

Joonas Maansalo

ALUELÄMPÖLAITOKSEN JA VERKOSTON ESISUUNNITTELU

Rakennustekniikan koulutusohjelma
LVI-tekniikan suuntautumisvaihtoehto
2016

ALUELÄMPÖLAITOKSEN JA VERKOSTON ESISUUNNITTELU

Maansalo, Joonas
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2016
Ohjaaja: Sirén, Pekka
Sivumäärä: 29
Liitteitä: 3

Asiasanat: aluelämmitys, kaukolämmitys, hakevoimalat, lämmönjakelu

Opinnäytetyössä tehtiin hakekäyttöisestä aluelämpölaitoksesta ja -verkostosta esisuunnitelma Euran Teollisuushuolto Oy:lle sekä laskettiin verkostoon liittyvien viiden vuosina 1990-2012 rakennettujen kiinteistöjen lämpötehtarpeet suunnitelmaa varten.

Aluelämpölaitoksen ja verkoston suunnittelu tehtiin, kun toimeksiantaja haluaa siirtyä kiinteistökohtaisesta öljylämmityksestä keskitettyyn hakelämmitykseen jättäen kiinteistökohtaisen öljylämmityksen varajärjestelmäksi.

Kiinteistöjen lämpötehtarpeita sekä aluelämpölaitosta ja -verkostoa laskettaessa käytettiin Excel-pohjaisia laskentasovelluksia. Yhdessä kiinteistöistä sijaitsee ruokaravintola ja sieltä mitattiin lämpimän käyttöveden kulutusta ultraäänimittarilla. Mitataustulosten perusteella luotiin ruokaravintolan lämpimän käyttöveden kulutuksesta lyhytaikainen kuvaaja kulutusprofiilista.

Verkostolle saatiin kokonaislämpöteho selville, jonka perusteella voitiin aloittaa lämpökeskuksen mitoitus sekä toimeksiantajan puolelta laitteistojen kilpailuttaminen ja valinta. Toimeksiantajan tarkoituksena on tuottaa lämpöä keskitetysti jo talvella 2016-2017.

PRELIMINARY PLANNING OF BLOCK HEATING PLANT AND DISTRICT HEATING NETWORK

Maansalo, Joonas

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

April 2016

Supervisor: Sirén, Pekka

Number of pages: 29

Appendices: 3

Keywords: block heating, district heating, wood chips power station, heat distribution

In this thesis project preparatory plans were produced, in behalf of Euran Teollisuushuolto Oy, for a district heating center which utilizing woodchips as fuel. The district heating center at issue covers five properties which were built at the area between 1990 and 2012.

Pre plans were made due to the request of the client to study the costs involved in shifting from individual oil heating systems to a local woodchip fueled heating system. The client wants to preserve the old oil heating systems as backup systems.

Excel-based applications were used when calculating the heat energy requirements of individual systems, requirements of district heating center, and pipe system. Hot water consumption of a restaurant located in one of the properties, was measured using ultra sound meter. Based on the result of measurements, a graph was created, indicating the short term consumption of hot water.

It was possible to start designing the pipe system after calculating the total heat output needed. At this point the client started the process of bidding and choosing the equipment needed. The client intends to start providing the heat during the winter between 2016 and 2017.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	KAUKOLÄMPÖ / ALUELÄMPÖ.....	6
2.1	Lämmöntuotanto	7
2.2	Kaukolämpöjohdot.....	8
2.3	Verkosto ja lämpöhäviöt.....	9
3	LIITYNTÄTEHON MÄÄRITYS.....	10
3.1	Linja A.....	13
3.1.1	Euran Teollisuushuolto Oy halli 1	14
3.1.2	Euran Teollisuushuolto Oy halli 2	15
3.2	Linja B	17
3.2.1	Euran Raskaskonehuolto Oy.....	17
3.2.2	Neitsytmäki Oy	18
3.3	Euran Teollisuushuolto Oy halli 3	21
4	VERKOSTON MITOITUS.....	22
4.1	Linja A.....	23
4.2	Linja B	25
4.3	Yhteenveto.....	25
5	LÄMPÖKESKUS	26
5.1	Kattila	26
5.2	Polttoainevarasto	27
5.3	Laitteisto	27
6	YHTEENVETO.....	28
	LÄHTEET	29
	LIITTEET	

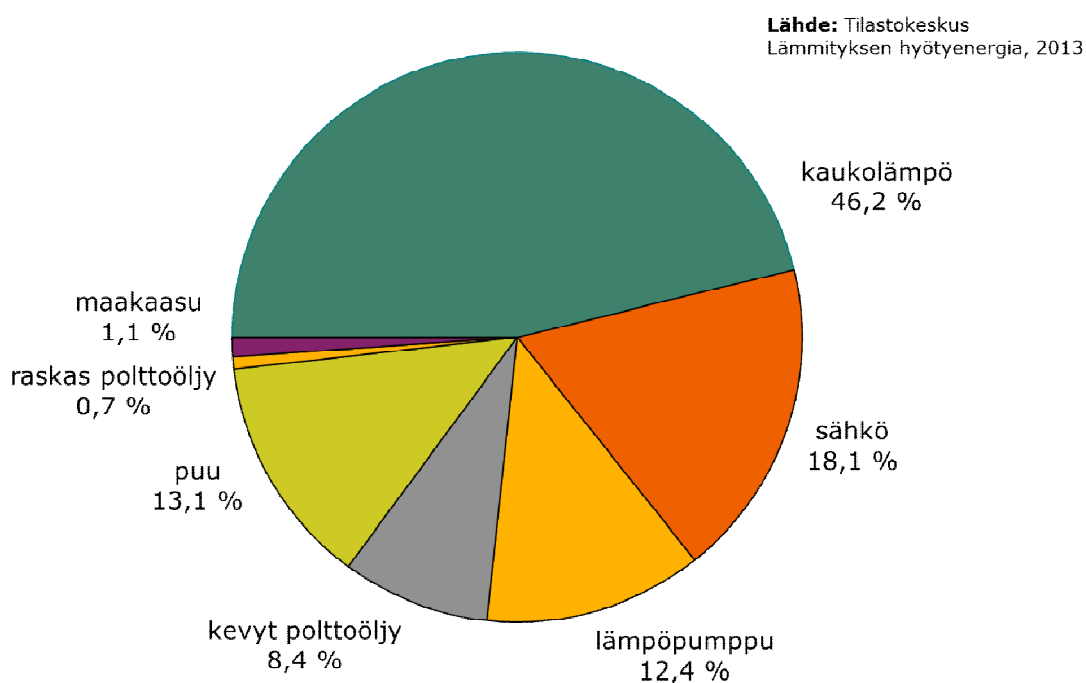
1 JOHDANTO

Kaukolämpö on Suomessa yleisin lämmitysmuoto lähes 50 %:n markkinaosuudellaan. Kaukolämmön käyttö Suomessa on alkanut jo 1950-luvun alussa. Kaukolämpö on energiatehokkuudeltaan ylivoimainen, koska suurin osa kaukolämmöstä on sähkötuotannon ja teollisuudenprosesseista syntyvää hukkalämpöä. Kaukolämmön tuotannosta osa on erillisissä lämpökeskuksissa ilman sähkön ja lämmön yhteistuotantona tuotettua lämpöä, jolloin sitä kutsutaan myös aluelämmöksi.

Opinnäytetyössä tarkoituksena oli suunnitella ja mitoittaa aluelämpökeskus sekä verkosto, johon toimeksianto saatiin Euran Teollisuushuolto Oy:ltä. Aluelämpökeskus tulee Euran Kauttualle Neitsytmäen teollisuusalueelle. Verkoston piiriin liittyy viisi kiinteistöä, ja mitoituksessa huomioidaan varaus jälkeen liittyville kiinteistölle. Euran Teollisuushuollolle kuuluu kolme kiinteistöä, joista yhden kiinteistön tiloihin lämpökeskus toteutetaan. Aluelämpöverkoston lämpö tuotetaan hakkeella. Kaikki verkostoon liittyvät kiinteistöt käyttävät tällä hetkellä lämmitykseen kevyttä polttoöljyä, ja osassa kiinteistöissä käyttöveden lämmitys on toteutettu sähköllä. Aluelämpökeskukseen ei tule varakattilaa, vaan kiinteistöissä jo olemassa olevat järjestelmät jäävät varalle sekä kesäaikaiseen käyttöön.

