

Leo Tolvanen

HUONEISTOKOHTAISTEN  
WH-ENERGIAKESKUSTEN  
VERTAAMINEN PERINTEISIIN  
RATKAISUIHIN LÄMPIMÄN  
KÄYTTÖVEDEN KIERRON OSALTA

Opinnäytetyö  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma  
Kestävä energiatalous  
Ylempi AMK tutkinto  
MAMK

Joulukuu 2013




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>	<p><b>Opinnäytetyön päivämäärä</b></p> <p>9.12.2013</p>	
<p><b>Tekijä</b></p> <p>Leo Tolvanen</p>	<p><b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b></p> <p>Ympäristötekniikan koulutusohjelma Kestävä energiatalous</p>	
<p><b>Nimeke</b></p> <p>HUONEISTOKOHTAISTEN WH-ENERGIAKESKUSTEN VERTAAMINEN PERINTEISIIN RATKAISUIHIN LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN KIERRON OSALTA</p>		
<p><b>Tiivistelmä</b></p> <p>Rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi joudutaan tulevaisuudessa miettimään kaikkia mahdollisia keinoja. Taustalla on mm. Eurooppa 2020 älykkään, kestävä ja osallistuvan kasvun strategia, jossa ilmastomuutoksen ja energian toimenpiteet ovat yksi viidestä EU:n yleistavoitteesta. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (EPBD) määrää EU:n jäsenmaat asettamaan vähimmäistason energiatehokkuudelle uusissa, vanhoissa ja korjatuissa rakennuksissa.</p> <p>Suomessa tuli voimaan uudet energiamääräykset 1.7.2012, joissa määriteltiin energialuku. Energialuvulla eli E-luvulla (kWh/m<sup>2</sup>a) tarkoitetaan energiamuotojen painotettua rakennuksen vuotuista ostoenergian laskennallista kulutusta, joka on laskettu lämmitettyä nettoalaa kohden.</p> <p>Tässä tutkitaan käyttöveden lämpimän kiertoveden pois jättämisen tuottamaa energiansäästöä kahdessa kaukolämmityksessä esimerkkikohteessa, joista toinen on 22 asunnon kerrostalo ja toinen 16 asunnon kaksiosainen luhtitalo. Lämmintä kiertovettä ei tarvita kun käytetään Jakotecin huoneistokohtaisia WH-energiakeskuksia. Työ pohjaa Ympäristöministeriön rakennuskokoelman määräyksiin D3 ja ohjeisiin D5. Tutkittavien kohteiden simuloimalla saadut energian kulutukset poikkesivat alle kymmenen prosenttia teoreettisen laskelman perusteella saaduista kulutuksista. Tällä varmistettiin simuloinnin luotettavuus.</p> <p>Kiertoveden energian säästö oli kerrostaloissa 7,11 kWh/m<sup>2</sup> a ja luhtitaloissa 8,05 kWh/m<sup>2</sup>a. E-luvun osalta näiden kahden tapauksen perusteella päädytään keskiarvolukuun 5,3. Nykyisillä määräyksillä E-luku pieneni 4,1 %, A-energiataloissa 8,8 % ja lähes nollaenergiataloissa 20,4 %. Myös WH-järjestelmän rakennuskustannukset selvitettiin tässä. Työssä on päädytty WH-keskusten takaisinmaksuajan osalta lämpimän käyttöveden kierron osalta kohtuullisen pitkiin aikoihin. Tämän tutkimuksen, näiden kahden esimerkkikohteen, perusteella on selvää, että lämpimän käyttöveden kierron poisjättämisellä on merkitystä E-luvun pienemiseen jo nyt ja sen merkitys tulee korostumaan lähitulevaisuudessa.</p>		
<p><b>Asiasanat (avainsanat)</b></p> <p>Lämmönvaihtimet, lämmitysjärjestelmät, energiankulutus, energiataase</p>		
<p><b>Sivumäärä</b></p> <p>55 + liitteet (10 sivua)</p>	<p><b>Kieli</b></p> <p>Suomi</p>	<p><b>URN</b></p>
<p><b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b></p>		
<p><b>Ohjaavan opettajan nimi</b></p> <p>Marianna Luoma, Aki Valkeapää</p>	<p><b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b></p> <p>Jakotec Oy</p>	

## DESCRIPTION

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences	<b>Date of the master's thesis</b>  9.12.2013	
<b>Author</b>  Leo Tolvanen	<b>Degree programme and option</b> Master programme of environmental technology, sustainable energy	
<b>Name of the master's thesis</b>  COMPARING ONE-FLAT WH-ENERGY CENTER SYSTEMS WITH TRADITIONAL SOLUTIONS WHEN CONCERNING DOMESTIC HOT WATER CIRCULATION		
<b>Abstract</b> <p>Finding ways to increase the energy efficiency of buildings is going to be very important in the future. One reason for this is the Europe 2020 –strategy for smart, inclusive and sustainable growth, which mentions the procedures concerning climate change and energy as one of EU's five main goals. The energy performance for buildings directive orders EU-countries to set a minimal level for energy efficiency in new, old and repaired buildings.</p> <p>In July the first 2013 new energy standards were ratified in Finland. They introduce a term “energy figure” (kWh/m<sup>2</sup>a), which is the amount of energy the building uses in one year per the heated area in the building.</p> <p>This study deals with the effect of omitting the domestic hot water circulation in the consumption of energy in two district heated example targets. Domestic hot water circulation is not needed when Jakotec's one-flat WH-energy center systems are being used. The study is based on the directive D3 and instruction D5 of the building assortment of the ministry of environment. The results of the simulations done in the targets differed less than 10% from the theoretically calculated results, which proved the credibility of the simulations.</p> <p>The energy saved in the example targets were 7,11 kWh/m<sup>2</sup>a and 8,05 kWh/m<sup>2</sup>a, the mean being 5,3. With the current directives this means that the energy figure would decrease 4,1%. In A-energy buildings the amount of decrease would be 8,8% and in near zero energy buildings it would be 20,4%. The costs of building WH- energy center systems were also studied, and the amount of time required for the systems to pay themselves back was found to be quite long. This study and the results got from the two examples make it clear that the omitting of domestic hot water circulation already has a effect in the energy figure and that it's meaning will increase in the near future.</p>		
<b>Subject headings, (keywords)</b> Heater, heating system, hot water heating system, energy balance		
<b>Pages</b>  55 + annexes (10 pages)	<b>Language</b>  Finnish	<b>URN</b>  
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b> Marianna Luoma, Aki Valkeapää	<b>Master's thesis assigned by</b> Jakotec Ltd	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	ENERGIAMÄÄRÄYKSET, PERINTEINEN KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ JA KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖTILA .....	3
2.1	Energiamääräykset.....	3
2.2	Perinteinen käyttövesijärjestelmä .....	8
2.3	Käyttöveden lämpötila.....	9
3	HUONEISTOKOHTAINEN LÄMMINKÄYTTÖVESISIIRRIN, TARKASTELTAVAT ESIMERKKIRAKENNUKSET JA TUTKIMUKSEN TOTEUTUS .....	11
3.1	Tutkittavat kohteet .....	13
3.1.1	Kohde 1, kerrostalo .....	13
3.1.2	Kohde 2. luhtitalot .....	15
3.2	Tutkimuksen toteutus.....	17
4	KÄYTTÖVESIPUTKISTON LÄMPÖHÄVIÖIDEN TEOREETTINEN TARKASTELU.....	17
4.1	Tavoite .....	17
4.2	Menetelmä .....	18
4.2.1	Eristetyn putken lämpöhäviö .....	18
4.2.2	esimerkkikohteissa Lämpimän käyttöveden lämpöhäviöt ja lämpö- häviölaskenta .....	21
4.2.3	Lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöt eri laskenta- menetelmillä .....	26
4.3	Tulokset .....	32
4.4	Tulosten tarkastelu.....	33
5	ESIMERKKIKOHTAIDEN LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN KIERRON TUTKIMINEN SIMULOINTIA HYVÄKSI KÄYTTÄEN.....	33
5.1	Tavoite .....	33
5.2	Simulointitavan esittely .....	34
5.3	Simuloinnin tulokset.....	36
5.4	Tulosten tarkastelu.....	41

6	HUONEISTOKOHTAISTEN LÄMMÖNJAKOKESKUSTEN INVESTOINNIN KANNATTAVUUS .....	41
6.1	Tavoite .....	41
6.2	Menetelmä .....	41
6.3	Tulokset .....	42
6.3.1	WH-energiakeskuksen vaikutus E-lukuun.....	43
6.3.2	Wh-keskusten vaikutus rakennuskustannuksiin .....	44
6.3.3	WH-energiakeskuksen takaisinmaksuaika lämpimän käyttöveden kierron osalta .....	47
6.4	Tulosten tarkastelu.....	49
7	POHDINTA .....	50

#### LIITTEET

Liite 1, simuloinnin tulokset (8 sivua)

Liite 2, kustannuslaskennan tulokset (4 sivua)

## 1 JOHDANTO

Maaailman ensimmäinen rauhanajan energiakriisi koettiin vuonna 1973. Oli luonnollista, että energiahintojen nopean nousun myötä tuolloin alettiin pohtia vaihtoehtoisia tekniikoita energian tuottamiseksi ja säästämiseksi. Energiatehokkuuteen liittyvä tuotekehitys käynnistyi Suomessa, samalla lämmöneristävyyteen alettiin kiinnittää enemmän huomiota. Kahdeksankymmentäluvun alussa oltiin jo aktiivisia aurinko- ja maalämpöjärjestelmien kehittämisessä. Valmius käyttää niitä oli ollut jo vuosikymmeniä. Vielä 80-luvulla valmistussarjat olivat kuitenkin pieniä ja järjestelmien takaisinmaksuaika ylitti laitteiden teknistaloudellisen käyttöiän. Aina 2000-luvulle saakka energia suhteellisesti halpeni tai pysyi halpana. Elinkustannusindeksi on 1,25-kertaistunut vuoden 2000 alusta vuoden 2012 loppuun mennessä, samaan aikaan kevyen polttoöljyn hinta on 2,9- ja sähkön kuluttajahinta on 1,8-kertaistunut (Tilastokeskus 2013). Energian hinnan suhteellisen nousun myötä on elinkaariajattelu entistä enemmän tiedostettu tilaaja/ rakennuttajataholla. Toivottavasti se tulee saamaan jatkossa päätöksenteossa entistäkin suuremman huomion. Tekniikalla on mahdollisuus palvella ihmisiä kestävä kehityksen periaatteiden mukaisesti huomattavasti nykyistä paremmin.

Rakennusten energiatehokkuuden parantamisen taustalla on Eurooppa 2020 älykkään, kestävä ja osallistuvan kasvun strategia, jossa ilmastonmuutoksen ja energian toimipiteet ovat yksi viidestä EU:n yleistavoitteesta (Europe 2020). Tämä 20-20-20 tavoite tarkoittaa samanaikaisesti 20% kasvihuonepäästöjen leikkausta vuoden 1990 tasosta, 20 % energiatehokkuuden parantamista ja uusiutuvien energialähteiden osuuden nostamista 20 % vuoteen 2020 mennessä (Kurnitski 2012, s.95).

Samuli Honkapuron y.m. tutkimuksen mukaan heidän tarkastelemissaan käyttökoh-teissa arvioidaan olevan huomattavaa tehostamispotentiaalia siten, että energian loppukäyttöä voidaan näiden avulla pienentää yhteensä 19 % vuoteen 2050 mennessä. Vuoteen 2020 mennessä tehostamispotentiaalia on 5 % kaikesta energian loppukäytöstä. Tehostamispotentiaalia on erityisesti rakennusten lämmityksessä sekä liikenteessä, kuten myös teollisuuden ja kotitalouksien energiankäytössä. (Honkapuro ym. 2009, s.121.)

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeella tarkoitetaan lämmitysenergian tarvetta, joka sisältää kulutetun käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan lämpöenergian kylmän veden lämpötilasta lämpimän veden lämpötilaan (Ympäristöministeriö 2007b, D5).

Lindbergin mukaan käyttöveden lämmitys kohoaa tärkeäksi energiansäästökohteeksi tilojen lämmitys- ja jäähdytysenergiantarpeen pienentyessä. Käyttöveden vuotuinen energiatarve on tällä hetkellä tavallisesti noin 30-35 kWh/m<sup>2</sup>a, mutta vaihtelee vahvasti kulutustottumuksista riippuen. Matalaenergiatalojen tavoitteena on kulutustaso 20-25 kWh/m<sup>2</sup>a. Käyttöveden osuus kokonaisenergian tarpeesta on nykymääräysten mukaan rakennetuissa taloissa n. 15 %, matalaenergiataloissa n. 25 % ja passiivitaloissa n. 30 % kokonaisenergiankulutuksesta. Käyttöveden lämmitysenergian tarpeen pienentäminen on merkittävä energiasäästön tekijä erityisesti, koska sen lämpötilataso on korkea. Passiivitalojen käyttöveden nykytasoinen lämmitysenergian tarve on vuositasolla jo samaa suuruusluokkaa kuin rakennuksen lämmitysenergian tarve. (Lindberg 2009, s.63)

Tässä työssä keskitytään käyttöveden lämmityksen kiertoveden pois jättämisen tuottamaan energiansäästöön kahden esimerkkikohteen osalta. Jakotec Oy on aloittanut huoneistokohtaisen lämmönsiirtimien maahantuonnin Suomeen. Tämä innovatiivinen tuote on yksi askel kohti parempaa elinkaariajattelua. Selvitetään tuotteen energiankulutuksen kustannuksia ja verrataan niitä perinteisellä tavalla rakennettuun lämmitys- ja käyttövesijärjestelmään. Lisäksi selvitetään järjestelmän vaikutuksia E-lukuun nykyisillä energiamääräyksillä, A-luokan energiatehokkailla taloilla sekä lähes nollaenergiataloilla. Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöitä tarkastellaan myös teoreettisesti.

Energiansäästöä tarkastellaan, kun lämpimän käyttöveden kierto jää pois. Vertailukohteina on kaksi tyypillistä asuinrakennusta. Toinen on tavallinen nelikerroksinen 22 asunnon kerrostalo, toinen on kahden talon ja kuudentoista asunnon muodostama luhitaloyhtiö. Molemmat kohteet edustavat tavallista rakentamista. Molemmat ovat kaukolämpökohteita. Tutkimusmenetelmänä käytetään simulointia. Simulointi on tehty

yhdessä DI Jarkko Pulkkinen kanssa Suomen Talokeskus Oy:ltä. Vaihtoehtoiset kustannuslaskelmat on tehty KS Kitekissä huomioon ottaen talotekniikkakustannusten lisäksi myös rakennusteknilliset kustannukset. Laskentaohjelmana on käytetty Broker-ohjelmaa (Mercus).

Tarkoituksena on selvittää lämpimän käyttöveden kierron osuutta energiakustannuksista ja sen poisjättämisen merkitystä kahden esimerkitapauksen osalta Jakotecin WH-energiakeskusten yhteydessä, mistä myös esitetään kustannusvertailu takaisinmaksuaikoinen. Myös lämpimän käyttöveden kierron poisjättämisen vaikutusta E-luvun muuttumiseen arvioidaan.

Lämpimän käyttöveden käytön lämmitysenergian nettotarvetta pidetään tässä työssä koko ajan samansuuruisena. Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviöt tulevat jäämään kokonaan pois. Lisäenergiaa sen sijaan tarvitaan huoneistokohtaisen energiakeskuksen lämmittämiseen lämmityskauden ulkopuolella, jolloin lämmityksen tulo/paluuveden lämpötila täytyy pitää vakiona, esimerkiksi 60/40 °C.

## **2 ENERGIAMÄÄRÄYKSET, PERINTEINEN KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ JA KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖTILA**

### **2.1 Energiamääräykset**

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) on Euroopan komission vuonna 2002 antama direktiivi, joka on korvattu uudelleen laaditulla (recast) direktiivillä 2010/31/EU. Direktiivi määrää EU:n jäsenmaat asettamaan vähimmäistason energiatehokkuudelle uusissa, nykyisissä ja korjatuissa rakennuksissa. Lisäksi direktiivi velvoittaa jokaisen jäsenmaan ottamaan käyttöön energiatehokkuustodistukset. DEAL-EPBD:n puitteissa tehdään seuraavia asioita: Seurataan EPBD:n käyttöönoton ensimmäisiä vaikutuksia olemassa olevissa yksityisesti omistetuissa asuinrakennuksissa (yli 1000 m<sup>2</sup>). Seuranta tapahtuu tutkimalla rakennuskantaa, politiikkatoimenpiteiden, sidosryhmien mielipiteitä ja asiaan liittyvää kirjallisuutta kymmenessä eri maassa: Belgia, Bulgaria, Tšekki, Tanska, Suomi, Saksa, Latvia, Alankomaat, Portugali ja Iso-Britannia. Seurantaan käytetään myös haas-



tatteluja ja sähköisiä kyselyjä asuntojen omistajille kyseisissä maissa. EPBD:n käyttöönotosta annetaan palautetta päättäjille, energia-alan viranomaisille sekä energiatehokkuusparannuksiin osallistuville ammattilaisille. Ammattilaisille ja päättäjille pidetään työpajoja kaikissa kymmenessä IDEAL-EPBD:n osallistujamaassa. Projektin päätteeksi tulokset annetaan käytettäväksi kaikissa EU:n jäsenmaissa. Annetaan suosituksia parannuksiin ja täsmennyksiin keinoissa, joilla EPBD:n toimivuutta pyritään kehittämään. Suositukset perustuvat käytettyjen toimenpiteiden arviointiin kussakin jäsenmaassa sekä kyselyiden ja haastattelujen tuloksiin. Pitkällä aikavälillä on odotettavissa, että EPBD:n vaikuttavuuden kasvattaminen osaltaan lisää energiatehokkuusparannusten määrää asuinrakennuksissa sekä muuttaa kuluttajien käyttäytymistä. (European projekt, Ideal-epbd.)

Rakennuksen energiankulutuksella ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ) tarkoitetaan rakennuksen vuotuista lämmitykseen, sähkölaitteisiin ja jäähdytykseen yhteensä kulutettua energiamäärää, johon ei sisälly eri energiamuotojen kiinteistökohtaisen eikä kiinteistön ulkopuolisen energiatuotannon häviöitä. (Ympäristöministeriö 2007b, D5.)

Energialuvulla eli E-luvulla ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ) tarkoitetaan energiamuotojen painotettua rakennuksen vuotuista ostoenergian laskennallista kulutusta, joka on laskettu lämmitettyä nettoalaa kohden. Kaukolämmön energiamuotokerroin on 0,7. Tässä vertailussa se on molemmissa kohteissa sama. E-luku vaihtelee talotyypeittäin. Kerrostalojen, mukaan lukien luhtitalot, E-luku ei saa ylittää  $130 \text{ kWh/m}^2$  vuodessa. Rakennuksen kokonaisenergiankulutus on laskettava. E-luku on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyyppin standardikäytöllä laskettuna lämmitettyä nettoalaa kohden. E-luku saadaan laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain (Ympäristöministeriö 2012a, D3).

Taulukossa 1 esitetään edellä mainitut energiamuotojen kertoimet.

**TAULUKKO 1. Energiamuotokertoimet, SRakMK osa D3. (Ympäristöministeriö 2012a).**

Energiamuoto	Energiamuotokerroin
Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4
Fossiiliset polttoaineet	1,0
Rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

Tässä työssä käytetään vertailun vuoksi myös tulevaisuuden vaatimusten mukaista E-lukua 26 ( 20 % 130:stä), eli kun ollaan tekemisissä lähes nollaenergia tasolla. Keinoja sen saavuttamiseksi ei tässä ole esitetty. Lähes nollaenergiatalo on esillä vahvasti rakentamismääräysten tiekartassa (roadmap), joka pohjautuu pitkälti yhteiseurooppalaisen rakennusten energiatehokkuutta koskevan säätelyn kehittymiseen. Tässä on lähtökohtana rakennusten energiatehokkuusdirektiivi EPBD, jonka vuonna 2010 tehdyn uudelleen laadinnan kansallinen toimeenpano on käynnistynyt Energiaviisas Rakentamisen julkaisussa, toimenpiteessä 14. (Martinkauppi 2010, s 61.)

