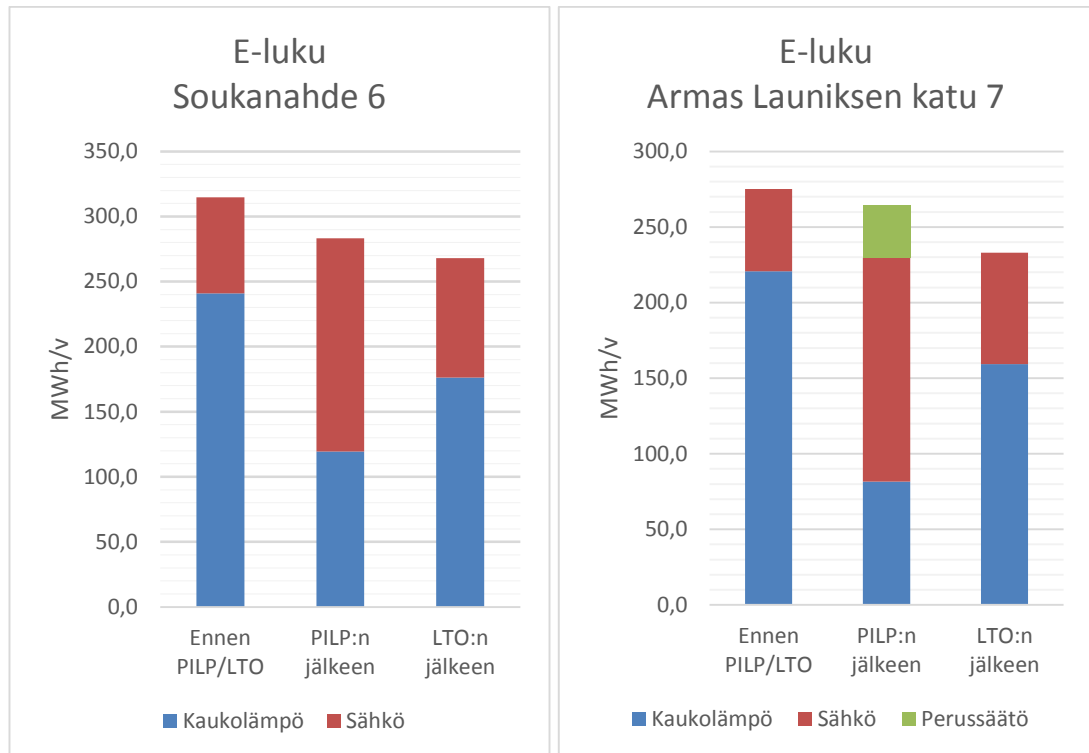
Energiamuotojen kertoimet	
Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7

Näissä laskelmissa on käytetty ympäristöministeriön käyttämiä energiamuotokertoimia sähkölle ja kaukolämmölle (taulukko 3). Ne ovat Matias Kedon ympäristöministeriölle laatiman raportin mukaan hyvin lähellä Suomen sähkön ja kaukolämmön vuosien 2000–2008 kokonaistuotannon keskimääräisiä uusiutumattoman energian primäärienergiakertoimia, joissa yhteistuotannon primäärienergiaosuudet on jaettu hyödynjakomenetelmällä. [19.]

Hyödynjakomenetelmässä yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon polttoaineet ja päästöt jaetaan vaihtoehtoisten hankintamuotojen polttoainekulutusten suhteessa. Vaihtoisena hankintamuotona käytetään sähkölle hiililauhdetuotantoa (hyötysuhde 40 %) ja lämmölle vesikattilalämpöä (hyötysuhde 90 %). Hyödynjakomenetelmällä yhteistuotannon hyöty jakautuu tasapuolisesti molemmille tuotteille. [19; 20; 21.]

## 6.2 E-luku

E-luku on rakennuksen kokonaisenergiankulutus painotettuna energiamuotokertoimilla. Se kuvaa luonnonvarojen kulutusta, mutta siinä on myös poliittista painotusta.



Kuva 29. Energiansäästötoimenpiteiden vaikutukset kiinteistöjen primäärienergiankulutuksiin. Vihreällä perussäädön suurin arvioitu vaikutus (15 %).

Kuva 29 kertoo, että vaikka ostoenergiankulutus on pienentynyt lämpöpumpun asennuksen jälkeen Armas Launiksen katu 7:n kiinteistössä melkein puolella ja Soukanahde 6:ssa lähes kolmanneksella, E-luku on pienentynyt vastaavasti vain 17 % ja 10 %. Tämä johtuu siitä, että lämpöpumppu käyttää lämmitykseen sähköä ja sähköllä on yli kaksinkertainen energiamuotokerroin verrattuna kaukolämpöön. Primäärienergian säästön kannalta PILP ja LTO ovat likimain yhdenvertaisia.

## 7 Vaikutukset päästöihin

Rakennusten lämmityksen kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 30 % Suomen kokonaispäästöistä. Pelkkä energiankulutuksen tarkastelu ei riitä pyrittäessä ekotehokkaampaan energiankäyttöön. Tarkastelussa pitää ottaa huomioon sekä energiatehokkuus että vaikutukset energialähteiden käyttöön ja sitä kautta kasvihuonekaasupäästöihin. [22.]

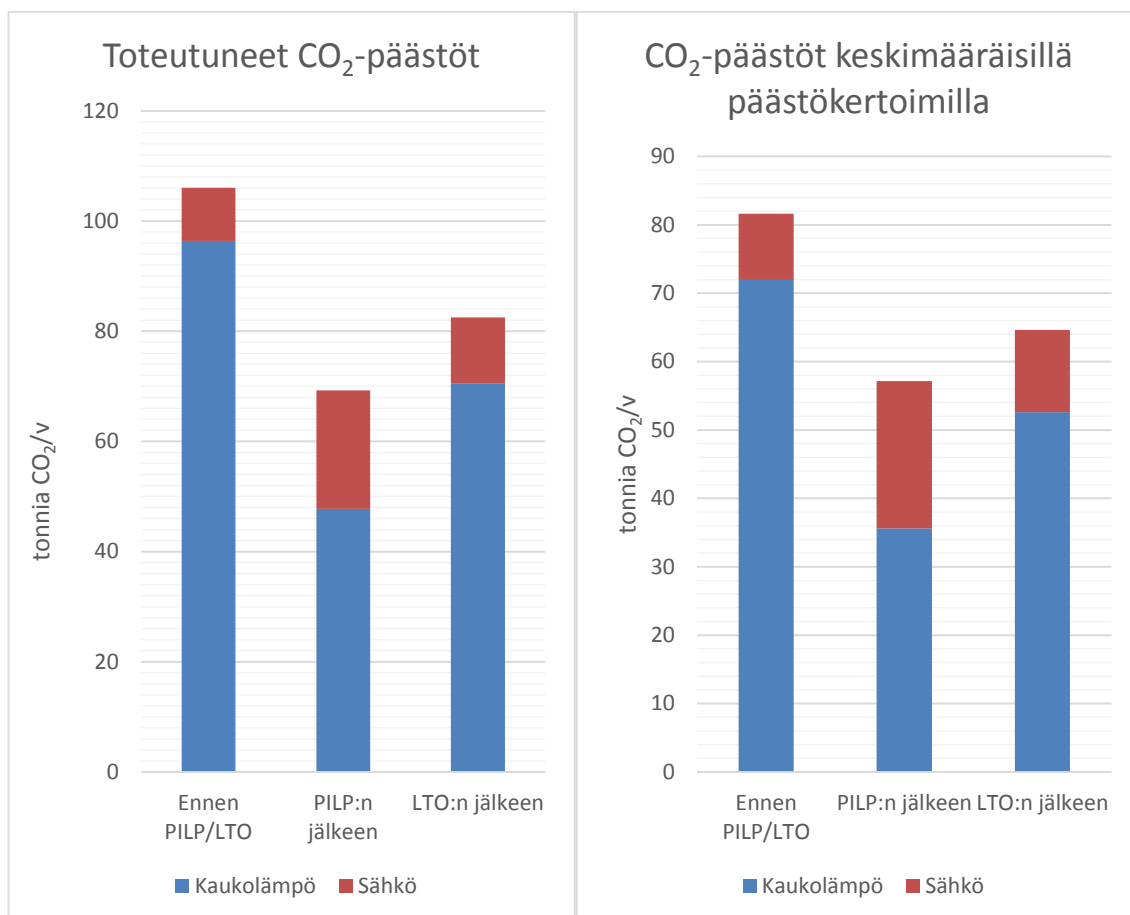
Energiamuotojen CO<sub>2</sub>-ominaispäästökerroin kertoo, kuinka paljon hiilidioksidia vapautuu ilmakehään energian tuotantolaitoksesta verkkoon tuotettua sähkö- tai lämpöyksikköä kohden. Hiilidioksidia vapautuu poltettaessa hiiltä sisältäviä polttoaineita. Monet uusiutuvat energiamuodot eivät tuotettaessa vapauta hiilidioksidia, kuten aurinko- tai tuulienergia. Uusiutumattomista energiamuodoista ydinvoima ei myöskään tuota hiilidioksidipäästöjä. [22.]

Päästölaskelmat tehtiin molempien tutkittavana olevien kiinteistöjen osalta sekä toteutuneilla päästökertoimilla että Suomen keskimääräisillä päästökertoimilla, jotka näkyvät taulukossa 4.

Taulukko 4. Energiamuotojen CO<sub>2</sub>-ominaispäästökertoimet [23]

<b>Energiantuotannon CO<sub>2</sub>-päästökertoimet kgCO<sub>2</sub>/MWh</b>	
Sähkö (toteutunut)	223
Kaukolämpö (toteutunut)	280
Sähkö (keskiarvo)	223
Kaukolämpö (keskiarvo)	209

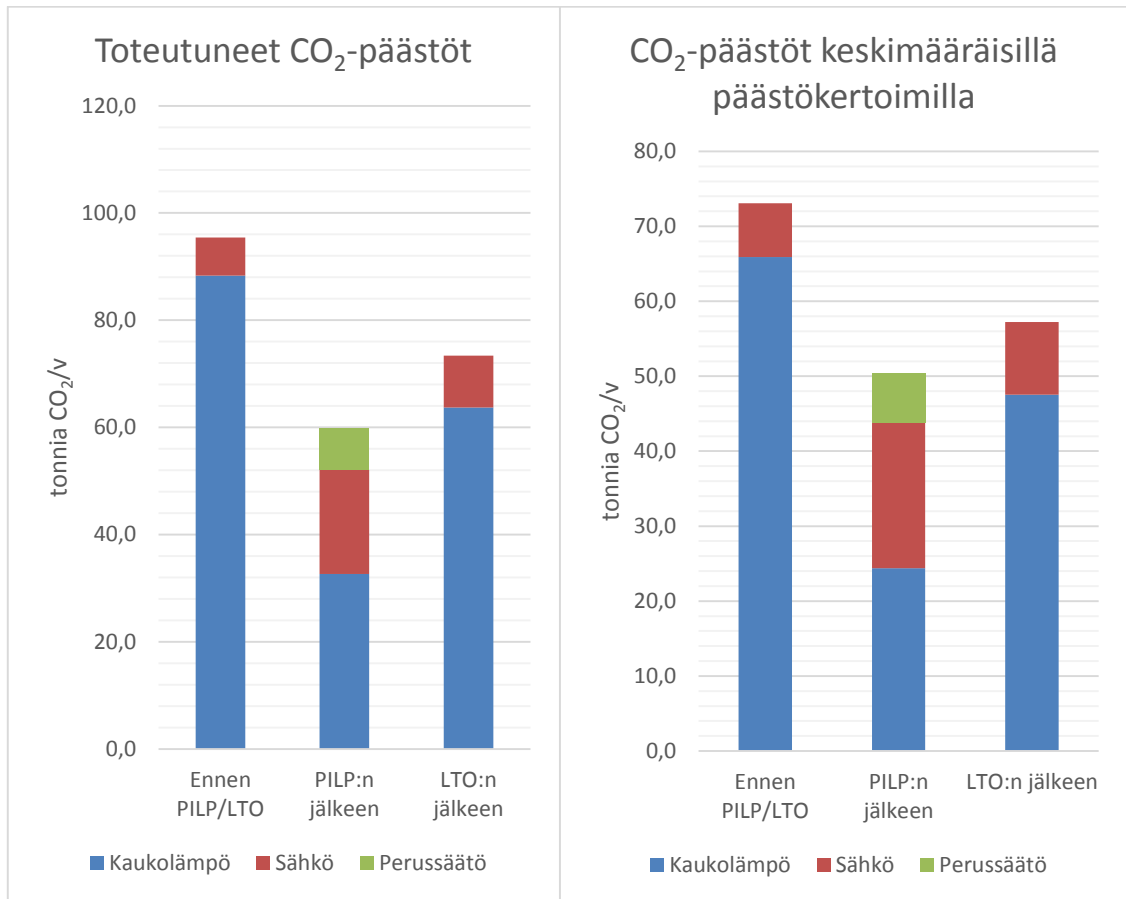
Kiinteistöjen toteutuneena kaukolämmön CO<sub>2</sub>-päästökertoimena käytettiin laskelmissa Fortumin ilmoittamaa vuoden 2014 Espoon alueen kerrointa [33]. Koska sähkö ostetaan pörssisähköinä eikä voida tietää todellisia tuotannon aiheuttamia päästöjä, käytettiin Suomen keskimääräistä sähkönhankinnan CO<sub>2</sub>-päästökerrointa laskettuna viiden vuoden liukuvana keskiarvona. Keskiarvona kaukolämmön osalta käytettiin yhteistuotantoalueiden hyödynjakomenetelmällä kolmen viimeisen vuoden keskiarvona määritettyä CO<sub>2</sub>-päästökerrointa. Yhteistuotantoon päädyttiin, koska lähes 80 prosenttia kaukolämmön tuotannosta Suomessa perustuu lämmön ja sähkön yhteistuotantoon. [23; 24.]



Kuva 30. Energiankulutuksesta aiheutuneet CO<sub>2</sub>-päästöt kiinteistössä Soukanahde 6.

Energiantuotannon toteutuneet hiilidioksidipäästöt Soukanahde 6:n kohdalla ovat olleet kuvan 30 mukaisesti ennen vuotta 2012 106 tonnia CO<sub>2</sub>/v. Lämpöpumpun asennus laski niitä 35 % arvoon 69 CO<sub>2</sub>/v. Sähkönkulutuksen aiheuttamat päästöt lisääntyivät merkittävästi, mutta kaukolämmön kulutuksen päästöt vähenivät selkeästi enemmän. Jos kiinteistöön olisi päädytty asentamaan koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla, aivan yhtä pieniin päästöihin ei olisi päästy. LTO:lla päästöt olisivat pudonneet 22 prosentilla 83 tonniin vuodessa.

Kun tarkastellaan päästöjä valtakunnallisesti Suomen keskimääräisillä sähkön ja kaukolämmöntuotannon päästökertoimilla, kokonaispäästöt laskevat noin 20 %, mutta energiansäästötoimenpiteiden vaikutukset pysyvät suhteessa lähes samoina.



Kuva 31. Energiankulutuksesta aiheutuneet CO<sub>2</sub>-päästöt kiinteistössä Armas Launiksen katu 7. Vihreällä perussäädön suurin arvioitu vaikutus (15 %).

Kuvasta 31 nähdään, että Armas Launiksen katu 7:ssä on saatu vähennettyä päästöjä suhteessa hieman enemmän kuin Soukanahde 6:ssa. Perusparannuksen jälkeen päästöt ovat vähentyneet 45 %. Lämmön talteenotolla varustetun koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asennuksella päästöjä olisi saatu vähennettyä alkuperäisestä 23 %.

Käytettäessä keskimääräisiä päästökertoimia perusparannuksen aikaansaama päästöjen pieneneminen laskee 40 %:iin LTO:n prosenttiosuuden pysyessä lähes samana.