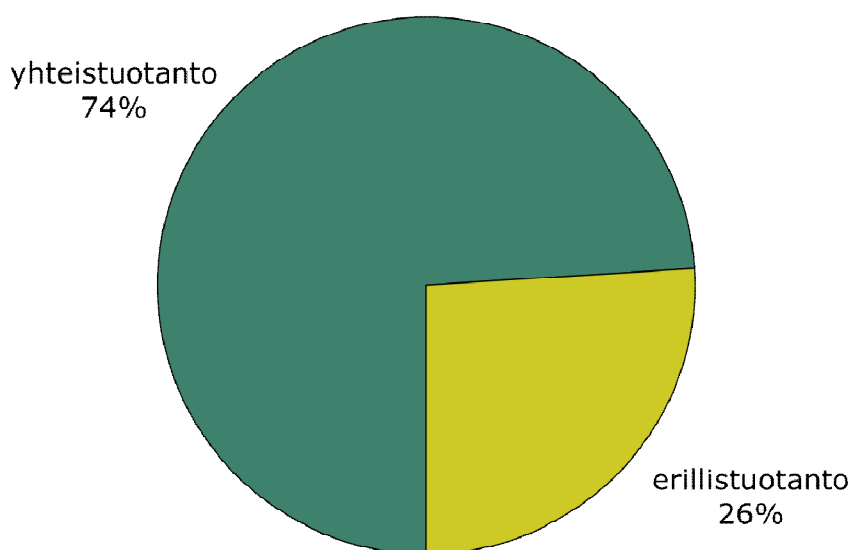
2 KAUKOLÄMPÖ / ALUELÄMPÖ

Kaukolämmön käyttö on Suomessa yleisin lämmitysmuoto, jota on lähes jokaisessa kaupungissa. Lämmitysmuotona kaukolämpö on taloudellisempaa tiheään rakennetuilla alueilla sekä suurissa kiinteistöissä. Asuinkerrostaloista jopa noin 95 % ja valtaosa sekä julkisista kiinteistöistä että liikekiinteistöistä käyttää kaukolämpöä. Kaukolämmön markkinaosuus suurimmissa kaupungeissa voi olla jopa yli 90 %. Suomessa asuu noin 2,7 miljoonaa ihmistä kaukolämpötaloissa, ja kaukolämmön markkinaosuus on merkittävä 46 % koko Suomen lämmitysmarkkinoista. (Energiateollisuus Ry:n www-sivut 2015) (Kuva 1)



Kuva 1: Lämmityksen hyötyenergia 2013 (Energiateollisuus ry - Energiavuosi 2014 Kaukolämpö)

Kaukolämmitys on energiatehokas lämmitysmuoto, koska suuri osa kaukolämmöstä on hukkaenergiaa, jota syntyy sähkön ja lämmön yhteistuotannossa sekä teollisuuden prosesseissa. Yhteistuotannossa polttoaineen energia saadaan hyödynnettyä lähes kaksi kertaa tehokkaammin kuin erillistuotannossa. Kaukolämmön tuotannosta osa tapahtuu erillisissä lämpökeskuksissa, josta käytetään myös nimitystä aluelämpö. Aluelämpökeskukset toimivat lisääntyvässä määrin uusiutuvilla polttoaineilla. (Energiateollisuus Ry:n www-sivut 2015) (Kuva 2)



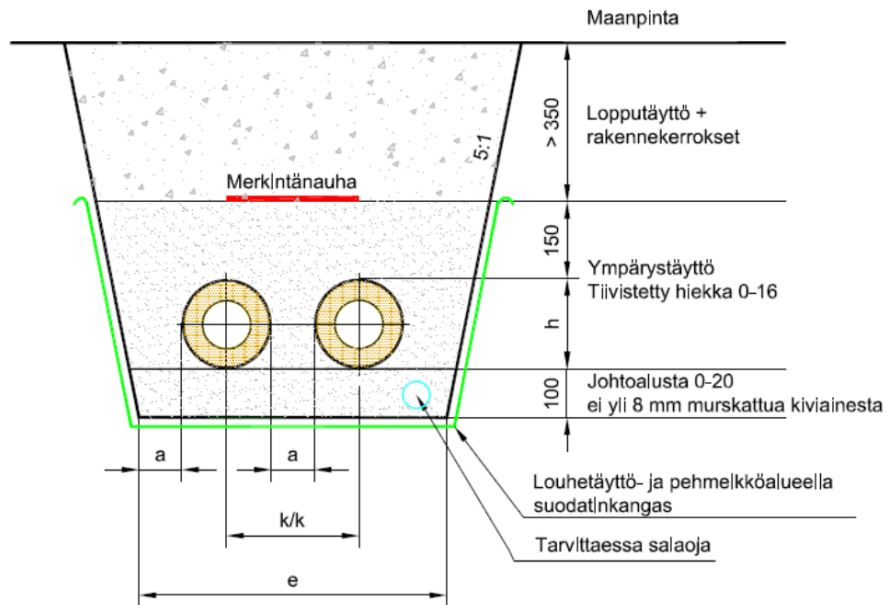
Kuva 2: Kaukolämmön tuotanto 2014 (Energiateollisuus ry - Energiavuosi 2014 Kaukolämpö)

2.1 Lämmöntuotanto

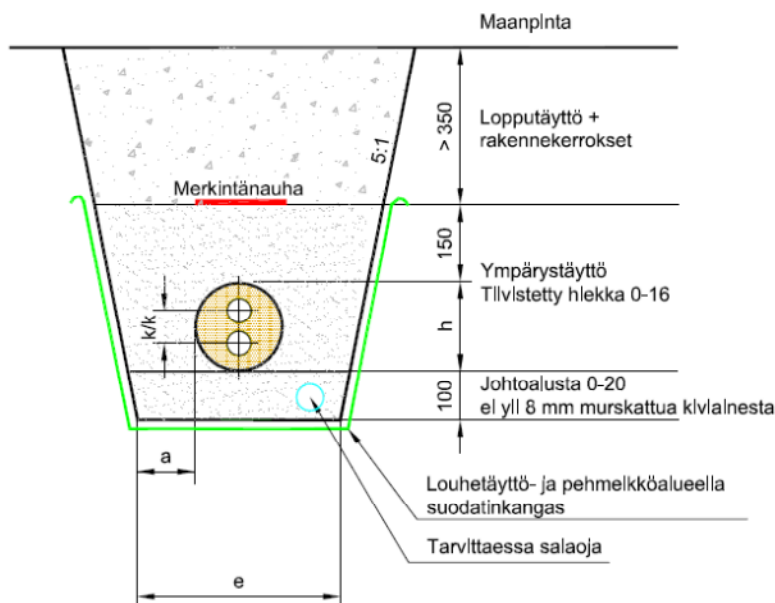
Kaukolämmön tuotannosta noin $\frac{3}{4}$ tuotetaan CHP-laitoksissa ja loput lämpökeskuksissa erillistuotantona. (Kuva 2) Käyttötyypiltään lämpökeskuksia ovat huippu- ja varalämpökeskukset, joilla tuotetaan lisätehoa kovimmilla pakkasilla sekä varatehoa satunnaisesti, ja lämpökeskuksia joilla tuotetaan peruslämpöä ympäri vuoden pois lukien huoltoseisokit. Peruslämpökeskuksissa polttoaineeksi yleensä valitaan hiili, maakaasu, puu tai turve. Peruslämpökeskuksissa suuren käyttötuntimäärän ja polttoainemäärän takia voidaan polttoaineiden käsittelyyn investoida kuljettimia, seuloja ja erottimia. Huippu- ja varalämpökeskukset ovat yleisesti öljykäyttöisiä, koska öljy on helppoa varastoitavaksi sekä toimintavarmaa ja investointikustannuksiltaan edullinen. (Energiateollisuus Ry:n www-sivut 2015)

2.2 Kaukolämpöjohdot

Nykyisin kaukolämpöjohtona käytetään kiinnivaahdotettuja putkia, joissa teräksinen virtausputki on kiinnitetty uretaanieristyksellä muoviseen suojaputkeen tehdasoloissa. Kiinnivaahdotettua kaukolämpöjohtoa on saatavissa joko yksiputkirakenteena (2Mpuk) tai kaksiputkirakenteena (Mpuk). (Kuvat 3 ja 4)



Kuva 3: 2Mpuk johdon tyyppiirrustus kaivannossa (Energiateollisuus ry - L11/2013)



Kuva 4: Mpuk johdon tyyppiirrustus kaivannossa (Energiateollisuus ry - L11/2013)

Mpuk-johtorakennetta käytetään pienissä sekä keskisuurissa lämpöjohdoissa aina 200mm:n virtausputkiin saakka. 2Mpuk-johtorakenne sopii käytettäväksi sekä pieniin että suuriin lämpöjohtoihin. (Energiateollisuus Ry:n www-sivut 2015)

Käytössä on myös joustavia lämpöjohtoja, joita voidaan työmaalla taivuttaa. Joustavia lämpöjohtoja käytetään yleensä pienemmissä kokoluokissa (DN 20–80), ja niitä on saatavissa sekä 2Mpuk- että Mpuk-rakenteena. Joustavia lämpöjohtoja on saatavissa sekä metallisilla virtausputkilla että muovisilla virtausputkilla. Metallisena ”virtausputkena voi olla esimerkiksi kylmävedetty tarkkuusteräs, korrugoitu ruostumaton teräs sekä hehkuttamaton tai hehkutettu kupari”. (Energiateollisuus Ry:n www-sivut 2015) Muovisten virtausputkien käyttö Suomessa kaukolämpöjohdoissa on ollut vähäistä, koska ongelmaksi tulee niiden lämpötilan kesto (max noin 80 °C jatkuvaa ja 95 °C hetkellistä) sekä paineen kesto (max 10 bar). Muoviputkijärjestelmiä voidaan käyttää kohteissa, jotka on toteutettu matalalämpöverkostoina. (Energiateollisuus Ry:n www-sivut 2015)

2.3 Verkosto ja lämpöhäviöt

Verkostossa lämpö siirretään asiakkaille kuuman veden avulla suljetussa meno- ja paluuputkijärjestelmässä. Asiakkaalle lämpö luovutetaan lämmönsiirtimien avulla, joten kaukolämpöverkoston vesi ei kierrä asiakkaiden lämmitysjärjestelmissä. Normaalisti kaukolämpövesi on lämpötilaltaan menoputkessa 65–115 °C ja paluuputkessa 40–60 °C ulkolämpötilan mukaan. Kaukolämpöverkostossa oleva vesi on käsiteltyä epäpuhtauksien osalta sekä hapen poistamiseksi. Kaukolämpövesi on usein värjättyä mahdollisten vuotojen paikantamisen helpottamiseksi, mutta veden vihreäksi värjäävä aine ei kuitenkaan ole terveydelle eikä ympäristölle vaarallista.

