

Teemu Lassi

VR Group Kouvolan varikon aluelämmi- tysjärjestelmän kartoitus ja kehittäminen energiakatselmuksella

Opinnäytetyö
Energiatekniikan koulutusohjelma

Toukokuu 2016

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Teemu Lassi	Insinööri AMK	Toukokuu 2016
Opinnäytetyön nimi		
VR Group Kouvolan varikon aluelämmitysjärjestelmän kartoitus ja kehittäminen energiakatselmuksella		28 sivua 7 liitesivua
Toimeksiantaja		
Kymenlaakson Ammattikorkeakoulu oy		
Ohjaaja		
Lehtori Hannu Sarvelainen		
Tiivistelmä		
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa ja tarkastella energiakatselmuksen keinoin VR Group Kouvolan varikon aluelämmitysjärjestelmää. Aluelämmitysjärjestelmällä tuotetaan alueen seitsemään rakennukseen lämmitysenergia. Lämpöhäviöiden vähentämisen ohella työssä tarkasteltiin yksittäisten kohteiden lämmitystapamuutosta ja sen kannattavuutta.</p> <p>Työssä käytettiin Kouvolan varikolta saatuja laskutettuihin tietoihin perustuvia kaukolämmön ja sähkön kulutuslukemia. Vuotuinen energiankulutus jaettiin teoreettisesti rakennuskohtaisesti, jonka perusteella tehtiin lämpöhäviölaskelmat eri putkiosuuksille. Lämmitysenergian pienentyneestä tarpeesta johtuen laskettiin uusi sopimusteho ja vesivirta.</p> <p>Opinnäytetyössä ehdotettiin rakennuksien XKV037 ja XKV167 lämmitysenergian tuotettavan jatkossa sähkökattiloilla, jolloin kaukolämpöverkossa tapahtuvat lämpöhäviöt voidaan poistaa sulkemalla kaukolämpölinjat rakennuksiin. Lämmitystapavertailusta saatiin suuri hyöty, kun pitkien välimatkojen seurauksena putkistossa syntyviä lämpöhäviöitä pystyttiin poistamaan lämmitystapamuutoksella. Lämmitystarpeen vähentymisestä johtuen sopimustehon suuruutta voidaan vähentää. Tehtyjen laskelmien mukaan vuosittainen säästö muutosehdotusten jälkeen on 20 405 euroa ja lämmitysenergian vähentyminen 257 MWh.</p>		
Asiasanat		
Kaukolämmitys, energiakatselmuks, putkisto, lämpöhäviö		

Author (authors)	Degree	Time
Teemu Lassi	Bachelor of Engineering	May 2016
Thesis Title		
VR Group Kouvola District Heating Survey through Energy Audit		28 pages 7 pages of appendices
Commissioned by		
Kymenlaakso University of Applied Science		
Supervisor		
Hannu Sarvelainen, Senior Lecturer		
Abstract		
<p>The purpose of this thesis was to survey and examine the district heating system at VR Group Kouvola. The district heating system provide energy to heat seven different buildings in the area. In addition to examining the reduction of heat loss, the change of individual buildings' heat systems and the efficiency of the changes were also examined.</p>		
<p>VR Group Kouvola provided information about the district heating and electricity consumption, based on their calculations. The annual energy consumption was divided by building and the heat loss calculations were made for the different parts of the pipelines. Due to the reduced need for heating energy, new calculations for the agreement power and water flow were made.</p>		
<p>This thesis proposes that the heating energy for buildings XKV037 and XKV167 be produced by electric boilers. The heat loss of the district heating system could be reduced by closing the heating pipelines of these buildings. The comparison of the heating systems provided a considerable advantage, since changing the heating method allowed the heat loss caused by the long distanced piping to be reduced. The annual savings after the changes are 20,-405 euros, with heating energy decreasing by 257 MWh.</p>		
Keywords		
District heating, energy audit, pipeline, heat loss		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	VR GROUP KOUVOLA	6
3	KAUKO- JA ALUELÄMMITYS	7
3.1	Lämmöntuotanto.....	8
3.2	Hiilidioksidipäästöt kaukolämmön tuotannossa	8
3.3	Kaukolämmön jakelu	8
3.3.1	Kaukolämpöverkosto.....	9
3.3.2	Lämpöhäviöt putkistoissa	9
3.3.3	Pumppaus	10
3.3.4	Lämmönjakokeskus	10
4	ENERGIAKATSELMUS.....	11
5	KOHTEEN LÄMPÖENERGIAN KÄYTÖN NYKYTILA JA ENERGIATALOUS.....	11
5.1	Lämmöntarve ja kulutus.....	12
5.2	Lämmönjakokeskus	13
5.3	Putkisto.....	13
5.4	Hyöty- ja häviöteho	14
5.5	Sopimusteho ja -vesivirta.....	15
5.6	Lämmitysenergian kuluminen ulkolämpötilan suhteen.....	17
6	TOIMENPIDE-EHDOTUKSET JA SÄÄSTÖPOTENTIAALI.....	18
6.1	Lämmitys	19
6.2	Sopimusteho ja -vesivirta.....	19
6.3	Lämmitystapamuutosten kannattavuus	21
6.4	CO ₂ -päästöt	24
7	YHTEENVETO	25
	LÄHTEET.....	27

LIITTEET

Liite 1. Alueen rakennustiedot taulukossa

Liite 2. Lämmönjakokeskuksen tekninen erittely

Liite 3. Alueen lähtötiedot energian kulutuksessa

Liite 4. Hyötytehojen jakautuminen eri rakennuksien välille

Liite 5. Ulkolämpötilan pysyvyysarvot

Liite 6. Kaukolämmön hintatiedot

Liite 7. Tehojen jakautuminen eri putkiosuuksille

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä perehdytään kaukolämpöenergian lämpöhäviöihin ja niiden mahdollisiin vähentämisiin VR Group Kouvolan varikolla. Näiden lisäksi opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella kohteen kaukolämmön sopimustehon ja -vesivirran suuruuden oikeellisuutta sekä mahdollisia säästöpotentiaaleja lämmitysenergian käytössä. Opinnäytetyö on tehty osana VR Group Kouvolan varikkoalueen energiakatselmusta, joka on tehty Ecool-hankkeeseen.

Kymenlaakson ammattikorkeakoulun hallinnoimassa Ecool-hankkeessa on tarkoitus luoda vaativiin kohteisiin ohjeistus- ja toimintamalli energiatehokkuuden lisäämiseksi. Yhdessä Mikkelin ammattikorkeakoulun kanssa toteutettavan hankkeen toteutusaika on 1.10.2015–30.9.2018. (KyAMK.)

Opinnäytetyössä käytettävät lähtötiedot on saatu VR Group Kouvolan varikon tietokannasta. Kaukolämmön teoriatieto on hankittu internetistä ja kirjallisuudesta. Työssä on käytetty Excel-taulukointiohjelmaa laskujen ja taulukoiden tekemiseen, mutta laskujen kaavat on esitetty itse työssä.

2 VR GROUP KOUVOLA

VR Group Kouvolan varikkoalue koostuu 7 rakennuksesta (kuva 1). Rakennusten kerrosala on 19 000m² ja rakennustilavuus on 77 000 m³ (liite 1). Rakennusten lämmitys hoidetaan aluelämmitysjärjestelmänä, johon lämpö jaetaan yhden lämpökeskuksen kautta. Kaukolämmön alueelle toimittaa KSS Lämpö Oy.

Alueen seitsemästä rakennuksesta on tällä hetkellä tyhjiään ja käyttämättä lepohuonerakennus XKV037, jossa on ainoastaan peruslämpö. Rakennukset XKV168, XKV173 ja XKV177 toimivat korjaus- ja huoltotiloina. Sähkö- ja dieselveturien korjausten lisäksi XKV173 ja XKV177 rakennuksissa on toimisto- ja taukotiloja. Varikon rakennuksissa XKV167 ja XKV039 on toimisto- ja taukotiloja ja lisäksi XKV039 rakennuksessa on lepohuoneita.



Kuva 1. Kouvolan varikon rakennukset (Google Maps.)