## 8 Yksityistaloudellinen kannattavuus

### 8.1 Tuet

Kerrostalojen lämmön talteenottoa varten on aiemmin voinut hakea energia-avustusta asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskukselta, mutta nykyisin tukea myönnetään enää pientaloille. Nykyisin työ- ja elinkeinoministeriö voi hankekohtaisen harkinnan perusteella myöntää yrityksille, kunnille ja muille yhteisöille energiatukea sellaisiin ilmasto- ja ympäristömyönteisiin investointi- ja selvityshankkeisiin, jotka edistävät energiansäästöä tai energiantuotannon tai käytön tehostamista, uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä tai vähentävät energian tuotannon tai käytön ympäristöhaittoja. Energiatuella pyritään erityisesti edistämään uuden energiateknologian käyttöönottoa ja markkinoille saattamista. Sekä poistoilmalämpöpumpun että lämmön talteenotolla varustetun koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon hankinta sisältyy edellä lueteltuihin hankkeisiin. Tuet vaikuttavat monesti ratkaisevasti energiatehokkuustoimenpiteen investoinnin kannattavuuteen. Työ- ja elinkeinoministeriö on ilmoittanut lämpöpumppuhankkeen vuoden 2015 ohjeelliseksi tukiprosentiksi 15 %. LTO:lle ei ole ohjeellista tukiprosenttia. [25; 26.]

### 8.2 Elinkaarikustannukset

Elinkaarikustannuslaskelmissa on käytetty nettonykyarvomenetelmää. Tulevaisuudessa syntyvät kustannukset on diskontattu nykyhetkeen, jolloin vertailtavien järjestelmien eri suuruiset hankinta- ja käyttökustannukset ovat vertailukelpoisia. Kaikki kustannukset ovat verollisia. Kaavalla 4 lasketaan vuotuisten kustannusten nykyarvo ja kaavalla 3 saadaan energiakustannukset tarkasteltavalle vuodelle.

$$K_{en} = K_e \times (1 + i_e)^n \quad (3)$$

*K<sub>en</sub> on energiakustannukset vuonna n*

*K<sub>e</sub> on energiakustannukset alussa*

*i<sub>e</sub> on energianhinnan nousu*

*n on kuluneet vuodet*

$$K_{NA} = K_n \times \left(\frac{1}{1+i}\right)^n \quad (4)$$

$K_{NA}$  on vuotuisten kustannusten nykyarvo

$K_n$  on vuotuiset kustannukset vuonna  $n$

$i$  on laskentakorko

$n$  on kuluneet vuodet

Laskentakorkona käytetään reaalikorkoa, joka matalalla korkotasolla on hyvällä tarkkuudella nimellinen korko vähennettynä odotetulla inflaatiovauhdilla. Nimellisenä korkona on käytetty 12 kk:n Euribor-koron 16 vuoden keskiarvoa 2,6 % [27]. Odotettuna inflaatiovauhtina on käytetty tilastokeskuksen kuluttajahintaindeksin muutoksen 16 edellisen vuoden keskiarvoa 1,8 % [28]. Tällöin reaalikoroksi tulee 0,8 %.

Energian hintana on käytetty, kuten aiemmin luvussa 5, kohteiden toteutunutta kaukolämmön hintaa 64,36 €/MWh ja sähkön hintaa 96,49 €/MWh. Energian hinnan nousuna on käytetty koko Suomen keskihinnan nousun 20 vuoden keskiarvoa. Kuvasta 32 nähdään, että kaukolämmön verollisen, reaalisen keskihinnan nousu on ollut keskimäärin 2,8 %. Kuvasta 33 saadaan sähkön keskimääräiseksi hinnan nousuksi 1,4 %. Energian hinnan nousu lasketaan kaavalla 5. [16; 17.]

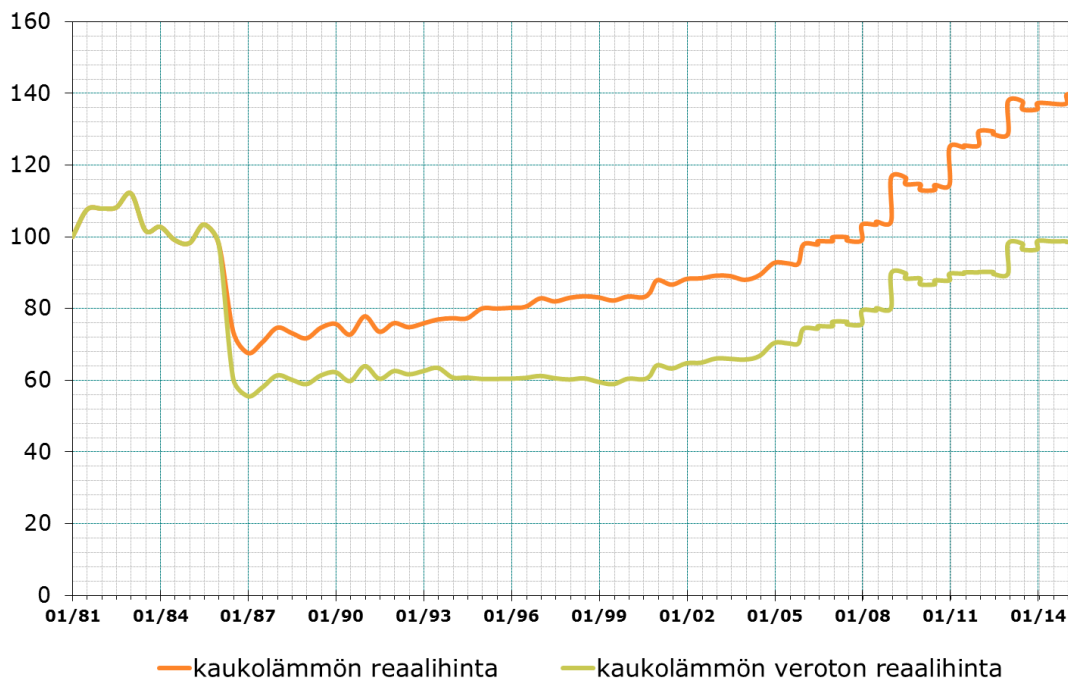
$$i_e = \sqrt[n]{\frac{E_l}{E_a}} \quad (5)$$

$i_e$  on energian hinnan nousu

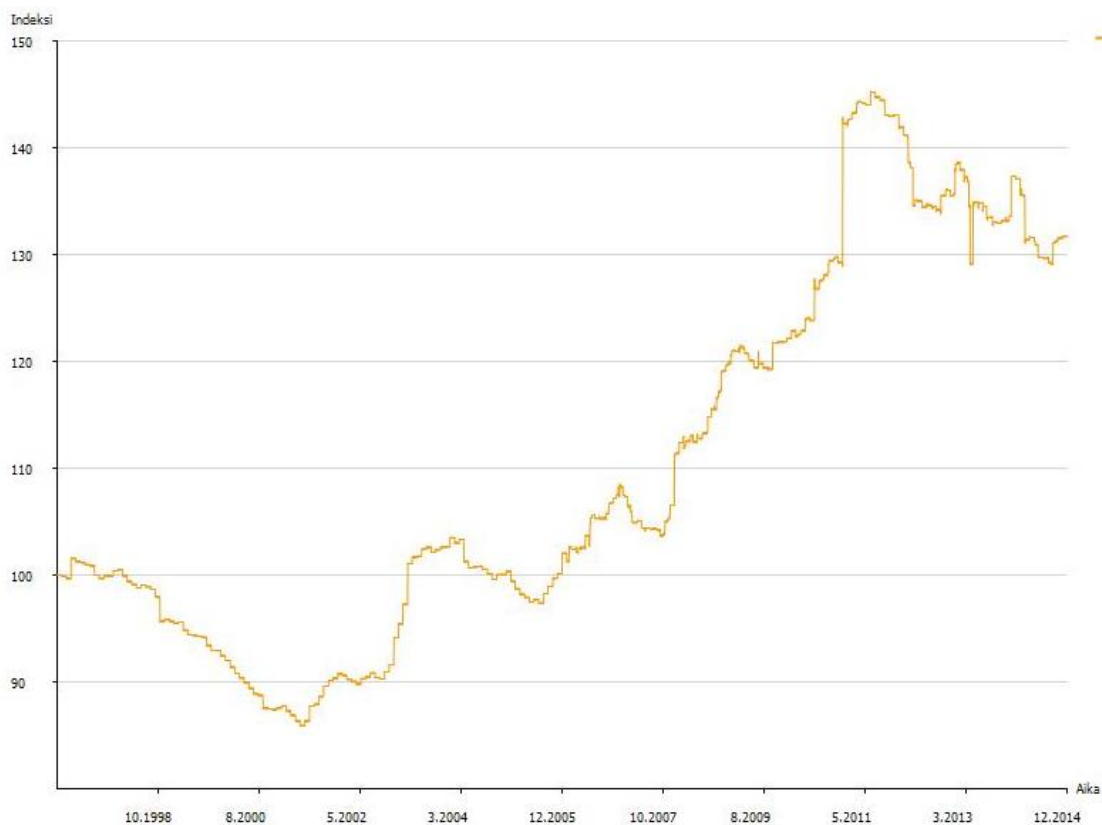
$n$  on kuluneet vuodet

$E_a$  on energian hinta alussa

$E_l$  on energian hinta lopussa



Kuva 32. Kaukolämmön keskihinnan reaalin kehitys [15]



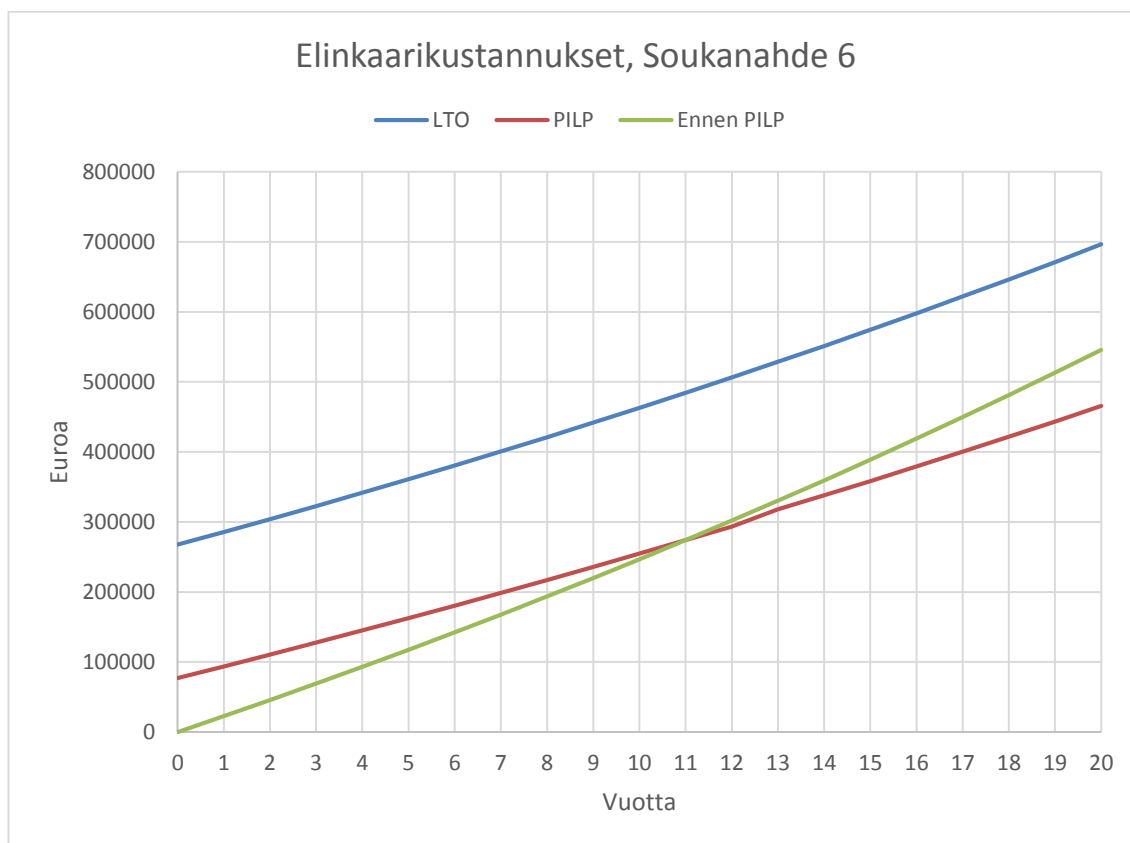
Kuva 33. Sähkön keskihinnan reaalin kehitys [17]

Koska järjestelmien tekniseksi käyttöiäksi oletetaan 20 vuotta, se on valittu tarkastelujaksoksi. Poistoilmalämpöpumpun osalta on oletettu, että kompressori kestää 12 vuotta, minkä jälkeen se vaihdetaan. Vaihdon kustannukset riippuvat paljon siitä, miten paljon vahinkoa kompressorin rikkoutuminen on aiheuttanut lämpöpumpun muihin osiin. Eräs kokemuseräinen arvio lämpöteholtaan 20–30 kW:n kompressorin vaihdon kustannuksille tarvikkeineen on noin 5 000 €. [29.]

LTO:n huoltokustannuksiksi arvioitiin kaksi kertaa vuodessa vaihdettavien tulo- ja poistoilmasuodattimien hinnalla ja yhteensä kahden tunnin työllä n. 400 €. Poistoilmalämpöpumpun vuosittaiset huoltokustannukset koostuvat kaksi kertaa vuodessa vaihdettavasta poistoilmasuodattimesta ja kahdesta työtunnista vuodessa, joista tulee yhteensä Soukanahde 6:n tapauksessa n. 300 €. Armas Launiksen katu 7 ilmansuodatin ei ole standardimallinen, minkä vuoksi se on kalliimpi ja huoltokustannukset ovat 850 €.

Kummassakaan tutkimuksen kohteessa ei kaukolämmön sopimusvesivirtaa saatu pienennettyä lämpöpumpun asennusvaiheessa, koska molemmissa tapauksissa kaukolämmön toimittajana toimi Fortum ja Fortumin hinnastossa tehomaksu määräytyy kolmen edellisen vuoden maksimitehon mukaan. Tehomaksu laskee automaattisesti, jos poistoilmalämpöpumppu on kattanut huipputehontarpeesta tarpeeksi suuren osan.

Sähköliittymän kokoa ei tarvinnut kohteissa suurentaa, joten sähkönsiirron perusmaksu pysyi samana.

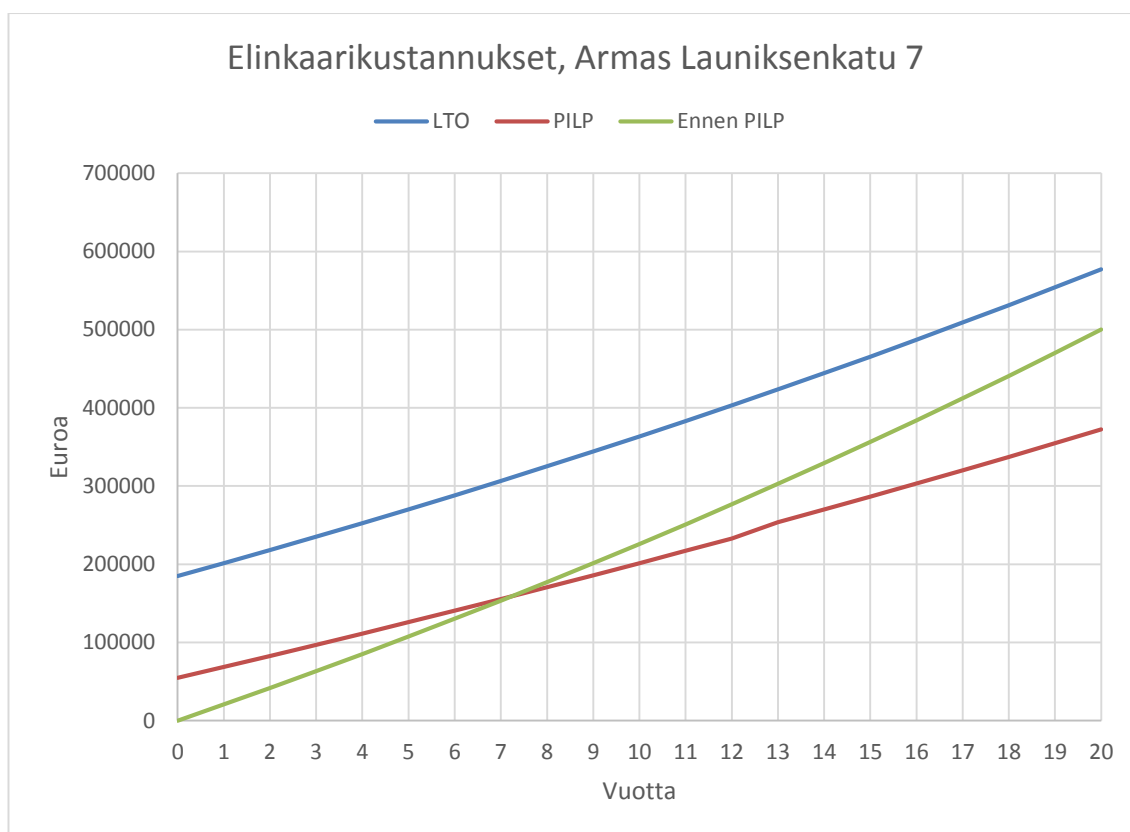


Kuva 34. Energiansäästötoimenpiteiden ja vanhan järjestelmän elinkaarikustannukset Soukanahde 6:ssa.