Vertailevana lukuna käytetään myös E-lukua 60, joka oikeuttaisi uuden energiatodistisuuden mukaiseen A-energiatasoon (Ympäristöministeriö 2013). Keinoja sen saavuttamiseksi ei tässä ole esitetty.

Suomen rakentamismääräyskokoelman, osan D3 määräykset ja ohjeet rakennusten energiatehokkuudesta koskevat uusia rakennuksia, joissa käytetään energiaa tilojen ja ilmanvaihdon lämmitykseen ja sen lisäksi mahdollisesti jäähdytykseen tarkoituksenmukaisten sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitämiseksi. Rakennukset ja tilat jaotellaan näissä määräyksissä 9 eri luokkaan. Luokkaan 2 on määritelty asuinkerrostalot mu-

kaan lukien luhtitalot, joten tässä työssä käsitellään luokan 2 rakennuksia. ( Ympäristöministeriö 2012a, D3.)

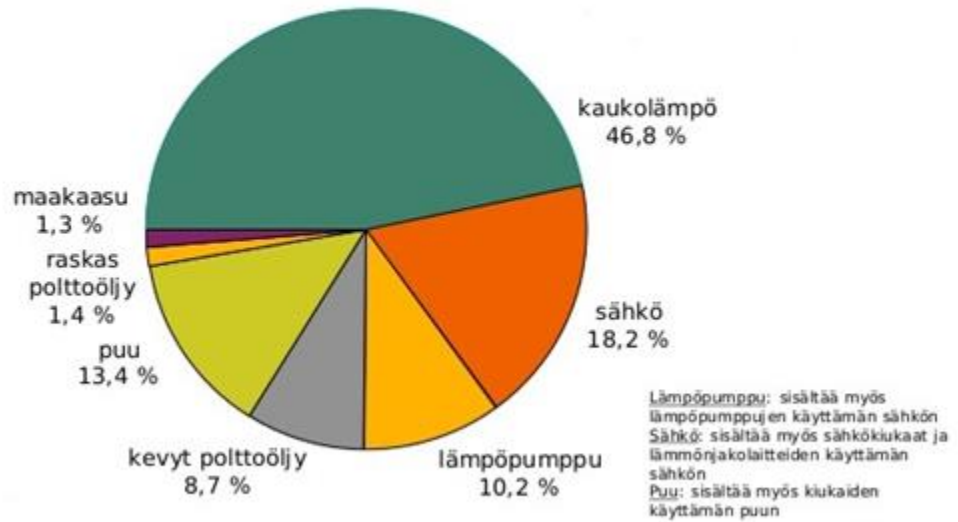
Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta on ohjeistettu määräyskokoelman osassa D5. Ohjeissa esitettyä laskentamenetelmää voidaan käyttää rakennuksen energiankulutuksen, ostoenergiankulutuksen, lämmitystehon ja kesäaikaisen sisälämpötilan arviointiin. ( Ympäristöministeriö 2012b, D5.)

Kaukolämpö on maamme yleisin lämmitysmuoto. Se on varsinkin taajamien lämmitystapa. Suomessa kaukolämpöä on ollut 1950 -luvun alusta lähtien. Kaukolämmitystä on lähes kaikissa kaupungeissa ja taajamissa. Kaukolämmityksen osuus lämmitysmarkkinoista on lähes 50 %. Noin 95 % asuinrakennuksista sekä valtaosa julkisista ja liikerakennuksista ovat kaukolämmitettyjä. Omakotitaloista kaukolämmitettyjä on runsas 7 %. (Tilastokeskus 2011.)

Asuinrakennusten osuus kaukolämmön myynnistä oli 54 prosenttia vuonna 2011. Kaukolämmitettyjä asuntoja oli vuoden 2009 lopussa lähes 1,3 miljoonaa ja kaukolämpötaloissa asuu lähes 2,7 miljoonaa ihmistä. Valtaosa julkisista rakennuksista on kaukolämmitettyjä. Lähes puolet kaikkien rakennustemme lämmitysenergian tarpeesta saadaan kaukolämmöstä. Suurimmissa kaupungeissa rakennusten lämmitysenergian tarpeesta yli 90 prosenttia katetaan kaukolämmöllä. (Energiateollisuus 2013). Koko asumisen energian kulutuksesta kaukolämmön osuus on 28 % eli 17313 GWh. Koko asumisen energiankulutus oli Suomessa vuonna 2011 61884 GWh. (Tilastokeskus, 2011.)

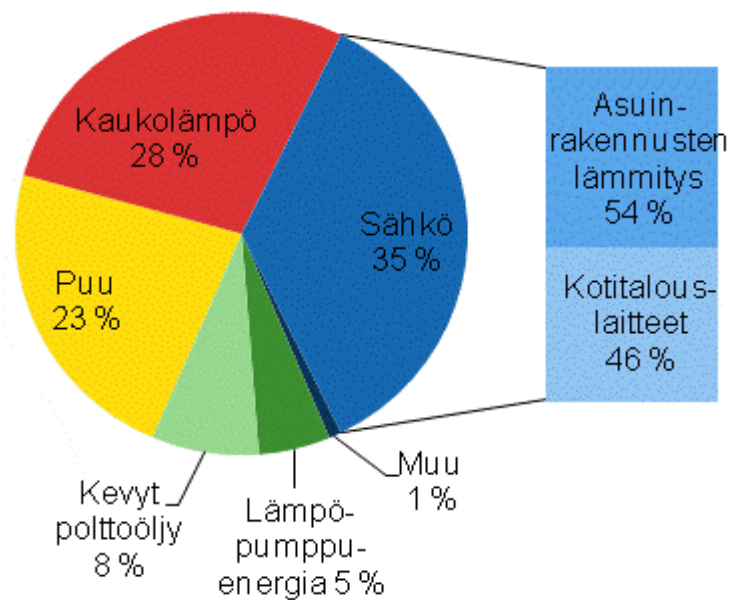
Kuva 1 kertoo lämmityksen markkinaosuudet asuin- ja palvelurakennuksissa v.2011.

### Lämmityksen markkinaosuudet Asuin- ja palvelurakennukset



**KUVA 1. Lämmitysenergian jakauma (Tilastokeskus 2011)**

Kuvassa 2 esitetään asumisen energiankulutus energialähteittäin v. 2011.



**KUVA 2. Asumisen energiankulutus energialähteittäin vuonna 2011 (Tilastokeskus 2011)**

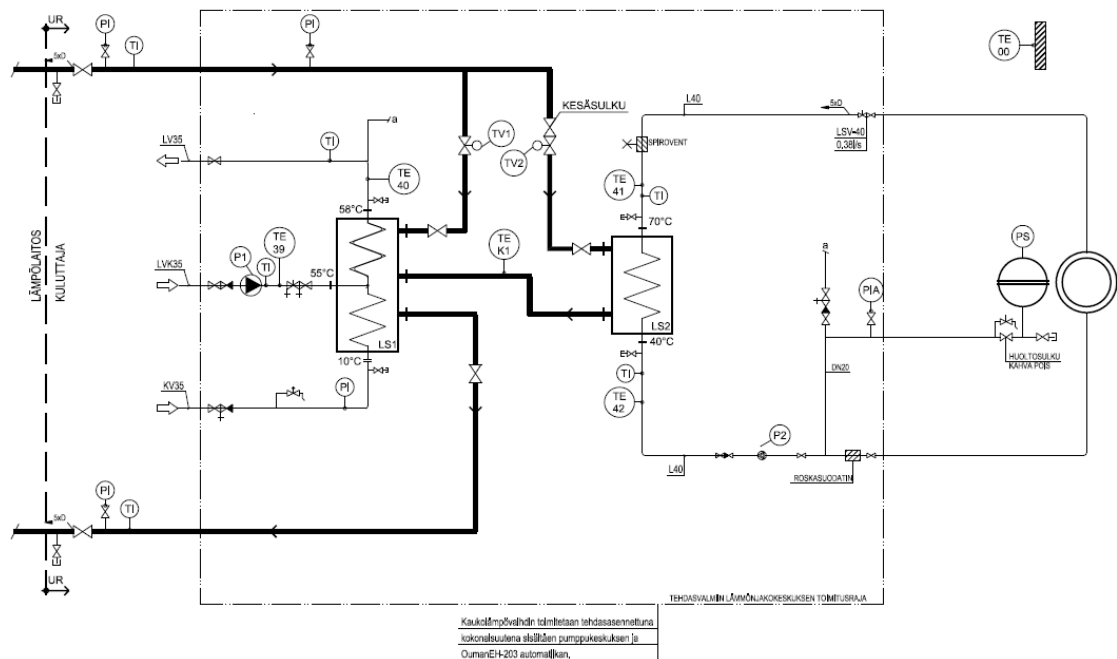
Kaukolämpöä tuotetaan lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksissa tai lämpökeskuksissa. Asiakkaat saavat lämmön kaukolämpöverkossa kiertävästä kuumasta vedestä. Kaukolämpöä on saatavilla kaikkina vuoden ja vuorokauden aikoina. Lämpö siirretään asiakkaille kuumana vetenä suljetussa kaksiputkisessa kaukolämpöverkossa. Lämmin vesi johdetaan kiinteistön lämpökeskukseen, jossa se luovuttaa lämpöä asiakkaiden lämmitysverkkoon ja lämpimän käyttöveden valmistukseen lämmönsiirtimen avulla. (Rakennusten kaukolämmitys K1/2013.)

Kaukolämmön tuotannon polttoaineita ovat maakaasu, kivihiili, turve sekä enenevässä määrin puu ja muut uusiutuvat energialähteet, kuten biokaasu. Lähes 80 % kaukolämmöstä saadaan lämpöä ja sähköä tuottavista lämmitysvoimalaitoksista (yhteistuotanto), teollisuuden ylijäämlämpönä tai kaatopaikkojen biokaasujen poltosta. (Energiateollisuus 2013.)

## **2.2 Perinteinen käyttövesijärjestelmä**

Perinteisellä käyttövesijärjestelmällä tarkoitetaan tässä Suomessa yleisesti käytettyä lämminvesituotantoa ja jakotapaa. Kaukolämpö tuodaan kiinteistön lämmönjakohuoneeseen, missä se kytketään lämpökeskukseen, joka sisältää vähintään kaksi erillistä lämmönsiirrintä. Toinen siirrin on käyttövedelle, toinen lämmitykselle (kuva 3). Lämmityssiirtimiä voi olla myös useampia esimerkiksi lattialämmitykselle, ilmastointikoneille. Kahden siirtimen järjestelmässä kiinteistössä toisiopuolella on viisi runkoputkea; kylmä käyttövesi, lämmin käyttövesi, lämminkäyttövesikierto sekä lämmityksen meno- ja paluuputket. Lämmin käyttövesi kierrätetään huoneistoon tai huoneiston välittömään läheisyyteen siten etteivät vesipistekohtaiset odotusajat ole liian pitkät ja ovat määräysten mukaiset (Ympäristöministeriö 2007a, D1).

Kuvassa 3 on perinteinen kaukolämmön kytkentä. Kaavio on tämän työn kerrostalo-kohteesta.



**KUVA 3. Perinteinen kytkentäkaavio, joka noudattelee K1-peruskytkentä 1. ohjeistusta (Rakennusten kaukolämmitys K1/2013)**

Kuvassa 3 käyttövesipumppu P1 käy koko ajan. Säästöjärjestelmä ohjaa säätöventtiiliä TV1 käyttöveden mittausanturin TE 40 mittausarvon perusteella pitäen käyttöveden lämpötilan asetusarvon mukaisena (+58 °C). Säädin nopeuttaa säätöä käyttöveden kulutusmuutoksissa kiertoveden mittausanturin TE 39 perusteella. Lämmityspumppu P2 on ohjelmoitu kesäpysäytystoiminnalle kuitenkin siten, että kiinnijuuttumisen estämiseksi lämpöjohtopumppu pyörii 5 min vuorokaudessa. Menoveden lämpötilan määrittää menoveden mittausanturin TE41 ja ulkolämpötila-anturin TE00 perusteella muodostetut säätökäyrät.

### 2.3 Käyttöveden lämpötila

Käyttöveden lämpötila määritellään SRakMK osassa D1:ssä seuraavasti; 2.3.8 Määräys Lämminvesilaitteisto on suunniteltava ja asennettava siten, että veden lämpötila siinä on vähintään 55 °C (Ympäristöministeriö 2007a, D1). K1 määrittää seuraavaa;

Käyttöveden siirtimen teho mitoitetaan siten, että siitä saatavan käyttöveden lämpötila mitoitusvirtaamalla on 58 °C. Lämminvesilaitteisto (ml. lämpimän käyttöveden kiertojohto) suunnitellaan siten, että veden lämpötila siinä on vähintään 55 °C (Rakennusten kaukolämmitys K1/2013). Edellä mainituilla lämpötiloilla varmistetaan lämpimän käyttöveden turvallinen käyttö ja eliminoidaan legionella-bakteeri.

Legionelloosi on eräs keuhkokuumeen muoto, jonka aiheuttajia ovat Legionella pneumophila -bakteeri ja muut samansukuiset bakteerit. Taudin lievempi muoto on hengitystieinfektio nimeltä Pontiac-kuume. Legionelloosi tarttuu yleensä hengittämällä pienen pieniä vesipisaroita (aerosoleja), jotka ovat Legionella-bakteerin saastuttamia. Useimmat Legionella-bakteerille altistuneet ihmiset eivät kuitenkaan sairastu, eikä taudin ole dokumentoitu tarttuvan ihmisestä toiseen. Joillakin ihmisillä riski sairastua legionelloosiin on muita suurempi: erityisen riskialttiita ovat yli 45-vuotiaat, tupakoijat, alkoholistit sekä kroonisista hengitystie tai munuaissairauksista tai heikentyneestä immuunivasteesta kärsivät henkilöt. (EU-OSHA 2011.)

Legionelloosia esiintyy tavallisen väestön (esimerkiksi hotelleissa yöpyvien matkailijoiden) lisäksi myös esimerkiksi tiettyjen alojen työntekijöiden, etenkin ilmastointi- tai vedenjakelujärjestelmien huoltohenkilökunnan, keskuudessa. On näyttöä siitä, että Legionella-bakteerille voivat altistua myös työntekijät, joiden työpaikoilla on sumutinlaitteita, hammaslääkärit, öljyn- ja kaasunporauslauttojen työntekijät, hitsaajat, ajoneuvojen pesijät, kaivostyöläiset, terveydenhoitoalan työntekijät sekä eri teollisuudenalojen jätevedenpuhdistamoiden työntekijät esimerkiksi sellu- ja paperitehtaissa. Legionella-bakteerin kasvuolosuhteet ovat veden lämpötila 20–45 °C ja seisova tai hitaasti vaihtuva vesi sekä suuri mikrobipitoisuus, mukaan luettuina levät, amebat, limabakteerit ja muut bakteerit. (EU-OSHA 2011.)

Kotitalouden järjestelmä, joka sisältää Legionella-altistuksen riskin on käyttövesijärjestelmä ja Suomessa lähinnä lämminkäyttövesijärjestelmä. Suomen rakennusmääräykset ovat varautuneet 20–45 °C:n lämpötilojen välttämiseen määrittelemällä lämpimän käyttöveden lämpötilaksi 55–65 °C. SRakMK osan D1:n kohdan 2.8.5.1 ohjeen mukaan; ”Lämminvesijohtoon lähtevän veden lämpötila säädetään niin, että vesikalusteista saatavan veden lämpötila on yli 55 °C ja virtausnopeus kiertojohdon missään

osassa ei ylitä arvoa 1,0 m/s.” sekä kohdassa 2.3.9 Määräys: ”Lämminvesijärjestelmä on tehtävä sellaiseksi, että vältetään veden liian korkean lämpötilan aiheuttamilta tapaturmilta. Henkilökohtaiseen puhtaanapitoon tarkoitetuista lämminvesikalusteista saatavan veden lämpötila ei saa olla korkeampi kuin 65 °C”. (Ympäristöministeriö 2007a, D1.)

Vesi ja vesijärjestelmät ovat tärkeä luonnollinen paikka legionellabakteereille. Bakteeria löytyy kaikkialta luonnollisista ja keinotekoisista vesiympäristöistä, kuten kodeista, hotelleista ja kaikista rakennusten vesijärjestelmistä missä on riittävästi vettä ja lämpötilat ovat suotuisat. (Bartram ym. 2007, s.57)

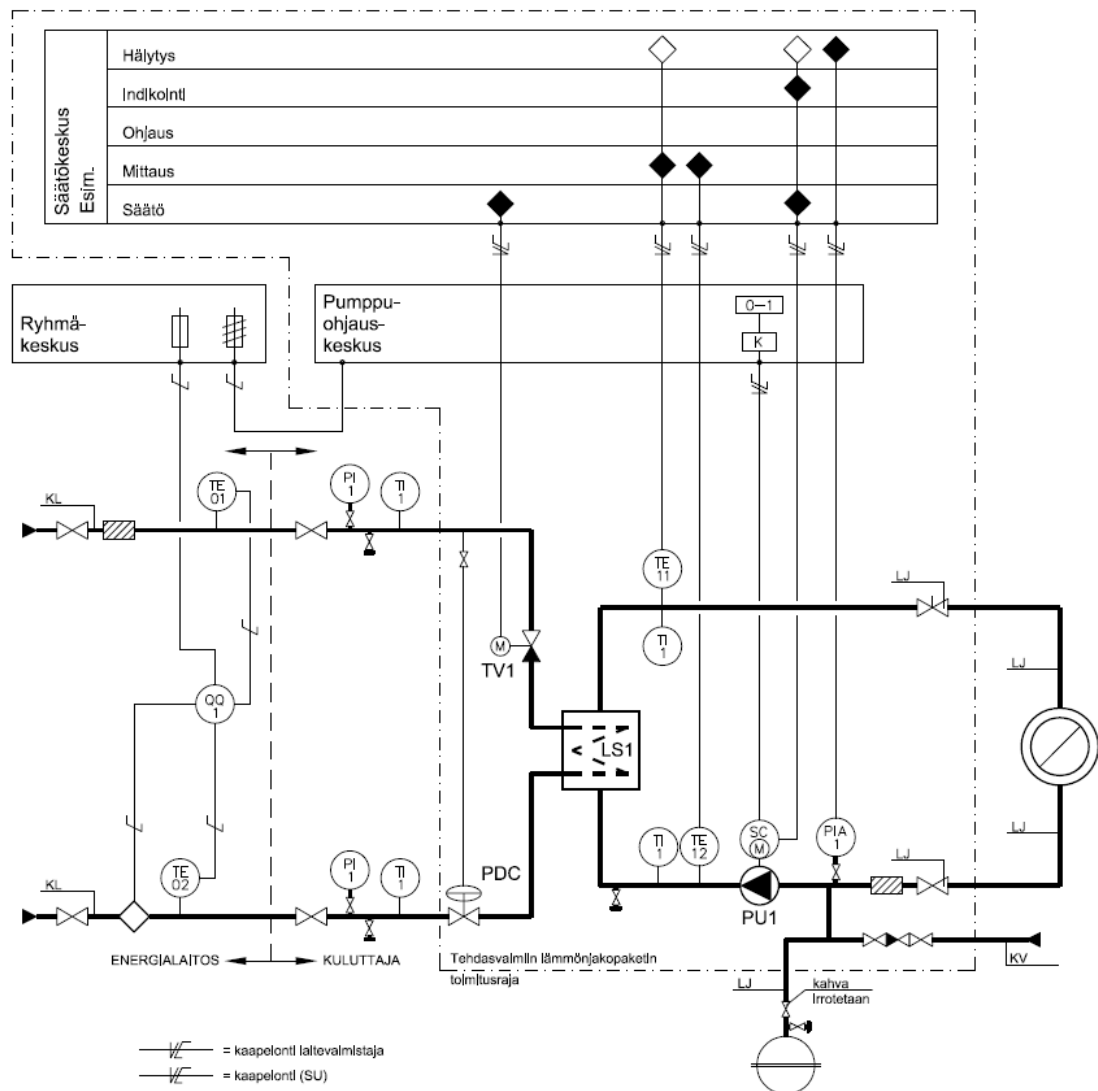
### **3 HUONEISTOKOHTAINEN LÄMMINKÄYTTÖVESISIIRIN, TARKASTELTAVAT ESIMERKKIRAKENNUKSET JA TUTKIMUKSEN TOTEUTUS**

Huoneistokohtaisessa järjestelmässä lämmönjakohuoneen lämpökeskuksessa ei ole lämpimän käyttöveden siirintä lainkaan. Kuvan 3. kytkentäkaaviosta jää lämmönsiirrin LS 1 varusteineen pois. Toisipuolen runkoputkia on vain kolme; kylmä käyttövesiputki ja lämmityksen meno- ja paluuputket. Lämmin käyttövesi valmistetaan huoneistokohtaisilla tai huoneistojen välittömässä läheisyydessä olevilla käyttövesisiirtimillä. Lämmin käyttövesi lämmitetään vain silloin, kun vettä tarvitaan vesipisteissä. Toisin sanoen hanan aukaisulla johdetaan tuleva kylmävesi lämmönvaihtimen toisipuolen läpi, jolloin se lämpiää. Lämpötiloina käytetään esimerkiksi 60/40 °C.