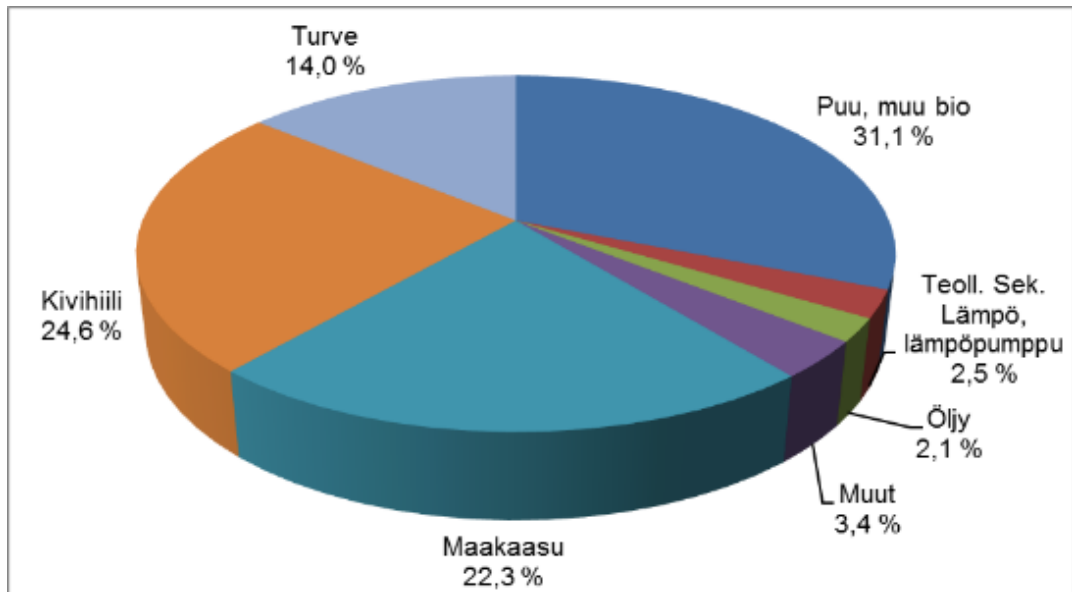
3 KAUKO- JA ALUELÄMMITYS

Kaukolämmityksellä tarkoitetaan keskitettyä lämmöntuotantoa, jossa lämpö jaetaan kaukolämpöverkon avulla asiakkaille. Kaukolämmitystä käytetään laajojen alueiden kuten taajamien ja kaupunkien lämmöntuotanto ja jakelujärjestelminä. Voimalaitoksissa tai lämpökeskuksissa tuotettu kuuma kiertovesi siirretään asiakkaille lämmönsiirtimien avulla. Kaukolämpöverkostossa pumpatun kiertoveden lämpöenergia siirtyy asiakkaan oman lämmitysjärjestelmän kiertoveteen tai lämpimään käyttöveteen lämpökeskuksessa. Suurimmat edut kaukolämmityksessä ovat toimitusvarmuus, ympäristöystävällisyys ja energiatehokkuus. Toimitusvarmuus on korkealla tasolla suomalaisessa kaukolämmityksessä, jonka tilastollisia keskiarvoja on 1,5–2 tunnin keskeytymiset toimituksessa asiakasta kohden vuodessa. Näistä noin puolet ovat tuotantolaitosten ja verkostovaurioiden aiheuttamia. Verkostovaurioita on 0,07–0,08 vahinkoa verkostokilometriä kohden. Suomessa vuonna 2014 tuotettiin 34,5 TWh kaukolämpöä, josta 25,6 TWh oli tuotettu yhdistetyssä lämmön- ja sähköntuotantolaitoksessa (CHP). Suomen väestöstä 46 % asuu kaukolämmitetyissä kiinteistöissä, mikä kattaa noin 2,7 miljoonaa ihmistä. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 11–12.)

Aluelämmityksen toimintaperiaate on samanlainen kuin kaukolämmityksellä. Pienimuotoisempaan toimintaan aluelämmitys tapahtuu yhden lämmönjakokeskuksen avulla useampaan rakennukseen tai pienelle alueelle, johon ei liity liiketoimintaa. (Energiateollisuus ry 2006, 25.)

3.1 Lämmöntuotanto

Kaukolämpöä tuotetaan yhdistetyissä lämmön- ja sähköntuotantolaitoksissa sekä lämpökeskuksissa pelkkänä lämpönä. Läpi vuoden huoltoseisokkeja lukuun ottamatta käyvät yhteistuotantolaitokset tuottavat noin 75 % kaikesta kaukolämmöstä. Kaukolämmön tuotannon polttoaineena käytetään pääasiassa puuta, kivihiiltä, turvetta ja maakaasua (kuva 2). (Energiateollisuus ry. a.)



Kuva 2. Kaukolämmön tuotannossa käytetyn polttoaineiden osuudet vuonna 2014 (Energiateollisuus ry. a.).

3.2 Hiilidioksidipäästöt kaukolämmön tuotannossa

Hiilidioksidipäästöjä syntyy kaukolämmön tuotannossa. CO₂-päästöjen määrään vaikuttaa lämmön tuotannossa käytettävän polttoaineen lisäksi se, onko lämpö tuotettu yhteistuotannon (CHP) vai pelkästään lämmön tuotantolaitoksissa. Yhteistuotannolla on päästöjä vähentävä vaikutus, koska samalla polttoainemäärällä saadaan aikaiseksi lämmön lisäksi sähköä. CO₂-päästöjä voidaan vähentää myös käyttämällä uusiutuvia polttoaineita, kuten biopolttoaineita, puuta ja biokaasua. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 15.)

3.3 Kaukolämmön jakelu

Lämmön jakelu tapahtuu kaksiputkisen kaukolämpöverkoston avulla, jossa on meno- ja paluuputki. Kaukolämpöä siirretään kuumana vetenä, jonka lämpötila

vaihtelee Suomessa 65 – 115 °C. Paluuputkessa veden lämpötila on noin 40 – 60 °C. (Energiateollisuus ry. b.) Kaukolämpöjärjestelmän suuresta putkimäärästä ja sen rakennuskustannuksista johtuen kaukolämpöverkosto on sen kalkein osa. Kaukolämmityksen kannattavuuden ratkaisevassa asemassa onkin verkoston kestävyys. Verkoston tulisi kestää käyttökuntoisena 30–50 vuotta, mutta Suomessa ne kestävät parhaimmillaan jopa 70–100 vuotta. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 50.)

3.3.1 Kaukolämpöverkosto

Kaukolämpöverkoston kuuluu kolmea erilaista johtoa: runkojohdot, siirtojohdot sekä talojohdot. Siirtojohdoilla tarkoitetaan johtoja, jotka yhdistävät lämmöntuotantolaitokset runkojohtoihin. Runkojohdot puolestaan hoitavat veden siirron talojohdoin. Talojohdot liitetään asiakkaan verkostoon. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 51.) Lämpöenergian siirrettyä lämmönsiirtimien avulla asiakkaalle palaa jäähtynyt kiertovesi takaisin tuotantolaitokseen. Verkostoissa kiertävä vesi on värjätty ja käsitelty, jolla estetään mekaanisten epäpuhtauksien syntyä. Käsitelyllä poistetaan myös happi sekä estetään putken sisäpuolinen korroosio. Veden värjäyksellä mahdollistetaan vuotojen paikantaminen. Tehokkaasti lämpöeristetyt johdot asennetaan 0,5–1 metrin syvyyteen. Jakeluverkoston lämpöhäviöihin kuluu 8–9 prosenttia energiaa. Isojen kaupunkien verkoissa lämpöhäviöitä on 5–8 prosenttia, kun taas pienten taajamien verkoissa 10–15 prosenttia. (Energiateollisuus ry 2013.)

Kaukolämpöverkkoa mitoittaessa on otettava huomioon, että paine-eron on oltava vähintään 60 kPa (0,6 bar). Paine-eron lisäksi mitoittamiseen vaikuttavia tekijöitä ovat rakennusten ominaistehontarve, sopimusvesivirta, painehäviö sekä meno- ja paluueden lämpötilaero. Tarvittava lämpöteho tiedetään, joten pyritään saamaan veden lämpötilaero eli jäähdytys mahdollisimman suureksi virtauksen ja putkikoon pienentämiseksi. (Energiateollisuus ry. b.)

3.3.2 Lämpöhäviöt putkistoissa

Lämpöhäviöt muodostuvat kun kaukolämpöputkesta lämpöä johtuu putken ulkopuolelle, koska lämmön siirtyminen on suoraan verrannollinen lämpötila-

eroon. Maan alle asennetuissa putkissa johtuminen tapahtuu maaperään ja siitä edelleen ympäristöön. Tällöin osa menoputkessa olevasta lämmöstä siirtyy myös paluuputkeen. Verkossa olevan kiertoveden lämpötilaa tulee säätää ulkolämpötilan mukaan. Suurissa verkoissa lämpöhäviöiden osuus on noin 4–10 %, joissa keskimääräinen putkikoko on DN150. Pienemmissä verkoissa se on 10–20 % keskimääräisen putkikoon ollessa DN50. Pienissä putkissa suurempi vaippapinta-ala verrattuna siirtokykyyn aiheuttaa suuremmat lämpöhäviöt. Taulukosta 1. nähdään tyypillisiä lämpöhäviöitä kiinnivaahdotetusta kaukolämpökanavista. (Energiateollisuus ry 2006, 203, 208, 209.)

Taulukko 1. Kiinnivaahdotetun kaukolämpökanavan lämpöhäviöt (Energiateollisuus ry 2006, 208).

DN	Putken Ulkohalkaisija [mm]	Eristeen ulkohalkaisija [mm]	Putkien välinen etäisyys [mm]	Lämpöhäviö [W/m]
25	33,7	118,1	275	22,84
40	48,3	133,1	290	27,88
50	60,3	153,1	310	30,24
65	76,1	174,1	330	33,66
80	88,9	192,3	350	36,18
100	114,3	240,3	400	37,76
125	139,7	269,1	430	42,51
150	168,3	302,7	465	47,23
200	219,1	384,1	600	49,91
250	273,0	446,0	650	56,81

3.3.3 Pumppaus

Kaukolämmitysjärjestelmässä yleisesti käytettyjä ovat keskipakopumput, jotka valitaan nostokorkeuden ja tarvittavan virtaaman avulla. Verkoston paine-eron ja virtaaman mittaustietoja käytetään pumppujen ohjaukseen. Ohjausta suoritetaan taajuusmuuttajilla, joilla säädetään sopiva kierrosnopeus tarvittavan paine-eron ja virtaaman mukaisesti ja sähköenergian kulutuksen minimoimiseksi. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 44.)