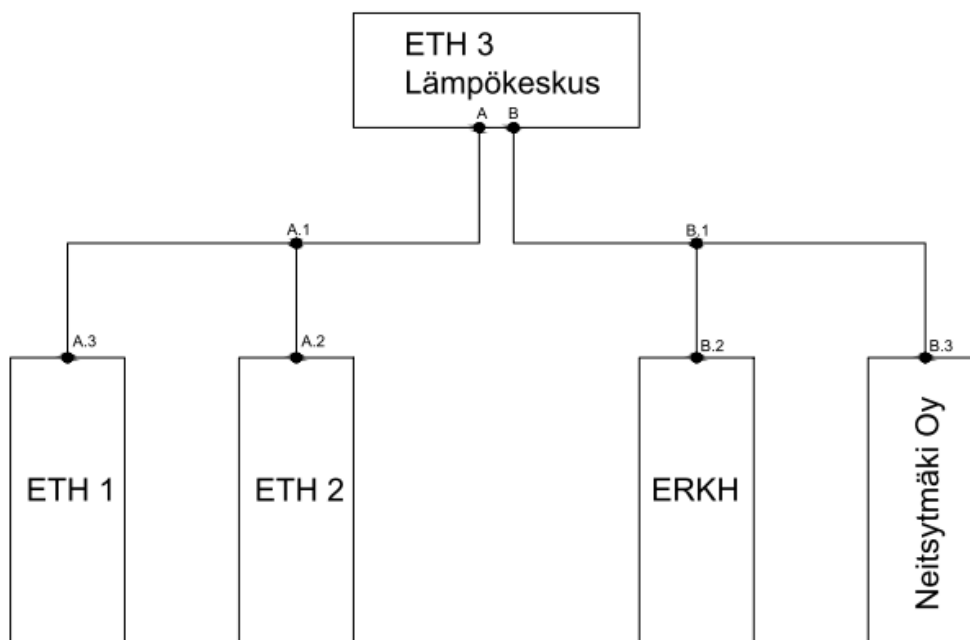
Kaukolämpöverkostoon tuotetaan pumpuilla paine-ero meno- ja paluuputken välille, jonka on oltava vähintään 60 kPa taatakseen asiakkaan laitteiston toiminnan. Verkostossa paine-ero vaihtelee ollen yleensä talvella suurempi.

Suomessa vuoden 2014 lopussa kaukolämpöverkostoa oli noin 14300 km. Verkostoa rakennetaan vuosittain 250–500 km, joka pääasiallisesti koostuu täydennysrakentamisesta ja uudisrakennusten verkostoon liittymisestä. Kaukolämpöjohdot kulkevat

yleensä katujen, jalkakäytävien ja kevyen liikenteen väylien alla noin 0,5–1 metrin syvyydessä. Kokonaisvaltaisesti Suomessa kaukolämpöverkostoissa tapahtuva lämpöhäviö on 8–9 % siirretystä energiasta. Isoissa tiheään rakennetuissa kaupungeissa verkoston lämpöhäviöt ovat 5–8 %, kun vastaavasti pienempien ja harvempaan rakennettuiden taajamien verkostoissa lämpöhäviöt ovat 10–15 %. (Energiateollisuus Ry:n www-sivut 2015)

3 LIITYNTÄTEHON MÄÄRITYS

Verkostoon liittyy viisi kiinteistöä, joista yhden kiinteistön tiloihin lämpökeskus sijoitetaan. Verkosto toteutetaan kahtena erillisenä linjana, joista kumpaankin liittyy kaksi kiinteistöä (Kuva 5). Kiinteistöistä neljä kappaletta on teollisuuskiinteistöjä, jotka mitoitetaan 15 °C sisälämpötilan mukaan. Yhdessä kiinteistöistä on kaksi myymäläliikettä ja lounasravintola. Siellä mitoitus tehdään käyttöveden lämpötehon tarpeen mukaan. Kiinteistöjen lämmitystehon tarpeet määritetään Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 luvun 9 mukaisesti (sivut 60–61).



Kuva 5: Verkostokaavio

$$\Phi_{tila} = \Phi_{joht} + \Phi_{vuotoilma} + \Phi_{tuloilma} + \Phi_{korvausilma}$$

Mitoituksessa ei huomioida tuloilman- eikä korvausilman lämpötehon tarvetta, koska mitoitettavissa kiinteistöissä ei ole koneellista tulo- eikä poistoilmaa.

$$\Phi_{joht} = \Phi_{us} + \Phi_{yp} + \Phi_{ap} + \Phi_{ikk} + \Phi_{ovi} + \Phi_{kylmäsillat}$$

$$\Phi_n = \sum U_n * A_n * (T_{sisä} - T_{ulko,mit})$$

$$\Phi_{kylmäsillat} = \sum l_k * \Psi_k * (T_{sisä} - T_{ulko,mit})$$

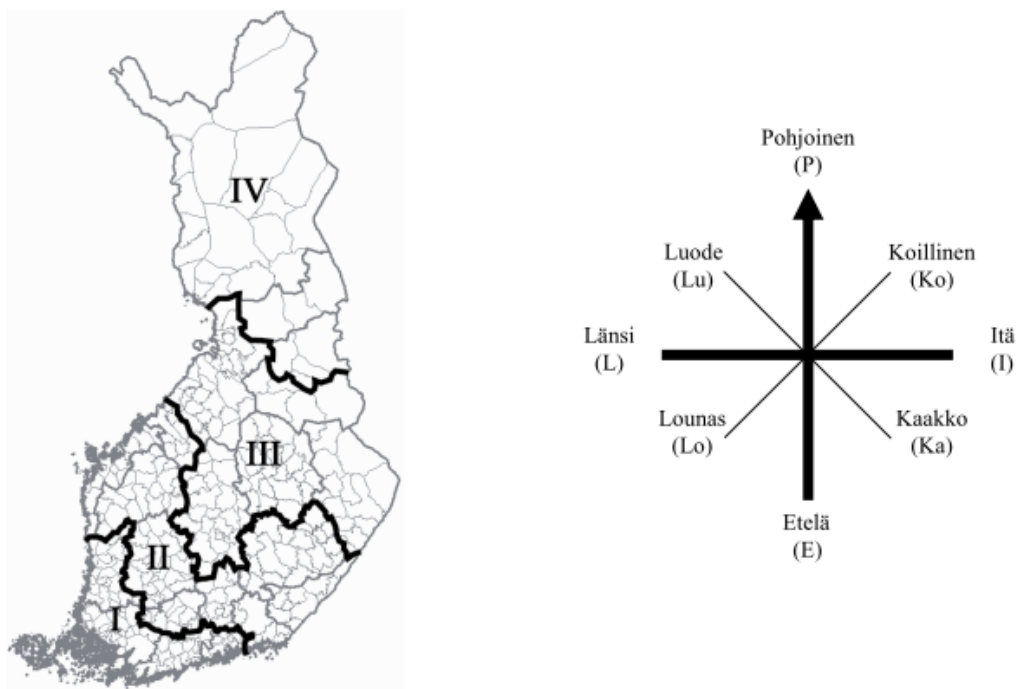
$$\Phi_{vuotoilma} = \rho_i * c_i * q_{v,vuotoilma} * (T_{sisä} - T_{u,mit})$$

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600 * x} * A_{vaippa}$$

Vuotoilmavirran määritykseen käytetään kaavaa (3.9), joka löytyy Suomen RakMK D5:n sivulta 19. Kaavassa (3.9) x on "kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille ja sitä korkeimmille rakennuksille 15 kerroskorkeuden ollessa noin 3 m. Vain maapinnan yläpuoliset kerrokset otetaan huomioon". Rakennuksen kerroskorkeuden ollessa oleellisesti suurempi kuin tavanomainen käytetään x kertoimena kerroslukumäärää, joka vastaa rakennuksen korkeutta. Rakennusvaipan ilmanvuotolukuna q_{50} käytetään uudisrakennuksen laskennassa yleisesti $4 \text{ m}^3/(\text{h} * \text{m}^2)$, jos ilmanpitävyyttä ei tunneta.