Koska kyseessä on huoneistokohtainen vedenlämmitin, antaa D1 mahdollisuuden siihen, että odotusaika voi olla enintään 30 sekuntia. Käytettäessä WH-energiakeskuksia lämmintä käyttövettä ei tarvitse varastoida eikä kierrättää lainkaan. Vesi lämmitetään ainoastaan kun vettä käytetään. Legionella-bakteerivaaraa ei siis ole vaikka käytettäisiin lämpötiloja alle 45 °C.



Kun käytetään huoneistokohtaisia energiakeskuksia, niin kiinteistökohtainen lämmönjako voitaisiin toteuttaa yhdellä lämmönsiirtimellä noudattaen kuvan 4 mukaista kytkentäkaaviota.



**KUVA 4. Huoneistokohtaisen järjestelmän kiinteistökohtainen kytkentäkaavio**

Kuvassa 4 pumppu PU1 käy aina. Pumpun pysähtyessä tapahtuu kiireellinen hälytys. Säätökeskus pitää lämpöjohtoverkoston menoveden lämpötilan anturin TE 11 kohdalla asetusarvossaan (esim. + 60 °C) ohjaamalla moottoriventtiilillä TV1. Menoveden lämpötilan poiketessa asetusarvostaan enemmän kuin  $\pm 3$  °C, tapahtuu hälytys viiden minuutin viiveellä. Verkoston paineen laskiessa alle tai noustessa yli hälytyspainemittarin PIA 1 aseteltujen raja-arvojen, tapahtuu hälytys viiden minuutin viiveellä.

### 3.1 Tutkittavat kohteet

Tässä työssä tutkimuskohteina on käytetty todellisia vuoden 2013 aikana Suomeen valmistuvia asuntokohteita, jotka on suunniteltu huomioon ottaen 1.7.2012 rakennusmääräykset. Vaikka kohteet ovat todellisia, ne on tässä esitetty anonymoineina käyttäen nimityksiä kerrostalo ja luhtitalot. Molemmat kohteet sijaitsevat säävyöhykealueella 3 (Ympäristöministeriö 2012a, D3).

#### 3.1.1 Kohde 1, kerrostalo

Kerrostalon ensimmäisessä kerroksessa ovat yhteistilat, lämmönjakuhuone sekä neljä asuntoa. Toinen, kolmas ja neljäs kerros ovat asuinneliöiltään identtiset sisältäen jokainen kuusi asuntoa. Asuntoja on yhteensä 22, jotka jakaantuvat seuraavasti; kolmiota ( $65-74,0 \text{ m}^2$ ) on kymmenen, kaksioita ( $43,5-74 \text{ m}^2$ ) on yksitoista, lisäksi ensimmäisessä kerroksessa on yksi yksiö ( $32,0 \text{ m}^2$ ). Kaikissa asunnoissa on normaalipesuhuonevarustus, erillisiä wc-tiloja ei ole missään huoneistotyypissä. Huoneistoala on yhteensä  $1267 \text{ m}^2$ , kokonaisala on  $1840 \text{ m}^2$  ja kokonaistilavuus  $5612 \text{ m}^3$ .

Alkuperäisen suunnitelman mukaan lämmitys on hoidettu perinteisellä lämmönjakokeskuksella (kuva 3). Runkoputket on toteutettu vesijohtojen osalta kupariputkilla, nousut ja rungot ovat käytävätiloissa. Huoneistokohtaiset kylmä- ja lämminvesijohdot tuodaan pesuhuoneisiin tai eteistiloihin. Lämpöjohtojen rungot ovat ensimmäisen kerroksen käytävässä ja nousut pääosin huoneistoissa pattereiden ja patteriparien välittömässä läheisyydessä. Lämpöjohtojen rungot ovat teräsputkea. Lämmönjako tapahtuu huonekohtaisin vesipattereihin.

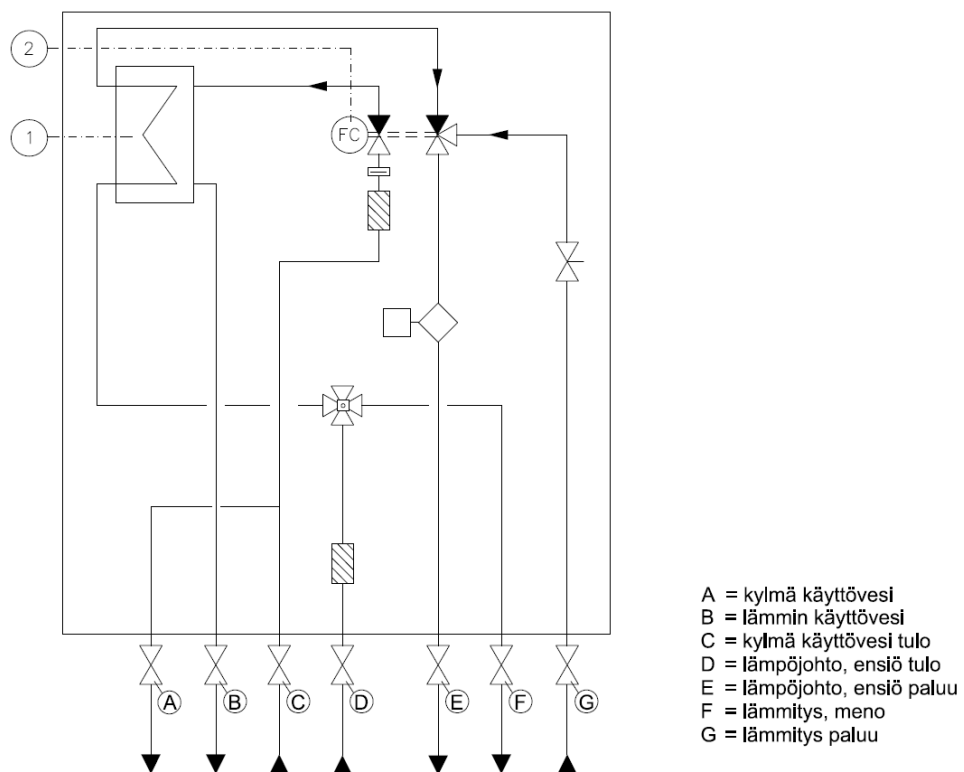
Vaihtoehtoisessa suunnitelmassa lämminvesiputket kiertojohtoineen jäivät pois, samoin käyttöveden lämmönvaihdin lämmönjakuhuoneesta (kuva 4). Lämmityksen pumppukoko kasvoi, samoin runkojohtojen putkikoko. Huoneistoihin lisättiin WH-WK2/S energiakeskukset. Patteriputkien nousut huoneistoissa jäivät pois. Nousurungot ja jakojohdot lisättiin käytävään. Patterit kytkettiin huoneistokohtaisista WH-WK2/S- energiakeskuksista muoviputkin 1-putkijärjestelmällä.

Kuvassa 5 on valokuva kerrostalon WH-WK2/S energiakeskuksesta.



**KUVA 5. WH-WK2/S. Jakotec-huoneistokohtainen WH-keskus (Jakotec)**

Kuvassa 6 on huoneistokohtaisen WH-WK2/S energiakeskuksen kytkentäkaavio.



**KUVA 6. Jakotec-huoneistokohtaisen WH-WK2/S-keskuksen kytkentäkaavio**

Kun lämpimän käyttöveden kulutusta ei ole, niin lämmönsiirtimen (1) ensiöpuolella ei ole virtausta. Avattaessa mikä tahansa lämminvesihana suhteellinen virtauksensäädin (2) säättää lämmönsiirtimen ensiöpuolen virtaamaa suhteessa käyttövesivirtaamaan. Lämmitys toimii lämmönjakokeskuksen pumpulla. Lämmityksen menojohdossa voidaan lisätä kaksitieventtiili, jota lämpötilasäädin ohjaa huonelämpötilan perusteella.

### **3.1.2 Kohde 2. luhtitalot**

Luhtitalot muodostuvat kahdesta talosta, toinen on 3-kerroksinen ja sen kellarikerrokseen on sijoitettu irtainvarastot ja lämmönjakuhuone. Molemmissa taloissa on asuin-kerroksia kaksi. Asuntoja on yhteensä kuusitoista, joista kahdeksan on kolmioita (76-79,5 m<sup>2</sup>), kaksioita on kuusi (54- 58,5 m<sup>2</sup>) ja yksiöitä on kaksi (37,5 m<sup>2</sup>). Kaikissa asunnoissa on normaalipesuhuonevarustus, lisäksi kolmioissa erillinen wc. Talot ovat vierekkäin ja ovat tyypillisiä luhtitaloja. Huoneistoala on yhteensä 1037 m<sup>2</sup>. kokonaisala 1316 m<sup>2</sup> ja kokonaistilavuus 4070 m<sup>3</sup>.

Alkuperäisen suunnitelman mukaan lämmitys on hoidettu perinteisellä kahden vaihtimen siirtimellä (kuva 3). Runkoputket lämmönjakuhuoneessa on toteutettu kupariputkin. A-talossa huoneiden runkoputket ovat muoviputkia. A- ja B-talon välinen runkoputkisto on kiinnivaahdotettua muoviputkea. Lämmönjakotapa on lattialämmitys. Huoneistoissa on käytetty tavanomaisia Jakotec-kytkentäkeskuksia.

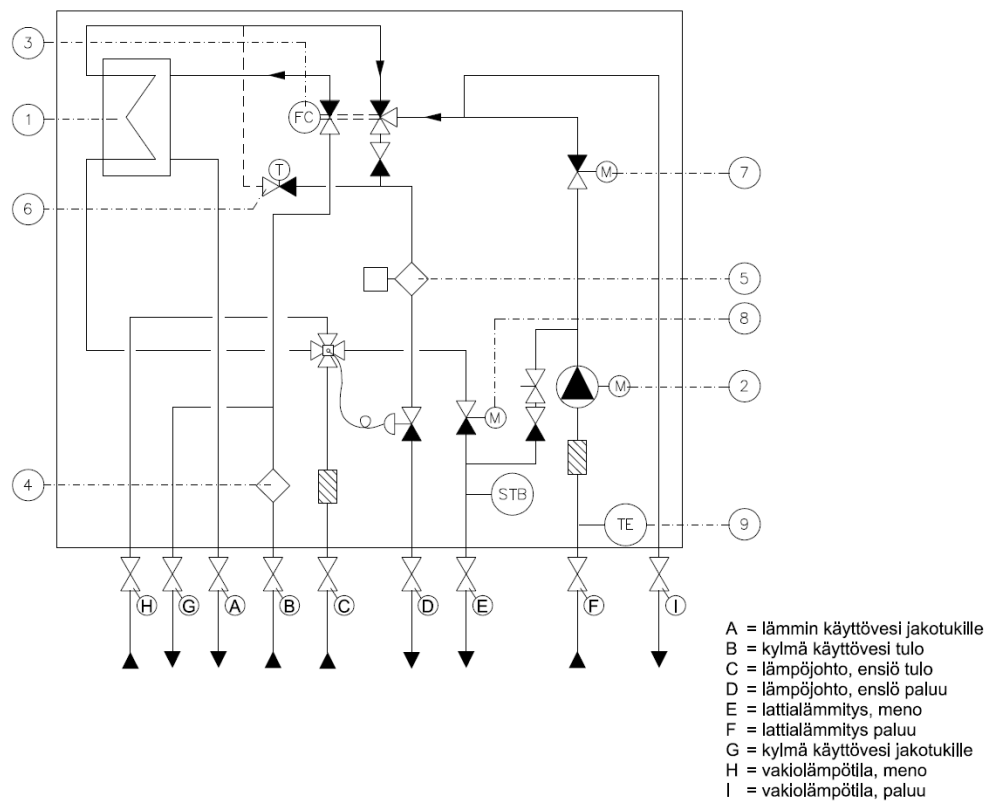
Vaihtoehtoisessa suunnitelmassa lämminvesiputket kiertojohtoineen jäivät pois, samoin käyttöveden lämmönvaihdin (kuvat 7 ja 8). Lämmityksen pumppukoko kasvaa samoin runkojohdon dimensio. Huoneistojen vakiomalliset Jakotec-keskukset korvattiin Jakotec WH-WK2/B energiakeskuksilla.

Kuvassa 7 on valokuva luhtitalojen WH-WK2/B energiakeskuksesta.



**KUVA 7. WH-WK2/B. Jakotec-huoneistokohtainen WH-keskus (Jakotec)**

Kuvassa 8 on huoneistokohtaisen WH-WK2/B energiakeskuksen kytkentäkaavio.



**KUVA 8. Jakotec-huoneistokohtaisen WH-WK2/B-keskuksen kytkentäkaavio**

Kun lämpimän käyttöveden kulutusta ei ole, niin lämmönsiirtimen (1) ensiöpuolella ei ole virtausta. Lukuun ottamatta ylläpitoventtiilin (6) ajoittaista ylläpitovirtaamaa. Avattaessa mikä tahansa lämminvesihana suhteellinen virtauksensäädin (3) säättää lämmönsiirtimen ensiöpuolen virtaamaa suhteessa käyttövesivirtaamaan. Normaalisti lattialämmitysverkoston kiertopumppu (2) käy aina ja lämpötilasäädin ohjaa 2-tieventtiiliä (8) huonelämpötilan perusteella. Paluuvesianturi (9) estää lattialämmitysverkoston paluuveden lämpötilan laskemasta alle asetusarvon pitäen näin lattian pinta-lämpötilan miellyttävänä. Jos lattialämmitysverkoston lämpötila nousee yli turvatermostaatin asetusarvon, pysähtyy kiertopumppu ja terminen moottoriventtiili (7) sulkeutuu estäen liian kuumaa vettä virtaamasta lattialämmitysputkistoon. Vesimittari (4) ja lämpömittari (5) ovat lisävarusteita. Vakiolämpötilaisia kytkentöjä (H ja I) voidaan käyttää esimerkiksi ilmastointikoneen lämmityspatterille.

### **3.2 Tutkimuksen toteutus**

Tämä tutkimus toteutetaan kolmiosaisena. Ensimmäisessä vaiheessa tarkastellaan lämpimän käyttöveden ja lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviöitä teoreettisesti. Toisessa vaiheessa paneudutaan esimerkkikohteiden lämpimän käyttöveden lämpöhäviöihin. Kolmannessa vaiheessa selvitetään huoneistokohtaisten lämmönjakokeskusten investointikustannuksia ja takaisinmaksuaikoja.

## **4 KÄYTTÖVESIPUTKISTON LÄMPÖHÄVIÖIDEN TEOREETTINEN TARKASTELU**

### **4.1 Tavoite**

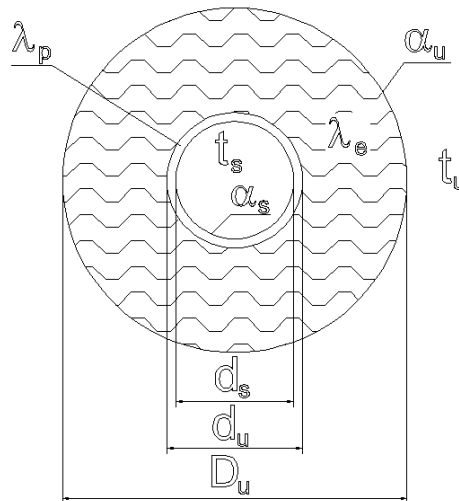
Tämän osion tavoitteena on tarkastella eri tavoilla laskien teoreettisia lämpimän käyttöveden ja lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviöitä sekä verrata niitä toisiinsa. Näitä teoreettisia lämpöhäviöitä tullaan myös vertaamaan SRakMK osan D3 ominaislämpöhäviöihin.

## 4.2 Menetelmä

Teoreettinen tarkastelu toteutetaan käyttäen erilaisia lämpöhäviökaavoja. Laskelmissa käytetään esimerkkikohteiden todellisia putkikokoja ja pituuksia.

### 4.2.1 Eristetyn putken lämpöhäviö

Käyttövesiputkiston lämpöhäviöitä voidaan tarkastella teoreettisesti seuraavalla tavalla. Kuvassa 9 on leikkaus eristetyistä putkesta. Kuvalla havainnollistetaan kaavassa esitettyjä suureita.



**Kuva 9. Eristetty putki ( $t_s > t_u$ )**

Eristetyn putken lämpöhäviö (W/m) saadaan kaavasta

$$\phi' = U'(t_s - t_u) \quad (\text{SFS Standardi-EN ISO 12241}) \quad (1)$$

$t_s$	veden lämpötila [°C]
$t_u$	ympäristön lämpötila [°C]
$U'$	kokonaislämmönläpäisykerroin [W/mK]

Kaavan (1) kokonaislämmönläpäisykerroin  $U'$  [W/mK] lasketaan kaavasta

$$U' = \frac{1}{R'_T} = \frac{1}{\frac{1}{\pi\alpha_s d_s} + \frac{1}{2\pi\lambda_p} \ln \frac{d_u}{d_s} + \frac{1}{2\pi\lambda_e} \ln \frac{D_u}{d_u} + \frac{1}{\pi\alpha_u D_u}}$$

(SFS Standardi-EN ISO 12241) (2)

$\alpha_s$	sisäpinnan lämmönsiirtymiskerroin [W/m <sup>2</sup> K]
$d_s$	putken sisähalkaisija [m]
$d_u$	putken ulkohalkaisija [m]
$\lambda_p$	putken lämmönjohtavuus [W/mK]
$\lambda_e$	eristeen lämmönjohtavuus [W/mK]
$\alpha_u$	eristeen ulkopinnan lämmönsiirtymiskerroin [W/m <sup>2</sup> K]
$D_u$	eristeen ulkohalkaisija [m]

Kaavassa 2 lineaarinen kokonaislämmönvastus  $R'_T$  [mK/W] on

$$R'_T = \frac{1}{\pi\alpha_s d_s} + \frac{1}{2\pi\lambda_p} \ln \frac{d_u}{d_s} + \frac{1}{2\pi\lambda_e} \ln \frac{D_u}{d_u} + \frac{1}{\pi\alpha_u D_u}$$

(SFS Standardi-EN ISO 12241) (3)

Kun putkessa virtaa vettä tai nestettä, sisäpuolinen lämmönsiirtymiskerroin  $\alpha_s$  on suuri, jolloin termi  $\frac{1}{\pi\alpha_s d_s}$  on lähes nolla ja se voidaan jättää huomioimatta. Tarkastellaan kupariputken kokoja 15 ja 28. Kupariputkikokoa 15 mm käytetään yleisesti kytkentäjohtona ja kahden vesipisteen jakojohdona. Kupariputki 28 mm on tyypillinen jakojohdotokoko pienissä kerrostaloissa. Eristyssarja 22 on alalla yleisesti käytetty eristystaso lämpimän käyttöveden kiertojohtoissa.



Taulukkoon 2 on kerätty lämpöhäviölaskennassa käytetyt lähtöarvot.