3.3.4 Lämmönjakokeskus

Suomessa kaukolämpöasiakkaalla tulee olla lämmönjakokeskus, jolla asiakas yhdistetään kaukolämpöverkkoon. Lämmöntuotantolaitos säätää menoveden lämpötilan. Asiakkaan laitteiston kytkennällä ja säädöllä pyritään säätämään paluueden lämpötila siten, että järjestelmästä saadaan mahdollisimman ta-

loudellinen sekä teknisesti kaikissa olosuhteissa toimiva. Lämmönjakokeskuk-
sen rakenne koostuu lämmönsiirtimistä, pumpuista ja erilaisista säätölaitteista.
(Mäkelä & Tuunanen 2015, 65.)

4 ENERGIAKATSELMUS

Energiakatselmuksen tarkoitus on analysoida ja esittää parannuksia kohteen
energiankäytön saamiseksi taloudellisemmaksi. Nykymuotonsa energiakat-
selmustoiminta Suomessa on saanut vuonna 1992. Lainsäädäntöä ei ole ollut
ennen 2015 alussa voimaan tullutta energiatehokkuuslakia, jota ennen ener-
giakatselmuksen olivat osa vapaaehtoista energiatehokkuussopimusten järjes-
telmää. Vapaaehtoinen energiakatselmuksentoiminta jatkuu samankaltaisena
pienillä ja keskisuurilla yrityksillä, mutta suuria yrityksiä koskee pakollinen
energiatehokkuuslaki. (Energiavirasto. 2016.)

5 KOHTEEN LÄMPÖENERGIAN KÄYTÖN NYKYTILA JA ENERGIATALOUS

Ominaislämpöteho vanhoissa rakennuksissa on noin 25–35 W/m³. Vuotuisen
energian määrä voidaan vastaavasti määrittää lämpöindeksin mukaan, joka
on vanhoissa rakennuksissa 50–70 kWh/m³. (Energiateollisuus ry 2006, 153–
154.) Kouvolan varikon kaukolämpöä käytetään patteriverkostoon, ilmanvaihtoon
ja lämpimään käyttöveteen. Kaukolämmönmittaus tapahtuu yhdestä mit-
tauspisteestä lämmönjakokeskuksessa. Tarkasteltaessa vuotta 2015 (tauluk-
ko 2.) varikon kaukolämmön normeerattu kulutus oli 2 564,60 MWh. Ominais-
kulutus oli samana vuonna 33,3 kW/m³. Liikenteen rakennuksissa lämpöener-
gian mediaani ominaiskulutus vuosina 2009–2014 oli 44,0kW/m³ (Motiva).

Taulukko 2. Tilavuuteen perustuva rakennuskohtainen lämmönkulutus.

Rakennus	Rakennustunnus	Tilavuus m ³	2013	2014	2015	
Lepohuonerakennus	XKV037	2590	95	86	87	MWh
Varikon huoltorakennus	XKV039	9220	337	306	310	MWh
Varikon toimisto	XKV167	1530	56	51	51	MWh
Vanhatalli	XKV168	16550	605	549	556	MWh
Korjauspaja vesitorni	XKV172	2180	80	72	73	MWh
Keskitalli	XKV173	26190	957	868	879	MWh
Uusitalli	XKV177	18132	663	601	609	MWh
Yhteensä		76392	2792	2533	2565	MWh

5.1 Lämmöntarve ja kulutus

Energia kuluu lämmitykseen, ilmanvaihtoon ja veden lämmitykseen käytettävän tehon ylläpitoon tietyn ajanjakson aikana. Teho varmistaa, että asiakkaalle voidaan tuottaa kullakin hetkellä riittävät lämpötilat lämmitykseen, ilmanvaihtoon ja lämpimään käyttövedeen. (Energiateollisuus ry 2006, 51.)

Käyttöveden kokonaiskulutus varikko alueella vuonna 2015 oli 1 295,7 m³, josta lämpimän käyttöveden osuus oli 388,7 m³. Lämpimän veden osuus kokonaiskulutuksesta on 30 % (Motiva 2015). Veden lämmitykseen kuluva energia voidaan laskea kaavalla (1).

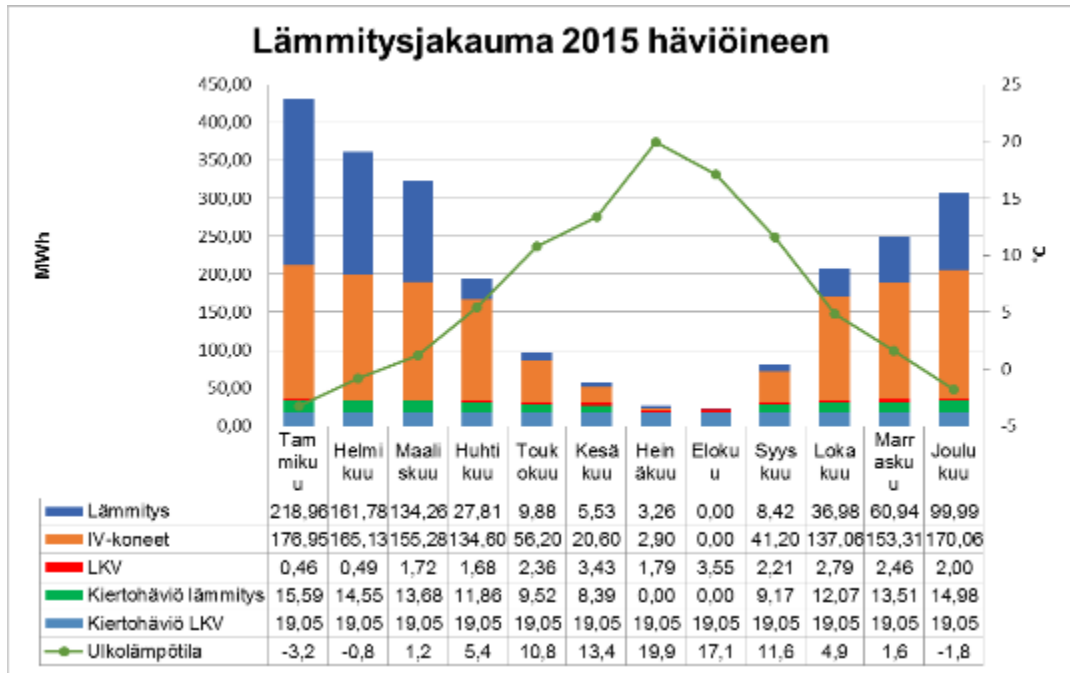
$$Q = \frac{\rho \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1)}{3\,600 \text{ kJ/kWh}} \quad (1)$$

jossa	Q	lämmityksen ominaisenergia	[kWh/m ³]
	ρ	veden tiheys	[kg/m ³]
	c_p	veden ominaislämpökapasiteetti	[kJ/kg°C]
	T_2	lämmitetyn veden lämpötila	[°C]
	T_1	lämmitettävän veden lämpötila	[°C]
	3 600	yksikön muunnos kerroin	[kJ/kWh]

Kaavaa käyttämällä veden lämmitykseen kului 64,17 kWh/m³ energiaa.

$$Q = \frac{1\,000 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot (60 - 5)^\circ\text{C}}{3\,600 \text{ kJ/kWh}} = 64,17 \text{ kWh/m}^3$$

Tämä kerrottuna lämpimän veden kulutuksella lämmitysenergiaa kului veden lämmittämiseen 24,94 MWh, joka on 1 % energian kokonaiskulutuksesta. Rakennusten lämmitykseen kulutettu energia oli 784,40 MWh, joka on 30,7 % koko vuoden osalta, kun taas ilmanvaihtoon kului energiaa 1 399,70 MWh, jonka osuus kokonaiskulutuksesta oli 54,6 % (kuva 3).



Kuva 3. Lämmitysjaakauma kohteittain.

5.2 Lämmönjakokeskus

Lämmönjakokeskus sijaitsee Kouvolan varikkoalueen rakennuksessa XKV172. Lämpökeskus koostuu neljästä lämmönvaihtimesta, kolmesta pumpusta, kahdesta paisuntasäiliöstä sekä lämpökeskuksen säätölaitteista (liite 2). Lämpökeskuksella jaetaan kaukolämpöverkosta tuleva lämpöenergia lämmönsiirtimien avulla ilmanvaihtoon, lämpimään käyttöveteen ja patteriverkostoon, joilla kaikilla on oma suljettu kiertovesiputkisto. Ilmanvaihdon ja patteriverkoston lämmityskierto on mahdollista sulkea silloin, kun lämmitykselle ei ole tarvetta. Lämpökeskuksessa on kolme pumppua, joilla kiertovesi pumpataan kuhunkin järjestelmään. Patteriverkoston lämmönsiirto kaukolämpöverkosta tapahtuu yhdellä 300 kW:n lämmönsiirtimellä. Ilmanvaihdon lämmönsiirto tapahtuu yhdellä 2600 kW:n lämmönsiirtimellä. Lämpimän käyttöveden lämmönsiirto tapahtuu kahdella lämmönsiirtimellä, joiden yhteisteho on 500kW.

5.3 Putkisto

Tässä opinnäytetyössä käytettävät putkilinjat ovat teoreettisia ja perustuvat parhaaseen mahdolliseen arvioon, koska putkipiirustuksia ei ollut saatavilla töitä varten. Putkilinjat kuljettavat lämpöenergiaa lämmitykseen, ilmanvaihtoon ja käyttöveteen lämmitykseen.

toon ja lämpimään käyttövedeen. Putkistoista johtuvat lämpöhäviöt olivat vuonna 2015 yhteensä 351,91 MWh vuodessa, joka on 13,7 % lämpöenergian kokonaiskulutuksesta (Kuva 3).