Taulukko 1: Tyypillisiä rakennusten ilmanvuotolukuja (n_{50}) ja rakennusvaipan ilmanvuotolukuja (q_{50}) erilaisille rakennuksille riippuen rakentamis- ja toteutustavasta. (Suomen RakMK D5 s.20)

Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50} -luvut, 1/h	Tyypilliset q_{50} -luvut, $\text{m}^3/(\text{h} * \text{m}^2)$
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa (erillistarkastus)	Pientalo 1,0 – 3,0	Pientalot 1,0 – 3,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 – 1,5	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,0 – 4,0
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3,0 – 5,0	Pientalot 3,0 – 5,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 – 3,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 4,0 – 8,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5,0 – 10,0	Pientalot 5,0 – 10
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3,0 – 7,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 8,0 – 20,0



Kuva 6: Säävyöhykkeet (Suomen RakMK D3 s.29)

Taulukko 2: Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä (Suomen RakMK D3 s.29)

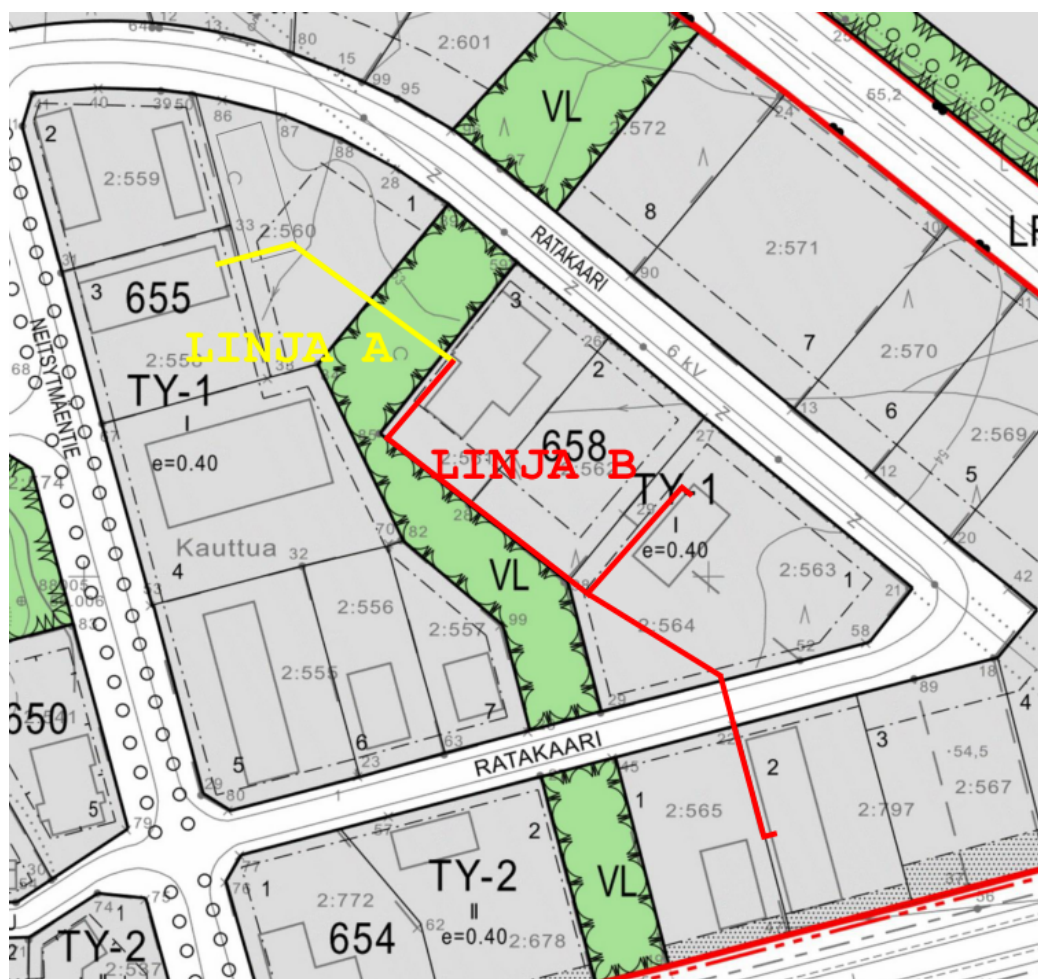
Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C
I	-26	5,3
II	-29	4,6
III	-32	3,2
IV	-38	-0,4

Lämpötehon määrittämisessä käytetään säävyöhykettä 1 vastaavia arvoja. Maanvastusten alapohjien lävitse johtuvaa lämpötehoa määrittäessä käytetään lämpötilana vuoden keskimääräistä ulkoilman lämpötilaa, johon lisätään 2 °C (Taulukko 2).

Rakennusten rakenteiden U-arvot määritetään Suomen RakMK C4:n mukaisesti ja elementeistä rakennettujen kiinteistöjen U-arvot saadaan valmistajilta. Rakenteiden U-arvojen laskennassa käytetään "www.puuinfo.fi" Internet-sivuilta löytyviä Excel-laskentatyökaluja puurakenteisen rakennusosan ja alapohjan korjatun U-arvon määrittämiseen. Ovien sekä ikkunoiden läpi johtuvassa lämpötehortarpeen määrittämisessä käytetään U-arvona 1,5 W/(m²*K)

3.1 Linja A

A-linjaan liittyy kaksi Euran Teollisuushuollon kiinteistöä, joissa lämmitettävää pinta-alaa on noin 1500 m². Lämmitettävästä alasta noin 80 % on puolilämpimäksi mitoitettavaa verstaas- ja varastotilaa. Linjassa jälkimmäisenä on ETH Oy halli 1 ja ensimmäisenä ETH Oy halli 2. Molemmissa halleissa suurin osa pinta-alasta on metalliverstastiloja ja halleissa on myös toimisto- sekä sosiaalitiloja. Vain kiinteistöjen tilojen lämmitys hoidetaan aluelämpölaitoksen tuottamalla lämmöllä. Käyttöveden lämmitys hoidetaan sähkövaraajilla, koska lämpimän käyttöveden kulutus on vähäistä molemmissa kiinteistöissä eikä ole kustannustehokasta tehdä käyttövedelle omaa lämmityspiiriä.



Kuva 7: Verkostoreitin esisuunnitelma

3.1.1 Euran Teollisuushuolto Oy halli 1

Kiinteistö on vuonna 2001 rakennettu elementtirakenteinen halli, jossa katto sekä seinät on tehty 100 mm:n polyuretaanielementeistä. Hallin kokonaispohja-ala on 820 m², josta verastiloja on 605 m². Toisessa päässä hallia on pohja-alaltaan 140 m² toimisto- sekä sosiaalitilat kahdessa kerroksessa sekä toisessa päässä 75 m² varasto. Harjakorkeus on 9m ja hallin kokonaistilavuus on 6150 m³. Verstas- sekä varastotilat mitoitetaan 15 celsiusasteen ja toimisto- sekä sosiaalitilat 21 celsiusasteen sisälämpötilalla. Lämmitystehontarpeet lasketaan Excel-taulukolla Suomen RakMK D5:n mu-

Taulukko 3: Lämpötehtarpeen määrittys Excel-taulukko

Euran Teollisuushuolto halli 1 (halli)					
	U-arvo	Ala	Pituus	Ψ_k	ϕ
	W/(m ² *K)	m ²	m	W/(m*K)	W
Ulkoseinät	0,24	665	-	-	6539
Ovet	1,50	74	-	-	4535
Ikkunat	1,50	4	-	-	221
Alapohja	0,20	680	-	-	2175
Yläpohja	0,24	835	-	-	8215
Vuotoilma	-	-	-	-	12336
Kylmäsiilat _{ap}	-	-	133	0,10	546
Kylmäsiilat _{yp}	-	-	185	0,10	758
Kylmäsiilat _{un}	-	-	28	0,10	115
Kylmäsiilat _{ovi}	-	-	83	0,10	341
Kylmäsiilat _{ikk}	-	-	36	0,10	148
Total:					<u>35,9 kW</u>

Taulukko 4: Lämpötehtarpeen määrittys Excel-taulukko

Euran Teollisuushuolto halli 1 (tsto/sos)					
	U-arvo	Ala	Pituus	Ψ_k	ϕ
	W/(m ² *K)	m ²	m	W/(m*K)	W
Ulkoseinät	0,24	176	-	-	1985
Ovet	1,50	2	-	-	141
Ikkunat	1,50	9	-	-	635
Alapohja	0,20	140	-	-	448
Yläpohja	0,24	140	-	-	269
Vuotoilma	-	-	-	-	831
Kylmäsiilat _{ap}	-	-	34,0	0,10	139
Kylmäsiilat _{yp}	-	-	50,0	0,10	205
Kylmäsiilat _{un}	-	-	12,0	0,10	49
Kylmäsiilat _{ovi}	-	-	6,0	0,10	25
Kylmäsiilat _{ikk}	-	-	18,0	0,10	74
Total:					<u>4,8 kW</u>

kaisesti (Taulukko 3 ja 4). Alapohjan korjattu U-arvo laskettiin puuinfon Internet-sivuilta löytyvällä Excel-tilillä. Vuotoilmasta johtuvassa lämmitystehontarpeen laskennassa käytetään q_{50} -lukuna $8\text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ja x-kertoimena 20, joka vastaa kolmi- ja nelikerroksisia rakennuksia kerroskorkeuden ollessa 3 metriä. Laskennassa saatu lämmitystehon tarve on 40,7 kW. Vertailua nykyiseen lämmitysjärjestelmään ei ole järkevää suorittaa, koska verstaaloissa oleva lämminilmakehitin on teholtaan 120 kW ja näin ollen ylimitoitettu kyseessä oleviin tiloihin.