Soukanahde 6:ssa ei yhdistetty poistoilmapumpun asennusta muihin korjauksiin, vaan se asennettiin erikseen. Rakennustekniset työt jäivät kuitenkin melko vähäisiksi, koska porraskäytävä on avoin eikä putkille tarvinnut porata kovinkaan monia reikiä rakenteisiin. Järjestelmän kokonaisinvestointikustannukset olivat 77 000 €. Kohteen energiaavustushakemusta ei hyväksytty tuntemattomasta syystä. Kuvasta 33 huomataan, että tästä huolimatta lämpöpumppu maksaa itsensä takaisin noin 11 vuodessa. Järjestelmän toimittaja ilmoitti takaisinmaksuajaksi oletetulla energiaavustuksella 7,7 vuotta.

LTO:n osalta ei ole tiedossa kohteiden toteutuneita investointikustannuksia, koska kiinteistöissä, joissa ilmanvaihdon parannus on tehty, on tehty täydellinen perusparannus ja ilmanvaihdon osuutta kokonaiskustannuksista on vaikea erotella. Erään urakoitsijan laskemien kustannusarvioiden perusteella koneellisen poistoilmanvaihdon muuttaminen koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmäksi tulisi maksamaan linjasaneerausyhteydessä tehtynä halvimmillaan noin 150 € asuinneliötä kohden [11]. Laskelmissa oletetaan, että hanke saa työ- ja elinkeinoministeriöltä energiatukea 15 % hankkeen kokonaiskustannuksista. Täten Soukanahteelle jää investointikustannuksiksi

noin 270 000 €. Järjestelmä ei oletetun 20 vuoden teknisen käyttöikänsä aikana maksa itseään takaisin. Korollinen takaisinmaksuaika on 37 vuotta, mutta mikäli energiatukea ei tällekkään ratkaisulle saataisi, takaisinmaksuaika nousisi 42 vuoteen. Jotta järjestelmä maksaisi itsensä takaisin 15 vuodessa, saisi investointikustannukset olla n. 85 000 €. Tämä voisi olla mahdollista, jos ei tarvitsisi noudattaa uudisrakentamisen määräyksiä.



Kuva 35. Energiansäästötoimenpiteiden ja vanhan järjestelmän elinkaarikustannukset Armas Launiksen katu 7:ssä.

Armas Launiksen katu 7:n poistoilmalämpöpumpun asennus tehtiin samaan aikaan laajan perusparannuksen yhteydessä, jolloin rakennustekniset kustannukset pienenevät lämpöpumpun osalta huomattavasti. Järjestelmän kokonaiskustannukset olivat 60 000 €, josta saatiin energia-avustusta 5 000 €, jolloin investointikustannuksiksi jää 55 000 €. Järjestelmän alhaisempi investointi ja parempi energiansäästö Soukanahteen verrattuna lyhentävät takaisinmaksuajan kuvan 34 mukaisesti hieman yli seitsemään vuoteen.

Ilmanvaihdon uudistamisen arvioidut investointikustannukset 15 %:n energiatuki huomioiden ovat 185 000 €. Myöskään tässä tapauksessa järjestelmä ei kerkeä oletetun elinkaarensa aikana maksaa itseään takaisin. Takaisinmaksuaika venyy noin 31 vuoteen. Jotta järjestelmä maksaisi itsensä takaisin 15 vuodessa, saisi investointikustannukset olla n. 75 000 €.

Liitteessä 2 tarkastellaan lähtötietojen muutosten vaikutuksia elinkaarikustannuksiin herkkyystarkasteluin. Herkkyystarkastelussa on sähkön ja kaukolämmön hintojen ylärajaksi valittu Suomen paikkakunnista kalliimman puolikkaan keskiarvo. Alarajaksi on valittu puolestaan halvemman puolikkaan keskiarvo.

## 9 Yhteenveto

Tutkimukseen valittiin kaksi Espoon Asuntojen kohdetta, joihin on asennettu poistoilmalämpöpumppu. Kohteiden toteutuneet energiankulutukset normeerattiin, jotta eri vuosien kulutuksia voitiin verrata keskenään. Energiankulutustiedoista laskettiin PILP:n vaikutus ostoenergiankulutukseen ja -kustannuksiin. Se on vähentänyt ostoenergiankulutusta Soukanahde 6:ssa noin kolmanneksen ja Armas Launiksen katu 7:ssä melkein puoleen aikaisemmasta. Rahallisena säästönä tämä tarkoittaa 6 000–7 500 € vuodessa. PILP:n toteutuneiksi lämpökertoimiksi kohteissa tuli 3,3 ja 3,6.

Ilmanvaihdon uusimisen vaikutukset arvioitiin laskennallisesti, koska kohteissa joihin ilmanvaihto oli uusittu, oli tehty samalla täydellinen energiaremontti. Tällöin ei lämmön talteenoton vaikutusta pysty luotettavasti energiankulutuksen muutoksesta määrittelemään. Myös LTO:n investointikustannuksien perustana on käytetty erään urakoitsijan laskemia kustannusarvioita erilaisista ilmanvaihtojärjestelmän uusimisvaihtoehdoista. Lämmön talteenotto vähensi ostoenergiankulutusta molemmissa kohteissa noin 20 %. Euromääräisenä säästönä tämä tarkoittaa hieman alle 5 000 € vuodessa.

Järjestelmien elinkaarikustannukset laskettiin nettonykyarvomenetelmällä. Lähtötiedoiksi selvitettiin markkinakoron ja inflaation muutokset viimeisen 16 vuoden ajalta ja käytettiin näiden keskiarvoja. Energian hinnan nousu selvitettiin 20 vuoden ajalta ja käytettiin tämän ajan keskiarvoa. Energian lähtöhintoina käytettiin kohteissa vuosina 2013 ja 2014 toteutuneiden hintojen keskiarvoja.

Tehty tutkimus osoittaa, että poistoilmalämpöpumppu on kerrostalon energiatehokkuustoimenpiteenä yksityistaloudellisesti usein kannattava sijoitus. Varsinkin, jos se tehdään perusparannuksen/linjasaneerauksen yhteydessä. Tutkimuksen kohteissa PILP:n asennus maksaa itsensä takaisin odotetusti hieman yli 7:ssä ja 11 vuodessa.

Ilmanvaihdon uusiminen ei maksa itseään takaisin oletetun 20 vuoden teknisen käyttöikänsä aikana. Jotta järjestelmä maksaisi itsensä takaisin 15 vuodessa, investointikustannukset saisivat kohteissa olla 75 000 € ja 85 000 €.

Elinkaarilaskelmat sisältävät paljon epävarmoja muuttujia. Tästä syystä suoritettiin herkkyyštarkastelu. Sähkön lähtöhinnalla tai sen nousulla on vain hyvin vähäinen vaikutus elinkaarikustannuksiin ja takaisinmaksuaikoihin. Laskentakoron muutos nollassa

prosentista neljään prosenttiin pidentää takaisinmaksuaikoja vain noin 1,5:stä kolmeen vuoteen. Suurimpi vaikutus on kaukolämmön hinnan nousulla. Jos kaukolämmön hinnan nousu olisi 0 %, niin Soukanahde 6:n PILP maksaisi itsensä takaisin 18 vuoden aikana. Kaukolämmön lähtöhinnan muutos Suomen kalliimman puolikkaan keskiarvosta halvemman puolikkaan keskiarvohintaan kasvattaa PILP:n takaisinmaksuaikaa molemmissa kohteissa noin kolmella vuodella.

Energiansäästötoimenpiteiden vaikutukset yhdyskunnalle olivat vaihtelevia. Molemmat tarkasteltavat toimenpiteet laskivat E-lukua, mutta vain 10–15 %. LTO:lla oli hieman suurempi vaikutus kuin PILP:lla. Ekotehokkuuteen tähdättäessä täytyy tarkastella myös päästövaikutuksia. Niiden laskennassa käytettiin sekä toteutuneita että Suomen keskimääräisiä päästökertoimia. Molemmat järjestelmät vähensivät päästöjä. PILP:n aikaansaama vähennys oli noin 40 % ja LTO:n noin 23 %.

Yksityistaloudellisessa vertailussa PILP osoittautui kannattavammaksi kuin LTO. LTO:n ongelmana olivat suuret investointikustannukset. Sen hankintaa ei pysty pelkästään energiatehokkuudella tai kustannussäästöillä perustelemaan, ellei investointikustannuksia saada laskettua noin 80 000 €:n tienoille tutkituissa kohteissa. Tämä voisi olla mahdollista, jos ilmanvaihdon uusimisessa ei tarvitsisi noudattaa uudisrakentamisen määräyksiä.

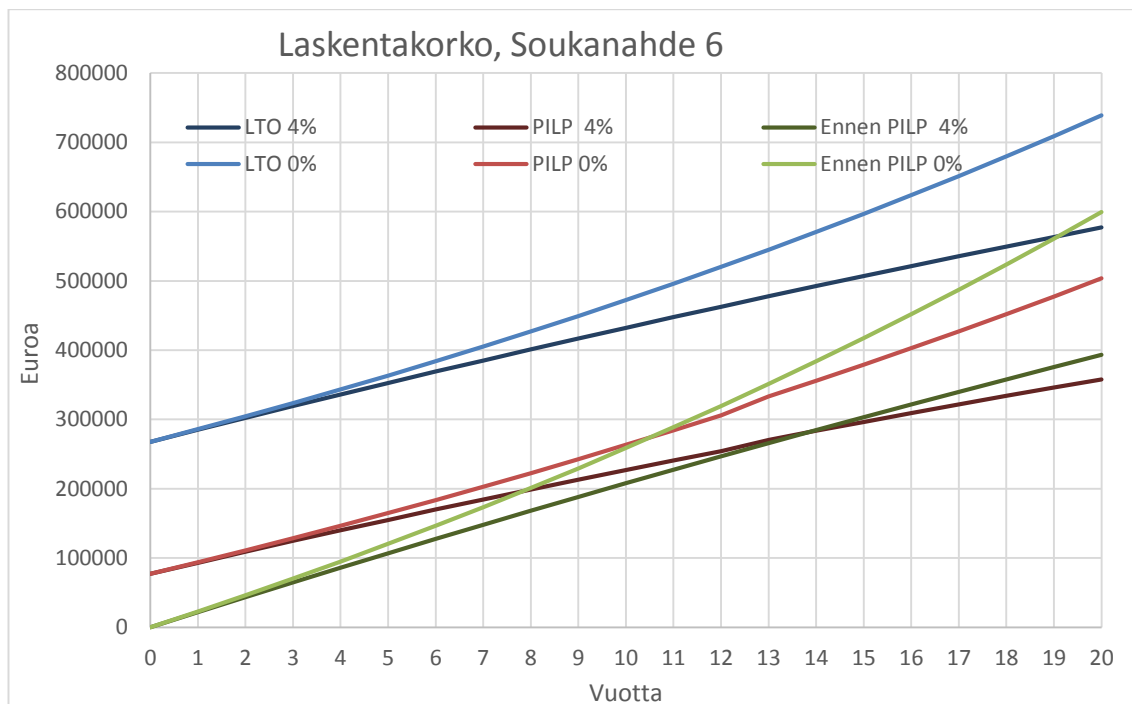
## Lähteet

- 1 Virta, Jari; Pylsy, Petri. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Verkkodokumentti. <<http://www.taloyhtio.net/ajassa/energiakirja/>> Luettu 14.4.2015.
- 2 Keinänen, Mikko. 2015. Hydrocell Oy. Haastattelu 16.9.2015.
- 3 Järjestelmä. Naavatar. Verkkodokumentti. <<http://naavatar.fi/jarjestelma/>> Luettu 19.4.2015
- 4 Sivula, Timo. Senera Oy. Haastattelu 29.1.2015.
- 5 Laitteisto. Verkkodokumentti. Thereco Oy. <<http://www.rspartners.fi/laitteistot>> Luettu 21.4.2015
- 6 Virkki, Juha. JR-lämpötekniikka Oy. Puhelinkeskustelu 30.3.2015.
- 7 Fjärrvärmecentralen – Utförande och installation. 2014. Svensk Fjärrvärme AB. Stockholm.
- 8 Fjärrvärmecentralen – Kopplingsprinciper. 2009. Svensk Fjärrvärme AB. Stockholm
- 9 Anttonen, Kari. 2011. Kaukolämpöverkon paluuv veden hyödyntäminen lämmityksessä. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
- 10 Rakennusten kaukolämmitys – Määräykset ja ohjeet. Julkaisu K1/2013. 2013. Energiateollisuus ry. Helsinki.
- 11 KIMU – Kerrostalon ilmastonmuutos – energiatalous ja sisäilmasto kuntoon. Ilmanvaihtojärjestelmien tarkastelu – lisähanke, KIMULI. Loppuraportti. 2010. LVI-talotekniikkateollisuus ry. Suomen Kiinteistöliitto ry. Aalto-yliopiston Teknillinen korkeakoulu. VTT.
- 12 Seuraa lämmönkäyttöä. 2015. Verkkodokumentti. Fortum Oy. <<http://www.fortum.com/countries/fi/yksityisasiakkaat/kaukolampo/kaukolampokotonasi/raportit-kaytosta/pages/default.aspx>> Luettu 22.4.2015
- 13 Lämmitystarveluvut. 2014. Verkkodokumentti. Ilmatieteen laitos. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut/>> Päivitetty 20.1.2014 Luettu 14.4.2015.