Kouvolan varikon putkiosuudet jaetaan kolmeen ryhmään putkien lähtösuunnan mukaan lämmönjakokeskukselta katsottuna (kuva 4). Putkilinjat A, A2, C ja D lähtevät länteen lämmönjakokeskukselta. Putkilinjat B ja F lähtevät lämmönjakokeskukselta itään ja linja E etelään. Länteen lähtevien putkien alueella kuuluvat rakennukset XKV167, XKV168 ja XKV037. Rakennukset XKV173 ja XKV177 kuuluvat itään lähtevään ryhmään. Rakennus XKV039 on ainoa etelän suunnassa oleva rakennus. Putkilinjoista C, D, E ja F kulkevat maan alla, joten näistä putkista syntyy lämpöhäviöitä. Putkilinjat A, A2 ja B kulkevat rakennusten sisällä.

Rakennusten sisällä kulkevista putkista syntyvät lämpöhäviöt tuottavat lämpöä rakennuksiin. Erityisesti keväällä ja syksyllä auringon lämmittäessä rakennuksia tulee rakennuksiin ylimääräistä lämpöä, jolloin osa lämpöhäviöistä menee hukkaan. (Ympäristöministeriö 2011, 17.)



Kuva 4. Varikkoalueen putkilinjat nimettyinä (Google Maps.)

5.4 Hyöty- ja häviöteho

Kaukolämpöputkistossa merkittävimmät muuttujat ovat kaukolämpöveden jäähtymä eli lämpötilaero meno- ja paluuputkessa, kaukolämpöteho ja vesivirta (Mäkelä & Tuunanen 2015 52). Vuodenaikojen vaikutus lämmöntarpeeseen on voimakasta ulkolämpötilojen vaihtelun takia. Talvella keskilämpötilan ollessa $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämmöntarve on luokkaa 50 % liittymistehosta. Kesällä lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluu noin 10 % liittymistehosta. (Energiateollisuus ry 2006, 41.)

Hyöty- ja häviöteho on laskettu teoreettisen lämmönjakauman perusteella saaduista arvoista (liite 3). Häviötehoa kuluu lämpimän käyttöveden ja lämmityksen putkiston lämpöhäviöihin. Hyötytehoa kuluu ilmanvaihtoon, lämmitykseen ja lämpimään käyttöveteen. Taulukosta 3 voi nähdä kuukausikohtaisen keskihyöty- ja keskihäviötehon määrän. Suurimmat keskihyötytehot tulevat ilmanvaihdon ja lämmityksen osalta, joiden rakennuskohtaisen määrän voi katsoa liitteestä 4.

Taulukko 3. Keskihyöty- ja keskihäviötehot kuukausitasolla vuonna 2015.

2015	Päivät	Häviöteho LKV [kW]	Häviöteho lämmitys [kW]	LKV Teho [kW]	IV Teho [kW]	Lämmitys teho [kW]
Tammikuu	31	25,60	20,95	0,61	237,84	294,30
Helmikuu	28	28,35	21,65	0,72	245,73	240,75
Maaliskuu	31	25,60	18,39	2,32	208,71	180,46
Huhtikuu	30	26,46	16,47	2,33	186,95	38,62
Toukokuu	31	25,60	12,79	3,17	75,54	13,27
Kesäkuu	30	26,46	11,65	4,76	28,61	7,68
Heinäkuu	31	25,60	0,00	2,41	3,90	4,38
Elokuu	31	25,60	0,00	4,77	0,00	0,00
Syyskuu	30	26,46	12,73	3,07	57,22	11,69
Lokakuu	31	25,60	16,23	3,75	184,23	49,70
Marraskuu	30	26,46	18,76	3,42	212,94	84,63
Joulukuu	31	25,60	20,14	2,69	228,57	134,40

5.5 Sopimusteho ja -vesivirta

Kaukolämpölasku määräytyy mitatun energian mukaan energiamaksusta sekä sopimusvesivirtaan tai sopimustehoon perustuvasta tehomaksusta. Sopimusteholla ja sopimusvesivirralla tarkoitetaan liittymisvaiheessa asiakkaalle varattua tuntista lämpötehoa sekä sopimustehoa vastaavaa kaukolämpöveden virtausta. Rakennuksilla on eroavat tarpeet ja niitä käytetään eri tavalla, joten yksilöllinen tehontarve tulisi määrittää vastaamaan mahdollisimman todellisia arvoja. (Energiateollisuus ry 2014, 1–2.)

Sopimustehon ja -vesivirran määrittelyn perusteena käytetään uudistuotannossa LVI-suunnittelijan tekemiä laskelmia. Vanhoissa rakennuksissa perusteena tulisi käyttää mitattua tietoa. Vanhojen lämmityslaitteiden kilpiarvoja ei tulisi käyttää, koska ne voivat olla ylimitoitettuja. Sopimustehon määrittämisessä tuntinen lämpöteho tulee vastaamaan kyseisen paikkakunnan mitoituslämpötilaa. Sopimusvesivirta voidaan laskea sopimustehon avulla kaavalla 2. (Energiateollisuus ry 2014, 4–5.)

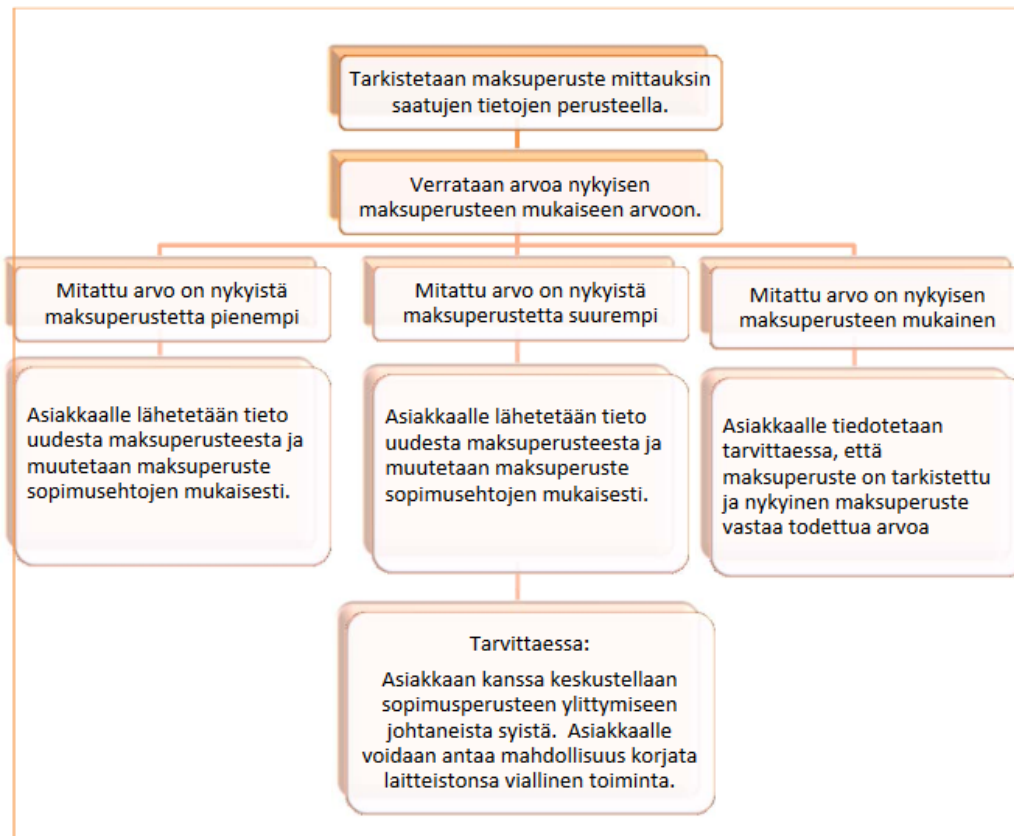
$$q_v = \frac{\phi}{c_p \cdot \rho \cdot \Delta T} \quad (2)$$

jossa	q_v	sopimusvesivirta	[m ³ /s]
	ϕ	sopimusteho	[kW]
	ρ	veden tiheys	[kg/m ³]
	c_p	veden ominaislämpökapasiteetti	[kJ/kg°C]
	ΔT	lämpötilaero tulo- ja paluuputkessa	[°C]

$$q_v = \frac{2\,300\text{ kW}}{4,2\text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot 1\,000\text{ kg/m}^3 \cdot 50^\circ\text{C}} = 0,010952\text{ m}^3/\text{s}$$

Sopimusvesivirraksi tulee 0,10952 m³/s, joka on 39,43 m³/h. Kaukolämmön sopimusteho Kouvolan varikolle on 2 300 kW ja sopimusvesivirta 40,00 m³/h.

Tehomaksut tulisi tarkistaa mitattuun tehon- tai energiankäyttöön perustuen, koska eri rakennusten ja asiakkaiden energian käyttäminen vaihtelee käytöstä ja ajasta riippuen. Tehomaksuperusteiden tarkistaminen tulisi tehdä avoimesti ja yhteistyössä kaukolämpöyrittäjien kanssa. Tarkistuksen tarve tulee joko lämmön tuottajalta tai asiakkaalta, jos he havaitsevat sille tarvetta. Tarkistusprosessissa (kuva 5) asiakas tilaa kirjallisesti pyynnön tarkastukseen, jossa on mukana kuvaus mahdollisista muutoksista, jotka vaikuttavat sopimustehon tai vesivirran uudelleen arviointiin. Tarkistamista tehdään lämmityslaitteiden uusimisen tai lämmitystarpeiden muuttuessa. Asiakkaalta tai lämmöntuottajalta tuleva tarkastuspyyntö takaa asiakkaiden tasavertainen kohtelun sopimuste-hoissa. (Energiateollisuus ry 2014, 6–8.)