**TAULUKKO 2. Eristetyn kupariputken lämpöhäviölaskennan lähtöarvot**

DN	putkikoko	Cu 15	Cu 28
$d_s$	putken sisähalkaisija (m)	0,013	0,026
$d_u$	putken ulkohalkaisija (m)	0,015	0,028
$\lambda_p$	putken lämmönjohtavuus (W/mK)	370	370
$\lambda_e$	eristeen lämmönjohtavuus (W/mK)	0,037	0,037
$\alpha_u$	eristeen ulkopinnan lämmönsiirtymiskerroin (W/m <sup>2</sup> K)	8	8
$D_u$	eristeen ulkohalkaisija, sarja 22, eristys 30 mm	0,075	0,088
$t_s$	lämpimän kiertoveden lämpötila (°C)	56,5	56,5
$t_s$	ympäristön lämpötila (°C)	21,5	21,5

Kaavoilla 1, 2 ja 3 saadut tulokset esitetään taulukossa 3.

**TAULUKKO 3. Eristetyn putken lämpöhäviölaskennalla saadut tulokset**

Putkikoko		Cu 15	Cu28
Lineaarinen kokonaislämmönvastus $R'_T$	[mK/W]	7,5	5,4
Eristetyn putken kokonaislämmönläpäisykerroin $U'$	[W/mK]	0,134	0,186
Lämpöhäviö eristetyn putken pituutta kohti $\phi'$	[W/m]	4,7	6,5

## 4.2.2 Lämpimän käyttöveden lämpöhäviöt ja lämpöhäviölaskenta esimerkkikohteissa

Lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö voidaan laskea yksinkertaisemmin yhtälöllä

$$Q_{l_{kv},kierto} = (\phi_{l_{kv},kiertohäviö,omin} L_{l_{kv}} + \phi_{l_{kv},lämmitys,omin} n_{lämmityslaite}) \frac{t_{l_{kv},pumppu} 365}{1000}$$

(Ympäristöministeriö 2012b, D5) (4)

$Q_{l_{kv},kierto}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö [kWh/a]
$\phi_{l_{kv},kiertohäviö,omin}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviön ominais-teho [W/m]
$L_{l_{kv}}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituus [m]
$\phi_{l_{kv},lämmitys,omin}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmitys-laitteiden ominaisteho [W/kpl]
$n_{lämmityslaite}$	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmitys-laitteiden lukumäärä [kpl]
$t_{l_{kv},pumppu}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun käyttöaika [h/vrk]

Mikäli tarkempaa tietoa rakennuksen lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituudesta ei ole, voidaan käyttää SRakMK osan D5 taulukon 6.5 rakennustyyppikohtaisia kiertojohdon ominaispituuksia. Asuinkerrostaloille ja luhtitaloille kiertojohdon ominaispituus on 0,043 m/m<sup>2</sup>. Kiertojohdon pituus saadaan kertomalla ominaispituus rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla. (Ympäristöministeriö 2012b, D5.)

Taulukossa 4 on laskettu esimerkkikohteiden lämpimän käyttöveden lämpöhäviö todellisilla putkipituuksilla ja SRakMK osan D5 ominaispituutta käyttäen.

**TAULUKKO 4. Lkv:n energiahäviöt todellisella kiertojohdolla ja SRakMK osan D 3 mukaisella lämpöhäviön ominaisteholla sekä SRakMK osan D5 ominaispi-  
tuudella esimerkkikohteissa**

Kohde		Kohde 1: Kerrostalo	Kohde 2: Luhtitalot yht.
Nettoala	[m <sup>2</sup> ]	1585	1137
Lämpöhäviön ominaisteho	[W/m] (D3)	6	6
Käyttöaika	[h/a]	8760	8760
Lkv:n ominaispituus	[m/m <sup>2</sup> ] (D5)	0,043	0,043
Lkv:n pituus laskettuna ominaispituuksilla	[m]	68	49
Lkv:n todellinen pituus $L_{lkv}$	[m]	286	232
Lkv:n energiahäviö ominaispituuksilla	[kWh/m <sup>2</sup> a]	2,3	2,3
Lkv:n energiahäviö todellisilla pituuksilla	[kWh/m <sup>2</sup> a]	9,5	10,7
Lämpöhäviö $Q_{lkv, kierto}$ ominaispituuksilla	[kWh/a]	3582	2570
Lämpöhäviö $Q_{lkv, kierto}$ todellisilla pituuksilla	[kWh/a]	15032	12194

Kummassakaan kohteessa ei ole lämmityslaitteita.

Ominaispituuksilla lasketut lämpöhäviöt jäävät todella pieniksi verrattuna todellisilla putkipituuksilla laskettuihin lämpöhäviöihin. Molemmissa kohteissa ominaispituuksilla saadaan vain alle neljäsos todellisten putkipituuksien lämpöhäviöistä.

Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve  $Q_{lämmitys, lkv}$  lasketaan SRakMK osan D5 mukaan kaavalla

$$Q_{lämmitys, lkv} = \frac{Q_{lkv, netto}}{\eta_{lkv, siirto}} + Q_{lkv, varastointi} + Q_{lkv, kierto}$$

(Ympäristöministeriö 2012b, D5) (5)

$Q_{lämmitys, lkv}$  lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve [kWh/a]

$Q_{lkv}$  lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve [kWh/a]

$\eta_{lkv}$  lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde [-]

$Q_{lkv,ti}$	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö [kWh/a]
$Q_{lkv,kierto}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö [kWh/a]

Yhtälöön (5) perustuen lämpimän käyttöveden jakojohdon lämpöhäviöt voidaan laskea kaavasta

$$Q_{\text{häviöt, jakojohdo}} = \frac{Q_{lkv,netto}}{\eta_{lkv,siirto}} - Q_{lkv,netto}$$

(Ympäristöministeriö 2012b, D5) (6)

Taulukossa 5 tarkastellaan esimerkkikohteiden jakojohdojen lämpöhäviötä SRakMK osien D3 ja D5 määräysten ja ohjeiden mukaan laskettuna.

#### TALUKKO 5. Esimerkkikohteiden jakojohdojen lämpöhäviöt

	Nettoala [m <sup>2</sup> ]	Lkv:n ominaiskulutus [dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> a)]	Lämmitys - energia [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	$\eta_{lkv,siirto}$	Jakojohdohäviöt [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Jakojohdohäviöt [kWh/a]
Kohde 1: Kerrostalo	1585	600 <sup>(1)</sup>	35 <sup>(1)</sup>	0,97 <sup>(2)</sup>	1,08	1716
Kohde 2: Luhtitalot yhteensä	1137	600 <sup>(1)</sup>	35 <sup>(1)</sup>	0,97 <sup>(2)</sup>	1,08	1231

1) Ympäristöministeriö, SRakMK osa D3

2) Ympäristöministeriö, SRakMK osa D5

Taulukkoon 6 on koottu kahden edellisen taulukon vuotuiset lämpöhäviöt.

#### TAULUKKO 6. Esimerkkikohteiden lämpimän käyttöveden vuotuiset lämpöhäviöt

	Kohde1: Kerrostalo	Kohde 2: Luhtitalot yht.
Lämpöhäviö $Q_{lkv, kierto}$ todell. pituuksilla [kWh/a] <sup>(1)</sup>	15032	12194
Jakojohdohäviöt [kWh/a] <sup>(2)</sup>	1716	1231

1) Taulukko 4

2) Taulukko 5

Lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö voidaan laskea putkipituuden ja vakiolämpöhäviön avulla. Kiertojohdon lämpöhäviön ominaistehona voidaan käyttää arvoa 40 W/m, ellei yksityiskohtaisempia laskelmia suoriteta. Mikäli eristystaso tunnetaan, voidaan käyttää taulukon 7 mukaisia arvoja. (Ympäristöministeriö 2007b, D5.)

**TAULUKKO 7. Lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho ja lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho**

Eristystaso	Kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho $\phi_{lkv,kiertohäviö,omin}$
ei tietoa	40 W/m
0,5 D	10 W/m
1,5 D	6 W/m
suojaputki	15 W/m
suojaputki + 0,5 D	8 W/m
suojaputki + 1,5 D	5 W/m
lämmityslaitteiden lukumäärä	kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho
lukumäärää ei tiedossa	lisäys kiertojohdon lämpöhäviön ominaistehoon $\phi_{lkv,kiertohäviö,omin} + 40$ W/m
lukumäärä tiedossa	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho $\phi_{lkv,lämmitys,omin}$ 200 W/kpl

Merkintä 0,5 D tarkoittaa eristyspaksuutta, joka on puolet eristettävän putken ulkohalkaisijasta. Merkintä 1,5 D tarkoittaa eristyspaksuutta, joka on 1,5-kertainen eristettävän putken ulkohalkaisijaan nähden.

Lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöenergia ja kiertojohtoon liitettyjen lämmityslaitteiden tarvitsema lämpöenergia voidaan laskea myös kiertovesivirrasta kaavan 7 avulla. (Ympäristöministeriö 2007b.)

$$Q_{lkv,kiertohäviöt} = \rho_v c_{pv} q_{v,lkv,kierto} (T_{lkv} - T_{lkv,kierto,paluu}) \Delta t \quad (7)$$

$Q_{lkv,kiertohäviöt}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöenergia ja kiertojohtoon liitettyjen lämmityslaitteiden tarvitsema lämpöenergia, [kWh]
$\rho_v$	veden tiheys, 1000 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pv}$	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/kgK
$Q_{v,lkv,kierto}$	lämpimän käyttöveden kiertopiirin vesivirta [m <sup>3</sup> /s] kerrostalo, 0,00038 m <sup>3</sup> /s luhtitalot, 0,00025 m <sup>3</sup> /s
$T_{lkv}$	lämpimän käyttöveden lämpötila, 58 °C
$T_{lkv,kierto,paluu}$	lämpimän käyttöveden paluueden lämpötila, 56,5 °C
$\Delta t$	ajanjakson pituus, 8760 h

Taulukkoon 8 on kerätty esimerkkikohteiden käyttöveden lämpöhäviöt ja kokonaisenergiakulutukset.

#### TAULUKKO 8. Lämpimän käyttöveden lämpöhäviöt ja kokonaisenergiakulutus esimerkkikohteissa

Kohde	Kohde 1: Kerrostalo	Kohde 2: Luhtitalot yhteensä
Nettoala [m <sup>2</sup> ]	1585	1137
$\eta_{lkv, siirto}$	0,97	0,97
Jakojohtohäviöt [kWh/(m <sup>2</sup> a)] <sup>(1)</sup>	1,08	1,08
Jakojohtohäviöt [kWh/a] <sup>(2)</sup>	1716	1231
Kiertojohtohäviöt [kWh/(m <sup>2</sup> a)] <sup>(3)</sup>	13,2	12,1
Kiertojohtohäviöt [kWh/a] <sup>(3)</sup>	20971	13797
Häviöt yhteensä [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	14,28	13,18
Häviöt yhteensä [kWh/a]	22687	15028
Lämpimän käyttöveden kokonaiskulutus [kWh/a] <sup>(2)</sup>	55475	39795

1) Taulukko 5

2) Taulukko 6

3) Kaava 7

Taulukosta 6 voidaan lukea että pelkkien lämpimän käyttöveden jakojohdojen lämpöhäviöt ovat suuruusluokkaa kolme prosenttia. Lämpimän kiertoveden osuus on peräti 27-30 %. Lämpimän käyttöveden jako- ja kiertojohdot kuluttavat energiaa yhdessä lähes kolmanneksen koko lämpimän käyttöveden energian kulutuksesta.

Kun käytetään todellisia putkipituuksia ja lasketaan lämpöenergia kiertovesivirrasta, päädytään lämpimän käyttöveden osalta kerrostalossa 41 % ja luhtitaloissa 38 % konnaishäviöihin koko lämpimän käyttöveden energian kulutuksesta.

### 4.2.3 Lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöt eri laskentamenetelmillä

Esimerkkikohteiden lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöt lasketaan seuraavassa tarkemmin putken lämpötilan ja lämmönläpäisykerroimen avulla. Menetelmässä on käytetty standardin SFS-EN 15316-3-2:2007 mukaista laskentatapaa:

Lämpöenergiähäviö  $Q_{w, dis, ls, col,}$ :

$$Q_{w,dis,ls,col,on} = \sum Q_{w,dis,ls,col,on,i} = \sum \frac{1}{1000} \cdot U_{w,i} \cdot L_{w,i} (\theta_{w,dis,avg,i} - \theta_{amb,i}) \cdot t_w$$

[kWh/vrk] (8)

$Q_{w,dis,ls,col,on,i}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon osan i lämpöhäviö pumpun käydessä [ MJ/vrk]
$U_{w,i}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämmönläpäisykerroin putken pituutta kohti osassa i [ W/mK]
$L_{w,i}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon osan i pituus [ m]
$\theta_{w,dis,avg,i}$	toimitetun lämpimän käyttöveden keskimääräinen lämpötila kiertojohdon osassa i [°C]
$\theta_{amb,i}$	ympäristön keskimääräinen lämpötila johdon osassa i [°C]
$t_w$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun käyttöaika [h/vrk]

Lämpimän käyttöveden putkien lämmönläpäisykerroin  $U_W$  putken pituutta kohti voidaan laskea karkeammin standardin SFS-EN 15316-3-2:2007 kaavalla:

$$U_W = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{\text{insul}}} \cdot \frac{D_e}{D_{\text{int}}} + \frac{1}{\alpha \cdot D_e}} \quad (9)$$

$U_W$	lkv:n lämmönläpäisykerroin putken pituutta kohti [W/mK]
$\lambda_{\text{insul}}$	eristeen lämmönjohtavuus [ W/mK]
$D_{\text{int}}$	käyttövesiputken sisähalkaisija [m]
$D_e$	käyttövesiputken ulkohalkaisija [m]
$\alpha$	putken ulkopuolinen lämmönsiirtokerroin [W/m <sup>2</sup> K]

Taulukkoon 9 on koottu kerrostalon lämpimän kiertojohdon kaikki johto-osuudet ja laskennassa karkeamman standardin SFS-EN 15316-3-2:2007 kaavan tarvitsemat suureiden arvot sekä kaavojen 8 ja 9 mukaan lasketut lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöenergiahäviöt johto-osuuksittain.

**TAULUKKO 9. Kerrostalon lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviön laskenta standardin SFS-EN 15316-3-2:2007 mukaan (kaava 9)**

Kerrostalo		Cu 12	Cu 15	Cu 18	Cu 22	Cu 28	Cu 35
$\lambda_{\text{insul}}^{(1)}$	[W/mK]	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037
$\alpha$	[W/m <sup>2</sup> K]	8	8	8	8	8	8
$D_e$	[m]	0,012	0,015	0,018	0,022	0,028	0,035
$D_{\text{int}}$	[m]	0,010	0,013	0,016	0,020	0,026	0,032
$\theta_{w,\text{dis,avg,i}}$	[°C]	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5
$\theta_{\text{amb,i}}$	[°C]	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
$L_{w,i}$	[m]	112,0	24,0	94,0	22,0	4,0	30,0
$t_w$	[h]	8760	8760	8760	8760	8760	8760
$U_w$	[W/mK]	0,19	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21
$\varnothing'$	[W/m]	6,7	7,1	7,4	7,4	7,4	7,4
$Q_{w,\text{dis,ls,col,on}}$	[kWh/a]	6747	1504	6040	1446	261	1982

1)  $\lambda_{\text{insul}}$  = Valmistajan antamat lämmönjohtavuusarvot; Paroc, tuote Paroc E, eristysvahvuus 30 mm.



Taulukon 9 mukaan kerrostalon lämpimän käyttöveden lämpöhäviöt ovat vuositasolla yhteensä 17980 kWh/a ( $Q_{w,dis,ls,col,on}$  yhteensä). Vastaavat lämpöhäviöt huoneistonieliometriä kohti ovat 11,4 kWh/a m<sup>2</sup>.

Taulukkoon 10 on koottu luhtitalojen lämpimän kiertojohtojohdon kaikki johto-osuudet ja karkeamman standardin SFS-EN 15316-3-2:2007 kaavan tarvitsemat suureiden arvot sekä kaavojen 8 ja 9 mukaan lasketut lämpimän käyttöveden kiertojohtojohdon lämpöenergiähäviöt johto-osuuksittain.

**TAULUKKO 10. Luhtitalojen lämpimän käyttöveden putkien lämmönläpäisykertoimien laskenta standardin SFS-EN 15316-3-2:2007 mukaan (kaava 9)**

Luhtitalot		Cu 18	Cu 22	Cu 28	Calp 28	Calp 40
$\lambda_{insul}$	[W/mK]	0,037 <sup>a</sup>	0,037 <sup>a</sup>	0,037 <sup>a</sup>	0.0234 <sup>e</sup>	0.0234 <sup>e</sup>
$\alpha$	[W/m <sup>2</sup> K]	8	8	8	8	8
$D_e$	[m]	0,018	0,022	0,028	0,028	0,04
$D_{int}$	[m]	0,016	0,020	0,026	0,020	0,029
$\theta_{w,dis,avg,i}$	[°C]	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5
$\theta_{amb,i}$	[°C]	21,0	21,0	21,0	8,0	8,0
$L_{w,i}$	[m]	46,5	75,0	24,5	43,0	43,0
$t_w$	[h]	8760	8760	8760	8760	8760
$U_w$	[W/mK]	0,21	0,21	0,21	0,11	0,11
$\varnothing'$	[W/m]	7,4	7,4	7,4	5,3	5,3
$Q_{w,dis,ls,col,on}$	[kWh/a]	2988	4928	1619	1918	1948

1) Valmistajien antamat lämmönjohtavuusarvot: Paroc / LVI-kortin mukainen eristesarja 22, tuote Paroc E.

2) Pema kiinnivaahdotettu Calpex-eristyslementti.

Taulukon 10 mukaan luhtitalojen lämpimän käyttöveden lämpöhäviöt ovat vuositasolla yhteensä 13401 kWh/a ( $Q_{w,dis,ls,col,on}$  yhteensä). Vastaavat lämpöhäviöt huoneistonieliometriä kohti ovat 11,8 kWh/a m<sup>2</sup>.

Lasketaan tarkemmin lämpimän käyttöveden putkien lämmönläpäisykerroin  $U_w$  putken pituutta kohti standardin SFS-EN 15316-3-2:2007 kaavalla 10. Mineraalieristeen eristevahvuudeksi on valittu LVI-ohjekortin mukainen sarja 22. Kaikissa vaihtoehdoissa eristysvahvuus on 30 mm. Calpex-putken lämpöhäviö on valmistajan/maahantuojan ilmoituksen mukainen (Pipesystems 2012).

$$U_w = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_{\text{int},1} \cdot D_{\text{int},1}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_1} \cdot \ln \frac{D_{e,1}}{D_{\text{int},1}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_2} \cdot \ln \frac{D_{e,2}}{D_{\text{int},2}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_3} \cdot \ln \frac{D_{e,3}}{D_{\text{int},3}} + \frac{1}{\alpha_{e,3} \cdot D_{e,3}}} \quad (10)$$

$U_w$	lämpimän käyttöveden putkien lämmönläpäisykerroin, [W/mK]
$\lambda_1$	putkimateriaalin lämmönjohtavuus, [W/mK] muoviputkelle $\lambda_1 = 0,35$ W/mK , ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä kupariputkelle $\lambda_1 = 370$ W/mK ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä
$\lambda_2$	ilmaväli tai alimman putkieristeen lämmönjohtavuus, [ W/mK] ilmavälille $\lambda_2 = 0,03$ W/mK, ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä eristeelle $\lambda_2 = 0,05$ W/mK, ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä
$\lambda_3$	päällimmäisen putkieristeen putkieristeen lämmönjohtavuus, [W/mK] eristeelle $\lambda_3 = 0,05$ W/mK, ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä
$D_{\text{int},1}$	käyttövesiputken sisähalkaisija, [m]
$D_{e,1}$	käyttövesiputken ulkohalkaisija, [m]
$D_{\text{int},2}$	ilmavälin tai alimmaisena putkieristeen sisähalkaisija, [m]
$D_{e,2}$	ilmavälin tai alimmaisena putkieristeen ulkohalkaisija, [m]
$D_{\text{int},3}$	päällimmäisen putkieristeen sisähalkaisija, [m]
$\alpha_{\text{int},1}$	putken sisäpuolinen lämmönsiirtokerroin, [W/m <sup>2</sup> K]
$D_{e,3}$	päällimmäisen putkieristeen ulkohalkaisija, [m]
$\alpha_{\text{int},1}$	putken sisäpuolinen lämmönsiirtokerroin, [W/m <sup>2</sup> K] $\alpha_{\text{int},1} = 20$ W/m <sup>2</sup> K, ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä
$\alpha_{e,3}$	putken ulkopuolinen lämmönsiirtokerroin, [W/m <sup>2</sup> K] eristetyille putkille $\alpha = 8$ W/m <sup>2</sup> K, eristämättömille putkille $\alpha = 14$ W/m <sup>2</sup> K

Taulukkoon 11 on koottu kerrostalon lämpimän kiertojohdon kaikki johto-osuudet ja laskennassa tarkemman standardin SFS-EN 15316-3-2:2007 kaavan tarvitsemat suureiden arvot sekä kaavojen 8 ja 10 mukaan lasketut lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöenergiahäviöt johto-osuuksittain.