3.1.2 Euran Teollisuushuolto Oy halli 2

Kiinteistö on vuonna 2011 rakennettu elementtirakenteinen halli, jossa katto sekä seinät on tehty 100 mm:n polyuretaanelementeistä. Hallin kokonaispohja-ala on 645 m^2 , josta verstaan ala noin 550 m^2 . Toisessa päässä hallia on 95 m^2 sosiaali- ja varastotilaa. Varasto- ja sosiaalitilat ovat 3,5 m korkeat. Harjakorkeus on 11 m ja hallin kokonaistilavuus on 6720 m^3 . Verstaalit mitoitetaan 15 celsiusasteen ja lämminvarasto sekä sosiaalitilat 21 celsiusasteen sisälämpötilalla. Lämmitystehontarpeet lasketaan Excel-tilillä Suomen RakMK D5:n mukaisesti. (Taulukko 5 ja 6)

Taulukko 5: Lämpötehtötarpeen määrittäminen Excel-tilillä

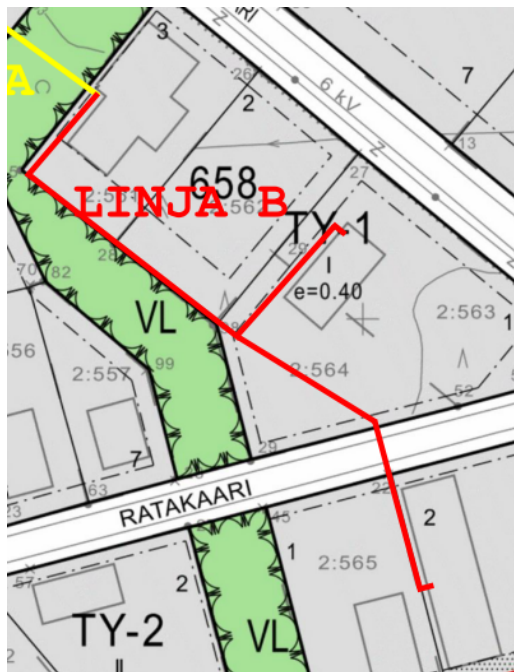
Euran Teollisuushuolto halli 2					
	U-arvo	Ala	Pituus	Ψ_k	ϕ
	W/($\text{m}^2\cdot\text{K}$)	m^2	m	W/($\text{m}\cdot\text{K}$)	W
Ulkoseinät	0,24	789	-	-	7759
Ovet	1,50	139	-	-	8561
Ikkunat	1,50	36	-	-	2214
Alapohja	0,18	550	-	-	1584
Yläpohja	0,24	672	-	-	6612
Vuotoilma	-	-	-	-	11948
Kylmäsillat _{ap}	-	-	115	0,10	472
Kylmäsillat _{yp}	-	-	158	0,10	648
Kylmäsillat _{un}	-	-	33	0,10	135
Kylmäsillat _{ovi}	-	-	104	0,10	426
Kylmäsillat _{ikk}	-	-	92	0,10	377
Total:					<u>40,7 kW</u>

Taulukko 6: Lämpötehotarpeen määrittäminen Excel-taulukko

Euran Teollisuushuolto halli 2 (varasto/sos)					
	U-arvo	Ala	Pituus	Ψ_k	ϕ
	W/(m ² *K)	m ²	m	W/(m*K)	W
Ulkoseinät	0,24	92	-	-	1041
Ovet	1,50	2	-	-	155
Ikkunat	1,50	0	-	-	0
Alapohja	0,18	95	-	-	274
Yläpohja	0,30	95	-	-	228
Vuotoilma	-	-	-	-	288
Kylmäsiilat _{ap}	-	-	27	0,10	111
Kylmäsiilat _{yp}	-	-	42	0,10	172
Kylmäsiilat _{un}	-	-	20	0,10	82
Kylmäsiilat _{ovi}	-	-	6	0,10	25
Kylmäsiilat _{ikk}	-	-	22	0,10	89
Total:					<u>2,5 kW</u>

Alapohjan korjattu U-arvo laskettiin puuinfon Internet-sivuilta löytyvällä Excel-taulukolla. Vuotoilmasta johtuvassa lämmitystehontarpeen laskennassa käytetään q_{50} -lukuna $8\text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ja x-kertoimena 20, joka vastaa kolmi- ja nelikerroksisia rakennuksia kerroskorkeuden ollessa 3 metriä. Laskennassa saatu lämmitystehontarve on 43,2 kW, joka vastaa hyvin kiinteistössä olevaa 45 kW:n lämmityslaitetta. Nykyinen lämmitysjärjestelmä on teholtaan riittävä ja mitoituspakkasellakaan järjestelmän öljypoltin ei käy kokoaikaisesti.

3.2 Linja B



B-linjaan liittyy kaksi kiinteistöä, joissa lämmitettävää pinta-alaa on noin 1500 m². Molempiin kiinteistöihin liitetään olemassa oleviin lämmitysjärjestelmiin, joilla tuotetaan myös lämminkäyttövesi. Linjaan ensimmäisenä liittyvä kiinteistö on Euran Raskaskonehuolto Oy:n noin 540 m²:n halli, ja linjassa jälkimmäisenä on Neitsytmäki Oy. Neitsytmäki Oy:n kiinteistössä olevan lounasravintolan toiminnan vuoksi lämpimän käyttöveden kulutus on suuri ja täten myös lämpötehontarpeen mitoituksen perustana.

Kuva 8: Verkstoreitin esisuunnitelma

3.2.1 Euran Raskaskonehuolto Oy

Kiinteistö on vuonna 2008 rakennettu elementtirakenteinen halli, jossa katto sekä seinät on tehty 100 mm:n polyuretaanielementeistä. Hallin kokonaispohja-ala on 534 m², jossa on noin 80 m²:n varastolaajennus. Hallissa olevat sosiaalitilat ovat pohjaalaltaan 40 m². Harjakorkeus on 8,5 m ja hallin kokonaistilavuus on 3670 m³. Lämmitystehontarpeet lasketaan Excel-taulukolla Suomen RakMK D5:n mukaisesti (Taulukko 7). Kiinteistössä myös lämmin käyttövesi tuotetaan nykyisellä lämmitysjärjestelmällä, johon aluelämpökeskuksen verkosto liittyy. Lämpimän käyttöveden osuus voidaan jättää huomiotta lämpötehontarpeen määrittämisessä vähäisen kulutuksen sekä puskurivaraajan varauskapasiteetin takia.

Taulukko 7: Lämpötehontarpeen määrittäminen Excel-taulukko

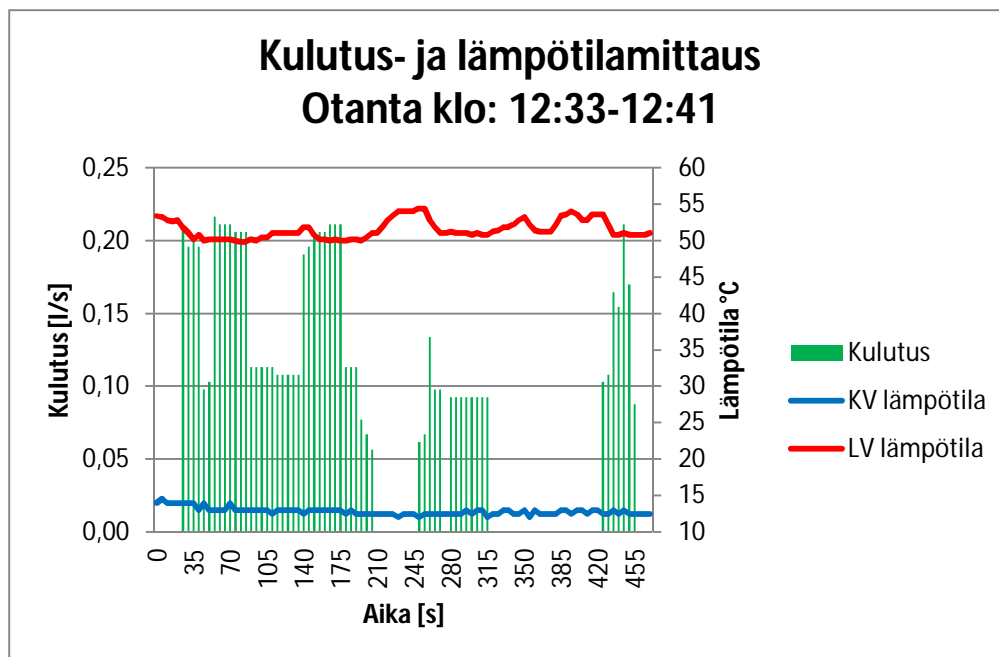
Euran Raskaskonehuolto					
	U-arvo	Ala	Pituus	ψ_k	ϕ
	W/(m ² *K)	m ²	m	W/(m*K)	W
Ulkoseinät	0,24	521	-	-	5126
Ovet	1,50	89	-	-	5443
Ikkunat	1,50	13	-	-	775
Alapohja	0,19	534	-	-	1624
Yläpohja	0,24	564	-	-	5550
Vuotoilma	-	-	-	-	9403
Kylmäsiilat _{ap}	-	-	115	0,10	472
Kylmäsiilat _{yp}	-	-	158	0,10	648
Kylmäsiilat _{un}	-	-	33	0,10	135
Kylmäsiilat _{ovi}	-	-	104	0,10	426
Kylmäsiilat _{ikk}	-	-	92	0,10	377
Total:					<u>30,0 kW</u>

Alapohjan korjattu U-arvo laskettiin puufon Internet-sivuilta löytyvällä Excel-taulukolla. Vuotoilmasta johtuvassa lämmitystehontarpeen laskennassa käytetään q_{50} -lukuna $8\text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ja x-kertoimena 20, joka vastaa kolmi- ja nelikerroksisia rakennuksia kerroskorkeuden ollessa 3 metriä.