Kuva 5. Prosessi sopimustehon tai -vesivirran tarkastamista varten (Energiateollisuus ry 2014, 8.)

Sopimusteho ja -vesivirta voidaan tarkistaa seuraavilla menetelmillä:

- Tuntiluentatietoihin perustuvat menetelmät
- Mittarin huippuarvoihin perustuvat menetelmät
- Erilaisiin mittalaitteisiin perustuvat menetelmät
- Laskutusmittaukseen perustuvat menetelmät

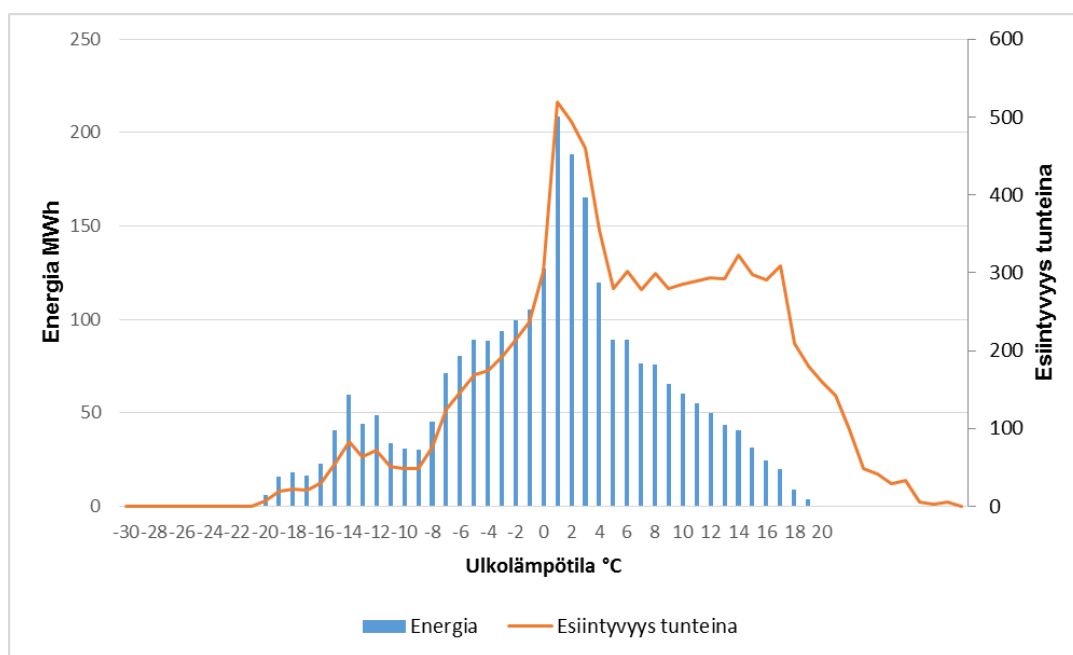
(Energiateollisuus ry 2014, 10)

5.6 Lämmitysenergian kuluminen ulkolämpötilan suhteen

Energiankulutuksen laskennassa käytetään alueellista jakoa, jossa Suomi on jaettu neljään alueeseen. Kouvola kuuluu alueeseen kaksi. Mitoitusulkolämpötila energian laskennassa on alueella kaksi $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$. Liitteessä 5 on lämpötilan pysyvyyssarvot, jossa nähdään ulkolämpötilojen esiintymistiheys. (Ilmatieteenlaitos 2011, 13,38)

Kuvassa 6 Kouvolan varikolla vuonna 2015 kulutettu lämpöenergia on asetettu lämpötilan pysyvyyssarvojen suhteen. Tästä saadaan tietoa siitä, kuinka pal-

jon energiaa on kulutettu tietyllä ulkolämpötilalla ja kuinka monta tuntia se lämpötila on esiintynyt vuoden aikana. Ulkolämpötila on alle -10 asteen vain 474 tuntia koko vuoden aikana eli noin 5 % vuoden tunteista. Ulkolämpötilan pysyvyysarvojen perusteella voidaan päätellä suurimman energiankulutuksen kohdistuvan ulkolämpötiloille -2 ja +8 asteen välille lämpötilan esiintyvyyden huomioon otettuna.



Kuva 6. Lämmitysenergian kuluminen lämpötilan suhteen vuonna 2015.

6 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET JA SÄÄSTÖPOTENTIALI

Toimenpide-ehdotukset perustuvat laskelmiin, jotka ovat tehty vuoden 2015 kulutustietojen perusteella. Ehdotuksissa esiintyviin hankintoihin ei ole kysytty tarjouspyyntöjä vaan ne on tehty listahintojen perusteella. Sähkökattiloiden asentamisesta johtuva sähköliittymän mahdollinen hinnannousu ei ole huomioitu laskuissa. Tämän lisäksi ehdotuksissa ei ole huomioitu työn osuutta mahdollisissa korjaus- tai muutostöissä. Kaukolämmön hintatiedot on laskettu liitteen 6 perusteella. Sähkön hintatiedot on saatu toteutuneiden sähkölaskujen perusteella VR Group Kouvolan lähtötiedoista. Tarkastelussa ei ole huomioitu lämpimän käyttöveden lämmittämisestä saatavaa mahdollista säästöä, koska rakennuksien XKV167 ja XKV037 käyttö on vähäistä eikä veden kulutustietoja ole järkevää arvioida.

6.1 Lämmitys

Lämmityksen osalta tarkastelu on tehty lämmitysputkiston ja lämpimän käyttövesiputkiston sulkemisella. Korvaavaksi lämmitystavaksi on valikoitu sähkölämmitys sen helpon ja halvan asennuksen takia. Tarkastelu on tehty putkilinjoihin (kuva 3) C, D ja E, joissa lämmitysenergia kulkee rakennuksiin XKV167, XKV037 ja XKV039.

Taulukossa 4 on laskettu kustannukset hyöty- ja häviöenergia kulutukselle, jotka on laskettu liitteestä 7 saaduista tiedoista. Rakennus XKV167 hyötyenergian määrä on 44 316 kWh vuodessa. Samaan rakennukseen vievästä putkilinjasta C aiheutuu lämpöhäviöitä vuodessa 30 601 kWh. Putkilinjan D lämpöhäviöt ovat vuodessa 107 102 kWh vuodessa. Linjan D päässä oleva rakennus XKV037 kuluttaa vuoden aikana hyötyenergiaa 75 019 kWh. Putkilinjassa E aiheutuu lämpöhäviöitä vuoden aikana 61 201 kWh. Tämä putkilinja kuljettaa energiaa rakennukselle XKV039, jonka lämmitysenergian tarve vuodessa on 267 057 kWh.

Taulukko 4. Tarkasteltavien rakennusten lähtötiedot.

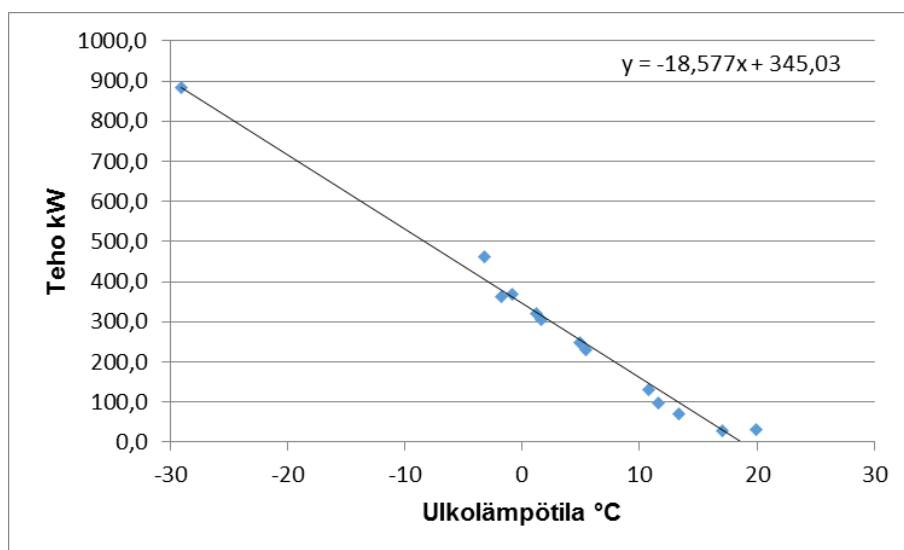
Rakennus	Putkilinja	Tilavuus [m ³]	Rak. lämmöntarve [kWh/a]	Putkiston häviöt [kWh/a]	Hyötyenergia [€/a]	Häviöt [€/a]
XKV167	C	1530	44316	30601	2677	1848
XKV037	D	2590	75019	107102	4531	6469
XKV039	E	9220	267057	61201	16130	3697
Kaukolämmön hinta		0,0604	€/kWh			

6.2 Sopimusteho ja -vesivirta

Sopimustehon ja -vesivirran laskentaan on käytetty kulutetun energian ja mitoitussulkolämpötilan suhdetta (Energiateollisuus ry 2014, 17). Toteutuneiden kulutusten ja kuukauden keskilämpötilojen suhteesta syntyy regressiosuora (kuva 7), jonka avulla voidaan määrittää mitoitussulkolämpötilaa vastaava sopimusteho. Taulukossa 5 on laskettu uusi kuukausikulutusta vastaava sopimusteho 884 kW, jossa on huomioitu lämmitystapamuutoksista saatu säästö lämpöenergian kulutuksessa. Kuukausikohtaiset kulutukset on alennettu uuden kokonaiskulutuksen suhteessa joka kuukaudelle.