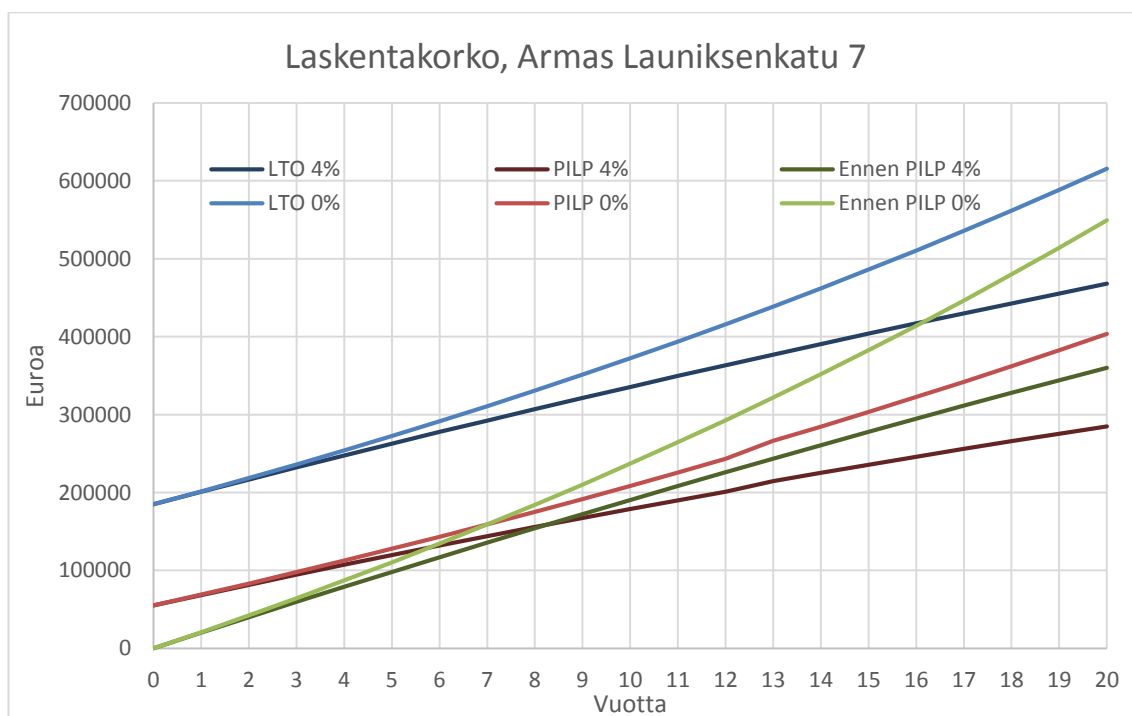
- 14 Laskukaavat: Lämmitysenergiankulutus. 2015. Verkkodokumentti. Motiva.  
<[http://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/energiankayton\\_tehostaminen/kiinteistojen\\_energianhallinta/kulutuksen\\_normitus/laskukaavat\\_lammitysenergiankulutus](http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammitysenergiankulutus)>  
Päivitetty 16.1.2015 Luettu 14.4.2015.
- 15 Kaukolämmön hinnat tyyppitaloissa eri paikkakunnilla. 2015. Energiateollisuus ry. PDF-dokumentti.  
<<http://energia.fi/tilastot/kaukolammon-hinnat-tyyppitaloissa-eri-paikkakunnilla/>>  
Päivitetty 11.2.2015. Luettu 14.4.2015
- 16 Sähkön siirron verkonhaltijakohtaiset keskihinnat 2002 lähtien. 2015. Verkkodokumentti. Energiamarkkinavirasto.  
<<https://www.sahkonhinta.fi/tilastot/KaikkiSiirtohinnat.mhtml>> Päivitetty 1.4.2015. Luettu 14.4.2015.
- 17 Sähkön hinta. 2015. Verkkodokumentti. Energiamarkkinavirasto.  
<<http://www.sahkonhinta.fi/summariesandgraphs>> Luettu 16.4.2015.
- 18 Lämmitysverkoston perussäätö. 2014. Verkkodokumentti. Motiva Oy.  
<[http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/lammitysverkoston\\_perussaat](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/lammitysverkoston_perussaat)> Luettu 21.4.2015.
- 19 Keto Matias. 2010. Energiamuotojen kerroin. Raportti ympäristöministeriölle.
- 20 Kuvaus hyödynjakomenetelmästä. 2015. Motiva Oy. PDF-dokumentti.  
<[www.motiva.fi/files/6820/Kuvaus\\_hyodynjakomenetelmasta.pdf](http://www.motiva.fi/files/6820/Kuvaus_hyodynjakomenetelmasta.pdf)> Luettu 14.4.2015.
- 21 Heljo, Nippala & Nuuttila. 2005. Rakennusten energiankulutus ja CO<sub>2</sub>-ekv-päästöt Suomessa. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakentamistalouden laitos.
- 22 Kurnitski Jarek, Keto Matias. 2010. Rakennusten energiankäytön aiheuttamat päästöt ja primäärienergiankäyttö. Helsinki. Rakennustietosäätiö.
- 23 CO<sub>2</sub>-päästökertoimet. 2014. Verkkodokumentti. Motiva Oy.  
<[http://www.motiva.fi/taustatietoa/energiankaytto\\_suomessa/co2-laskentaohje\\_energiankulutuksen\\_hiilidioksidipaastojen\\_laskentaan/co2-paastokertoimet/](http://www.motiva.fi/taustatietoa/energiankaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet/)> Päivitetty 24.4.2014. Luettu 14.4.2015.
- 24 Sähkön ja lämmön yhteistuotanto. 2015. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. <<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/sahkon-ja-lammon-yhteistuotanto/>> Luettu 14.4.2015.
- 25 Korjaus- ja energia-avustuksiin myönnetään 43 miljoonaa ja korotetaan tulorajoja. 2014. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi\\_luvat\\_ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/Korjaus\\_ja\\_energiaavustuksiin\\_myonnetaan%2827977%29/](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Korjaus_ja_energiaavustuksiin_myonnetaan%2827977%29/)> Päivitetty 16.1.2014. Luettu 16.4.2015.

- 26 Energiatuki. 2015. Verkkodokumentti. Työ- ja elinkeinoministeriö.  
<<https://www.tem.fi/energia/energiatuki/>> Päivitetty 3.2.2015 Luettu 16.4.2015.
- 27 Euribor-korot. 2015. Verkkodokumentti. Suomen Pankki.  
<[http://www.suomenpankki.fi/fi/tilastot/korot/Pages/tilastot\\_markkina-ja\\_hallinnolliset\\_korot\\_euribor\\_korot\\_long\\_fi.aspx](http://www.suomenpankki.fi/fi/tilastot/korot/Pages/tilastot_markkina-ja_hallinnolliset_korot_euribor_korot_long_fi.aspx)> Luettu 16.4.2015.
- 28 Hinnat ja kustannukset. Verkkodokumentti. Tilastokeskus.  
<[http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk\\_hinnat.html](http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_hinnat.html)> Luettu 16.4.2015.
- 29 Koponen, Olli. 2015. Huoltopäällikkö. Gebwell Oy. Puhelinkeskustelu 7.4.2015.
- 30 Hautala, Kalevi. 2015. Projektipäällikkö. Espoon asunnot Oy. 7.4.2015.
- 31 Tasauslaskentaopas 2012 – Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden osoittaminen. 2011. Helsinki. Ympäristöministeriö.
- 32 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Osa D3. 2012. Helsinki. Ympäristöministeriö.
- 33 Anne Salonen. Tuotepäällikkö. Puhelinkeskustelu. Fortum Power and Heat Oy. 7.4.2015

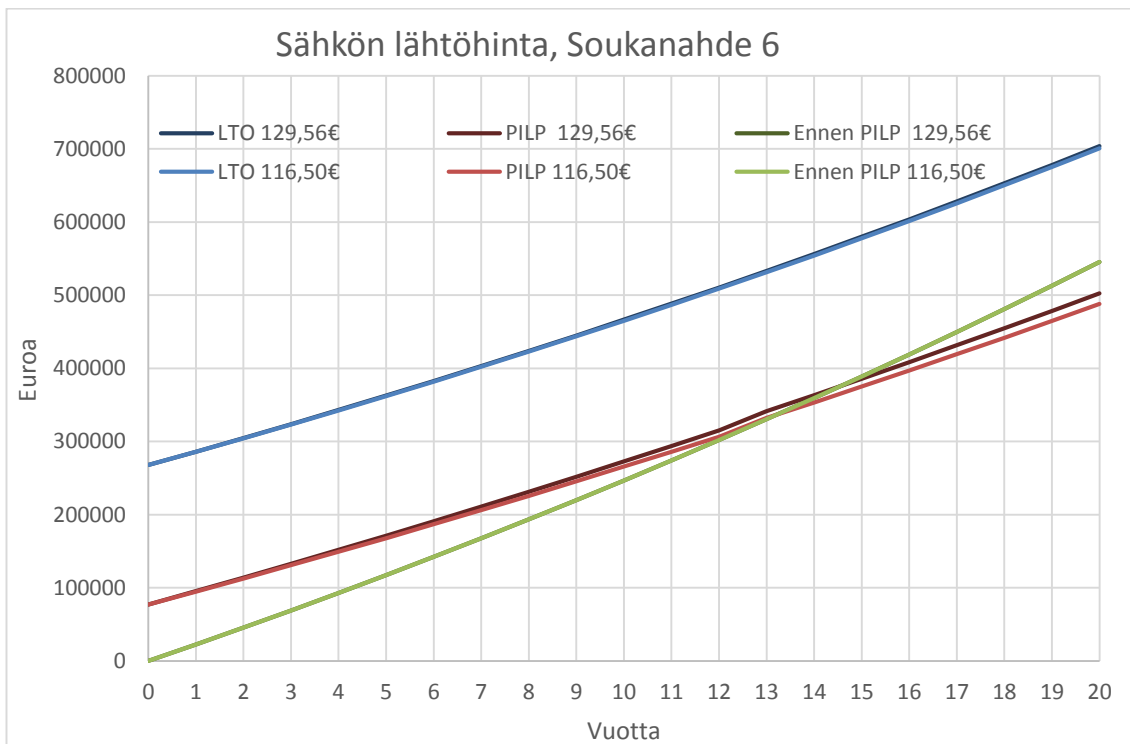
## Elinkaarikustannusten herkkyytarkastelut



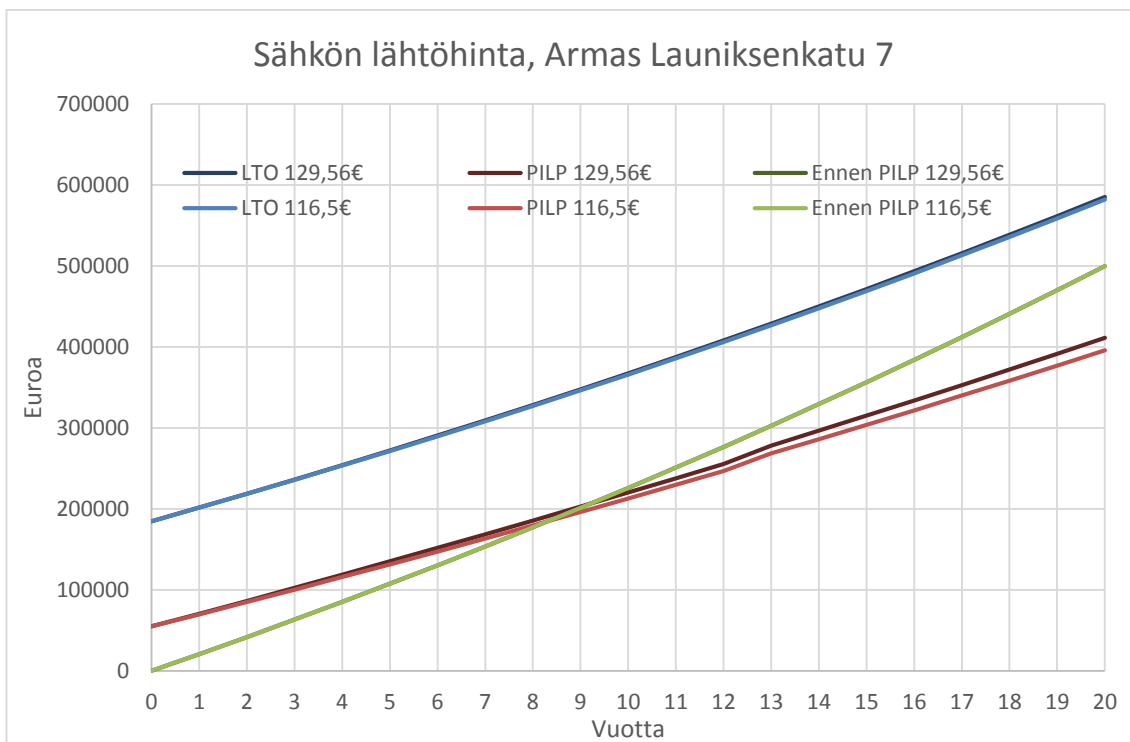
Kuva 1. Laskentakoron vaikutus Soukanahde 6:n elinkaarikustannuksiin.



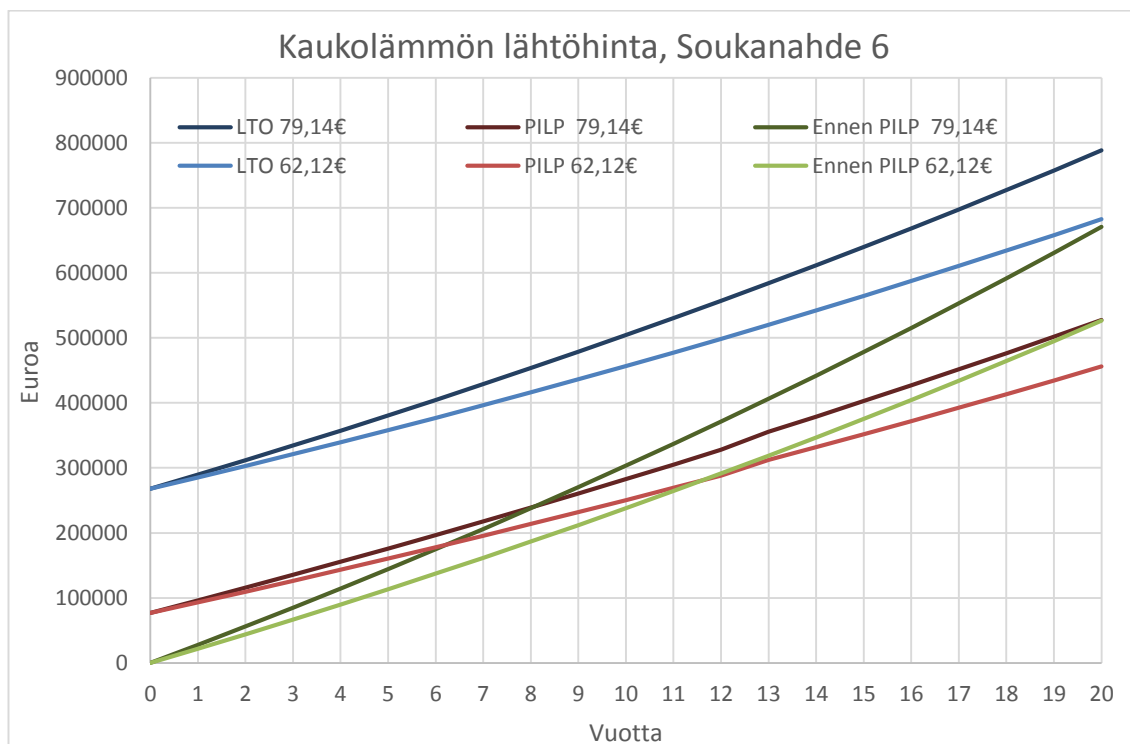
Kuva 2. Laskentakoron vaikutus Armas Launiksen katu 7:n elinkaarikustannuksiin.



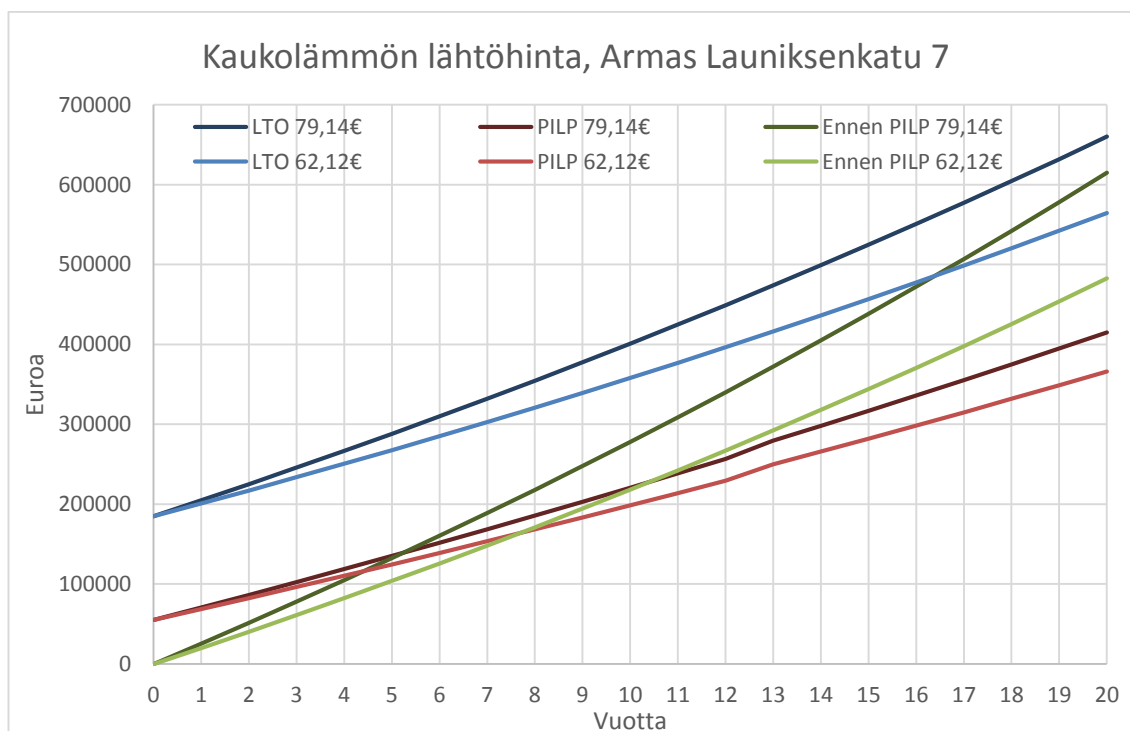
Kuva 3. Sähkön lähtöhinnan vaikutus Soukanahde 6:n elinkaarikustannuksiin. Sähkön hinnan ylä- ja alarajoina on käytetty valtakunnallisen kalliimman ja halvemman puolikkaan hintojen keskiarvoja 1.1.2015. [16; 17.]