**TAULUKKO 11. Kerrostalon lämpimän käyttöveden putkien lämmönläpäisy-kertoimien laskenta standardin SFS-EN 15316-3-2:2007 mukaan (kaava 8)**

Kerrostalo		Cu 12	Cu 15	Cu 18	Cu 22	Cu 28	Cu 35
$\lambda_{\text{insul}}$	[W/mK]	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037
$\alpha$	[W/m <sup>2</sup> K]	8	8	8	8	8	8
$D_e$	[m]	0,012	0,015	0,018	0,022	0,028	0,035
$D_{\text{int}}$	[m]	0,010	0,013	0,016	0,020	0,026	0,032
$\theta_{w,\text{dis,avg,i}}$	[c]	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5
$\theta_{\text{amb,i}}$	[c]	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
$L_{w,i}$	[m]	112,0	24,0	94,0	22,0	4,0	30,0
$t_w$	[h]	8760	8760	8760	8760	8760	8760
$\lambda_{1\text{kupari}}$	[W/mK]	370	370	370	370	370	370
$\lambda_{2\text{muovi}}$	[W/mK]	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
$\lambda_3$	[W/mK]	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
$D_{\text{int}2}$	[m]	0,012	0,015	0,018	0,022	0,028	0,035
$D_{e2}$	[m]	0,072	0,075	0,078	0,082	0,088	0,095
$U_w$	[W/mK]	0,10	0,10	0,12	0,12	0,13	0,14
$\varnothing'$	[W/m]	3,6	3,6	4,3	4,3	4,6	5,0
$Q_{w,\text{dis,ls,col,on}}$	[kWh/a]	3483	777	3377	850	162	1322

Taulukon 11 mukaan kerrostalon lämpimän käyttöveden lämpöhäviöt ovat vuositasona yhteensä 9971 kWh/a ( $Q_{w,\text{dis,ls,col,on}}$  yhteensä). Vastaavat lämpöhäviöt huoneistoneliometriä kohti ovat 6,3 kWh/a m<sup>2</sup>.

Taulukkoon 12 on koottu luhtitalojen lämpimän kiertojohdon kaikki johto-osuudet ja laskennassa tarkemman standardin SFS-EN 15316-3-2:2007 kaavan tarvitsemat suureiden arvot sekä kaavojen 8 ja 10 mukaan lasketut lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöenergiahäviöt johto-osuuksittain.

**TAULUKKO 12. Luhtitalojen lämpimän käyttöveden putkien lämmönläpäisykertoimien laskenta standardin SFS-EN 15316-3-2:2007 mukaan (kaava 8)**

Luhtitalot		Cu 18	Cu 22	Cu 28	Calp 28	Calp 40
$\lambda_{\text{insul}}$	[W/mK]	0,037	0,037	0,037	0,0234	0,0234
$\alpha$	[W/m <sup>2</sup> K]	8	8	8	8	8
$D_e$	[m]	0,018	0,022	0,028	0,028	0,04
$D_{\text{int}}$	[m]	0,016	0,020	0,026	0,020	0,029
$\theta_{w,\text{dis,avg,i}}$	[c]	56,5	56,5	56,5	56,5	56,5
$\theta_{\text{amb,i}}$	[c]	21,0	21,0	21,0	8,0	8,0
$L_{w,i}$	[m]	46,5	75,0	24,5	43,0	43,0
$t_w$	[h]	8760	8760	8760	8760	8760
$\lambda_{1\text{kupari}}$	[W/mK]	370	370	370	<sup>(1)</sup>	<sup>(1)</sup>
$\lambda_{2\text{muovi}}$	[W/mK]	0,35	0,35	0,35		
$\lambda_3$	[W/mK]	0,03	0,03	0,03		
$D_{\text{int}2}$	[m]	0,018	0,022	0,028		
$D_{e2}$	[m]	0,078	0,082	0,088		
$U_w$	[W/mK]	0,12	0,12	0,13	0,11	0,11
$\varnothing'$	[W/m]	4,3	4,4	4,6	6,2	6,2
$Q_{w,\text{dis,ls,col,on}}$	[kWh/a]	1735	2897	1013	2010	2010

Eristystaso sarjan 23 mukainen kaikilla kupariputkilla, eli eristyspaksaus 30 mm.

1) Calpex-putken lämpöhäviö valmistajan ilmoituksen mukaan

Taulukon 12 mukaan luhtitalojen lämpimän käyttöveden lämpöhäviöt ovat vuositasonla yhteensä 9665 kWh/a ( $Q_{w,\text{dis,ls,col,on}}$  yhteensä). Vastaavat lämpöhäviöt huoneistoneliometriä kohti ovat 8,5 kWh/a m<sup>2</sup>.

### 4.3 Tulokset

Taulukoista 9,10,11 ja 12 saadut lämpimän käyttöveden lämpöhäviöt esitetään taulukossa 13.

**TAULUKKO 13. Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöiden tulokset eri laskentamenetelmillä**

Laskentamenetelmä/ kohde	SFS-EN 15316-3-2:2007, karkeamman standardin mukaan (taulukot 9 ja 10)	SFS-EN 15316-3-2:2007, tarkemman standardin mukaan (taulukot 11 ja 12)
Kerrostalon vuotuiset lämpöhäviöt	17980 kWh/a	9971 kWh/a
Kerrostalon vuotuiset lämpöhäviöt asuinneliölle	11,4 kWh/am <sup>2</sup>	6,3 kWh/a m <sup>2</sup>
Luhtitalojen vuotuiset lämpöhäviöt	13401 kWh/a	9665 kWh/a
Luhtitalojen vuotuiset lämpöhäviöt asuinneliölle	11,8 kWh/am <sup>2</sup>	8,5 kWh/a m <sup>2</sup>

Saman SFS-EN 15316-3-2:2007 standardin mukaisella eri menetelmällä saatiin toisistaan poikkeavat tulokset. Prosentuaalisesti ero on kerrostalossa 45 % ja luhtitaloissa 18 %.

Asuintaloissa käytetään yleisesti lämpimän käyttöveden kierrossa 15 mm kupariputkea huoneistoissa ja 28 mm kupariputkea runkojohtojohdoissa. Taulukoon 14 on kerätty edellisistä taulukoista näiden kahden putken lämpöhäviöt eri laskentamenetelmillä.

**TAULUKKO 14. Lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöiden tulokset eri laskentamenetelmillä 15 mm ja 28 mm kupariputken osalta**

Laskentamenetelmä		Cu 15	Cu 28
	Eristys	[W/m]	[W/m]
Ominaislämpöhäviö SRakMK osan D3 mukaan	1,5 D Cu 15 (22,5 mm) Cu 28 (42,0 mm)	6	6
SFS-EN 15316-2-3:2007 mukaan (taulukko 3)	30 mm	4,7	6,5
SFS-EN 15316-3-2:2007, karkeamman standardin mukaan (taulukko 9)	30 mm	7,1	7,4
SFS-EN 15316-3-2:2007, tarkemman standardin mukaan (taulukko 11)	30 mm	3,6	4,6

#### 4.4 Tulosten tarkastelu

Edellisen perusteella SRakMK:n osan D3 mukainen ominaislämpöhäviön arvo 6 W/m näyttäisi olevan kohtuullisen onnistunut laskennallinen kompromissiluku yleisesti käytettäväksi.

## 5 ESIMERKKIKOHTTEIDEN LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN KIERRON TUTKIMINEN SIMULOINTIA HYVÄKSI KÄYTTÄEN

### 5.1 Tavoite

Tavoitteena on simuloinnin keinoin laskea molempien kohteiden E-luvut ja korjata simulointiohjelman virheet. Edelleen paneudutaan käyttöveden lämpimän kiertojohdon energiakustannuksiin ja selvitetään sen vaikutus E-lukuun.

## 5.2 Simulointitavan esittely

Energiasimuloinneissa on käytetty apuna Magicad Comfort & Energy-ohjelmistoa. Magicad Comfort & Energy koostuu Magicad Roomista sekä olosuhde- ja energiasimulointiohjelma Riuskasta. Magicad Roomilla luodaan 3D-tilamalli arkkitehdiltä saadun pohjakuvan perusteella. Tämä rakennuksen geometriamalli ja tilamalli on laskelmien ja analyysien perusta. Tämä malli viedään ifc-formaatissa Riuska- energiasimulointiohjelmaan. Riuska- ohjelmassa malliin lisätään tarvittavat tiedot energiasimulointia varten. Näitä tietoja ovat esimerkiksi rakenteiden U-arvot, sisäiset kuormat, ilmanvaihdon käyntiaikataulut, tilojen ilmamäärät sekä mahdolliset ikkunoissa olevat sälekaihtimet tai markiisit. Näiden toimenpiteiden jälkeen Riuska simuloi vuotuisen energiankulutuksen rakennukselle (Mercus 2013).

Ryhmäpäällikkö Kristian Bäckström energiasimulointiohjelmisto Riuska/ Insinööri-toimisto Granlund Oy:stä kertoi miten lämpöisen käyttöveden kierto on otettu huomioon Riuskassa. Bäckström selvitti että lämpimän kiertoveden lämpöhäviöt sisältyvät Riuskan LKV:n käyttöön. Perusteena on D5:n taulukot 6.5 (0,043 m/m<sup>2</sup>) ja 6.4 (6 W/m). (Bäckström 2012.)

Rakennuslupaa haettaessa pitää rakennusvalvonnalle esittää myös E-luku. Tässä vaiheessa on usein talotekniikkasuunnitelmat vielä tekemättä ja simulointiohjelmat käyttävät tällöin määräysten mukaisia ominaisarvoja. Edellä mainitulla tavalla on menetelty myös esimerkkikohteissa.

Taulukossa 15 on esitetty rakennusosien rakennusmääräysten mukaiset vähimmäislämmönläpäisykertoimet (U-arvot).

**TAULUKKO 15. Rakenteiden U-arvot (Ympäristöministeriö, SRakMK osa D3)**

Rakenneosa	U-arvo (W/m <sup>2</sup> K)
Ulkoseinä	0,17
Alapohja, maanvarainen	0,16
Ulkokatto	0,09
Ovet	1,0
Ikkunat <sup>(1)</sup>	1,0

1) Ikkunoiden g-arvo 0,5

Taulukkoon 16 on kerätty rakennusmääräyskokoelman osasta D3 energialaskennan ne lähtötiedot mitkä koskevat kerrostalo ja luhtitalokohteita.

**TAULUKKO 16. Simuloinnin lähtötiedot. (Ympäristöministeriö SRakMK osa D3)**

Asuinkerrostalo/ Luhtitalot	
Ulkoilmavirta	0,5 dm <sup>3</sup> /(s m <sup>2</sup> )
Lämmitysraja	21 °C
Jäähdytysraja	27 °C
Käyttöaika/ vrk	24 h
Käyttöpäivät/ vko	7 vrk
Käyttöaste	0,6
Valaistus	11 W/m <sup>2</sup>
Kuluttajalaitteet	4 W/m <sup>2</sup>
Ihmiset	3 W/m <sup>2</sup>
Henkilötiheys	1/28 hlö/m <sup>2</sup>
Lkv:n ominaiskulutus	600 dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> a)
Lkv:n ominaiskulutuksen lämmitysenergia	35 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Kiertojohdon ominaispituus	0,043 m/m <sup>2</sup>



### 5.3 Simuloinnin tulokset

Simuloinnin tulokset ovat tämän työn liitteenä (Liite 1), niiltä osin kun ne tässä työssä käsiteltäviä asioita sivuavat. Taulukossa 17 esitetään simuloinnilla saadut E-luvut esimerkkikohteissa kahdella eri ilmastoinnoin lämmön talteenoton lämpötilasuhteella.

**TAULUKKO 17. Simuloinnin tulokset (Liite 1)**

	E-luku (kWh/m <sup>2</sup> a)	E-luku (kWh/m <sup>2</sup> a)	E-luku (kWh/m <sup>2</sup> a)	E-luku (kWh/m <sup>2</sup> a)
	Ilmastoinnin LTO:n lämpö- tilasuhde $\eta_t = 0,5$	Ilmastoinnin LTO:n lämpö- tilasuhde $\eta_t = 0,7$	Ilmastoinnin LTO:n lämpö- tilasuhde $\eta_t = 0,6$	Ilmastoinnin LTO:n lämpö- tilasuhde $\eta_t = 0,8$
Kerrostalo	129	116	-	-
Luhtitalo A	-	-	136	128
Luhtitalo B	-	-	118	111
Luhtitalot yhteensä <sup>(1)</sup>	-	-	127	119
Vuotoilmanluku $n_{50}$ on 2 kaikissa vaihtoehdoissa				
1) Luhtitalo A:ssa on molempia taloja palvelevia yhteisiä tiloja, joten A ja B talojen E-luvut on suhteutettu pinta-aloilla, siksi niitä käsitellään yhtenä kokonaisuutena.				

Koska esimerkkikohteiden simuloinnit on tehty ominaisarvoja hyväksi käyttäen pitää E-lukulaskelmat oikaista. Taulukoissa 18-20 on esitetty simuloinnilla lasketut Lkv:n energiahäviöt, todellisilla putkipituuksilla lasketut häviöt ja lisätty näiden erotus simuloinnilla saatuun E-lukuun. Bäckströmin mukaan todellista kiertovesipituutta käytetään silloin kun se on tiedossa, yleensä se ei vielä simulointivaiheessa ole (Bäckström 2012). Sama kanta oli Mika Vuolteella hänelle tekemässäni kyselyssä (Vuolle 2012).

Energiahäviön kaava SRakMK osan D5 mukaan, kun ei tunneta putkipituuksia:

$$\frac{\text{Lkv ominaispit.} \left[ \frac{\text{m}}{\text{m}^2} \right] \times \text{Lämpöhäviön ominaisteho} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}} \right] \times \text{Käyttöaika} \left[ \frac{\text{h}}{\text{a}} \right]}{1000 \frac{\text{W}}{\text{kW}}} = \text{Lkv energiahäviö} \text{ [kWh/m}^2\text{a]}$$

(Ympäristöministeriö 2012b D5) (11)

Taulukossa 18 esitetään simuloinnissa käytetty Lkv:n energiahäviö, eli lasketut kiertojohtojen arvot D5:n mukaan silloin kun todelliset kiertojohtopituudet eivät ole tiedossa. Simulointivaiheessa ei yleensä ole LVI-suunnitelmia vielä käytettävissä.

**TAULUKKO 18. Simuloinnin sisältämä Lkv:n energiahäviö**

	Nettoala [m <sup>2</sup> ]	Kiertojohtojen ominaispituus [m/m <sup>2</sup> ]	Kiertojohtojen pituus [m]	Lämpöhäviön ominaisteho [W/m]	Lämpöhäviö [W]	Käyttöaika [h/a]	Lkv:n energiahäviö [kWh/m <sup>2</sup> a]
Kohde 1 Kerrostalo	1585	0,043	68,2	6 <sup>(1)</sup>	409	8760	2,26
Kohde 2 Luhtitalot	1137	0,043	48,9	6 <sup>(1)</sup>	293	8760	2,26

1) Eristys 1,5 x D

Energiahäviön kaava mitattujen putkipituuksien perusteella:

$$\frac{\text{Lkv:n pituus [m]} \times \text{Lämpöhäviön ominaisteho} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}} \right] \times \text{Käyttöaika} \left[ \frac{\text{h}}{\text{a}} \right]}{\text{Nettoala [m}^2\text{]} \times 1000 \frac{\text{W}}{\text{kW}}} =$$

Lkv: n energiahäviö [kWh/m<sup>2</sup>a]

(Ympäristöministeriö 2012b, D5) (12)

Taulukossa 19 esitetään edellisellä kaavalla saadut todellisiin putkipituuksiin pohjautuvat energiahäviöt.

**TAULUKKO 19. Energiahäviöt todellisilla kiertojohdon pituuksilla**

	Nettoala [m <sup>2</sup> ]	Kiertojohdon pituus [m]	Lämpöhä- viön ominais- teho [W/m]	Lämpöhä- viö [W]	Käyttöaika [h/a]	Lkv:n ener- giahäviö [kWh/m <sup>2</sup> a]
Kohde1 Kerrostalo	1585	286	6	1716	8760	9,48
Kohde 2 Luhtitalot	1137	232	6	1392	8760	10,73

Arvoissa on huomioitu sekä lämminvesimeno, että kiertojohdon osuus sekä luhtitaloissa talojen väliset putket. Kiertojohdon energiahäviöissä pitää ottaa huomioon sekä lämminkäyttövesijohto että kiertojohto. Näin täytyy menetellä sekä VTT:n, että Mika Vuolteen mielestä (VTT 2013, Vuolle 2012).

$$\text{Nettoala [m}^2\text{]} \times \text{Lkv:n energiahäviö} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} \right] =$$

$$\text{Lämpimän kiertoveden energiankulutus [kWh/a]}$$

(Ympäristöministeriö 2012b) (13)

Taulukossa 20 esitetään lämpimän käyttöveden energiahäviöt, kun on käytetty todellisia putkipituuksia. Vertailun vuoksi esitetään myös kohteiden vuositason kokonaisenergian kulutus.

**TAULUKKO 20. Lämpimän käyttöveden kierron kokonaisvaikutus energiankulutukseen**

	Nettoala [m <sup>2</sup> ]	Lkv:n energiahä- viö [kWh/m <sup>2</sup> a]	Energiahäviöt kiertovesi [kWh/a]	Energiahäviöt kiertovesi [%]	Ostoenergia Kaukolämpö (1) [kWh/a]
Kohde 1: Kerrostalo E-luku 129	1585	9,48	15025	10,3	146495
Kohde 2: Luhtitalot E-luku 127	1137	10,73	12200	12,2	100303
Kohde 1: Kerrostalo E-luku 116	1585	9,48	15025	12,8	117077
Kohde 2: Luhtitalot E-luku 119	1137	10,73	12200	13,0	87213

1) simuloinnin tulokset (Litteet 1-6)

Taulukossa 21 on kiertojohtojen pituuksiin pohjaavista kiertoveden energiahäviöistä on vähennetty simuloinnissa huomioon otettu häviö 2,26 kWh/m<sup>2</sup>. Edellisten erotus lisätään lämpimän kiertoveden energiankulutukseen. E-luvussa otetaan huomioon kaukolämmön kerroin 0,7.

**TAULUKKO 21. Laskettujen kiertojohtojen lisävaikutus E-lukuun**

	Nettoala [m <sup>2</sup> ]	Riuskalla simuloidut Energia kiertovesi [kWh/m <sup>2</sup> a]	Todellisilla putkipituuk- silla laskettu Energia kiertovesi [kWh/m <sup>2</sup> a]	Edellisten erotus= Lisäysvaiku- tus energia- kustannuk- siin [kWh/m <sup>2</sup> a]	Lisäys koko- naisener- giankulutuk- seen [kWh/a]	Vaikutus E-lukuun (Erotus x 0,7) [kWh/m <sup>2</sup> a]
Kohde 1 Kerrostalo	1585	2,26	9,48	7,22	11443	5,1
Kohde 2 Luhtitalot	1137	2,26	10,73	8,47	9630	5,9

Kun taulukon 21 E-lukuja kasvattavat vaikutukset otetaan huomioon. Saadaan uudet korjatut E-luvut, mitkä esitetään taulukossa 22.