Taulukko 5. Kuukausikulutukseen perustuva sopimusteho.

VR-Group Kouvolan varikko			
Paikkakunnan mitoitusulkolämpötila			-29 °C
Rakennuksien lämmitettävä tilavuus			77000 m ³
Mitattu lämmönkäyttö			
Vuosi	2013	2014	2015
MWh	2488	2316	2187
	Uusi kulutus MWh	Laskettu tuntinen keskiteho kW	Kuukauden keskilämpötila °C
Tammikuu	342,50	460,4	-3,2
Helmikuu	246,60	367,0	-0,8
Maaliskuu	237,78	319,6	1,2
Huhtikuu	166,31	231,0	5,4
Toukokuu	97,32	130,8	10,8
Kesäkuu	50,38	70,0	13,4
Heinäkuu	24,09	32,4	19,9
Elokuu	20,91	28,1	17,1
Syyskuu	70,63	98,1	11,6
Lokakuu	183,48	246,6	4,9
Marraskuu	219,93	305,5	1,6
Joulukuu	270,05	363,0	-1,8
	1930	884	-29
Nykyinen laskutusteho		2300 kW	
Uusi laskutusteho		884 kW	
Ominaisteho		11,5 kW/m ³	
Ominaisteho = laskutusteho/tilavuus*1000			



Kuva 7. Regressiosuora ulkolämpötilan ja tehon suhteen.

Regressiosuoran avulla saadulla huipputeholla voidaan määrittää huipunkäyttöaika kaavalla 3.

$$t_h = \frac{Q_a}{\phi_h} \quad (3)$$

jossa	t_h	huipunkäyttöaika	[h]
	Q_a	Vuotuinen energia määrä	[kWh]
	ϕ_h	huipputeho	[kW]

$$\frac{2\,187\,000\text{ kWh}}{884\text{ kW}} = 2475\text{ h}$$

Muutosehdotusten jälkeen vuotuinen kaukolämmön energiatarve on 1 930 MWh vuodessa. Sopimustehon muuttaminen näiden ehdotusten jälkeen antaa uudeksi arvoksi 884 kW.

Uuden sopimustehon mukainen sopimusvesivirta lasketaan kaavalla 2.

$$q_v = \frac{884\text{ kW}}{4,2\text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot 1\,000\text{ kg/m}^3 \cdot 50^\circ\text{C}} = 0,00421\text{ m}^3/\text{s}$$

Uusi kaukolämmön sopimusvesivirta on 15,15 m³/h, joka voidaan pyöristää 16 m³/h. Liitteen 6 mukaan laskettu kaukolämmön tehomaksu vuodelta 2015 oli 28 936 €. Ehdotettujen muutosten jälkeen yhden vuoden tehomaksu on 14 320 €.

6.3 Lämmitystapamuutosten kannattavuus

Rakennus XKV039 lämmittäminen sähköllä ei ole kannattavaa suuren lämmitysenergiatarpeen vuoksi. Tämän hetkiselällä sähkön hinnalla rakennuksen

lämmittäminen sähkökattilalla tulisi kalliimmaksi kuin kaukolämmityksellä lämmittäminen. Rakennusten huipputeho on laskettu kaavalla 4.

$$\phi_h = \frac{Q_{r.a}}{t_h} \quad (4)$$

jossa	Φ_h	huipputeho	[kW]
	$Q_{r.a}$	rakennuksen vuotuinen energia	[kWh]
	t_h	huipunkäyttöaika	[h]

XKV167 huipputeho on 18 kW.

$$\frac{44\,316\text{kWh}}{2475\text{ h}} = 17,9\text{ kW}$$

Vuotuinen lämmöntarve rakennukselle XKV167 voitaisiin tuottaa 21kW sähkökattilalla. Sähkökattilan hankintahinta on 2 750 € (alv 0 %).

Rakennus XKV037 huipputeho on 30 kW.

$$\frac{75\,019\text{kWh}}{2\,475\text{ h}} = 30,3\text{ kW}$$

Rakennus XKV037 vuotuinen lämmöntarve olisi kannattavaa tuottaa 42 kW sähkökattilalla. Tällaisen kattilan hankintahinta on 4 780 € (alv 0 %). Molemmilla sähkökattilalla voitaisiin lämmittää myös käyttövesi.

Lämmitysenergian tuottaminen sähkökattilalla rakennuksessa XKV167 maksaa 3 616 euroa vuodessa, sähkön hinnan ollessa 81,59 €/MWh. Kaukolämmityksellä tuotettu lämpöenergia maksaa samaan rakennukseen 4 525 euroa vuodessa, jossa on mukana lämpöhäviöistä johtuvat kustannukset. Takasin-

maksuaika muutosehdotukselle ilman kaukolämmön tehomaksun alenemaa on vähän yli kolme vuotta, joka laskettu kaavalla 5.

$$TMA = \frac{\textit{investointi}}{\textit{säästö}} \quad (5)$$

jossa	<i>TMA</i>	Takaisinmaksuaika	[a]
	<i>investointi</i>	sähkökattilan hankintahinta	[€]
	<i>säästö</i>	kokonaissäästö	[€/a]

$$\frac{2\,750\ \text{€}}{909,2\ \text{€/a}} = 3,02\ a$$

Rakennus XKV037 lämmitysenergian tuottaminen sähkökattilalla maksaa vuodessa 6 120 euroa. Lämpöhäviöt mukaan laskettuna kaukolämmön hinta on 11 000 euroa vuodessa. Kaavalla 5 laskettu takaisinmaksuaika ilman tehomaksun alenemaa on yhden vuoden.

$$\frac{4\,780\ \text{€}}{4\,880\ \text{€/a}} = 0,98\ a$$

Kaukolämmön korvaaminen sähkökattiloilla rakennuksiin XKV167 ja XKV037 alentaisi kaukolämmön sopimustehon ja -vesivirran tarvetta. Näiden muutosehdotusten ja uuden sopimusvesivirran mukaisen tehomaksun mukana tuomat säästöt antaisivat takaisinmaksuajaksi vajaat viisi kuukautta.

$$\frac{7\,530\ \text{€}}{20\,405\ \text{€/a}} = 0,37\ a$$

Takaisinmaksuaikojen ollessa näin lyhyitä voidaan lämmitystapamuutoksen suorittamista suositella. Lämmitystapamuutoksen jälkeen vuosittainen kauko-

lämmön kulutus laskee 257 MWh vuodessa. Tämä tarkoittaa 15 525 euron vuosittaista säästöä kaukolämpölaskuissa. Uuden sopimustehon jälkeen vuosittainen säästö on yhteensä 30 141 euroa. Kun kokonaissäästöstä vähennetään sähkölämmityksen kustannus, saadaan säästökseen 20 405 euroa vuodessa.

$$30\,141\text{ €} - 81,59\text{ €/MWh} \cdot 119,335\text{MWh} = 20\,405\text{ €/a}$$

6.4 CO₂-päästöt

Kaukolämmön tuotannossa on käytössä päästökertoimet CO₂-päästöjen laskemiseksi. Päästökerroin määräytyy tuotantotavan mukaan. Yksittäisen kohteen päästöjen laskennassa käytetään keskimääräistä CO₂-päästökerrointa, joka on laskettu hyödynjakomenetelmällä. Kaukolämmön yhteistuotannossa päästökerroin on 183 kgCO₂/MWh. Hiilidioksidipäästöt voidaan laskea kertomalla vuotuinen kulutettu lämpöenergia CO₂-päästökertoimella. (Motiva Oy 2012)

CO₂-päästöjä syntyy Kouvolan varikon käyttämän lämpöenergian tuottamiseen vuoden 2015 osalta 469 395 kgCO₂.

$$2\,565\text{ MWh} \cdot 183\text{ kgCO}_2/\text{MWh} = 469\,395\text{ kgCO}_2/\text{a}$$

Ehdotettujen toimenpiteiden jälkeen hiilidioksidipäästöjä syntyisi vuodessa 47 031 kgCO₂ vähemmän.

$$257\text{ MWh} \cdot 183\text{ kgCO}_2/\text{MWh} = 47\,031\text{ kgCO}_2/\text{a}$$

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää aluelämmitysjärjestelmän lämmitysenergian käyttö ja kannattavuus VR Group Kouvolan varikolla. Tehtyjen laskelmien ja muutosehdotusten perusteella varikon alueella olisi mahdollista pienentää kaukolämmityksen kulutusta 257 MWh ja säästää 20 405 euroa vuodessa. Tämän lisäksi hiilidioksidipäästöt vähenisivät 47 031 kgCO₂ vuodessa. Näihin tuloksiin päästiin vaihtamalla kahden rakennuksen lämmitystapa kaukolämmityksestä sähkölämmitykseen. Kyseisiin rakennuksiin johtavat kaukolämpöputket aiheuttavat lämpöhäviötä, joten putkilinjojen sulkeminen vähentää lämmitysenergiatarvetta varikon alueella.