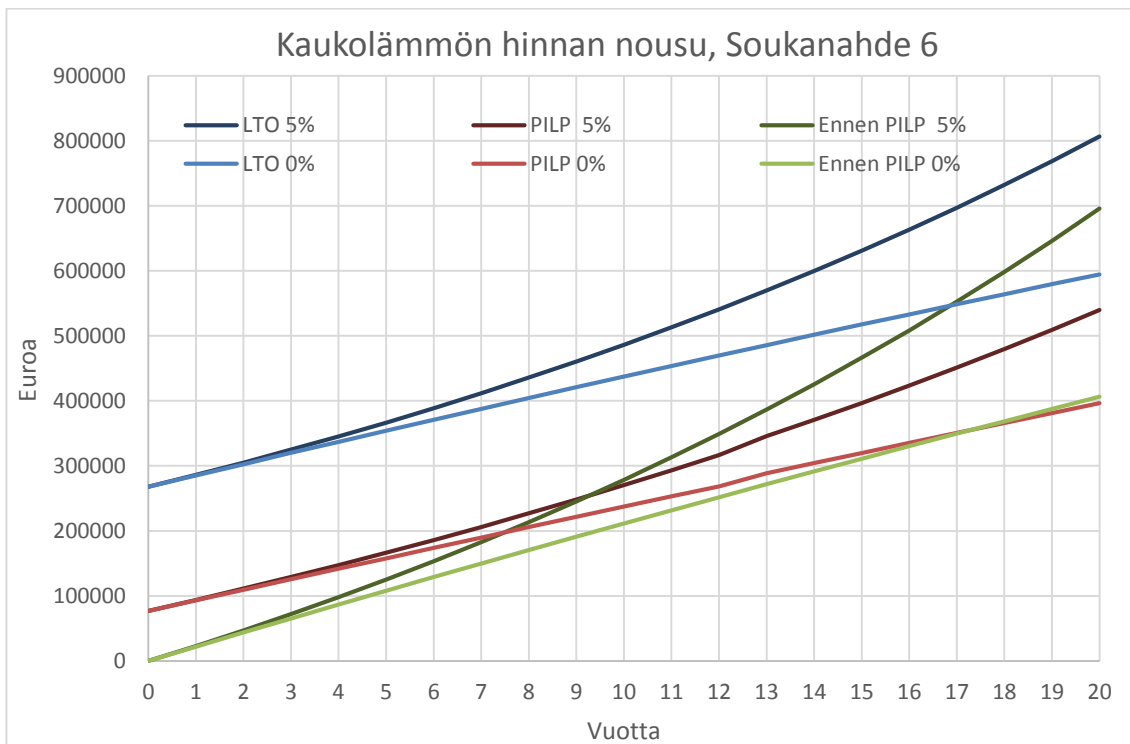
Kuva 4. Sähkön hinnan vaikutus Armas Launiksen katu 7:n elinkaarikustannuksiin.



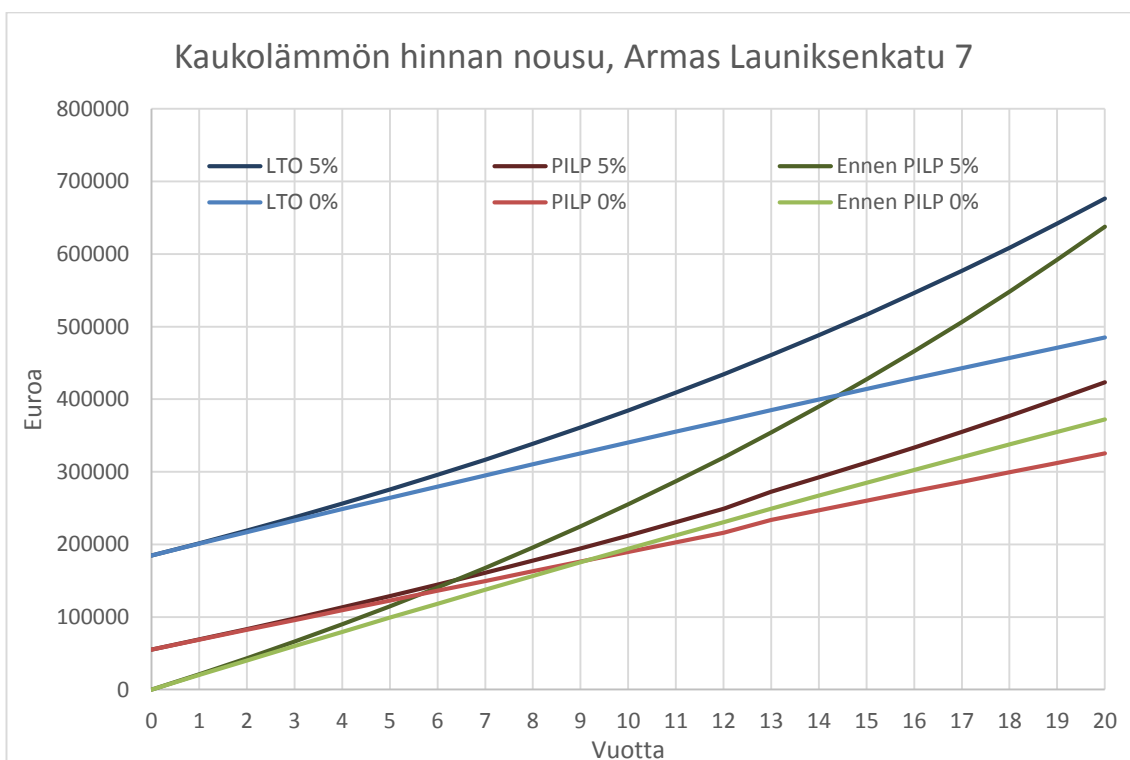
Kuva 5. Kaukolämmön hinnan vaikutus Soukanahde 6:n elinkaarikustannuksiin. Hinnan ylä- ja alarajoina on käytetty valtakunnallisen kalliimman ja halvemman puolikkaan hintojen keskiarvoja 1.1.2015. [15.]



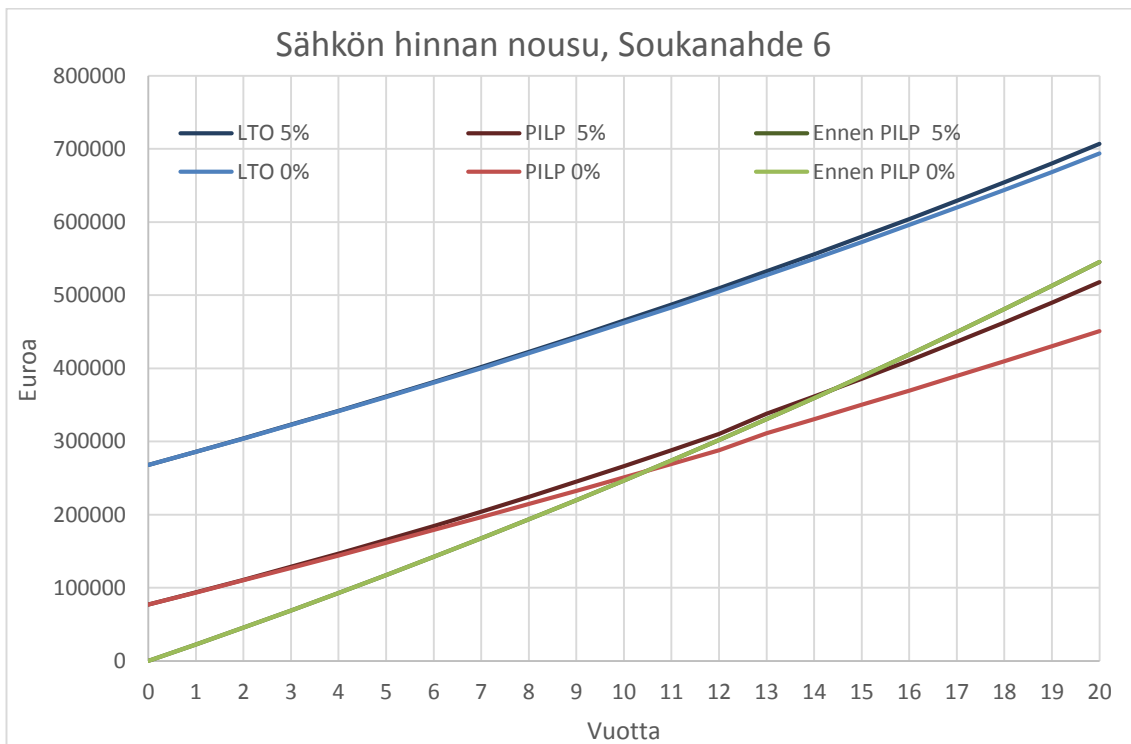
Kuva 6. Kaukolämmön hinnan vaikutus Armas Launiksen katu 7:n elinkaarikustannuksiin.



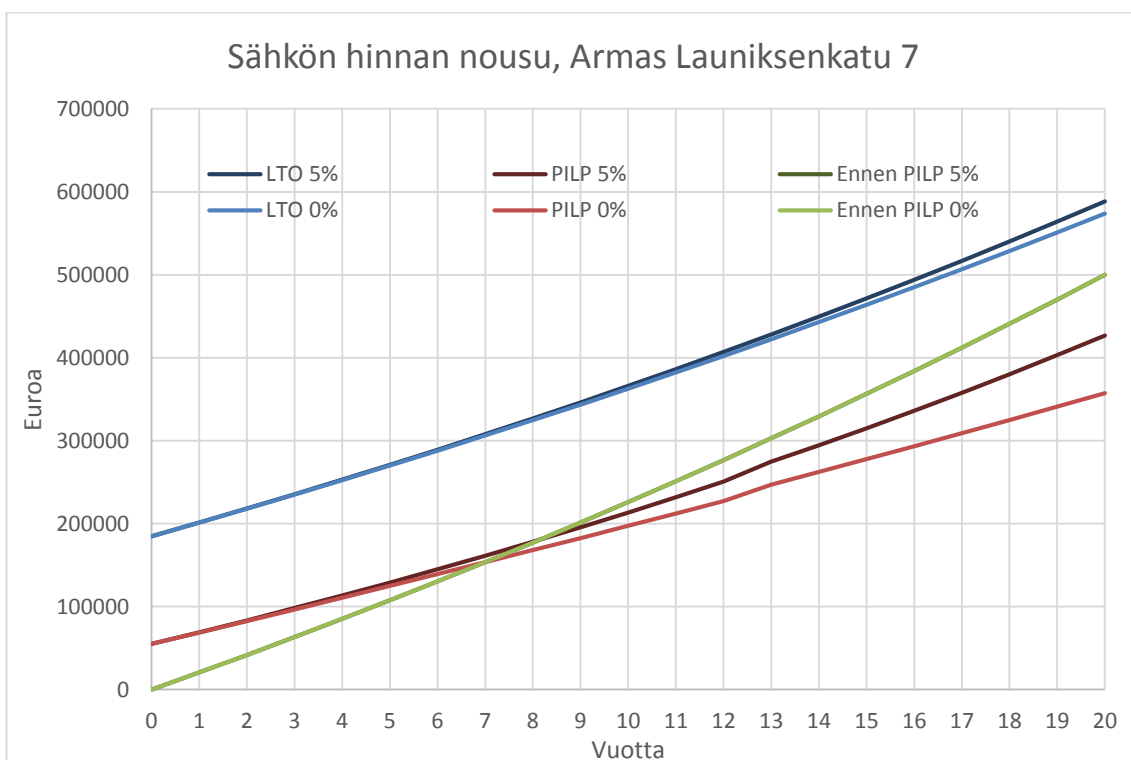
Kuva 7. Kaukolämmön hinnan nousun vaikutus Soukanahde 6:n elinkaarikustannuksiin.



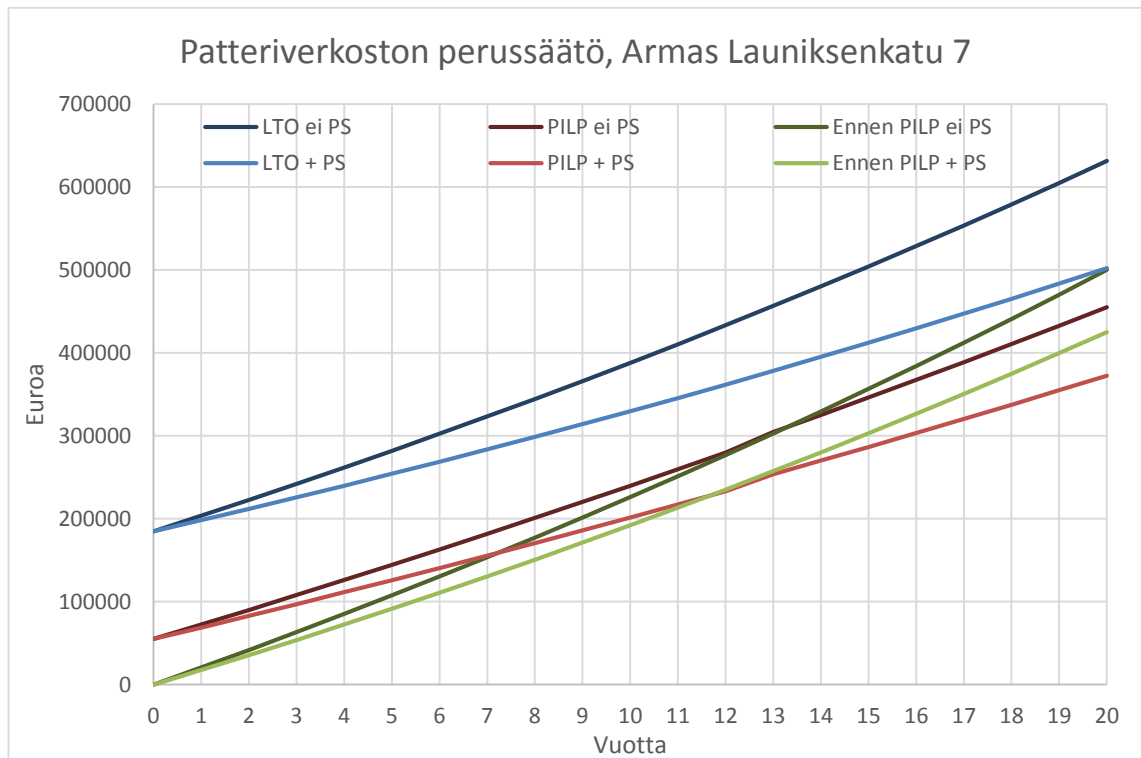
Kuva 8. Kaukolämmön hinnan nousun vaikutus Armas Launiksen katu 7:n elinkaarikustannuksiin.