### TAULUKKO 22. Korjatut E-luvut

	E-luku [kWh/m <sup>2</sup> a] Ilmastoinnin LTO:n lämpö- tilasuhde $\eta_t = 0,5$	E-luku [kWh/m <sup>2</sup> a] Ilmastoinnin LTO:n lämpö- tilasuhde $\eta_t = 0,7$	E-luku [kWh/m <sup>2</sup> a] Ilmastoinnin LTO:n lämpö- tilasuhde $\eta_t = 0,6$	E-luku [kWh/m <sup>2</sup> a] Ilmastoinnin LTO:n lämpö- tilasuhde $\eta_t = 0,8$
Kohde 1 Kerrostalo	134	121	-	-
Kohde 2 Luh- titalot	-	-	133	125

Taulukossa 22 käy ilmi, että todellinen kiertovesiputkipituus vaikutti E-lukuihin niin paljon, että peruslaskennan ( $n_{50}=2$ , LTO alempi taso) mukaiset E-luvut ylittävät raja-arvon (130 kWh/m<sup>2</sup>a) molemmissa kohteissa.

Taulukossa 23 on esitetty lämpimän käyttöveden kiertojohdon energiahäviön vaikutus energian kulutukseen vuoden 2013 energian hinnalla.

### TAULUKKO 23. Lämpimän käyttöveden kiertojohdon energiakustannukset

	Netto- ala [m <sup>2</sup> ]	Energia kiertovesi. [kWh/a]	Ostoenergia Kaukolämpö [kWh/a]	Kiertoveden osuus [ %]	Kiertoveden osuus [€/a]
Kohde 1 Kerrostalo E-luku 121	1585	15025	132103	11,4	856
Kohde 2 Luhtitalot E-luku 125	1137	12200	96843	12,6	695

Kaukolämmön energiahinta 0,057 €/kWh. (Jyväskylän energia 2012).

## 5.4 Tulosten tarkastelu

Kun tarkastellaan SFS-EN 15316-3-2:2007 mukaan laskettuja teoreettisia arvoja karkeamman ja tarkemman standardin mukaan  $6,3 - 11,8 \text{ kWh/am}^2$  (taulukko 13) voidaan todeta että todellisilla putkipituuksilla lasketut arvot  $9,5$  ja  $10,7 \text{ kWh/am}^2$  (taulukko 19) asettuvat näiden väliin, siksi niitä voidaan pitää luotettavina arvoina. Sen sijaan simuloinnissa SRakMK osan D3 ominaispituuksilla ja ominaislämpötehoilla saatua arvoa  $2,26 \text{ kWh/am}^2$  (taulukko 18) ei voi pitää luotettavana.

## 6 HUONEISTOKOHTAISTEN LÄMMÖNJAKOKESKUSTEN INVESTOINNIN KANNATTAVUUS

### 6.1 Tavoite

Tarkastetulla simuloinnilla saatuja ja lämpimän käyttöveden kierron osalta korjattuja energiakustannussäästöjä verrataan rakennuskustannuseroihin perinteisellä tavalla ja huoneistokohtaisilla jakokeskuksilla toteutettuihin ratkaisuihin. Tavoitteena on selvittää järjestelmien rakentamisen kustannuserot sekä selvittää lämpimän käyttöveden kierron osalta energiakustannussäästöillä saatava takaisinmaksuaika. Lisäksi tarkastellaan WH-keskusten vaikutusta E-lukuihin.

### 6.2 Menetelmä

Selvitetään huoneistokohtaisten WH-keskusten todellinen energiansäästö lämpimän käyttöveden kierron osalta molemmissa tutkittavissa kohteissa.

Molemmista kohteista tehdään tarkat hankintakustannuslaskelmat ensimmäisessä vaiheessa perinteisellä tavalla alkuperäisten suunnitelmien perusteella. Laskelmassa otetaan huomioon kaikki LVI-kustannukset materiaaleineen ja asennuksineen, mukaan lukien niihin vaikuttavat sähkö- ja rakennustekniikkakustannukset. Tehdään vaihtoehtoiset suunnitelmat WH-keskuksilla. Myös tästä tehdään tarkka hankintakustannuslaskelma ottaen huomioon kaikki LVI-kustannukset materiaaleineen ja asennuksineen.

Lisäksi hinnoitellaan myös rakennus- ja sähkötekniikka siltä osin kun ne poikkeavat alkuperäisestä suunnitelmasta. Lopuksi tehdään kustannusvertailu ja takaisinmaksuaikavertailu molemmista kohteista ja toteutusvaihtoehdoista lämpimän käyttöveden kierron osalta..

### 6.3 Tulokset

Vaikka Jakotecin WH-keskuksilla toteutetuissa ratkaisuihin ei käyttöveden kiertoa ole lainkaan, täytyy kesäkuukausina pitää lämmityksen kierto vakiona. Tässä työssä se otetaan huomioon siten että kolmen kesäkuukauden osalta ei lämpimän kiertoveden osuutta oteta huomioon vähentävänä tekijänä. Taulukkoon 23. verrattuna ostoenergiämääristä vähennetään lämpimän kiertoveden osuutta ainoastaan 9/12 kk osuus, eli kertoimena käytetään 0,75. Edelleen todelliseksi korjatussa E-luvussa otetaan huomioon kaukolämmön kerroin 0,7. Edellä mainittujen korjausten jälkeen päädytään taulukon 24 lukuarvoihin.

**TAULUKKO 24. Lämpimän käyttövedenkierron poisjäännin vaikutus energia-kustannuksiin WH-keskuksilla**

	Nettoala [m <sup>2</sup> ]	Energia kiertovesi [kWh/m <sup>2</sup> a]	Säästetty energia kiertovesi [kWh/a]	Os- toenergia Kauko- lämpö [kWh/a]	Säästö [ %]	Säästö [€/a]	Korjattu E-luku (WH- keskus) [kWh/m <sup>2</sup> a]
Kohde 1 Kerrostalo E-luku 134	1585	7,11	11269	146686	7,7	642	129
Kohde 2 Luhtitalot E-luku 133	1137	8,05	9152	103351	8,9	521	127
Kohde 1 Kerrostalo E-luku 121	1585	7,11	11269	120834	9,3	642	116
Kohde 2 Luhtitalot E-luku 125	1137	8,05	9152	87691	10,4	521	119

Taulukosta 24 voidaan lukea, että kerrostalokohteessa lämpimän käyttöveden kierron poisjäänti pienentää energiankulutusta 7,11 kWh/m<sup>2</sup>a ja luhtitaloissa 8,05 kWh/m<sup>2</sup>a. E-luvut paranivat siten että kaikissa tapauksissa päästiin nykymääräysten mukaan hyväksyttävään tasoon. E-luku jäi alle 130 kWh/m<sup>2</sup>a myös matalammilla ilmastoinnin LTO:n lämpötilasuhteilla.

E-lukuun vaikuttavat arvot näiden kahden esimerkkitalouksen osalta ovat kaukolämpökertoimella (0,7) kerrostalossa 5 kWh/m<sup>2</sup>a ja luhtitaloissa 5,6 kWh/m<sup>2</sup>a. Näiden kahden kohteen keskiarvo on 5,3 kWh/m<sup>2</sup>a.

### 6.3.1 WH-energiakeskuksen vaikutus E-lukuun

Taulukossa 25 esitetään WH-energiakeskusten vähentävä vaikutus E-lukuun lämpimän käyttöveden kierron poistumisen vuoksi.

**TAULUKKO 25. WH-energiakeskusten vähentävä vaikutus E-lukuun esimerkkikohteissa**

E-luku [kWh/m <sup>2</sup> a]	Lämpimän kierron poisjäännin vähentävä vaikutus E-lukuun [kWh/m <sup>2</sup> a]	%
130 Nykyisten määräysten mukainen toteutus	5,3	<b>4,1</b>
60 A-energialuokan-luokan toteutus	5,3	<b>8,8</b>
26 Lähes nollaenergiatalo	5,3	<b>20,4</b>



### 6.3.2 Wh-keskusten vaikutus rakennuskustannuksiin

Kustannuslaskenta suoritettiin siten että ensimmäisessä vaiheessa laskettiin molemmat kohteet alkuperäisten suunnitelmien mukaan. Materiaalit poimittiin kuvista, saadut materiaalit vertailtiin saatuihin massalistoihin. Hinnoittelussa otettiin huomioon myös asennuksiin liittyvät rakennustyöt, esimerkiksi läpimenot ja niiden palomassaukset.

Toisessa vaiheessa molemmista kohteista tehtiin varjosuunnitelmat. Kiinteistökohtaisten lämmönjakokeskusten kustannukset pienenevät. Runkolinjojen putkimäärät vähenivät. Huoneistoihin lisättiin WH-keskukset ja niihin liittyvät materiaali- ja laitelisäykset töineen. Ensimmäisen vaiheen laskennasta vähennettiin poistetut materiaalit ja työt ja lisättiin uudet.

Tarvikkeiden hinnoittelu suoritettiin todellisilla Sähköpeko-konsernin nettohinnoilla. Vuosialennuksia ei huomioitu kummassakaan laskelmassa. Työt hinnoiteltiin Talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimusta noudattaen normituntihinnoitteluna, NH (TES 2012-2014). Normihinnoittelussa päämateriaaleille on annettu normihinta joka sisältää materiaalin asennuksen osineen. TES määrittelee myös normitunnin hinnan. Töiden sivukuluna käytettiin 75 %. Kaikkien töiden yleiskuluna käytettiin 12 %.

(Liite 2)

Kaikki Suomessa tehtävät LVI-työt on tehtävä TES-hinnoittelun mukaan. Talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimus on yleissitova. Tehdäänkö kohde urakalla vai tuntityönä päättää asentaja, ei työnantaja.

Ohessa on esimerkkinä taulukko 26 mitä käytetään rakennusten putkiurakkalaskennassa. Kahta ensimmäistä putkikokoa on käytetty tässä urakkalaskennassa. Esimerkiksi kupariputkien kooltaan alle 22 mm normihinta on 0,38 euroa ja 28mm ja 35 mm kuparien normihinta on 0,43 euroa. Normitunnin hinta on 15,89 € (TES 2012-2014).

**TAULUKKO 26. Esimerkki LVI-laskennan normituntihinnoittelusta  
(TES 2012-2014)**

Mom. 2. KUPARIPUTKET JA KOMPOSIITTIPUTKET		
Tähän ryhmään kuuluvat kaikki kupariputket		
Sarake	1 Kupariputket	2 Kupariputket
Ulkohalkaisija	Sisälle	Ulos
Du	NH/m	NH/m
-22	0,38	0,08
-35	0,43	0,1
-54	0,5	0,12
-64	0,55	0,13
-76,1	0,6	0,15
-88,9	0,65	0,17
-114,3	0,7	0,2
-139,7	0,8	0,23
-168,3	0,9	0,27
Du-22 asennus sisälle pinta-asennus 0,40 NH / m.		
Kupariputket tyyppiä Mannesmann tms. vähennys -20 %.		
Kattila, lämmönjako-, pumppu- ja ilmastointikonehuoneissa edellä mainittuja normiaikoja korotetaan 30 %:lla.		

Edellä mainittuihin normihintoihin vielä lisätään vaativuus ja olosuhteelliset, näissä kohteissa niitä ei ole. Edelleen lisätään rakennustyyppikohtaiset haittatekijät ja sellaiset työt, jotka eivät välittömästi liity asennustyöhön, mutta silti kuuluvat välillisesti sovitukseen työn suorittamiseen. Tämän työn kohteissa haittalisä on 7 %.

Esimerkiksi tämän työn kerrostalokohteessa on 12 mm kupariputkea 112 m (Taulukko 11).

$$112 \text{ m} \times 0,38 \frac{Nh}{m} \times 1,07 \times \frac{15,89\text{€}}{Nh} \times 1,75 \times 1,12 = \Sigma 89 \text{ €}$$

12 mm kupariputkiston asennuskustannukset ilman eristystä ovat 89 €.

Taulukossa 27 esitetään kustannuslaskennan tulokset.

### TAULUKKO 27. Materiaali ja työkustannuslaskennan tulokset

Kohde	Perinteinen versio [€]	WH-versio [€]	Erotus (kustannusten lisäysvaikutus) [€]
Kerrostalo	121500	-142000	-20500
Hinta/ asunto 22 asuntoa	5523	-6464	-932
Hinta/ huoneisto m <sup>2</sup> (1267 m <sup>2</sup> )	96	-112	-16
Luhtitalot	130700	-165300	-34600
Hinta/ asunto 16 asuntoa	8169	-10331	-2163
Hinta/ huoneisto m <sup>2</sup> (1037 m <sup>2</sup> )	126	-159	-33

### 6.3.3 WH-energiakeskuksen takaisinmaksuaika lämpimän käyttöveden kierron osalta

Seuraavalla kaavalla lasketaan takaisinmaksuaika.

$$\frac{\text{hankintameno (kustannusten lisäysvaikutus) [€]}}{\text{vuotuinen nettotuotto (kustannussäästö) [\frac{€}{a}]}} = \text{takaisinmaksuaika [a]}$$

(Saaranen ym. 2011) (14)

Taulukkoon 28 on siirretty taulukon 27 kustannuslaskennan tulokset (lisäykset) ja taulukon 24 vuosittaiset energiasäästöt sekä lisätty kaavalla 14 laskettu takaisinmaksuaika.

#### TAULUKKO 28. Takaisinmaksuaika simuloidussa, lämpimän käyttöveden kierron todellisilla pituuksilla tarkistettujen versioiden mukaan

Kohde	Kustannuslisäys (Taulukosta 27) [€]	Säästö (Taulukosta 24) [€/a]	Takaisinmaksuaika [a]
Kerrostalo	20500	642	32
Luhtitalot	34600	521	66

Energian hinnan nousun ennustaminen on aivan yhtä vaikeaa kuin rahan korkokulujen ennustaminenkin. Takaisinmaksuajan määrittämisessä ei ole huomioitu energian hinnan nousua vaan sen on katsottu kompensoivan investoinnin korkokulut. Edellisestä johtuen investoinnin kannattavuutta ei ole tarkasteltu nykyarvomenetelmällä (Saaranen ym. 2011).

Kerrostalossa WK2/S energiakeskuksien kustannus on 43 240 € ja yksikköhinta on 1 880 €. Luhtitaloissa WH-WK2/B energiakeskuksien kustannus on 66150 € ja keskuksen yksikköhinta on 4 134 €.

Kaavasta 14 johtamalla saadaan kustannusten lisäysvaran kaava.

$$\text{takaisinmaksuaika [a]} \times \text{kustannussäästö} \left[ \frac{\text{€}}{\text{a}} \right] = \text{kustannusten lisäysvara [€]} \quad (15)$$

Seuraavaksi tarkastellaan vaihtoehtoisia takaisinmaksuaikoja ja määritellään WH-energiakeskuksille optimihinnat 30, 20 ja 10 vuoden takaisinmaksuajoille.

**TAULUKKO 29. Takaisinmaksuaikatarkastelu ja kustannusten lisäysvara sekä WH-keskusten optimihinta vaihtoehtoisilla takaisinmaksuajoilla**

Kohde WH-keskustyyppi	Keros- talo WK2/S	Luhti- talot WK2/B	Keros- talo WK2/S	Luhti- talot WK2/B	Keros- talo WK2/S	Luhti- talot WK2/B
Takaisin- maksuaika [a]	30	30	20	20	10	10
Säästö (Taul. 24) [€/a]	642	521	642	521	642	521
Kustannusten lisäysvara [€]	19260	15630	12840	10420	6420	5210
Kustannusten lisäys (Taul.27) [€]	-20500	-34600	-20500	-34600	-20500	-34600
Kustannusten lisä- yksen ja lisäysva- ran erotus [€]	-1240	-18970	-7660	-24180	-14080	-20390
WH-keskusten lukumäärä [kpl]	23 <sup>1)</sup>	16	23 <sup>1)</sup>	16	23 <sup>1)</sup>	16
Kustannusten lisä- yksen ja lisäysva- ran erotus/ WH-keskus [€]	-54	-1186	-333	-1511	-612	-1837
WH-keskusten markkinahinta [€]	1880	4134	1880	4134	1880	4134
WH-keskuksen optimi hinta [€]	1826	2948	1547	2623	1268	2297

1) Kerrostalossa on 22:den huoneistokohtaisten WH-keskusten lisäksi yksi keskus, joka palvelee yleisiä tiloja.

## 6.4 Tulosten tarkastelu

Perusparannus toteutetaan asuinkerrostaloissa keskimäärin 30 vuoden välein (Lehtinen ym. 2005). Taulukon 28 mukaan molemmissa kohteissa takaisinmaksuaika ylittää ennustetun käyttöiän. Näiden kahden esimerkkikohteen tarkastelussa pelkästään lämpimän käyttöveden kierron poisjättämisen energian säästökustannukset eivät nykyisillä hinnoilla kata investointikustannuksia.

Mikäli energian hinta jatkaa nousuaan ripeämmin kuin korkojen nousu, tulee laitehankinta nopeammin kannattavammaksi. WH-keskusten valmistusmäärien kasvaessa niiden hinta tulee todennäköisesti pienenemään. Tutkitun kerrostalokohteen WH-keskuksen osalta 33 % hinnan pudotus (1880 € > 1268 €) tekisi investoinnista taloudellisesti hyvin kannattavan pelkästään lämpimän käyttöveden kierron poisjäännin vuoksi.

Parempaan investointikannattavuuteen on mahdollisuus päästä myös suunnittelemalla WH-keskukset palvelemaan esimerkiksi kerrostalossa koko kerrosta (2-4 huoneistoa). Toteutus tosin saattaa olla haasteellista. Lämpimän käyttöveden odotusajat voivat muodostua ongelmaksi. Tässä vaihtoehdossa myös huoneistokohtaisen veden ja energian mittaaminen ja huoneistokohtainen säätö vaikeutuu.

Tässä työssä on tutkittu näiden kahden esimerkkikohteen osalta ainoastaan lämpimän käyttöveden kierron osuutta ja vertailtu sen hankintakustannuksia ja takaisinmaksuaikoja. Sen lisäksi, että WH-keskuksilla lämpimän käyttöveden kierron kustannukset jäävät pois, on niillä myös muita käyttökustannuksia vähentäviä tekijöitä kuten mahdollisuus alhaisempiin käyttöveden lämpötiloihin ja huoneistokohtaiseen lämmitysenergian mittaamiseen. Kun lämpimän käyttöveden kierron lämpötila 58/55 °C korvataan lämmityksen kierrolla 60/40 °C tai mahdollisesti jopa 50/30 °C, tulee vaikutus kaukolämmön tilausvesivirtaan olemaan joka tapauksessa sitä pienentävä. Tilausvesivirran pienenemisen mahdollisia kustannussäästöjä ei tässä ole huomioitu. Esimerkiksi tämän kerrostalon tilausvesivirran pieneneminen 10 % :lla 4 m<sup>3</sup>/h:sta 3,6 m<sup>3</sup>/h:ään pudottaa kaukolämmön perusmaksua 774 €/a (Jyväskylän energia 2012).

Vertailtaessa hankekustannusvaiheessa perinteistä järjestelmää WH-keskuksilla toteutettavaan järjestelmään, on laskelmissa kaikki kustannustekijät otettava huomioon.

E-lukua vähentävä vaikutus ( $-5,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ) antaa vaihtoehtoja muulle rakennustekniikalle. Näiden esimerkkikohteiden perusteella on selvää että lämpimän käyttöveden kierron poisjättämisellä on varsin suuri merkitys E-lukuun jo nyt (4,1 %). Sen merkitys tulee korostumaan lähitulevaisuudessa. Lähes nollaenergiatalossa vaikutus E-lukuun on jo yli 20 % (taulukko 25, s.44).