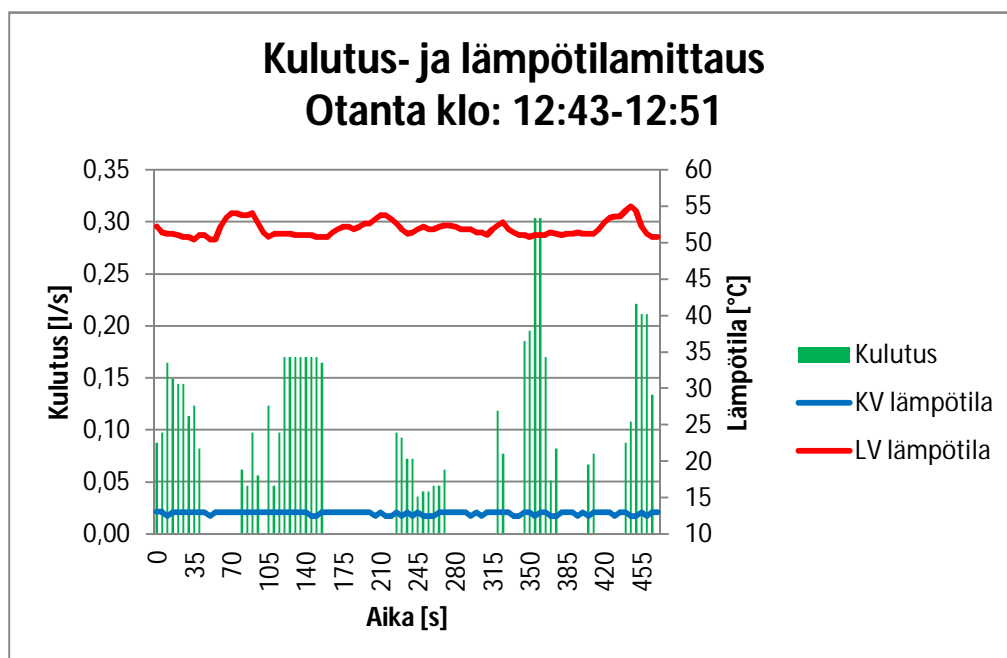
3.2.2 Neitsytmäki Oy

Neitsytmäki Oy on vuonna 2012 rakennettu 1000 m²:n kiinteistö, jossa on kolme eri liiketilaa, joista yksi on lounasravintola. Lounasravintolassa tapahtuva lämpimän käyttöveden kulutus on kohteen tehontarpeen mitoitustavastana. Kohteesta mitattiin käyttöveden kulutusta ultraäänimittarilla sekä dataloggerilla kylmän ja lämpimän käyttöveden lämpötiloja. Ultraäänimittari sekä dataloggeri tallensi tiedot muistiin 5 sekunnin välein. Mittauksista tallennettiin dataa yhden päivän aikana, joista luotiin kuvaajat (Kuva 15 ja 16). Kuvaajat luotiin aikavälille, jolloin käyttöveden kulutus oli suurimmillaan. Käyttöveden kulutushuiput jakautuu lounaan jälkeiselle ajalle, kun astianpesukoneiden käyttöaste on suurimmillaan.

Mittauksista tehdyistä kuvaajissa on poikkeamia lämpimän käyttöveden lämpötila- ja kulutushuippuissa. Poikkeamia syntyy ultraäänimittarin ja dataloggerin mahdollisesta eriaikaisesta käynnistyksestä. Poikkeamia voi syntyä myös siitä syystä, jos ultraäänimittarin ja dataloggerin kelloissa aika kulkee eri tahtia varsinkin kun mittaustietojen tallennusväli oli vain 5 sekuntia.



Kuva 9: Kuvaaja kulutus- ja lämpötilamittauksista. (07.12.2015)



Kuva 10: Kuvaaja kulutus- ja lämpötilamittauksista. (07.12.2015)

Käyttöveden kulutuksen mittauksessa ilmeni melko paljon tuloksia noin 0,2 dm³/s virtaamalla. Lämpötilaero kylmän ja lämpimän käyttöveden välillä oli keskimäärin 38 °C. Keskimääräisellä lämpötilaerolla laskettaessa tehontarvetta virtauksella 0,2 dm³/s tulee tehontarpeeksi 31,8 kW ja kulutushuipun mukaisella virtaamalla 0,304 dm³/s tulee tehontarpeeksi 48,4 kW käyttämällä alla olevaa kaavaa.

$$\Phi = q_v * c_p * \rho * \Delta T$$

Taulukko 8: Mittaustulosten arvojen mukaan laskettu 15 suurinta tehontarvetta lämpimälle käyttövedelle.

v	q _v	kv	lv	Φ
m/s	dm ³ /s	°C	°C	kW
0,59	0,304	12,5	51	49,0
0,59	0,304	13	51	48,4
0,55	0,283	14,5	53,8	46,6
0,53	0,273	14	51,2	42,5
0,43	0,221	12,5	54,4	38,9
0,47	0,242	14,5	51,8	37,8
0,46	0,237	14,5	51,8	37,0
0,45	0,232	14,5	52,6	37,0
0,44	0,226	13	51,8	36,8
0,45	0,232	14,5	51,8	36,2
0,44	0,226	14,5	52,6	36,2
0,41	0,211	14	54	35,4
0,44	0,226	14	50,8	34,9
0,41	0,211	13	52,2	34,7
0,41	0,211	13	52,2	34,7

Tehontarpeeksi käyttöveden kulutuksen osalta mitoitukseen voidaan valita 50 kW. Otettaessa huomioon mitoitusilanteessa myös tilojen lämmitystehontarve suuren käyttöveden kulutuksen takia ei mitoittavaksi tehoksi riitä pelkkä käyttöveden tehontarve. Aiemmin laskettujen kiinteistöjen mukaan ominaistehontarpeeksi tulee noin 7 w/m³. Neitsytmäki Oy kiinteistössä 7 w/m³ tulee kokonaistehontarpeeksi noin 37 kW. Tehontarpeeksi valitaan käyttöveden osuus 50 kW sekä lämmitystehontarpeen osuudeksi noin 50 % ominaislämpötehon mukaan lasketusta lämpötehtarpeesta. Käyttöveden- sekä tilojen lämmitystehontarpeen yhteistehoksi saadaan noin 70 kW. Kiinteistössä nykyisenä järjestelmänä on 70 kW öljykattila, joten laskennasta saatu tulos vastaa hyvin olemassa olevan järjestelmän tehoa.

3.3 Euran Teollisuushuolto Oy halli 3

Kiinteistö on vuonna 1990 rakennettu puurunkoinen mineraalivillalla eristetty halli. Aluelämpölaitos sijoitetaan hallin tiloihin vanhaan tekniseen tilaan lukuun ottamatta polttoainevarastoa, jota varten rakennetaan laajennus. Halli on pohja-alaltaan 970 m² ja sisätilan korkeus on hallitilojen puolella 6 m ja laajennuksen toimisto- sekä sosiaalitiloissa 2,5 m. Hallin tilavuus on 5120 m³. Tilat mitoitetaan 21 celsiusasteen sisälämpötilan mukaan koko hallissa, koska hallin lopullisista käyttötarpeista ja tilajaoista ei ole vielä tietoa. Lämmitystehontarpeet lasketaan Excel-taulukolla Suomen RakMK D5:n mukaisesti.

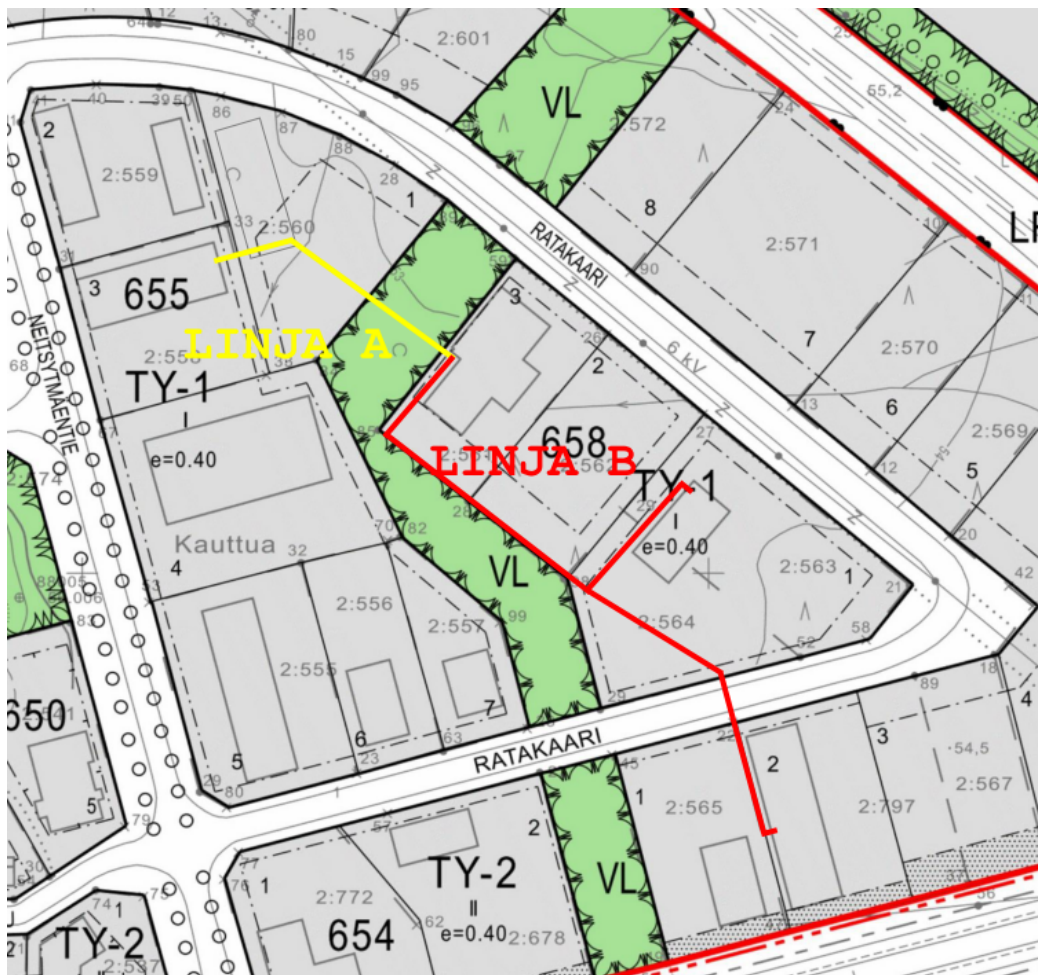
Taulukko 9: Lämpötehtäntarpeen määrittäminen Excel-taulukko