Kuva 9. Sähkön hinnan nousun vaikutus Soukanahde 6:n elinkaarikustannuksiin.



Kuva 10. Sähkön hinnan nousun vaikutus Armas Launiksen katu 7:n elinkaarikustannuksiin.



Kuva 11. Patteriverkoston perussäädön vaikutus suurimmalla arvioidulla, eli 15 %:n energian- säästöllä.

Armas Launiksen katu 7:n energiankulutustiedot

KuluNet - numeerinen kuukausiraportti

Sivu 2/4

11/2006	36,32	37,31	46	296,5	1753	0
12/2006	31,54	40,26	51	291,7	1868	0
1/2007	39,82	43,03	51	295,1	1832	0
2/2007	46,95	41,33	51	320,3	1710	0
3/2007	31,33	35,97	48	386,5	1866	0
4/2007	25,22	26,57	40	365,3	1630	0
5/2007	16,98	17,04	31	168,9	1688	0
6/2007	10,60	10,60	23	165,3	1597	0
7/2007	10,30	10,30	24	165,2	1667	0
8/2007	10,37	10,37	24	169,9	1581	0
9/2007	15,87	17,14	37	169,9	1691	0
10/2007	26,06	27,04	37	180,5	1896	0
11/2007	32,65	31,07	45	181,3	1872	0
12/2007	31,17	37,41	47	168,5	1711	0
1/2008	39,36	46,98	48	213,8	2083	0
2/2008	32,82	40,04	47	180,6	1712	0
3/2008	35,40	38,67	47	195,7	1842	0
4/2008	24,10	28,82	39	187,7	1651	0
5/2008	18,49	21,21	33	195,2	1686	0
6/2008	12,40	12,40	27	200,0	2064	0
7/2008	10,69	10,69	25	214,3	2150	0
8/2008	11,94	11,94	27	215,4	2117	0
9/2008	21,44	16,19	38	208,3	2247	0
10/2008	23,89	28,47	43	219,3	2249	0
11/2008	31,98	34,87	45	261,3	2845	0
12/2008	33,96	38,32	46	199,8	2915	0
1/2009	42,36	42,83	49	197,6	2710	0
2/2009	37,63	38,29	49	169,2	2375	0
3/2009	37,92	37,19	47	189,0	2795	0
4/2009	25,40	25,99	42	183,6	2706	0
5/2009	15,26	17,26	34	178,9	2590	0
6/2009	13,38	13,38	33	175,9	2271	0
7/2009	11,05	11,05	29	213,4	2562	0
8/2009	12,01	12,01	30	231,3	2764	0
9/2009	17,08	20,94	36	199,6	2416	0
10/2009	29,92	24,30	43	189,2	2417	0
11/2009	34,04	36,92	43	215,5	2741	0
12/2009	43,39	39,11	48	205,3	2761	0
1/2010	50,79	39,18	52	219,0	3036	0
2/2010	42,34	36,61	51	199,7	2774	0
3/2010	38,50	36,29	43	206,2	2869	0
4/2010	28,22	28,00	40	206,0	2699	0
5/2010	18,99	20,17	35	218,6	2772	0
6/2010	14,06	14,06	33	223,8	2653	0
7/2010	10,60	10,60	25	208,2	2256	0
8/2010	11,94	11,94	28	219,2	2489	0
9/2010	18,23	19,50	35	214,8	2599	0
10/2010	29,61	27,10	40	208,3	2724	0
11/2010	37,10	32,31	45	181,1	2602	0
12/2010	47,72	37,29	51	213,8	3077	0
1/2011	42,75	40,51	48	184,9	2678	0
2/2011	41,29	33,71	54	190,1	2784	0
3/2011	34,15	33,42	44	207,8	2852	0
4/2011	23,30	25,38	38	223,2	2924	0
5/2011	17,64	18,06	32	215,3	2656	0
6/2011	12,31	12,31	27	209,9	2510	0
7/2011	11,14	11,14	25	222,7	2414	0
8/2011	12,27	12,27	28	239,1	2583	0
9/2011	14,01	14,01	30	200,0	2661	0
10/2011	21,59	24,35	38	182,4	2506	0
11/2011	26,32	31,53	41	214,9	3078	0
12/2011	31,49	39,57	46	213,5	2840	0
1/2012	37,28	36,66	50	137,6	3238	0
2/2012	35,07	29,83	50	5,2	3316	0
3/2012	23,84	25,75	45	12,0	3668	0
4/2012	15,65	14,90	44	10,9	2595	0
5/2012	6,59	7,44	35	9,3	1953	0
6/2012	5,80	5,80	33	15,9	1404	0
7/2012	2,71	2,71	22	16,0	1688	0
8/2012	5,16	5,16	26	26,0	1238	0
9/2012	10,53	12,52	35	58,2	2886	0
10/2012	13,10	13,13	42	144,4	5813	0
11/2012	8,96	9,24	36	214,7	8915	0
12/2012	26,42	22,83	50	206,5	9803	0
1/2013	22,91	21,62	52	215,4	9389	0
2/2013	15,52	16,45	46	213,2	8869	0
3/2013	18,98	16,72	48	242,7	10012	0

<http://www.kulunet.com/raportointi/asp/lomakkeenjakelija.asp?>

30.3.2015

	7,36	7,36	33	244,1	8934	0
5/2013	5,02	5,02	23	250,3	5567	0
6/2013	4,51	4,51	21	232,6	4126	0
7/2013	4,14	4,14	25	264,5	4389	0
8/2013	4,53	4,53	21	262,0	4534	0
9/2013	7,52	7,57	27	250,3	5086	0
10/2013	14,76	15,04	35	248,7	5489	0
11/2013	11,82	12,77	36	213,9	7948	0
12/2013	11,98	13,11	40	213,8	10653	0
1/2014	21,99	20,20	51	215,1	11655	0
2/2014	11,10	12,20	43	188,1	9650	0
3/2014	7,25	7,25	36	214,9	9603	0
4/2014	4,85	4,85	28	209,1	7966	0
5/2014	4,35	4,35	23	216,9	6481	0
6/2014	4,95	4,95	23	195,0	3926	0
7/2014	6,08	6,08	27	196,3	2178	0
8/2014	6,08	6,08	26	218,5	2215	0
9/2014	8,98	10,22	32	198,1	2803	0
10/2014	11,65	11,45	34	217,2	6159	0
11/2014	7,15	7,15	31	214,2	9004	0
12/2014	11,58	11,88	40	228,0	9915	0

© Suomen Talokeskus Oy

## Soukanahde 6:n energiankulutustiedot

## ← Helmikuu 2009 - Tammikuu 2010 →

13509 Soukanahde 6

Kulutuslaji/Mittari	Helmikuu 2009	Maaliskuu 2009	Huhtikuu 2009	Toukokuu 2009	Kesäkuu 2009	Heinäkuu 2009	Elokuu 2009	Syyskuu 2009	Lokakuu 2009	Marraskuu 2009	Joulukuu 2009	Tammikuu 2010
Jäähtyminen	59	59	50	42	42	41	40	43	49	51	58	64
Kaukolämpövesi	527,4	521,7	436,8	387,9	347,8	349,8	266,3	299,3	564,1	577,2	650,7	755,5
Kiinteistösähkö	3582	4857	4240	4094	3074	3344	3406	3611	3995	4188	4390	4143
Lämmitysenergia	36,4	35,9	25,3	19,1	17	16,5	12,4	15,1	32	34,5	43,7	56,1
V_Kaukolämpövesi	527,4	521,7	436,8	387,9	347,8	349,8	266,3	299,3	564,1	581,5	659,3	723,4
V_Lämmitysenergia	36,4	35,9	25,3	19,1	17	16,5	12,4	15,1	32	34,7	44	53,7
Vesi	213,7	248,2	238	246,7	226,9	240,4	272,3	228,4	241,5	246,5	265,2	268,2
Vesi l/as/vrk	147	154	153	162	154	158	179	155	159	168	156	157
Vesi tavoite												268

## ← Helmikuu 2010 - Tammikuu 2011 →

13509 Soukanahde 6

Kulutuslaji/Mittari	Helmikuu 2010	Maaliskuu 2010	Huhtikuu 2010	Toukokuu 2010	Kesäkuu 2010	Heinäkuu 2010	Elokuu 2010	Syyskuu 2010	Lokakuu 2010	Marraskuu 2010	Joulukuu 2010	Tammikuu 2011
Jäähtyminen	64	54	46	42	39	37	38	42	46	51	59	57
Kaukolämpövesi	594,4	597,3	515,2	368,3	273,8	248,2	248,5	322,5	530,1	696,7	773,4	705,9
Kiinteistösähkö	3987	4505	4206	3891	3501	3161	3463	3924	4084	3835	4059	3637
Lämmitysenergia	43,9	37,3	27,6	18,2	12,4	10,8	11,1	15,9	28,1	41,4	53,3	47,1
V_Kaukolämpövesi	593,1	588,6	523,2	368,8	272,9	247,2	249	322,9	529,9	685,3	777,5	641,2
V_Lämmitysenergia	43,8	37,4	27,8	18,4	11,8	10,6	11	15,8	28,5	40,2	53,5	43,5
Vesi	250	260,1	249,9	251,4	247,4	248,3	246,2	231,4	243,4	236,6	233,2	227,3
Vesi l/as/vrk	162	153	151	147	150	146	144	140	143	143	142	138
Vesi tavoite	250	260	250	251	247	248	246	231	243	237	233	244

## ← Helmikuu 2011 - Tammikuu 2012 →

13509 Soukanahde 6

Kulutuslaji/Mittari	Helmikuu 2011	Maaliskuu 2011	Huhtikuu 2011	Toukokuu 2011	Kesäkuu 2011	Heinäkuu 2011	Elokuu 2011	Syyskuu 2011	Lokakuu 2011	Marraskuu 2011	Joulukuu 2011	Tammikuu 2012
Jäähtyminen	61	51	46	42	36	37	41	39	44	45	48	55
Kaukolämpövesi	725,1	687,2	465,1	396,1	286,3	255	245,9	336,5	498,1	579,3	679,8	740,6
Kiinteistösähkö	3900	3732	3699	4023	2853	2762	2988	3168	3391	3313	3469	3468
Lämmitysenergia	51,2	40,7	24,8	19,4	12,1	11	11,6	15,2	25,6	30,6	38	47,3
V_Kaukolämpövesi	798,1	680,1	463,9	426,1	274,9	258,2	247,4	349,2	490,1	588,1	670,2	734,6
V_Lämmitysenergia	55,7	40,7	25	20,9	10,9	10,1	12	15,3	26,4	31	37,1	48,1
Vesi	256,6	266,8	252,1	242,1	293,3	251,7	265,2	248,6	259,2	244,4	249,1	284,6
Vesi l/as/vrk	173	162	159	147	184	153	161	156	158	154	152	173
Vesi tavoite	244	244	244	244	244	244	244	244	244	244	244	241

## Helmikuu 2012 - Tammikuu 2013

13509 Soukanahde 6

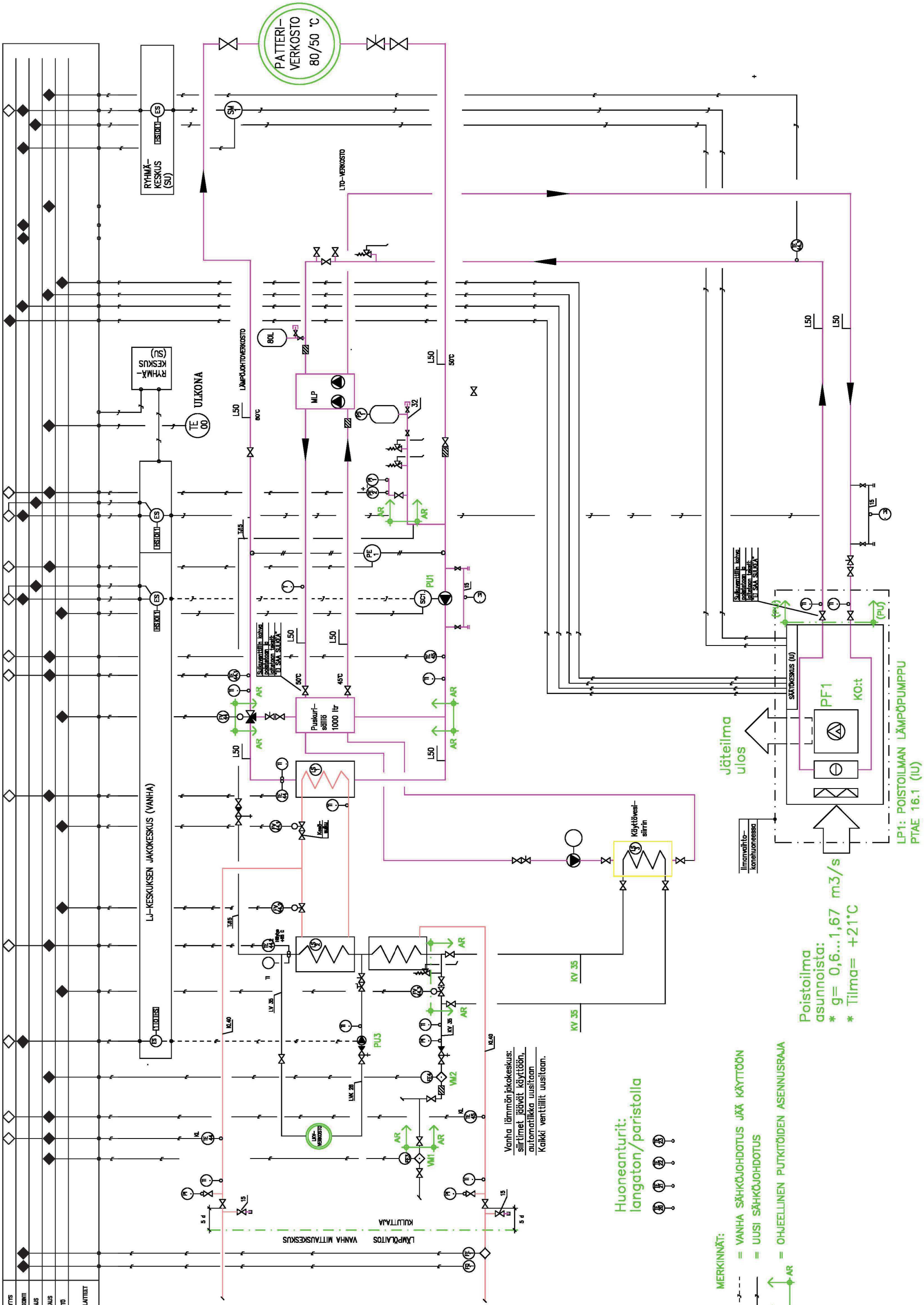
Kulutuslaji/Mittari	Helmikuu 2012	Maaliskuu 2012	Huhtikuu 2012	Toukokuu 2012	Kesäkuu 2012	Heinäkuu 2012	Elokuu 2012	Syyskuu 2012	Lokakuu 2012	Marraskuu 2012	Joulukuu 2012	Tammikuu 2013
Jäähtyminen	59	52	49	44	39	36	37	42	45	47	56	55
Kaukolämpövesi	701,9	643,3	558,3	410,9	305,3	288,8	303,6	377,4	584,5	616,5	521,9	480,7
Kiinteistösähkö	3397	3405	3666	3385	3241	3033	2834	3052	3068	3126	9089	9759
Lämmitysenergia	48	38,7	32	21	14	12,1	13	18,2	30,3	34	34,1	30,7
V_Kaukolämpövesi	704,1	602,8	593,2	413,9	309	297,5	296,9	401,4	557,1	557,5	594,5	466,3
V_Lämmitysenergia	47,8	37,1	34,6	20,5	13,3	12,3	12,4	17,8	30,8	31,3	37,5	30,1
Vesi	264	266,5	304,6	322,8	303,6	251,6	235,8	289,5	293,8	300,1	350,9	436,7
Vesi l/as/vrk	172	162	192	196	191	153	144	182	179	189	214	266
Vesi tavoite	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	237

## Helmikuu 2013 - Tammikuu 2014

13509 Soukanahde 6

Kulutuslaji/Mittari	Helmikuu 2013	Maaliskuu 2013	Huhtikuu 2013	Toukokuu 2013	Kesäkuu 2013	Heinäkuu 2013	Elokuu 2013	Syyskuu 2013	Lokakuu 2013	Marraskuu 2013	Joulukuu 2013	Tammikuu 2014
Jäähtyminen	52	54	44	32	20	18	20	33	37	41	46	57
Kaukolämpövesi	370,7	424,4	326,2	193,1	99,4	79,3	74,2	215,6	296,7	288,5	322,6	425,1
Kiinteistösähkö	8723	9614	8000	7597	7611	6569	6509	6521	7931	9047	9722	9528
Lämmitysenergia	22,5	26,7	16,5	7,2	2,3	1,6	1,7	8,3	12,9	13,7	17,3	28,4
V_Kaukolämpövesi	379,5	405,1	272	253,1	81,3	101,4	84,7	207,8	293,4	292,2	318,8	422,3
V_Lämmitysenergia	23,4	26,3	15,3	8,6	1,6	2,2	1,9	8,1	12,4	14	17,3	27,9
Vesi	276	256,2	250,3	265,7	272,4	235,6	241,4	361,5	318,5	270,1	255,2	241,5
Vesi l/as/vrk	186	156	157	162	171	143	147	227	194	170	155	120
Vesi tavoite	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	234

HÄLYTYS	ALAKESKUS AK 1 (AU)
REKONSTR	
OHJAUS	
MITTAUS	
SKÄVT	
APULAMITTEET	



Vanha lämmönjakokeskus:  
siirtimet, kivet käyttöön,  
automaattikka uusitaan  
Kaikki venttiilit uusitaan.