Työssä ehdotettiin sähkökattiloiden hankintaa kahdelle rakennukselle, jotta aluelämmityksen lämpöhäviötä pystyttäisiin vähentämään ja säästämään kustannuksissa. Rakennuksien huipputehontarpeen perusteella asetettiin kattilan tehovaatimukset, jotta teho riittäisi lämmittämään kovalla pakkasella. Ulkolämpötilan pysyvyyssarvojen mukaan laadittua lämmitysenergian kulumista tarkasteltiin työssä. Pysyvyyssarvojen mukaan suurin energiatarve olisi välillä -8 ja +8 astetta. Kuvasta voidaan myös todeta, että esiintyvyys tunteina näillä ulkolämpötiloilla on suurta. Näiden arvojen perusteella kattiloiden huipputehontuotto ei välttämättä tarvitse olla sama kuin rakennuksen huipputehontarve, koska kovimpien pakkasten ajallinen kesto on vähäistä.

Laskutettuihin arvoihin perustuneet laskelmat kaukolämmön ja sähkön käytön osalta olivat perustana kaikelle häviö- ja hyötyenergian laskemiselle. Laskut tehtiin pelkästään teoreettisin keinoin, jonka vuoksi tulevaisuudessa olisi tärkeä todeta laskujen sekä päätelmien toimivuus mittauksin saaduilla arvoilla. Myöhemmin tehtävillä mittauksilla tulisi todentaa rakennuksien sisälämpötilat, joiden perusteella voidaan todentaa rakennusten energiatarve. Työssä tehdyssä kuvauksessa energian kulumisen ulkolämpötilan suhteen voidaan tarkentaa rakennuskohtaiseksi, kun tiedetään rakennuksien sisälämpötilat. Tämän lisäksi jatkossa kannattaa tehdä ilmanvaihdon sisäänpuhalluslämpötilan mittaus, jolla voidaan todentaa ilmanvaihtoon kuluva lämmitysenergian määrä. Sisäilman lämmittäminen ei ole energiatehokasta ilmanvaihdon jälkilämmityspattereilla. Kaikkien mittauksien ajankohtaa suunnitellessa tulisi huomioida ulkolämpötilan vaikutus. Sähkökattiloiden vaikutus sulakekokoihin tulee laskea, jotta ne ovat riittävät.

Tulosten perusteella jatkotutkimuskohteita VR Group Kouvolan varikolle voisi olla muiden lämmitysmuotojen käyttäminen kaukolämmön lisäksi ja näiden lämmitystapamuutosten mahdollisuus pienentää entisestään lämmitysenergian kulutusta. Kaukolämmityksen lisäksi alueella voisi tuottaa lämmitysenergiaa lämpöpumpuilla.

Lämmitystapamuutoksella sekä sopimustehon tarkastuksella saadaan aikaan säästöjä niin energiankulutuksessa kuin kustannuksissa. Nykypäivänä on mielestäni erittäin tärkeää, että energiankulutukseen kiinnitetään erityistä huomiota. Yrityksen oman imagon sekä yleisen ajattelun kannalta energiatehokkuus on kustannusten vähentämistä tärkeämpää, jolla saavutetaan päästöjen väheneminen, luonnon varojen säästäminen sekä turvataan tulevaisuuden energiatarpeen kasvu.

Opinnäytetyön tekeminen antoi työssä oppimisen kaltaista osaamista, joka on syventänyt koulussa oppimiani energiatekniikan asioita. Varsinkin tässä opinnäytetyössä käsiteltyihin lämmitysenergiaan liittyviin asioihin on asiantuntemus parantunut merkittävästi.

LÄHTEET

Energiateollisuus ry. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Kirjapaino Libris Oy.

Energiateollisuus ry. 2013. Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet. Saatavissa:
http://energia.fi/sites/default/files/images/suositusl11_2013_kl-johtojen_suunnittelu_ja_rakentamisohjeet.pdf [viitattu 22.1.2016].

Energiateollisuus ry. 2014. Teho ja vesivirta kaukolämmön maksuperusteina. Saatavissa:
http://energia.fi/sites/default/files/teho_ja_vesivirta_suositusk15_2014.pdf [viitattu 4.5.2016].

Energiateollisuus ry. a. Kaukolämmön tuotanto ja polttoaineet. Saatavissa:
<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/tuotanto-ja-polttoaineet> [viitattu 24.2.2016].

Energiateollisuus ry. b. Kaukolämpöverkko. Saatavissa:
<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/kaukolampoverkko> [viitattu 22.1.2016].

Energiavirasto.2016. Energiakatselmustoiminta. Saatavissa:
https://www.energiavirasto.fi/energiakatselmustoiminta?redirect=https%3A%2F%2Fwww.energiavirasto.fi%2Fhome%3Fp_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dmaximized%26p_p_mode%3Dview%26_3_keywords%3Denergiakatselmus%26_3_struts_action%3D%252Fsearch%252Fsearch%26_3_redirect%3D%252F [viitattu 22.1.2016].

Google Maps. Kuvakaappaus. Saatavissa:
<https://www.google.fi/maps/@60.8643609,26.6992577,337m/data=!3m1!1e3> [viitattu. 23.5.2016].

Ilmatieteenlaitos. 2011. Rakennusten energialaskennan testivuosi 2012 ja arviot ilmastomuutoksen vaikutuksista. Saatavissa:
http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=827685fa-942d-4727-abb3-ae2877e55a99&groupId=30106 [viitattu 3.5.2016].

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. 2015. Ecool. Saatavissa:
<http://www.kyamk.fi/Ty%C3%B6el%C3%A4m%C3%A4lle/Projektit/Ecool/> [viitattu 27.4.2016].

Motiva Oy 2012. Yksittäisen kohteen CO₂-päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO₂-päästökertoimet. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/files/8886/CO2-laskentaohje_Yksittainen_kohde.pdf [viitattu 2.5.2016]

Motiva Oy. 2015. Lämminkäyttövesi. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi [viitattu 3.5.2016].

Motiva Oy. Lämpö ominaiskulutus. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/files/10852/Ominaiskulutus_Lampo.pdf [viitattu
28.4.2016].

Mäkelä, V-M. & Tuunanen, J. 2015 Suomalainen kaukolämmitys. Mikkelin ammattikorkeakoulu oppimateriaali. Saatavissa:
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97138/URNISBN9789515885074.pdf?sequence=1> [viitattu 1.5.2016].

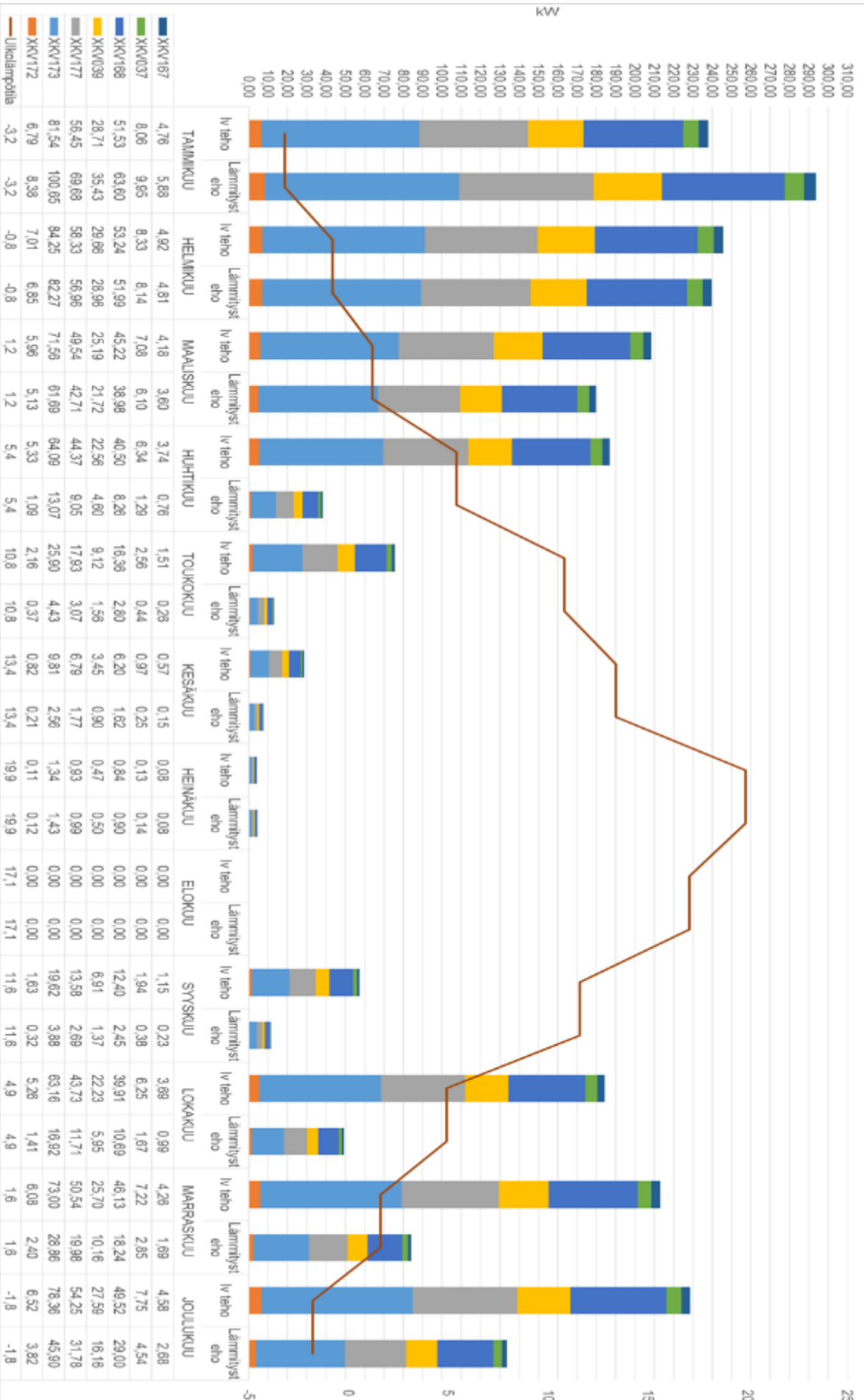
Ympäristöministeriö. 2011. Lämmitysjärjestelmät ja lämmin käyttövesi laskentaopas. Saatavissa: www.ymparisto.fi/download/noname/%7BCA99FFCB-627B-48C8-8EB0-607F36B178A5%7D/30751 [viitattu 4.5.2016].