Euran Teollisuushuolto halli 3					
	U-arvo	Ala	Pituus	Ψ_k	ϕ
	W/(m ² *K)	m ²	m	W/(m*K)	W
Ulkoseinät	0,32	627	-	-	9553
Ovet	1,50	77	-	-	5421
Ikkunat	1,50	65	-	-	4568
Alapohja	0,23	972	-	-	3530
Yläpohja	0,26	972	-	-	12015
Vuotoilma	-	-	-	-	21252
Kylmäsillat _{ap}	-	-	146	0,10	685
Kylmäsillat _{yp}	-	-	146	0,10	685
Kylmäsillat _{un}	-	-	49	0,10	231
Kylmäsillat _{ovi}	-	-	72	0,10	337
Kylmäsillat _{ikk}	-	-	278	0,10	1305
Total:					<u>59,6 kW</u>

Alapohjan korjattu U-arvo laskettiin puufon Internet-sivuilta löytyvällä Excel-taulukolla. Vuotoilmasta johtuvassa lämmitystehontarpeen laskennassa käytetään q₅₀-lukuna 12m³/(h*m²) ja x-kertoimena 24, joka vastaa kaksikerroksista rakennusta kerroskorkeuden ollessa 3 metriä. Hallin sisälämpötilan ollessa 21 °C saadaan tehontarvelaskujen tulokseksi 59,6 kW.

4 VERKOSTON MITOITUS

Verkosto jakautuu kahteen eri linjaan lähtiessään lämpölaitokselta. Molempiin linjoihin liittyy kaksi kiinteistöä. A-linjaan liittyvien kiinteistöjen lämpötehtarve on noin 85 kW. B-linjaan liittyvien kiinteistöjen lämpötehtarve on 100 kW. Viides



Kuva 11: Verkstareitin esisuunnitelma.

verkostoon liittyvä kiinteistö on halli, jonka tiloissa itse lämpölaitos tulee sijaitsemaan. Sen lämpötehtarve on noin 60 kW. Aluelämpölaitoksen verkosto toteutetaan teräksisellä 2Mpuk-kaukolämpöjohtojärjestelmällä. Verkostonmitoituksessa käytetään lämpötiloina meno- ja paluuedelle 90/50 °C. Verkosto pyritään mitoittamaan maksimipainehäviön ollessa 100 Pa/m kuitenkin käyttäen pienimpänä putkikokona DN 32. Verkoston alkupäässä mitoituksessa otetaan huomioon myös mahdollisesti jälkepäin liittyvä lisätehtarve. Mitoitus tehdään Excel-laskentataulukolla (Esa-Matti Laiho 1991) mukaisesti meno- ja paluulinja erikseen, sekä myös vertailuksi

meno- ja paluulinja samassa. Meno- ja paluulinja erikseen mitoitettaessa molemmis-
sa linjoissa käytetään mitoituslämpötilojen mukaisia arvoja. Mitoittaessa meno- ja
paluulinja samassa käytetään mitoituslämpötilojen keskiarvon mukaisia arvoja.

4.1 Linja A

Linjan alkupäässä mitoittavana tehona on 85 kW, jonka perusteella saadaan laskettua
mitoitettava tilavuusvirta (Kuva 20 ja 21). Mitoittavaksi tilavuusvirraksi saadaan 0,524
 dm^3/s käyttämällä ominaislämpökapasiteettina 4,2 $\text{kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$, veden tiheytenä 90 $^\circ\text{C}$
mukaista 965,2 kg/m^3 ja lämpötilaerona 40 $^\circ\text{C}$.

$$\phi = q_m * c_p * \Delta T = \rho * q_v * c_p * \Delta T$$

$$q_v = \frac{\phi}{\rho * c_p * \Delta T}$$

ϕ	nesteen lämmittämiseksi tarvittava teho, kW
q_m	nesteen massavirta, kg/s
c_p	nesteen ominaislämpökapasiteetti vakiopaineessa, kJ/kgK
ΔT	nesteen lämpötilannousu, K
ρ	nesteen tiheys, kg/m^3
q_v	nesteen tilavuusvirta m^3/s

$$Re = \frac{v * d_h}{\nu}$$

Re	Reynoldsin luku
v	nesteen keskimääräinen virtausnopeus, m/s
d_h	virtausputken hydraulinen halkaisija, m ($d_h = d_s$)
ν	nesteen kinemaattinen viskositeetti, m^2/s

Verkoston kitkapainehäviötä mitoittaessa ensin lasketaan putkiosuuksille Reynoldsin
luku, joka määrittelee virtauksen tyypin. Reynoldsin lukua laskettaessa virtaavan ai-
neen kinemaattinen viskositeetti saadaan taulukosta (Liite 1) ja putken karheusker-
toimena käytetään 0,045. Virtausnopeus lasketaan tilavuusvirrasta kaavalla ($v =$
 q_v/A), jossa A on virtausputken poikkipinta-ala (Kuva 22). Reynoldsin luvuksi saa-

daan noin 37600 arvojen ollessa seuraavat: virtausnopeus 0,22 m/s, kinemaattinen viskositeetti $0,322 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ja putken sisähalkaisija 55,1 mm.

Taulukko 10: Putkivirtauksen virtausmuotojen luokitus (Putkijohtojen virtausteknisen mitoituksen perusteet s.37)

Reynoldsin luku Re	Virtaus on luonteeltaan
< 2000	Laminaarista
2000 ... 4000	Epämääräistä
> 4000	Turbulenttista

Reynoldsin luvun perusteella lasketaan kitkavastuskerroin turbulenttiselle virtaukselle (Putkijohtojen virtausteknisen mitoituksen perusteet - liite 7 s.105) mukaisesti. Laskennat suoritetaan kohdan 1. hydraulisesti sileät johdot mukaan k/d arvojen ollessa <65 sekä Reynoldsin lukujen ollessa välillä 2320 - 50000. (Liite 2)

Suoran putkijohdon kitkavastusten aiheuttamien painehäviöiden eli kitkavastusten laskentayhtälö esitetään yleisimmin Darcyn v. 1857 esittämässä muodossa.

$$\Delta p_{\lambda} = \lambda * \frac{l}{d} * p_s = \lambda * \frac{l}{d} * \frac{1}{2} * \rho * v^2 \quad (4.1)$$

Δp_{λ}	suoran putkijohdon kitkavastusten aiheuttama painehäviö, Pa
λ	johdon kitkavastuskerroin
l	johdon pituus, m
d	johdon sisähalkaisija, m
p_d	dynaaminen paine johdossa, Pa
ρ	virtaavan aineen tiheys, kg/m^3
v	virtaavan aineen keskimääräinen virtausnopeus, m/s

Kuva 21: Kitkapainehäviöön käytetty laskenta kaava - Putkijohtojen virtausteknisen mitoituksen perusteet s.44

Linjan A kokonaispituudeksi tulee noin 100 m verkostoreitin esisuunnitelman mukaisesti. Ensimmäisellä osuudella tehonsiirtotarve mitoitusilanteessa on 85 kW, johon huomioidaan myös mahdollinen lisätehontarve. Lisätehontarve huomioiden putkikooksi kyseiselle osuudelle valitaan DN 50, josta aiheutuva painehäviö metriä kohden jää mitoitusilanteessa pieneksi (0,2 bar/km). Solmukohtaan A.1 jälkeen linja

jatkuu vain kahteen verkostoon liittyvään kiinteistöön omilla liityntäjohtoillaan. Liityntäjohtojen koko on DN 32, jota pienempää putkikokoa ei verkostossa käytetä.

4.2 Linja B

Linjan mitoitus tapa on yhtenevä linja A mitoituksen kanssa. Linjan alkupäässä mitoittavavana tehontarpeena on 100 kW, joka vastaa tilavuusvirtaa $0,317 \text{ dm}^3/\text{s}$ mitoitus tilanteen arvoilla. Reynoldsin luku jää myös alle 50000 linjassa B, joten kitkavastuskertoimen määrittäminen tehdään kohdan 1. hydraulisesti sileät johdot mukaisesti (Liite 2).

Verkostoreitin esisuunnitelman mukaisesti linjan B kokonaispituudeksi tulee 290 metriä. Ensimmäiseen solmukohtaan (B.1) asti linjassa tehonsiirtotarve on 100 kW, jonka jälkeen linja jakautuu kahteen eri kiinteistöön. Solmukohtasta B.1 tehonsiirtotarve on kiinteistölle B.2 30 kW ja kiinteistölle B.3 70 kW. Linjassa ensimmäiseen solmukohtaan asti otetaan huomioon mahdollinen lisätehontarve, joka huomioiden putkikooksi valitaan DN 50. Solmukohtaan B.1 jälkeen lähtevien liityntäjohtojen putkikooksi valitaan DN 32.