Huoneanturit:  
langaton/paristolla

**MERKINNÄT:**

- - - = VANHA SÄHKÖJOHDOTUS JÄÄ KÄYTTÖÖN
- = UUSI SÄHKÖJOHDOTUS
- ↕ = OHJEELLINEN PUTKITÖIDEN ASENNUSRAJA

Poistoilma  
asunnoista:  
\* g = 0,6...1,67 m<sup>3</sup>/s  
\* Tilma = +21°C

LP1: POISTOILMAN LÄMPÖPUMPPU  
PTAE 16.1 (IU)

## TOIMINTASELOSTUS:

### 1. LÄMMIN KÄYTTÖVESI, LÄMMÖNSIIRIN LS2.

Lämpötilasäädin pitää käyttöveden lämpötilan TE44.2 asetusarvossa säätämällä lämpötilamittauksen TE44.2 perusteella lämmönsiirtimen moottoriventtiiliä FV44.2.

### 1.1 LÄMMIN KÄYTTÖVESI, LÄMMÖNSIIRIN LS3.

Lämmönsiirrin toimii käyttöveden esilämmityssiirtimenä.

Jos kaukolämmön meno-/paluuveden lämpötilaero KLTE43/KLTE45 on pienempi kuin 26°C avautuu moottoriventtiili FV44.3, pyrkien pitämään lämpötilaeron asetusarvossa.

### 2. LÄMPÖJOHTOVERKOSTO, LÄMMÖNSIIRIN LS1.

Lämpötilasäädin pitää menoveden lämpötilan TE44 asetusarvossa säätämällä lämpötilamittauksen TE44 perusteella lämmönsiirtimen moottoriventtiiliä FV44.1.

Ulkolämpötilan mittausta TE00 muuttaa menoveden lämpötilan TE44 asetusarvoa oheisen säätökäyrän mukaisesti.

Säätimessä on oltava optimoidusti itsevirittyvä päivä/yö-toiminta, sekä automaattinen, hidastettu käyräkorjaustoiminta.

Kaukolämmön lämmönsiirtimen LS1 ollessa ohituskäytössä (3-tieventtiili täysin auki puskurisäiliöön) kaukolämmön moottoriventtiili FV44.1 on kiinni.

### 3. KÄSISÄÄTÖ.

Moottoriventtiilejä tulee voida säätää myös jatkuvalla käsiohjauksella, jonka vuoksi jokaisen moottoriventtiilin ohjaus- ja syöttövirtapiirissä on ohituskytkin.

### 4. Pumppujen ohjaus ja säätö

#### 4.1 Pumpun PU1 ohjaus ja säätö

Pumppuun integroitu taajuusmuuttaja SC01 säätää pumpun PU1 pyörimisnopeutta (AK:lta jänniteviesti 0...10V) lämpöverkoston meno- ja paluulinjan yli mitatun paine-eron mukaan.

Pumppu PU1 pysähtyy, jos ulkolämpötila on  $> +18^{\circ}\text{C}$  ja pumpun pyörimisnopeus laskee minimiasetusarvoon.

#### 4.2 Pumpun PU2 ohjaus ja säätö

Pumppu PU2 käy silloin kun poistoilman lämpöpumppu LP1 käy.

#### 4.3 Pumpun PU3 ohjaus

Pumppu PU3 käynnistetään jakokeskuksen käsiyhtymällä, pumppu käy koko ajan.

#### 4.4 Lämmityspumpun seisonta-ajan ohjaus

Kesäaikana, lämmityspumpun PU1 ollessa seis, pumppu käynnistyy kerran vuorokaudessa 2 min. ajaksi.

### 5. OHJELMALLISET LUKITUKSET JA HÄLYTYKSET

- \* Lämpimän käyttöveden lämpötilan TE44.2 ylärajahälytys, hälytysraja on  $+65^{\circ}\text{C}$
- \* lämmitysverkoston menoveden lämpötilan TE44.1 liukuva ylä- ja alarajahälytys
- \* lämmitysverkoston paineen PE2 ylä- ja alarajahälytys
- \* pumppujen PU1, PU2, PU3 pysähtymishälytys
- \* kaukolämmön paluuveden lämpötilan KL TE45 alarajahälytys.

### 6. HISTORIASEURANTA

Aina seurannassa (rullaava, saatavissa esim. 3 edelliseltä viikolta, vanhin tieto poistuu):

- \* säätöpiirin (-piirien) asetusarvot
- \* säätöpiirin (-piirien) säätöön vaikuttavat mittaukset
- \* säätöpiirin (-piirien) toimilaitteen (-laitteiden) asentotieto (AO)
- \* kaukolämmön menoveden lämpötila.

### 7. KULUTUSMITTAUKSET

Kaukolämpöenergian mittausta laskijalaitteen FQ1 impulssien perusteella.

Kaukolämmön virtaaman mittausta laskijalaitteen FE1 impulssien perusteella.

Kokonaisvedenkulutuksen mittausta kulutusmittarin VM1 impulssien perusteella.

Lämpimän veden kulutuksen mittausta kulutusmittarin VM2 impulssien perusteella.

Kulutusmittarien reaaliaikaisten lukemien tulee olla jatkuvasti luettavissa alakeskuksesta ja valvomopäätteiltä. Kulutusmittausten tulee toimia, vaikka yhteys valvomoon katkeaa. Kokonaisvedenkulutuksen mittaukseen (VM1) liittyy vuotovesivalvonta seuraavasti: Mikäli normaalin käyttöajan ulkopuolella kulutus kahden peräkkäisen vuorokauden aikana ylittää normaalin käyttöajan kulutuksen 20%:lla, tulostuu vuotohälytys.

Lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian mittausta varten asennetaan kulutusmittari. Kulutuksen mittausta tapahtuu kulutusmittarin FQ2 impulssien perusteella.

Kulutusmittarin reaaliaikaisten lukemien tulee olla jatkuvasti luettavissa alakeskuksesta ja valvomopäätteiltä.

## POISTOILMALÄMPÖPUMPUN LP1 TOIMINTA

Kiinteistön kaukolämmitysjärjestelmä toimii normaalilla tavalla.

Poistoilmalämpöpumppu lämmittelee kiinteistön lämmitysverkoston paluuv veden lämpötilaa sekä toimii käyttöveden esilämmittimenä; lisälämpö tulee kaukolämmön lämmönsiirtimiltä.

Poistoilmalämpöpumpun oma automatiikka pyrkii ottamaan lämpöä talteen mahdollisimman paljon sillä ilmamäärällä mikä on kulloinkin käytössä. Laitteessa tulee olla Modbus-liitäntä siten, että saadaan ohjaukset, mittaukset ja asetusarvomuutokset kiinteistön säätö- ja valvontajärjestelmään.

Automatiikka seuraa sekä poistoilman kosteutta että jäteilman lämpötilaa säätäen kompressoritehoja sen mukaan. Talteenotto menee pois päältä kun laitteelle palaavan veden lämpötila nousee asetusarvoon. Laitteessa on kellotoiminto, jolla voidaan säätää tehostusjaksot. Automatiikassa on sisäisiä säätöarvoja lämpöpumpulle jolla määritellään menoveden maksimilämpötiloja, kompressorien painetasoja, häilyksiä.

### POISTOILMAPUHALTIMEN PF1 TOIMINTA:

Ilmalämpöpumpun ohjauskeskus säätää poistoilmahuhtimen PF1

EC-moottorin pyörimisnopeutta mittaamansa poistoilman kanavapaineen mukaan pitäen poistoilmakanavan paineen vakiona. Ulkolämpötilan alittaessa  $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$  puhallin käy 2/3-nopeudella.

### 3-VENTTIILIN FV44 SÄÄTÖ:

Lämpötilasäädin pitää lämmitysverkoston menoveden lämpötilan TE44.1 asetusarvossa säätämällä lämpötilamittauksen TE44.1 perusteella 3-tiemoottoriventtiiliä FV44.

Kiinteistön paluuvesi menee puskurisäiliön kautta 3-tieventtiilille. Mikäli poistoilman lämpöpumppu ei pysty pitämään haluttua menoveden lämpötilaa alkaa 3-tieventtiili avautua kunnes haluttu lämpötila saavutetaan, ja lisälämpö saadaan kaukolämmöstä. Menoveden lämpötilan TE44.1 noustessa 3-tieventtiili FV44 säätöä kiinni asennon suuntaan (lopulta täysin lto-asentoon).

3-tieventtiilin ajautuessa täysin kiinni asentoon ja menoveden lämpötilan TE44.1 edelleen noustessa, 3-tieventtiili avautuu kaukolämmön suuntaan kunnes haluttu menoveden lämpötila TE44.1 saavutetaan; tällöin kaukolämmön moottoriventtiili FV44.1 ei saa avautua.

Ulkolämpötilan mittausta TE00 muuttaa menoveden lämpötilan asetusarvoa halutun säätökäyrän mukaisesti.

Mikäli kiinteistön lämmitysverkoston paluuv veden lämpötila (TE45) on sama kuin haluttu menoveden lämpötila (TE44.1) tällöin 3-tieventtiili avautuu täysin kaukolämmön suuntaan.

Kaukolämmön lämmönsiirtimen LS1 ollessa ohituskäytössä (3-tieventtiili täysin auki puskurisäiliöön) kaukolämmön moottoriventtiili FV44.1 on kiinni.

## SÄÄTÖ- JA VALVONTALAITELUETTELO: LS1, LS2, LS3, LAITTEIDEN YLEISET VAATIMUKSET ON ESITETTY TYÖSELOSTUKSESSA

KOJENUMERO, LAITETUNNUS	NIMITYS	TEKNISIÄ ARVOJA / ASETUSARVO	HAN-KINTA	HUOMI
TE 00	LÄMPÖTILA-ANTURI	1 kpl / ULKONA, Pt1000	AU	
PE1	PAINE-EROLÄHETIN	(0...600 kPa) / 0...10V	AU	1) 2)
PE2	PAINELÄHETIN	(0...600 kPa) / 0...10V	AU	1) 2)
FV44	MOOTTORIVENTTIILI	24V / 0...10 V, KTS. TAULUKKO 1	AU	1)
FV44.1	MOOTTORIVENTTIILI	24V / 0...10 V, KTS. TAULUKKO 1	AU	1)
FV44.2	MOOTTORIVENTTIILI	24V / 0...10 V, KTS. TAULUKKO 1	AU	1)
FV44.3	MOOTTORIVENTTIILI	24V / 0...10 V, KTS. TAULUKKO 1	AU	1)
TE44	LÄMPÖTILA-ANTURI/VESI	UPPOMALLI, Pt 1000, tai 4...20 mA	AU	1) 3)
TE44.1	LÄMPÖTILA-ANTURI/VESI	UPPOMALLI, Pt 1000, tai 4...20 mA	AU	1) 3)
TE44.2	LÄMPÖTILA-ANTURI/VESI	UPPOMALLI, Pt 1000, tai 4...20 mA	AU	1) 3)
TE44.3	LÄMPÖTILA-ANTURI/VESI	UPPOMALLI, Pt 1000, tai 4...20 mA	AU	1) 3)
TE45	LÄMPÖTILA-ANTURI/VESI	UPPOMALLI, Pt 1000, tai 4...20 mA	AU	1) 3)
TE45.1	LÄMPÖTILA-ANTURI/VESI	UPPOMALLI, Pt 1000, tai 4...20 mA	AU	1) 3)
KL TE44	LÄMPÖTILA-ANTURI/VESI	UPPOMALLI, Pt 1000, tai 4...20 mA	AU	1) 3)
KL TE45	LÄMPÖTILA-ANTURI/VESI	UPPOMALLI, Pt 1000, tai 4...20 mA	AU	1) 3)
FQ2	LTO:N MITTAUSK.	varustetaan potentiaalivapaalla	PU	
FE2	LTO:N MITTAUSK.	impulssitulolla.	PU	
Q1	TURVAKYTKIN		SU	
PI	PAINEMITTARI		PU	
TI	LÄMPÖMITTARI	TOLERANSSI 1°C	PU	4)
VM1	PÄÄVESIMITTARI	IMPULSSILÄHETIN, KOSKETINTIETO		
VM2	VESIMÄÄRÄMITTARI, Lämmin käyttövesi	IMPULSSILÄHETIN, KOSKETINTIETO 1 IMPULSSI / 10 litraa	PU	
FQ1	KAUKOLÄMMÖN MITTAUSK.	Tilaaja varustaa potentiaalivapaalla	EL	5)
FE1	KAUKOLÄMMÖN MITTAUSK.	impulssitulolla.	EL	5)
SC1	TAAJUUSMUUTTAJA	INTEGROITU PUMPPUUN	VANHA	

1) Hankinta = AU, asennus = PU

2) (AU) selvittää tapauskohtaisesti painealueen ja hankkii lähettimet sen mukaan. (yleensä 0...500 kPa).

3) Anturityyppi Pt 100, Pt 1000, tai 4...20 mA (0...10V) lähettimellä.

4) Hankinta = Vesilaitos, asennus = Vesilaitos

5) Hankinta = Energialaitos (EL), asennus = Energialaitos (EL)  
Tilaaja varustaa potentiaalivapaalla impulssitulolla.