## 7 POHDINTA

Lindberg toteaa että lämminvesiputkistojen lämpöhäviö on pitkissä käyttövesiputkistoissa suuri energiankulutustekijä, mitä myös tämä työ tukee. Hukkalämpö on erityisen haitallinen lämmityskauden ulkopuolisena ajanjaksona, jolloin syntyy haitallista lämpökuormaa, mikä synnyttää yllilämpöä. Lindberg kiinnittää myös huomiota käyttöveden alentamisen mahdollisuuteen ja tuo esille Legionella-bakteerien vaaran alle  $55 \text{ }^\circ\text{C}$  lämpötiloissa perinteisissä järjestelmissä. (Lindberg 2009, s.144.)

Havainnot valmistuneissa kerrostaloissa tukevat Lindbergin kommentteja hukkalämmön haitallisuudesta. Useita kertoja on uusissa kerrostaloissa tullut tilanteita joissa lämminvesikierron aiheuttama lämpö on aiheuttanut niin korkean lämpötilan nousun että siitä on seurannut haitta asukkaiden termisille olosuhteille. Tämä haitta korostui kun palaavan kiertoveden lämpötila määräysten mukaan korotettiin  $55 \text{ }^\circ\text{C}$ :een. Jarek Kurnitskin mukaan käyttöveden lämpimän kiertoveden tai varaajajärjestelmän häviöt kohottavat lämmitystarvetta noin  $5 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$  (Kurnitski 2012, s.35). Näissä kahdessa esimerkkikohteessa lämpimän käyttöveden kierron häviöt olivat vieläkin suuremmat  $9,5$  ja  $10,7 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$ . Kiertojohdon todellinen pituus huomioiden ja standardin SFS-EN 15316-3-2:2007 mukaisen teoreettisen laskelman mukaan häviöt ovat  $8,8$  ja  $8,5 \text{ kWh/m}^2$ . Tosin kummassakaan edellisessä tarkastelussa ei ole otettu huomioon mahdollisia lämpöhäviöiden vyöhykekuormia. Nämä huomioon ottaen oltaisiin lähellä Kurnitskin arviota. Huomionarvoista on myös se, että WH-keskuksilla voidaan eliminoida Legionella-bakteeri kiinteistön käyttövesijärjestelmästä.

Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviön ominaisteho ja lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaistehotaulukon mukaan kiertojohtoon eristystaso, jos ei ole tietoa, on SRakMK osan D5 mukaan 40 W/m (Ympäristöministeriö 2012b). Parempi ohje olisi määrittää eristykselle vähimmäisvaatimus, esimerkiksi 0,5 D.

Simuloinnin sisältämä Lkv:n energiahäviö, eli lasketut kiertojohtoon arvot silloin kun todelliset kiertojohtopituudet eivät ole tiedossa pohjautuvat SRakMK osan D5 ominaispituuteen 0,043 m/m<sup>2</sup> ja sillä laskettuun ominaisenergiähäviöön 2,26 kW/m<sup>2</sup>a (Ympäristöministeriö 2012b). Niiden paikkansa pitämättömyys on tässä työssä laskennallisesti todettu näiden kahden esimerkkitapauksen osalta.

Näissä esimerkkikohteissa takaisinmaksuajat poikkesivat toisistaan paljon. Uusien hankkeiden elinkaarivertailut on aina syytä tehdä tapauskohtaisesti. On vaikea kuvitella lähes nollaenergiataloihin lämpimän käyttöveden kiertojärjestelmää. Huoneistokohtaisten jakokeskusten käyttöä tulevat jatkossa tiukentuvien energiamääräysten lisäksi suosimaan huoneistokohtaisen energiankulutuksen mittauksen helppous.



## LÄHTEET

Bartram J., Chartier Y., Lee J.V., Pond K., Surman-Lee S.

Norserial Publication. World Health Organization (WHO) 2007.

ISBN – 13 978-92-4156-297-3

Bäckström, Kristian 2012. Puhelu 29.11.2012.

Insinööritoimisto Granlund Oy. Energiasimulointiohjelmistot. Ryhmäpäällikkö.

Energiateollisuus 2013. Energiateollisuuden kotisivut.

Www-dokumentti: <http://energia.fi>. Päivitys 4.8.2013. Luettu 5.8.2013.

EU-OSHA, 2011. Legionella and Legionnaires' disease: a policy overview

European Agency for Safety and Health at Work

ISBN: 978-92-9191-488-3

Europe 2020. The EU's growth strategy.

Www-dokumentti: <http://ec.europa.eu/europe2020>.

Ei päivitystietoa. Luettu 20.2.2013

European project on consumer response to energy labels in buildings.

Www-dokumentti: [www.ideal-epbd.eu](http://www.ideal-epbd.eu). Ei päivitystietoa. Luettu 12.1.2013

Honkapuro Samuli, Jauhiainen Niko ja Partanen Jarmo, Lappeenrannan teknillinen yliopisto sekä Valkealahti Seppo, Tampereen teknillinen yliopisto.

Sähkön ja kaukolämmön rooli energiatehokkuudessa ja energian säästössä,

Tampereen teknillinen yliopisto. Raportti 12.10.2009.

Jakotek Oy:n nettisivut.

Www-dokumentti: [www.jakotec.fi](http://www.jakotec.fi). Päivitys 14.12.2012. Luettu 28.12.2012.

Jyväskylän energian nettisivut. Www-dokumentti:

[www.jenergia.fi/files/kaukolampohinnasto1.10.2012](http://www.jenergia.fi/files/kaukolampohinnasto1.10.2012). Päivitys 29.9.2012. Luettu 10.10.2012.

Kurnitski, Jarek. Energiamääräykset 2012.

Opas uudisrakennusten energiamääräysten soveltamiseen.

Suomen Rakennusmedia Oy. Vammalan kirjapaino Oy.

ISBN 978-952-269-063-0

Lehtinen, Erkki. Nippala, Eero. Jaakkonen, Liisa. Nuuttila, Harri.

Asuinrakennukset vuoteen 2025, uudistuotannon ja perusparantamisen tarve.

VTT. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka 2005. Copyright.

ISBN 952-5004-59-7

Lindberg, Ralf 2010.

Matalaenergiarakentaminen asuinrakennukset.

RIL 249-2009. 2010 kolmas korjattu painos. Saarijärven Offset Oy.

ISBN 978-951-758-517-0

Martinkauppi, Kirsi (toim.) 2010.

Era 17, Energiaviisaan rakentamisen aika 2017.

Ympäristöministeriö, Sitra ja Tekes. Helsinki.

ISBN 978-952-11-3790-7

Oy Mercus Software Ltd:n nettisivut.

Www-dokumentti: [www.mercus.net](http://www.mercus.net). Päivitys 30.1.2013. Luettu 2.2.2013

Pipesystems 2012. Brugg Pema.

Www-dokumentti.

[www.pipesystems.fi](http://www.pipesystems.fi). Päivitys 29.12.2012. Luettu 29.12.2012.

Rakennusten kaukolämmitys K1/2013  
Määräykset ja ohjeet. 1.9.2013. Energiateollisuus ry  
ISBN 978-952-5615-41-8

Saaranen, Pirjo. Koltola, Eliisa. Pösö, Jarmo. 2011.  
Liike-elämän matematiikka. Edita Prima Oy.  
ISBN 978-951-37-5605-5

SFS Standardi-EN ISO 12241:2008.  
Thermal insulation for building equipment and industrial installations  
Calculation rules. Suomen Standardisoimisliitto SFS  
ICS 91.120.10; 91.140.01

SFS Standardi-EN 15316-2-3.  
Haeting systems in buildings- Method for calculation of system energy requirements  
and system efficiens- Part 2-3: Space heating distribution systems.  
Suomen Standardisoimisliitto  
ICS 91.140.10

Suomen Tilastokeskus.  
Www-dokumentti: [www.tilastokeskus.fi](http://www.tilastokeskus.fi). Ei päivitystietoa. Luettu 12.2.2013.

Talotekniikka RYL 2002.  
Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Rakennustieto Oy. 31.12.2003.  
ISBN 951-682-707-1

TES 2012-2014.  
Talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimus. Vammalan Kirjapaino Oy.  
ISBN 978-952-269-054-8

VTT 2013. VTT:n määritelmät matalaenergiataloista.  
Www-dokumentti : <http://www.vtt.fi/research/technology/energy>  
Päivitys 26.6.2013. Luettu 28.6.2013.

Vuolle, Mika 2012.

Sähköposti 4.12.2012. Equa Simulation Finland Oy. Tekniikan lisensiaatti.

Ympäristöministeriö 2007a. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D1.

Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. 24.1.2007.

Www-dokumentti: <http://www.ymparisto.fi>. Päivitys 22.10.2013. Luettu 22.10.2013.

Ympäristöministeriö 2007b. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5.

Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta.

Ohjeet. 19.6.2007

Www-dokumentti: <http://www.ymparisto.fi>. Päivitys 22.10.2013. Luettu 22.10.2013.

Ympäristöministeriö 2011. Lämmitysjärjestelmät ja lämmin käyttövesilaskentaopas.

Järjestelmien lämpöhäviöiden laskenta ja hyötysuhteiden määrittäminen 15.9.2011.

Www-dokumentti: <http://www.ymparisto.fi>. Päivitys 22.10.2013. Luettu 22.10.2013.

Ympäristöministeriö 2012a. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3.

Rakennetun ympäristön osasto. Rakennusten energiatehokkuus.

Määräykset ja ohjeet. 30.3.2011.

Www-dokumentti: <http://www.ymparisto.fi>. Päivitys 22.10.2013. Luettu 22.10.2013.

Ympäristöministeriö 2012b. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5.

Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta.

Ohjeet 2012. 17.5.2013.

Www-dokumentti: <http://www.ymparisto.fi>. Päivitys 22.10.2013. Luettu 22.10.2013.


Ympäristöministeriö 2013.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta

Laki 50/2013 27.2.2013

**LIITE 1(1).**  
**Simuloinnin tulokset**

1 (2)

		<b>RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT</b>			
<b>Kerrostalo</b>	Asiakirja n:o				
	Projekti n:o				
	Viim. muutos	Pvm.	Laatija/Tark.		
	Laadittu	17.10.2012	puljar		
Rakennuksen käyttötarkoitus	4-kerroksinen kerrostalo				
Rakennusvuosi					
Lämmitetty nettoala	1 585,0	m <sup>2</sup>			
<b>Ilmanvuotoluku q50</b>	2,0	m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )			
<b>Rakennusvaipan umpiosat</b>	A	U	U A	%	
	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> ·K)	W/K		
Ulkoseinät	694,2	0,17	120,56	20,6	
Yläpohja	390,1	0,09	36,10	6,2	
Alapohja	389,0	0,16	62,46	10,7	
Ikkunat	241,4	1,00	241,39	41,2	
Ulko-ovet	64,4	1,00	64,08	10,9	
Kylmäsiilat			61,05	10,4	
<b>Ikkunat ilmansuunnittain</b>	A	U	g-arvo		
	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> ·K)	-		
Pohjoinen	83,1	1,00	0,50		
Koillinen	0,0	0,00	0,00		
Itä	27,5	1,00	0,50		
Kaakko	0,0	0,00	0,00		
Etelä	96,5	1,00	0,50		
Lounas	0,0	0,00	0,00		
Länsi	34,4	1,00	0,50		
Luode	0,0	0,00	0,00		
Kattoikkunat	0,0	0,00	0,00		
	241,4				
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>	Ilmavirta	Järjestelmän	LTO:n lämpö-	Jäätymisen	
	tulo/poisto	SFP-luku	tilasuhde	esto	
	(m <sup>3</sup> /s)/(m <sup>3</sup> /s)	kW/(m <sup>3</sup> /s)	-	°C	
Ilmanvaihto, palvelualue 1	0,8    0,8	1,7	70	-2	
Ilmanvaihtojärjestelmä	0,8    0,8	1,7			
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>	Tuoton	Lämmitysjärj.	Lämpökerroin <sup>1</sup>	Apulaitteiden	
	hyötysuhde	hyötysuhde	-	sähkönkäyttö <sup>2</sup>	
	-	-	-	W	
Tilojen ja IV:n lämmitys	0,97	0,90	-	85	
LKV:n valmistus	0,97	0,97	-	85	
<sup>1</sup> vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle					
<sup>2</sup> lämpöpumpputilastoissa voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen					
<b>Jäähdytysjärjestelmä</b>	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -				
	-				
<b>LKV:n käyttö</b>	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·a)	yht. m <sup>3</sup> /a			
	0,6	951			
<b>Sisäiset lämpökuormat</b>	Henkilöt	Kuluttajalaitteet	Valaistus	Käyttöaste	
	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	-	
	3	4	11	0,6	
Päiväys	Allekirjoitus		Nimen selvennys		


**LIITE 1(2).**  
**Simuloinnin tulokset**

2 (2)

		<b>RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET</b>			
<b>Kerrostalo</b>	Asiakirja n:o				
	Projekti n:o				
	Viim. muutos	Pvm.	Laatija/Tark.		
	Laadittu	17.10.2012	puljar		
Rakennuksen käyttötarkoitus	4-kerroksinen kerrostalo				
Rakennusvuosi					
Lämmitetty nettoala	1 585,0	m <sup>2</sup>			
<b>E-luku</b>	116	kWh/(m <sup>2</sup> ,a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)			
<b>E-luvun erittely</b>	Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus		
	kWh/a	-	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ,a)	
Sähkö	59 891	1,70	101 815	64	
Kaukolämpö	117 077	0,70	81 954	52	
Kaukojäähdytys	0	0,40	0	0	
Uusiutuva polttoaine	0	0,50	0	0	
Fossiilinen polttoaine	0	1,00	0	0	
Yhteensä	176 968	4,3	183 769	116	
<b>Uusiutuva omavaraisenergia</b>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ,a)			
Aurinkosähkö	0	0			
Aurinkolämpö	0	0			
Tuulisähkö	0	0			
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	0	0			
<b>Rakennusten teknisten järjestelmien energiankulutus</b>	Sähkö	Lämpö	Kaukojäähdytys		
	kWh/(m <sup>2</sup> ,a)	kWh/(m <sup>2</sup> ,a)	kWh/(m <sup>2</sup> ,a)		
Lämmitysjärjestelmä	-	-	-		
Tilojen lämmitys <sup>1</sup>	0,1	26,9	-		
Tuloilman lämmitys	-	6,4	-		
Lämpimän käyttöveden valmistus	-	38,3	-		
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	7,5	-	-		
Jäähdytysjärjestelmä	-	-	-		
Kuluttajalaitteet ja valaistus	30,2	-	-		
Yhteensä	37,8	71,6	0,0		
<sup>1</sup> ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen					
<b>Energian nettotarve</b>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ,a)			
Tilojen lämmitys <sup>2</sup>	38 312	24,2			
Ilmanvaihdon lämmitys <sup>3</sup>	10 223	6,4			
Lämpimän käyttöveden valmistus	55 475	35,0			
Jäähdytys	0	0,0			
<sup>2</sup> sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa					
<sup>3</sup> laskettu lämmöntalteenoton kanssa					
<b>Lämpökuormat</b>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ,a)			
Aurinko	45 688	28,8			
Ihmiset	24 158	15,2			
Kuluttajalaitteet	32 211	20,3			
Valaistus	14 776	9,3			
Laskentatyökalun nimi ja versionumero	RIUSKA 4.8.7				
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys			

**LIITE 1(3).**  
**Simuloinnin tulokset**

1 (2)

		<b>RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT</b>			
<b>Luhtitalo A</b>		Asiakirja n:o			
		Projekti n:o			
		Viim. muutos		Pvm.	Laatija/Tark.
		Laadittu		18.10.2012	puhjar
Rakennuksen käyttötarkoitus		3-kerroksinen, luhtitalo			
Rakennusvuosi					
Lämmitetty nettoala		587,0	m <sup>2</sup>		
<b>Ilmanvuotoluku q50</b>		2,0	m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )		
<b>Rakennusvaipan umpiosat</b>		A	U	U A	%
		m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> ·K)	W/K	
Ulkoseinät		502,3	0,17	87,22	29,7
Yläpohja		259,0	0,09	23,97	8,2
Alapohja		260,3	0,16	41,79	14,2
Ikkunat		69,0	1,00	68,96	23,5
Ulko-ovet		33,6	1,00	33,43	11,4
Kylmäsiilat				38,36	13,1
<b>Ikkunat ilmansuunnittain</b>		A	U	g-arvo	
		m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> ·K)	-	
Pohjoinen		46,4	1,00	0,50	
Koillinen		0,0	0,00	0,00	
Itä		4,8	1,00	0,50	
Kaakko		0,0	0,00	0,00	
Etelä		13,0	1,00	0,50	
Lounas		0,0	0,00	0,00	
Länsi		4,8	1,00	0,50	
Luode		0,0	0,00	0,00	
Kattoikkunat		0,0	0,00	0,00	
		69,0			
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>		Ilmavirta	Järjestelmän	LTO:n lämpö-	Jäätymisen
		tulo/poisto	SFP-luku	tilasuhde	esto
		(m <sup>3</sup> /s)/(m <sup>3</sup> /s)	kW/(m <sup>3</sup> /s)	-	°C
Ilmanvaihto, palvelualue 1		0,3	1,7	80	-2
Ilmanvaihtojärjestelmä		0,3	1,7		
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>		Tuoton	Lämmitysjärj.	Lämpökerroin <sup>1</sup>	Apulaitteiden
		hyötysuhde	hyötysuhde	-	sähkökäyttö <sup>2</sup>
		-	-	-	W
Tilojen ja IV:n lämmitys		0,97	0,90	-	75
LKV:n valmistus		0,97	0,97	-	75
		*vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle			
		*lämpöpumpputjärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen			
<b>Jäähdytysjärjestelmä</b>		Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -			
		-			
<b>LKV:n käyttö</b>		m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·a)	yht. m <sup>3</sup> /a		
		0,6	352,2		
<b>Sisäiset lämpökuormat</b>		Henkilöt	Kuluttajalaitteet	Valaistus	Käyttöaste
		W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	-
		3	4	11	0,6
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys			

**LIITE 1(4).**  
**Simuloinnin tulokset**


2 (2)


		<b>RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET</b>				
<b>Luhtitalo A</b>		Asiakirja n:o				
		Projekti n:o				
		Viim. muutos		Pvm.	Laatija/Tark.	
		Laadittu		18.10.2012	puljar	
Rakennuksen käyttötarkoitus		3-kerroksinen, luhtitalo				
Rakennusvuosi						
Lämmitetty nettoala		587,0	m <sup>2</sup>			
<b>E-luku</b>		128	kWh/(m <sup>2</sup> ·a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)			
<b>E-luvun erittely</b>		Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus		
		kWh/a	-	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	
Sähkö		25 098	1,70	42 666	73	
Kaukolämpö		45 969	0,70	32 178	55	
Kaukojäähdytys		0	0,40	0	0	
Uusiutuva polttoaine		0	0,50	0	0	
Fossiilinen polttoaine		0	1,00	0	0	
				0	0	
Yhteensä		71 067	4,3	74 845	128	
<b>Uusiutuva omavaraisenergia</b>		kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)			
Aurinkosähkö		0	0			
Aurinkolämpö		0	0			
Tuulisähkö		0	0			
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia		0	0			
<b>Rakennusten teknisten järjestelmien energiankulutus</b>		Sähkö kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	Lämpö kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	Kaukojäähdytys kWh/(m <sup>2</sup> ·a)		
Lämmitysjärjestelmä		-	-	-		
Tilojen lämmitys <sup>1</sup>		0,3	32,5	-		
Tuloilman lämmitys		-	5,2	-		
Lämpimän käyttöveden valmistus		-	38,3	-		
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		8,5	-	-		
Jäähdytysjärjestelmä		-	-	-		
Kuluttajalaitteet ja valaistus		34,0	-	-		
Yhteensä		42,8	76,0	0,0		
<sup>1</sup> Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen						
<b>Energian nettotarve</b>		kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)			
Tilojen lämmitys <sup>2</sup>		17 147	29,2			
Ilmanvaihdon lämmitys <sup>3</sup>		3 030	5,2			
Lämpimän käyttöveden valmistus		20 545	35,0			
Jäähdytys		0	0,0			
<sup>2</sup> sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa						
<sup>3</sup> laskettu lämmöntalteenoton kanssa						
<b>Lämpökuormat</b>		kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)			
Aurinko		14 302	24,4			
Ihmiset		10 020	17,1			
Kuluttajalaitteet		13 387	22,8			
Valaistus		6 145	10,5			
Laskentatyökalun nimi ja versio numero		RIUSKA 4.8.7				
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys				