Kouvolan Varikkoalue								
Rakenus	Rakennustunnus	Rakennusvuosi	Tilavuus m³	Lämmin tilavuus m³	Bruttoala m²	Kerrosmäärä		
Lepohuonerakenus	XKV037	-	2590	2590	572	2+ullakko		
Varikon huoltorakenus	XKV039	1952	9220	9220	2638	4+ullakko		
Varikon toimisto	XKV167	1895	1530	1530	340	1		
Vanhatali	XKV168	1904	16550	16550	2450	1/2		
Öljykellari	XKV171	-	720	0	212	2		
Korjauspaja vesitorri	XKV172	1900	2180	2180	683	4		
Keskitalli	XKV173	1905	26190	26190	3706	1/2		
Uusitali	XKV177	1932	18132	18132	2828	1/2		
Varastorakenus	XKV178	-	218	218	68	1		

Lämmönjakokeskuksen tekninen erittely							
Siirtimet	Yksikkö	Käyttövesi LS1		Lämmitys LS2		Ilmastointi LS3	
Valmistaja		GST/SWEP		GST/SWEP		GST/SWEP	
Malli		IC35x50x50		IC35x50		IC427x240	
Teho	kW	500		300		2600	
		Ensiö	Toisio	Ensiö	Toisio	Ensiö	Toisio
Virtaus	dm3/s	2,52	2,67	1,47	3,65	10,62	21,07
Lämpötilat	°C	70-22	10-55	115-65	60-80	115-55	50-80
Painehäviö	kPa	20	22	3	19	5	19
PED-cat		Cat 2		Cat 2		Cat 3	
Rak.aine		EN1.4404	EN1.4405	EN1.4406	EN1.4407	EN1.4408	EN1.4409
Säätölaitteet		Käyttövesi TV1		Lämmitys TV2		Ilmastointi TV3	
Valmistaja		Siemens					
Säätökeskus							
Säätöventtiili 1		WG549.20		WG549.25		WF52.40	
Säätöventtiili 2		WG41.25				WF45.50	
Virtaus	dm3/s	2,52		1,47		10,62	
Painehäviö	kPa	41,9		71		66,2	
DN / kvs TV 1		20.huhti		25/6,3		40/16	
DN / kvs TV 2		25.loka				50/31	
Säätömoottori TV 1							
Säätömoottori TV 2							
Säätöviesti/Jännite		0-10 V		0-10 V		0-10 V	
Pumput		Käyttövesi P1		Lämmitys P2		Ilmastointi P3	
Valmistaja		Grundfos		Grundfos		Grundfos	
Malli/juoksup		UPS32-80B		MAGNA UPE40-120F		TPE100-180	
Virtaus	dm3/s	0,8		3,65		21,07	
Paine	kPa	40		64		126	
Nimellisvirta	A	1,05		2,00		12,00	
Jännite	V	230		230		400	
Pumppujen ohjauskeskus, sisältäen							
Ohjauskytkin		0-1-A		0-1-A		0-1-A	
Paisunta ja varolaitteet	Yksikkö	Lämmitys		Ilmastointi			
Paisunta-astia		PS 1		PS 2			
Verkon tilavuus/ paineh.	dm3/kPA	/		/			
Pais.ast. Tilav./esipaine	dm3/kPA	400/100		1900/-			
Varovent. Koko/avaut. Paine	DN/kPA	2x25/250		2x25/250			

Rakennus	Rakennustunnus	Rak. Tilavuus [m ³]	Rak. Tilavuus [%]	Rak. Välinen putkipituus [m]	Rak. Lämmitysteho [kW]	Rak. lämmitysenergia [kWh/a]
Korjauspaja vesticorri	XK\172	2180	3 %	0,00	7,21	63144
Keskitalli	XK\173	26190	34 %	282,35	86,60	758593
Uustalli	XK\177	18132	24 %	352,94	59,95	525193
Varikon huoltorakennus	XK\039	9220	12 %	141,18	30,49	267057
Vanhatali	XK\168	16550	22 %	352,94	54,72	479371
Lepohuonerakennus	XK\037	2590	3 %	247,06	8,56	75019
Varikon toimisto	XK\167	1530	2 %	70,59	5,06	44316
YHTEENSÄ		76392	100 %	1447,06	252,59	2212694
Lämmityksen osuus	2213	MWh				
Ominaiskulutus	33,57	kWh/m ³				
Lämmönkulutus (2015)	2565	MWh				
Putkiston kokonais pituus (LKV, lämmitys, ilmastointi)	1447	m				
Putkien lukumäärä	6					
Meno 3 kpl						
Paluu 3 kpl						
Häviöt	352	MWh				
Putkistohäviö	28	W/m				

Hydryehön jakautuminen eri rakennuksen välillä



KSS Lämpö Oy

KAUKOLÄMPÖHINNASTO

1.1.2016

LIITTYMISMAKSUPientalot (rakennustilavuus alle 1000 m³)

Sopimusvesivirta V, m ³ /h	Liittymismaksu, €
alle 0,4	k x 2 840

Muut kohteet

Sopimusvesivirta V, m ³ /h	Liittymismaksu, €
0,4 - 2,0	k x (400 + 7900 x V)
2,0 - 10,0	k x (7800 + 4200 x V)
10,0 - 20,0	k x (11300 + 3850 x V)
yli 20,0	k x (25700 + 3130 x V)

Liittymismaksusta ei peritä arvonlisäveroa. Uudisrakennusten korjauskerroin k = 1,0, vanhat kiinteistöt tapauskohtaisesti erillisen sopimuksen mukaan. Maankaivutyöt tontilla eivät sisälly liittymismaksuun.

Lisämaksut

Lisämittauskeskuksesta peritään 615,00 eur lisämaksu (sis. alv 24 %). Liittymät rakennetaan normaalisti sulan maan aikaan. Talvirakentamisesta peritään lisämaksu tapauskohtaisesti. Yli 15 metriä olevalta liittymän pituudelta, kaukolämmön runkojohdosta lähtien, peritään lisämaksu:

Sopimusvesivirta V, m ³ /h	Lisämaksu, € (sis. alv 24 %)	
0 - 2,0	L x 46,40	
2,1 - 10	L x 66,50	L = Liittymisjohdon 15 m ylittävä osuus (m)
10,1 - 20	L x 86,70	
yli 20	L x 106,90	

PERUSMAKSU

Pientalot

Rakennustilavuus	Perusmaksu, €/v (sis. alv 24 %)
alle 385 m ²	252,40
386 - 500 m ²	306,20
501 - 1000 m ²	370,70

Muut kohteet

Sopimusvesivirta V, m ³ /h	Perusmaksu, €/v (sis. alv 24 %)
0,4 - 2,0	30 + 1637 x V
2,0 - 8,0	1256 + 1024 x V
yli 8,0	4576 + 609 x V

ENERGIAMAKSU

Kouvolan ja Kuusankosken runkoverkon alueella	60,40 €/MWh (sis. alv 24 %)
Inkeröisten, Myllykosken ja Korian alueella	70,00 €/MWh (sis. alv 24 %)

Energiamaksua tarkistetaan kaukolämmön hankintakustannusten mukaan. Mikäli hankintakustannuksissa tapahtuu oleellisia muutoksia, tarkistus voidaan tehdä laskutuskausittain etukäteen ilmoittaen.

PALVELUMAKSUHINNASTO, sis. alv 24 %

Mittarinluentamaksu	20,00 €
Ylimääräisen kulutusraportin lähetyk	48,00 €
Laskun uudelleentulostus ja postitus	4,60 €
Muistutusmaksu	5,00 € (alv. 0 %)
Lämmön katkaisu	95,00 €
Uudelleenkytkentämaksu, työaikana	95,00 €
Uudelleenkytkentämaksu, työajan ulkopuolella	210,00 €
Perintäkäynti	88,00 €

Tehojen jakautuminen putkiosuuksille vuodessa									
Putkilinjat	Vaikutusalue	Putkipituus [m]	Putkip. Häviö [m]	Rak. Tilavuus [m ³]	Hyötäteho [kW]	Häviöteho [kW]	Hyötöenergia [kWh/a]	Häviöt [kWh/a]	
A-A2-D-C	XKV 168, 167, 037	670,59	318	20670	68,35	15,72	598706	137702	
A-D	XKV 168, 037	388,24	247	19140	63,29	12,23	554390	107102	
A-A2-C	XKV 168, 167	423,53	71	18080	59,78	3,49	523687	30601	
E	XKV 039	141,18	141	9220	30,49	6,99	267057	61201	
B-F	XKV 173, 177	635,29	353	44322	146,55	17,47	1283787	153003	
YHTEENSÄ	Lämpöhäviöputkien p. yhteensä [m]		812	76392					