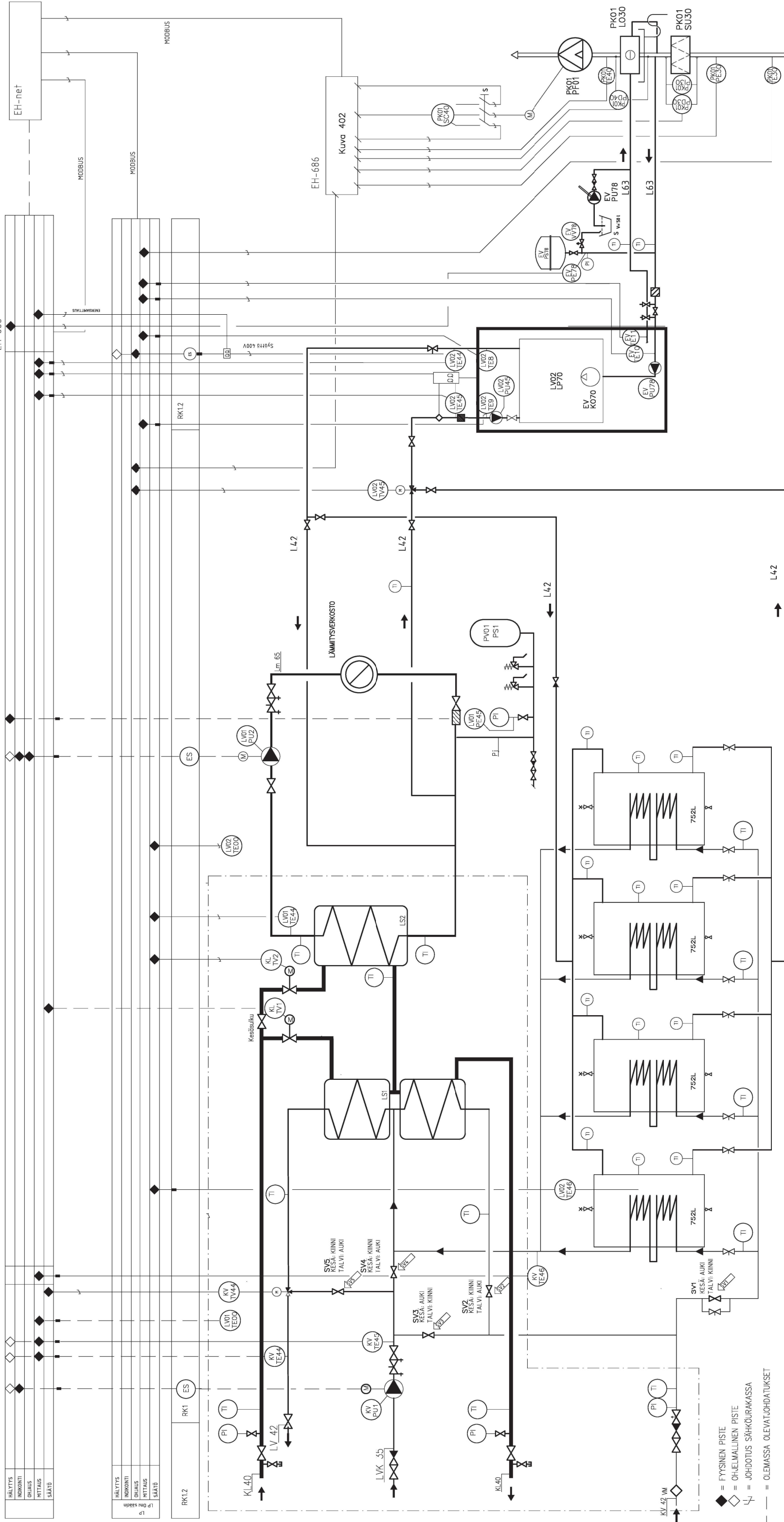
Lj-pakettiin liittyvät hankinnat, asennus, kytkentä, viritykset ja käyttöönotto, kaikki työt säätö- ja valvontalaitteiden työselityksen mukaan.



EU-203 nykyinen

EU-203 nykyinen

EU-686



HÄLYTYS	INDIKOINTI
OHJALUS	OHJALUS
MITTAUS	MITTAUS
ESKATO	ESKATO

HÄLYTYS	INDIKOINTI
OHJALUS	OHJALUS
MITTAUS	MITTAUS
ESKATO	ESKATO

RK1	ES
RK12	ES

- ◆ = FYYSSINEN PISTE
- ◇ = OHJELMALLINEN PISTE
- ⌋ = JOHDOTUS SÄHKÖKÄRKÄSSÄ
- = OLEMASSA OLEVATJOHDATUKSET

## TOIMINTASELOSTUS

## LAITELUETTELO

TUNNUS	NIMITYS	TEKNISET TIEDOT	URAKKA
LV02 LP70	Maalämpöpumppu	IVT Greenline HE E28 sähköteho n. 10 kW	LPU
LV02 PU45	Kiertopumppu	Esilämmitys 0,9dm <sup>3</sup> /s, 40 kPa	LPU
EV PU78	Kiertopumppu	LTO: piiri 1,8 dm <sup>3</sup> /s, 60 kPa	LPU
EV PE78	Paine-eroanturi		LPU
LV02 TV45	3-tie moottoriventtiili	0,9 l/s, 10 kPa + ESBE ARA 639 24VAC 0-10V	LPU
KV TV44	3-tie moottoriventtiili	1.18 l/s + Toimilaite	LPU
KV TE46	Lämpötila-anturi		LPU
LV02 TE00	Lämpötila-anturi		LPU
LV02 TE46	Lämpötila-anturi		LPU
LV02 TE8	Lämpötila-anturi	{laitetoimituksessa}	LPU
LV02 TE9	Lämpötila-anturi	{laitetoimituksessa}	LPU
EV TE10	Lämpötila-anturi	{laitetoimituksessa}	LPU
EV TE11	Lämpötila-anturi	{laitetoimituksessa}	LPU
LV02 TE44	Lämpötila-anturi	{energiamittaus}	LPU
LV02 TE45	Lämpötila-anturi	{energiamittaus}	LPU
PK01 TE30	Lämpötila-anturi		LPU
PK01 TE40	Lämpötila-anturi		LPU
EV PU78	Käsipumppu		LPU
S	Liuosastia LTO-Putkiston täyttö	30% vesietanoli	LPU
QQ	Energiamittaus	Kamstrup	LPU
QQ	Energiamittaus	sähkönsyöttö	LPU
TI	Lämpötilamittari	0...120 °C	LPU
PI	Painemittari	0...6 bar	LPU
EV VV78	Varoventtiili	4 bar, DN20 92kg/h	LPU
EV PS78	Paisunta-astia	ep. 2,6 bar, 100 dm <sup>3</sup>	LPU
VARAAJAT	4 x 752L	rakennepaine 3bar	LPU
	Kampakuparikierukka	IVT 752 / varaaja	LPU

LPU = LÄMMÖNTALTEENOTTO URAKKA

## 1. YLEISTÄ

LTO-järjestelmä esilämmittää lämmitysjärjestelmän menovettä ja käyttövettä. Tarvittava lisäteho tai häiriötilanteeseen lämmitys saadaan kaukolämmöstä. Kesä- ja talvitilat asetetaan kesä/talvi merkinnällä varustetuista sulkuventtiileistä. Talvitilassa kaikki talteenotettu energia ajateen patteriverkoston. Käsätilassa talteenotettu energia siirretään patteriverkoston ja lämpimään käyttöveeteen. Sulkuventtiin SV1 rinnalla olevalla ohituslenkin säätöventtiilillä ehkäistään veden seisominen talvitilanteessa.

LAITTEISTON HUOLTAJA SÄÄTTÄÄ SULKUVENTTIILIT SV1-SV5 TALVI/KESÄ TILANTEEN MUKAAN

## 2. OHJAUS

Pumput LP02 PU70 ja EV PU71 käyvät maalämpöpumpun ohjaamana.  
Pumput LP02 PU70 ja EV PU71 käyvät maalämpöpumpun käydessä.

Lämpöpumpun automatiikka seuraa lämpötila-antureita LV02 TE46, LV02 TE00, LV02 TE8, LV02 TE9 ja PK01 TE30. Varaajan lämpötila pidetään asetetussa lämpötilassa LV02 TE46 perusteella, kesällä 60 °C ja talvella +25 °C

Lämpötila-anturin LV02 TE9 mittauksen ylitessä 58 °C ohjaa LV02 TV45 vaihtoventtiili lämpöpumpun koko menoveden käyttöveden lämmitykseen

## 3. SUOJAUS

EV TE11 laskiessa -3°C maalämpöpumppu sammuu.

Maalämpöpumppu kytkeytyy takaisin päälle lämpötilan palautuessa

Maalämpöpumppu kytkeytyy/pysähtyy paluuveden lämpötilan LV02 TE9 asetusarvon mukaan.

## 3. SÄÄTÖ

## 3.1 LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN SÄÄTÖ

VAK pitää lämpimän käyttöveden lämpötilan asetusarvossa +58 °C anturin KV TE44 mittausarvon perusteella ohjaamalla moottoriventtiilejä KL TV1 JA KV TV44.

Lämpöpumppun automatiikka ohjaa käyttöveden esilämmitystä varaajilla.

## 3.2 LÄMMITYSVERKOSTON SÄÄTÖ

Lämpöpumpun automatiikka säätää lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa sarjassa avaten tarvittaessa kaukolämpöventtiiliä KL TV2.

Lämpöpumpun ohjauksikkö ohjauksikkö pitää menoveden lämpötilan asetusarvojen mukaisena antureiden LV02 TE00, LV01 TE46 sekä LV02 TV45 vaihtoventtiilin toimintojen perusteella.

Lämmitysverkoston menoveden säätöön otetaan käyttöön huonetilakompensointi, jossa

Lämpötila-anturin PK01 TE30 mittausarvoksen perusteella säädetään patteriverkoston menoveden lämpötilaa.

## 4. HÄLYTYKSET

Ristiriita	KV PU1
Ristiriita	LV01 PU2
Ristiriita	LV02 PU45
Ristiriita	EV PU78

## Hälytysluokka 2, vaara

Veden lämpötila, yläraja	KV TE44	+70°C
Veden lämpötila, alaraja	KV TE45	+50°C

Veden paine, yläraja	EV PE78	380 kPa
Veden paine, alaraja	EV PE78	280 kPa

Siirtimien nykyiset tiedot

## LÄMMÖNJAKOKESKUKSEN LAITTEIDEN MITOITUS

SIIRTIMET	Yksikkö	Käyttövesi LS1	Lämmitys LS2	
Valmistaja		B.O.B TECH	B.O.B TECH	
Malli		OH59+80		
Teho	kW	240	160	
		Ensiö	Toisio	Toisio
Virtaus	dm <sup>3</sup> /s	1,27	1,18	0,76
Lämpötilat C-aste		70-20	10-55	115-65
Painehäviö kPa		18	22	4,0
				7
SÄÄTÖVENTTIILIT		Käyttövesi KL TV1	Lämmitys KL TV2	LS3 LS4
Valmistaja		TAC	TAC	
Malli		V 241	V 241	
Virtaus	dm <sup>3</sup> /s	1,27	0,76	
Painehäviö kPa		131	47	
Koko/kvs DN/kvs		15 / 4,0	15 / 4	
PUMPUT		Käyttövesi P1	Lämmitys P2	LS3 LS4
Valmistaja		WILO	WILO	
Malli/juoksup		Stratos Z 25/1-8	Stratos Z 40/1-8 SL	
Virtaus	dm <sup>3</sup> /s	0,95	1,9	
Paine kPa		40	20	
Moot. teho kW				

LÄMMÖNJAKOKESKUKSEN TYYPPI

PAINO = kg

PAISUNTA JA VARDLAIITTEET	Yksikkö	Lämmitys
Paisunta-astia		
Verkon tilavuus/ painehäviö	dm <sup>3</sup> /kPa	2100
Pais.ast. tilav./esipaine	dm <sup>3</sup> /kPa	300 / 250
Varovent. koko/avaut.paine	DN/kPa	DN2x20 / 300
LISÄVARUSTEET		
No	kpl	laitte
	1	mitoitussarvat
	1	LIANPOISTIN pneumatex zeparo
	1	ILMANPOISTIN

LISÄTIETOJA

## LÄMMITYSTEKNISET TIEDOT

Rakennuksen käyttötarkoitus	Asuinrakennus	
Rakennusten lukumäärä	1 kpl	
Rakennustilavuus normin RT 120.12 mukaan	8820m <sup>3</sup>	
Sisäilmpötila	°C	
Asuntojen lukumäärä (liikehuoneistojen yms. lkm)	35 kpl	
Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama	1,18 dm <sup>3</sup> /s	
KAUKOÄMMITYKSEN LÄMMITYSTEHOJEN LAITERYHMÄKOHTAISESTI ERITELTYNÄ	LÄMMITYSTEHOJEN ERITTELY (kW)	
	Täyden ilmanvaihdon lämmitys ulkolämpötilassa	Paikakkumman mitoitus -26 °C ulkolämpötilassa
	lähtö- ja vuoto	lähtö- ja vuoto
	ilmavaihto	ilmavaihto
	yhteensä	yhteensä
Laiteryhmä	Mitoitus °C	°C
KV-piiriin liitetyt läm.laitteet	58 - 53	20
Lämmityspatterit	kpl 60 - 80	96
Kiertoilmapatterit	kpl -	
Ilmanvaihtopatterit	kpl -	
Jäikilämmityspatterit	kpl -	
TARVITTAVA KAUKOLÄMPÖTEHO		
+ Teho lämmöntalteenotosta		
+ Muu lämmitysteho		
LÄMMITYSTEHOJEN YHTEENSÄ		116
Kaukolämpövesivirta (ilman käyttövettä)		dm <sup>3</sup> /s
Kaukolämpöenergian kulutus / vuosi		MWh/a
LISÄTIETOJA:		

Urakoitsijan merkinnät :

Lämpölaitoksen merkinnät :

Urakoitsija

Päiväys

Vastuunhenkilön allekirjoitus

## LOPPUPIIRUSTUS

TUNN. LUKUM. MUUTOS				
Kaavio/kuva/kuva	Keräily/ta	Tuot./Reo	Vienomaisen merkki/ta	
<b>SOUKKA</b>	<b>33028</b>	<b>5</b>		
Rakennuksen numero/Rakennuksen numero/Rakennuksen numero/Rakennuksen numero				
Rakennustilavuus				
<b>MUUTOS</b>				
Rakennuskohta				
<b>ESPOONKRUUNU OY</b>				
<b>SOUKKA 37</b>				
<b>SOUKANAHDE 6</b>				
<b>02360 ESPOO</b>				
Suunnittelijan yhteystiedot: yritys, osoite ja puhelinnumero				
020 0800 450				
www.senera.fi				
Martinkyläntie 43				
01720 Vanhaka				
Suunnittelijan yhteystiedot: nimi, puhelin, sähköposti ja päiväys				
<b>SENERA</b>				
020 0800 450				
www.senera.fi				
Martinkyläntie 43				
01720 Vanhaka				
Urakoitsijan merkinnät				
<b>MR</b>				
10.1.2013				
<b>LVI</b>				
Tiedosto				
0125-16				
<b>401</b>				
Suunnittelijan merkinnät				
<b>LVI-PIIRUSTUS</b>				
Projektiin sisältyvät				
<b>TOIMINTAKAAVIO</b>				
<b>LÄMPÖPUMPPU JA</b>				
<b>POISTOILMAN</b>				
<b>LÄMMÖNTALTEENOTTO</b>				
Työnumero				
0125-16				
<b>401</b>				
Projektiin sisältyvät				
<b>TOIMINTAKAAVIO</b>				
<b>LÄMPÖPUMPPU JA</b>				
<b>POISTOILMAN</b>				
<b>LÄMMÖNTALTEENOTTO</b>				
Työnumero				
0125-16				
<b>401</b>				
Projektiin sisältyvät				
<b>TOIMINTAKAAVIO</b>				
<b>LÄMPÖPUMPPU JA</b>				
<b>POISTOILMAN</b>				
<b>LÄMMÖNTALTEENOTTO</b>				
Työnumero				
0125-16				
<b>401</b>				
Projektiin sisältyvät				
<b>TOIMINTAKAAVIO</b>				
<b>LÄMPÖPUMPPU JA</b>				
<b>POISTOILMAN</b>				
<b>LÄMMÖNTALTEENOTTO</b>				
Työnumero				
0125-16				
<b>401</b>				
Projektiin sisältyvät				
<b>TOIMINTAKAAVIO</b>				
<b>LÄMPÖPUMPPU JA</b>				
<b>POISTOILMAN</b>				
<b>LÄMMÖNTALTEENOTTO</b>				
Työnumero				
0125-16				
<b>401</b>				
Projektiin sisältyvät				
<b>TOIMINTAKAAVIO</b>				
<b>LÄMPÖPUMPPU JA</b>				
<b>POISTOILMAN</b>				
<b>LÄMMÖNTALTEENOTTO</b>				
Työnumero				
0125-16				
<b>401</b>				
Projektiin sisältyvät				
<b>TOIMINTAKAAVIO</b>				
<b>LÄMPÖPUMPPU JA</b>				
<b>POISTOILMAN</b>				
<b>LÄMMÖNTALTEENOTTO</b>				
Työnumero				
0125-16				
<b>401</b>				