**LIITE 1(5).**  
**Simuloinnin tulokset**

1 (2)

		<b>RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI</b> <b>E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT</b>				
<b>Luhtitalo B</b>		Asiakirja n:o				
		Projekti n:o				
		Viim. muutos		Pvm.	Laatija/Tark.	
		Laadittu		18.10.2012	puljar	
Rakennuksen käyttötarkoitus		2-kerroksinen, luhtitalo				
Rakennusvuosi						
Lämmitetty nettoala		550,0	m <sup>2</sup>			
<b>Ilmanvuotoluku q50</b>		2,0	m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )			
<b>Rakennusvaipan umpiosat</b>		A	U	U A	%	
		m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> ·K)	W/K		
Ulkoseinät		352,9	0,17	61,28	23,9	
Yläpohja		243,8	0,09	22,56	8,8	
Alapohja		243,8	0,16	39,14	15,2	
Ikkunat		64,0	1,00	64,04	24,9	
Ulko-ovet		33,6	1,00	33,43	13,0	
Kylmäsiilat				36,40	14,2	
<b>Ikkunat ilmansuunnittain</b>		A	U	g-arvo		
		m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> ·K)	-		
Pohjoinen		41,6	1,00	0,50		
Koillinen		0,0	0,00	0,00		
Itä		4,8	1,00	0,50		
Kaakko		0,0	0,00	0,00		
Etelä		12,8	1,00	0,50		
Lounas		0,0	0,00	0,00		
Länsi		4,8	1,00	0,50		
Luode		0,0	0,00	0,00		
Kattoikkunat		0,0	0,00	0,00		
		64,0				
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>		Ilmavirta	Järjestelmän	LTO:n lämpö-	Jäätymisen	
		tulo/poisto	SFP-luku	tilasuhde	esto	
		(m <sup>3</sup> /s)/(m <sup>3</sup> /s)	kW/(m <sup>3</sup> /s)	-	°C	
Ilmanvaihto, palvelualue 1		0,2	1,7	80	-2	
Ilmanvaihtojärjestelmä		0,2	1,7			
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>		Tuoton	Lämmitysjärj.	Lämpökerroin <sup>1</sup>	Apulaitteiden	
		hyötysuhde	hyötysuhde	-	sähkökäyttö <sup>2</sup>	
		-	-	-	W	
Tilojen ja IV:n lämmitys		0,97	0,90	-	75	
LKV:n valmistus		0,97	0,97	-	75	
<sup>1</sup> vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle						
<sup>2</sup> lämpöpumpujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen						
<b>Jäähdytysjärjestelmä</b>		Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -				
		-				
<b>LKV:n käyttö</b>		m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·a)	yht. m <sup>3</sup> /a			
		0,6	330			
<b>Sisäiset lämpökuormat</b>		Henkilöt	Kuluttajalaitteet	Valaistus	Käyttöaste	
		W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	-	
		3	4	11	0,6	
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys				

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET			
Luhtitalo B		Asiakirja n:o			
		Projekti n:o			
		Viim. muutos	Pvm.	Laatija/Tark.	
		Laadittu	18.10.2012	puljar	
Rakennuksen käyttötarkoitus	2-kerroksinen, luhtitalo				
Rakennusvuosi					
Lämmitetty nettoala	550,0	m <sup>2</sup>			
<b>E-luku</b>	111	kWh/(m <sup>2</sup> ,a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)			
<b>E-luvun erittely</b>	Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus		
	kWh/a	-	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	
Sähkö	18 849	1,70	32 044	58	
Kaukolämpö	41 244	0,70	28 871	52	
Kaukojäähdytys	0	0,40	0	0	
Uusiutuva polttoaine	0	0,50	0	0	
Fossiilinen polttoaine	0	1,00	0	0	
Yhteensä	60 093	4,3	60 914	111	
<b>Uusiutuva omavaraisenergia</b>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)			
Aurinkosähkö	0	0			
Aurinkolämpö	0	0			
Tuulisähkö	0	0			
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	0	0			
<b>Rakennusten teknisten järjestelmien energiankulutus</b>	Sähkö kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	Lämpö kWh/(m <sup>2</sup> ·a)	Kaukojäähdytys kWh/(m <sup>2</sup> ·a)		
Lämmitysjärjestelmä	-	-	-		
Tilojen lämmitys <sup>1</sup>	0,3	30,1	-		
Tuloilman lämmitys	-	4,3	-		
Lämpimän käyttöveden valmistus	-	38,3	-		
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	6,8	-	-		
Jäähdytysjärjestelmä	-	-	-		
Kuluttajalaitteet ja valaistus	27,2	-	-		
Yhteensä	34,3	72,7	0,0		
<sup>1</sup> ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen					
<b>Energian nettotarve</b>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)			
Tilojen lämmitys <sup>2</sup>	14 912	27,1			
Ilmanvaihdon lämmitys <sup>3</sup>	2 349	4,3			
Lämpimän käyttöveden valmistus	19 250	35,0			
Jäähdytys	0	0,0			
<sup>2</sup> sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa					
<sup>3</sup> laskettu lämmöntalteenoton kanssa					
<b>Lämpökuormat</b>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ·a)			
Aurinko	13 082	23,8			
Ihmiset	7 485	13,6			
Kuluttajalaitteet	10 014	18,2			
Valaistus	4 595	8,4			
Laskentatyökalun nimi ja versio numero	RIUSKA 4.8.7				
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys			

## Kustannuslaskennan tulokset

PEKO		Tarjouksen hinnoittelusivu - LVI-osasto				Laskija	Pekka Kirjavainen		
kerrostaloversio 1						Päivämäärä	8.5.2013		
Hinta alv 0 %	121 500	Kate %	12,01	Kate €	14 590	Alv os:	29 160	sis alv 24 %	150 660
Materiaalikustannukset		70 526,28				Tunnusluvut		Hinta / yksikkö	
Työkustannukset		33 176,74				Asuntojen lkm	0,0		0,00
Alihankintakustannukset		0,00				Neliöt	0,0		0,00
Muut muuttuvat kustannukset		0,00				Kuutiot	0,0		0,00
<b>Omakustannushinta</b>		<b>106 910,33</b>							
<b>Työkustannukset</b>						<b>Työaikatiedot</b>			
Normitunnit riveiltä		1 112,64 nh		(15,22 €/nh)		Työaika	01.03.2013 - 31.12.2013		
Työhinnan nousu						Työpäiviä	215 pv		
Jakso 1 1.3.2011		16 934,38				KTA	16,00 €		
Jakso 2 1.3.2012		0,00				Työtunteja (ei tuntiöitä)	1 113 h		
Jakso 3 1.3.2013		0,00				Tod. työpäivätarve	143,3 pv		
Jakso 4 1.3.2014		0,00				Asentajatarve	0,67 as		
Jakso 5 1.3.2015		0,00							
<b>Jaksot yhteensä</b>		<b>16 934,38</b>							
<b>Lisät</b>						<b>Matkakulut</b>			
	%			Yhteensä		Etäisyys			0,00
Normaalitalolisa	0,0			0,00		Km-korvaus			0,00
Erikoistalolisa	0,0			0,00		Matkaliput			0,00
Saneerauslisa	0,0			0,00		Matkatunti			0,00
Purkutyölisa	0,0			0,00		Ateriakorvaus			1 289,27
<b>Lisät yhteensä</b>				<b>0,00</b>		Kokopäiväraha			0,00
<b>Tuntityöt</b>						<b>Majoitus</b>			<b>0,00</b>
	%		h	Yhteensä					
Tuntityöt	3,0		33,38	508,03					
<b>Tuntityöt yhteensä</b>				<b>508,03</b>		<b>Matkakulut yhteensä</b>			<b>1 289,27</b>
<b>Kärkimieslisät</b>									
				Yhteensä					
Etumieslisä				779,00					
<b>Prosenttilisät</b>									
				Yhteensä					
Projektinhoitokulut	€			3 207,31					
<b>Urakan työt yhteensä</b>				<b>17 713,38</b>					
<b>Tuntityöt yhteensä</b>				<b>508,03</b>					
Sosiaalikulut	75			13 666,06					
<b>Työt sosiaalikuluineen</b>				<b>31 887,47</b>					
<b>Muuttuvat kulut</b>									
Rahdit	0,0			Kopiokulut	0,0	Ongelmajätteet			0,0
Säätötyöt	0,0			Luovutusmateriaalit	0,0	Siivous			0,0
Telineet	0,0			Käytönopastus	0,0	Takuuajan huolto			0,0
Nostimet	0,0			Puhelinkulut	0,0	(vara/tyhjä)			0,0
Nostot	0,0			Suunnittelu	0,0	(vara/tyhjä)			0,0
Työkalut	0,0			Vakuudet	0,0	(vara/tyhjä)			0,0
Varastot	0,0			Vakuutukset	0,0	(vara/tyhjä)			0,0
Palovartiointi	0,0								
						<b>Muuttuvat kulut yhteensä</b>			<b>0,00</b>

## Kustannuslaskennan tulokset

PEKO		Tarjouksen hinnoittelusivu - LVI-osasto				Laskija	Pekka Kirjavainen		
kerrosralo versio 2						Päivämäärä	10.5.2013		
Hinta alv 0 %	142 000	Kate %	12,14	Kate €	17 243	Alv os:	34 080	sis alv 24 %	176 080
Materiaalikustannukset	94 167,00					Tunnusluvut	Hinta / yksikkö		
Työkustannukset	27 471,01					Asuntojen lkm	0,0	0,00	
Alihankintakustannukset	0,00					Neliöt	0,0	0,00	
Muut muuttuvat kustannukset	0,00					Kuutiot	0,0	0,00	
<b>Omakustannushinta</b>	<b>124 756,93</b>								
<b>Työkustannukset</b>							<b>Työaikatiedot</b>		
Normitunnit riveiltä	921,29 nh	(15,22 €/nh)					Työaika	01.03.2013 - 31.12.2013	
Työhinnan nousu							Työpäiviä	215 pv	
Jakso 1 1.3.2011	14 022,03					KTA	16,00 €		
Jakso 2 1.3.2012	0,00					Työtunteja (ei tuntitöitä)	921 h		
Jakso 3 1.3.2013	0,00					Tod. työpäivätarve	118,6 pv		
Jakso 4 1.3.2014	0,00					Asentajatarve	0,55 as		
Jakso 5 1.3.2015	0,00								
<b>Jaksot yhteensä</b>	<b>14 022,03</b>								
<b>Lisät</b>	%			<b>Yhteensä</b>		<b>Matkakulut</b>			
Normaalitalolisia	0,0			0,00		Etäisyys	0,00		
Erikoistalolisia	0,0			0,00		Km-korvaus	0,00		
Saneerauslisä	0,0			0,00		Matkaliput	0,00		
Purkutyölisä	0,0			0,00		Matkatunti	0,00		
<b>Lisät yhteensä</b>				<b>0,00</b>		Ateriakorvaus	1 067,54		
						Kokopäiväraha	0,00		
<b>Tuntityöt</b>	%	h			<b>Yhteensä</b>		<b>Majoitus</b>		
Tuntityöt	3,0	27,64			420,66		0,00		
<b>Tuntityöt yhteensä</b>					<b>420,66</b>		<b>Matkakulut yhteensä</b>		
							<b>1 067,54</b>		
<b>Kärkimieslisät</b>					<b>Yhteensä</b>				
Etumieslisä					645,00				
<b>Prosenttilisät</b>					<b>Yhteensä</b>				
<b>Projektinhoitokulut</b>	€			<b>3 118,92</b>					
Urakan työt yhteensä					14 667,03				
Tuntityöt yhteensä					420,66				
Sosiaalikulut	75			11 315,77					
<b>Työt sosiaalikuuluineen</b>					<b>26 403,47</b>				
<b>Muuttuvat kulut</b>									
Rahdit	0,0	Kopiokulut	0,0	Ongelmajätteet	0,0				
Säätyöt	0,0	Luovutusmateriaalit	0,0	Siivous	0,0				
Telineet	0,0	Käytönopastus	0,0	Takuuajan huolto	0,0				
Nostimet	0,0	Puhelinkulut	0,0	(vara/tyhjä)	0,0				
Nostot	0,0	Suunnittelu	0,0	(vara/tyhjä)	0,0				
Työkalut	0,0	Vakuudet	0,0	(vara/tyhjä)	0,0				
Varastot	0,0	Vakuutukset	0,0	(vara/tyhjä)	0,0				
Palovartiointi	0,0								
						<b>Muuttuvat kulut yhteensä</b>	<b>0,00</b>		

## Kustannuslaskennan tulokset

PEKO		Tarjouksen hinnoittelusivu - LVI-osasto				Laskija	Pekka Kirjavainen		
Luhtitalo versio 1						Päivämäärä	8.5.2013		
Hinta alv 0 %	130 700	Kate %	12,37	Kate €	16 162	Alv os:	31 368	sis alv 24 %	162 068
Materiaalikustannukset	83 916,73					Tunnusluvut		Hinta / yksikkö	
Työkustannukset	28 330,63					Asuntojen lkm	0,0		0,00
Alihankintakustannukset	0,00					Neliöt	0,0		0,00
Muut muuttuvat kustannukset	0,00					Kuutiot	0,0		0,00
<b>Omakustannushinta</b>	<b>114 538,12</b>								
<b>Työkustannukset</b>						<b>Työaikatiedot</b>			
Normitunnit riveiltä	950,13 nh	(15,22 €/nh)				Työaika	01.03.2013 - 31.12.2013		
Työhinnan nousu						Työpäiviä	215 pv		
Jakso 1 1.3.2011	14 460,98					KTA	16,00 €		
Jakso 2 1.3.2012	0,00					Työtunteja (ei tuntitöitä)	950 h		
Jakso 3 1.3.2013	0,00					Tod. työpäivätarve	122,3 pv		
Jakso 4 1.3.2014	0,00					Asentajatarve	0,57 as		
Jakso 5 1.3.2015	0,00								
<b>Jaksot yhteensä</b>	<b>14 460,98</b>								
<b>Lisät</b>		%			Yhteensä	<b>Matkakulut</b>			
Normaalitalolisä	0,0				0,00	Etäisyys			0,00
Erikoistalolisä	0,0				0,00	Km-korvaus			0,00
Saneerauslisä	0,0				0,00	Matkaliput			0,00
Purkutyölisä	0,0				0,00	Matkatunti			0,00
<b>Lisät yhteensä</b>					0,00	Ateriakorvaus			1 100,96
						Kokopäiväraha			0,00
<b>Tuntityöt</b>		%	h		Yhteensä	Majoitus			0,00
Tuntityöt	3,0		28,50		433,83	<b>Matkakulut yhteensä</b>			1 100,96
<b>Tuntityöt yhteensä</b>					433,83				
<b>Kärkimieslisät</b>					Yhteensä				
Etumieslisä					665,00				
<b>Prosenttilisät</b>					Yhteensä				
Projektinhoitokulut	€				2 290,76				
Urakan työt yhteensä					15 125,98				
Tuntityöt yhteensä					433,83				
Sosiaalikulut	75				11 669,86				
<b>Työt sosiaalikuuluineen</b>					<b>27 229,66</b>				
<b>Muuttuvat kulut</b>									
Rahdit	0,0				Kopiokulut	0,0		Ongelmajätteet	0,0
Säätötyöt	0,0				Luovutusmateriaalit	0,0		Siivous	0,0
Telineet	0,0				Käytönopastus	0,0		Takuuajan huolto	0,0
Nostimet	0,0				Puhelinkulut	0,0		(vara/tyhjä)	0,0
Nostot	0,0				Suunnittelu	0,0		(vara/tyhjä)	0,0
Työkalut	0,0				Vakuudet	0,0		(vara/tyhjä)	0,0
Varastot	0,0				Vakuutukset	0,0		(vara/tyhjä)	0,0
Palovartiointi	0,0								
								<b>Muuttuvat kulut yhteensä</b>	<b>0,00</b>

## Kustannuslaskennan tulokset

PEKO		Tarjouksen hinnoittelusivu - LVI-osasto				Laskija	Pekka Kirjavainen		
Luhtitalo versio 2						Päivämäärä	8.5.2013		
Hinta alv 0 %	165 300	Kate %	12,21	Kate €	20 180	Alv os:	39 672	sis alv 24 %	204 972
Materiaalikustannukset	118 431,22					Tunnusluvut	Hinta / yksikkö		
Työkustannukset	25 888,83					Asuntojen lkm	0,0	0,00	
Alihankintakustannukset	0,00					Neliöt	0,0	0,00	
Muut muuttuvat kustannukset	800,00					Kuutiot	0,0	0,00	
<b>Omakustannushinta</b>	<b>145 120,05</b>								
<b>Työkustannukset</b>							<b>Työaikatiedot</b>		
Normitunnit riveiltä	869,26	nh	(15,22	€/nh)			Työaika	01.03.2013 - 31.12.2013	
Työhinnan nousu							Työpäiviä	215 pv	
Jakso 1 1.3.2011	13 230,14					KTA	16,00 €		
Jakso 2 1.3.2012	0,00					Työtunteja (ei tuntiötä)	869 h		
Jakso 3 1.3.2013	0,00					Tod. työpäivätarve	111,9 pv		
Jakso 4 1.3.2014	0,00					Asentajatarve	0,52 as		
Jakso 5 1.3.2015	0,00								
<b>Jaksot yhteensä</b>	<b>13 230,14</b>								
<b>Lisät</b>	%			<b>Yhteensä</b>		<b>Matkakulut</b>			
Normaalitalolisa	0,0			0,00		Etäisyys	0,00		
Erikoistalolisa	0,0			0,00		Km-korvaus	0,00		
Saneerauslisa	0,0			0,00		Matkaliput	0,00		
Purkutyölisa	0,0			0,00		Matkatunti	0,00		
<b>Lisät yhteensä</b>				<b>0,00</b>		Ateriakorvaus	1 007,26		
						Kokopäiväraha	0,00		
<b>Tuntityöt</b>	%	h		<b>Yhteensä</b>		Majoitus	0,00		
Tuntityöt	3,0	26,08		396,90		<b>Matkakulut yhteensä</b>			
<b>Tuntityöt yhteensä</b>				<b>396,90</b>		<b>1 007,26</b>			
<b>Kärkimieslisät</b>					<b>Yhteensä</b>				
Etumieslisa					591,00				
<b>Prosenttilisät</b>					<b>Yhteensä</b>				
Projektinhoitokulut	€			0,00					
Urakan työt yhteensä					13 821,14				
Tuntityöt yhteensä					396,90				
Sosiaalikulut	75			10 663,53					
<b>Työt sosiaalikuluneen</b>					<b>24 881,57</b>				
<b>Muuttuvat kulut</b>									
Rahdit	0,0	Kopiokulut	0,0	Ongelmajätteet	0,0				
Säätötyöt	0,0	Luovutusmateriaalit	0,0	Siivous	0,0				
Telineet	0,0	Käytönopastus	800,0	Takuuajan huolto	0,0				
Nostimet	0,0	Puhelinkulut	0,0	(vara/tyhjä)	0,0				
Nostot	0,0	Suunnittelu	0,0	(vara/tyhjä)	0,0				
Työkalut	0,0	Vakuudet	0,0	(vara/tyhjä)	0,0				
Varastot	0,0	Vakuutukset	0,0	(vara/tyhjä)	0,0				
Palovartiointi	0,0								
						<b>Muuttuvat kulut yhteensä</b>	<b>800,00</b>		