4.3 Yhteenveto

Verkoston kokonaispituus on 390 metriä meno- ja paluujohtoa sekä lisäksi 10 metriä kiinteistöön, jossa lämpölaite sijaitsee. Verkostossa mitoittava tilavuusvirta on noin $1,5 \text{ dm}^3/\text{s}$ ja painehäviö vaikeimmalla reitillä noin 130 kPa (Taulukko 11 ja 12).

Taulukko 11: Taulukko laskentatuloksista.

Putkiosuus meno/paluu	\dot{m} (kg/s)	Koko (DN)	Pituus (m)	R (Pa/m)	Δp (kPa)
A - A.1	0,505	50	130	10	1,4
A.1 - A.2	0,268	32	10	21	0,4
A.1 - A.3	0,239	32	60	17	1,2
B - B.1	0,595	50	240	13	3,4
B.1 - B.2	0,179	32	120	11	1,3
B.1 - B.3	0,417	32	220	47	10,7

Taulukko 12: Painehäviöiden yhteenlasku.

Piste	Painehäviöt (kPa)	Paine-ero (kPa)	Δp (kPa)
A.3	Minipaine-ero	60	60,0
A.3	Väli A.1 - A.3	60 + 1,2	61,2
A.1	Väli A - A.1	61,2 + 1,4	62,6
B.3	Minipaine-ero	60	60,0
B.3	Väli B.1 - B.3	60 + 10,7	70,7
B.1	Väli B - B.1	70,7 + 3,4	74,1
Pumppu	Lämpölaitoksen sisäinen	74,1 + 50	124,1

5 LÄMPÖKESKUS

Lämpökeskuksen suunnittelu toteutetaan tiiviissä yhteistyössä toimeksiantajan kanssa. Lämpökeskuksen suunnittelussa päälinjauksena on järjestelmän hakekäyttöisyys. Toimeksiantajan tarkoituksena on rakentaa sekä tuottaa lämpökeskuksen rakennustekniset tilat ja lämpökeskuksen komponenteista niin suuri osa kuin on mahdollista sekä kustannuksellisesti kannattavaa. Suunnittelussa käytetään apuna valmiita Excel-pohjaisia laskentasovelluksia.

5.1 Kattila

Verkostossa mitoittavana tehona on 245 kW sekä verkoston lämpöhäviöinä pidetään 15:ttä prosenttia, joista tulee yhteensä noin 280 kW. Lämpökeskukseen valittava hakekattilan on oltava tehoalueeltaan noin 300 kW. Hakekattilan valintaa suoritettaessa kilpailutettiin eri valmistajien tuotteita sekä laskettiin omatekoisen kattilan materiaali- ja työkustannuksia. Omatekoisen kattilan hinta-arviota laskettaessa oli otettava huomioon mahdolliset muutostyöt koekäyttöjen jälkeen, jotta palaminen tapahtuisi mahdollisen puhtaasti sekä lämpöä karkaisi savukaasujen mukana mahdollisimman vähän. Kun kattilavalmistajilta oli saatu tarjoukset, niitä verrattiin omatekoisen katti-

lan hinta-arvioon. Omatekoisen kattilan ja kattilavalmistajien kattiloiden vertailussa päädyttiin suomalaiseen Veljekset Ala-Talkkari Oy:n hakekattilaan. Kattilan valinnan yhteydessä päätettiin, että ohjauskeskus tulee myös Veljekset Ala-Talkkari Oy:ltä. Ala-Talkkarin ohjauskeskus Veto control ohjaa polttimen tehon säätöä kattilaveden lämpötilan mukaisesti. Polttoaineen ja ilman määrää ohjataan savukaasujen jäännöshapen mittausarvojen perusteella, jolla pidetään polttimen hyötysuhdetta parhaimmillaan.

5.2 Polttoainevarasto

Polttoainevaraston mitoituksessa käytetään apuna Excel-pohjaista laskentasovellusta, jonka avulla selvitetään polttoaineen kulutusta mitoitusilanteessa (Liite 3). Polttoaineen kulutuksen sekä polttoainehuollon perusteella saadaan polttoainevaraston riittävä koko selville. Teräsrakenteinen neljäkulmainen hakesiilo valmistetaan itse, josta polttoaineen purku tapahtuu pohjalla olevan ruuvikuljettimen avulla. Hakesiilon pohja on v-muotoinen, jossa on tankopurkaimet estämässä holvaantumista. Polttoaineen kulutus mitoitusilanteessa on $8,0 \text{ m}^3$ vuorokaudessa, josta polttoainevaraston tilavuudeksi saadaan 40 m^3 viiden vuorokauden täyttö välillä. Polttoaineen siirtoa varten olevien ruuvikuljettimien valintaan siirtokapasiteetiksi tulee noin $0,35 \text{ m}^3/\text{h}$.

5.3 Laitteisto

Laitteiston valintaan tarvittavat mitoitusilanteen arvot lasketaan Excel-pohjaista laskentasovellusta hyödyntäen (Liite 3). Palamisilman tarve mitoitusilanteessa on noin 120 litraa sekunnissa ja savukaasun määrä noin 230 litraa sekunnissa. Verkoston kiertovesipumpun valintaan mitoitusilanteen arvoiksi laskettiin tilavuusvirraksi 1,5 litraa sekunnissa sekä painehäviöksi 130 kPa. Laitteiston valintaa ei tehdä vielä tarkemmin, vaan toimeksiantaja tekee valinnat mitoitusilanteen mukaan lasketuilla arvoilla.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä aiheena oli tehdä aluelämpölaitoksen ja verkoston esisuunnitelma Euran Teollisuushuollolle. Esisuunnitelmaa varten täytyi alkuun määrittää verkoston piiriin liittyvien kiinteistöjen lämpötehontarpeet. Lämpötehontarpeen määrittämisessä yhden kiinteistön osalta suoritettiin mittauksia lämpimän käyttöveden kulutuksesta, koska kiinteistössä on lounasravintola ja täten lämpimän käyttöveden kulutus on verrattain suurta. Mittaus onnistui hyvin ja tulokset olivat oikein loogiset, ja niiden perusteella luotiin kaksi lyhyehkön aikavälin kuvaajaa.

Kiinteistöjen lasketut lämpötehontarpeet vastasivat oikein hyvin olemassa olevien lämmitysjärjestelmien tehoa. Vain yhdessä kiinteistöistä lasketun tehontarpeen ja olemassa olevan lämmitysjärjestelmän tehossa oli suuri ero. Tässä kiinteistössä lämmitysjärjestelmä on ylimitoitettu. Kolmen toisiensa kanssa yhtenevän elementtirakenteisen kiinteistön lasketut ominaislämpötehot olivat $6,4 \text{ W/m}^3$ - $8,2 \text{ W/m}^3$, kun taas poikkeavassa kiinteistössä nykyisen lämmitysjärjestelmän mukaan ominaislämpöteho on $19,5 \text{ W/m}^3$. Lämpötehontarpeet laskettiin Excel-taulukkoa hyödyntäen.

Verkoston mitoituksessa käytettiin toimeksiantajan kanssa sovittuja mitoituslämpötiloja ja mitoitettiin putkisto tavoittelemalla tiettyä painehäviötä per metri. Mitoitus tehtiin laskemalla Excel-taulukkoa hyödyntäen meno ja paluu putki erikseen sekä vertailun vuoksi meno ja paluu putki yhdessä. Meno ja paluu puoli yhdessä laskettaessa käytettiin mitoitus lämpötilojen keskiarvon mukaisia arvoja. Lämpökeskuksen mitoitukseen käytettiin valmiita Excel-pohjaisia sovelluksia.

Meno ja paluu putki yhdessä sekä erikseen tehdyssä mitoituksessa oleva ero tuloksissa painehäviön osalta oli pieni vain noin 1 prosentti, mikä tuli itselle yllätyksenä. Työn tulokset olivat hyvät ja tarkoitus täyttyi, joiden perusteella toimeksiantaja aloittaa verkoston ja laitoksen toteutuksen.

LÄHTEET

(Energiateollisuus – Koti ja lämmitys – Kaukolämpö) Saatavissa: <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys> Viitattu: 20.10.2015

(Miten kaukolämpö toimii) Saatavissa: <http://www.kaukolampo.fi/miten-kaukolampo-toimii/> Viitattu: 20.10.2015

(Energiateollisuus – Energia ja ympäristö) Saatavissa: <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/tuotanto-ja-polttoaineet> Viitattu: 21.10.2015

(Energiateollisuus – Energia ja ympäristö) Saatavissa: <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/kaukolampoverkko> Viitattu: 21.10.2015

(Energiateollisuus – Suositus L11/20113 Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet) Saatavissa: <http://energia.fi/julkaisut/113>

(Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet 2012) Saatavissa: <https://www.edilex.fi/rakentamismaaraykset>

(Suomen rakentamismääräyskokoelma C4 Lämmöneristys, ohjeet 2003) Saatavissa: <https://www.edilex.fi/rakentamismaaraykset>

(Puurakenteen U-arvon määrittäminen ja Alapohjan U-arvon määrittäminen) Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/mitoitusohjelmat?>

Esa-Matti Laiho 1991. Putkijohtojen virtausteknisen mitoituksen perusteet. Mikkelin teknillinen oppilaitos

VEDEN AINEOMINAISUUKSIA

T	ρ'	ρ'_s	ν'	λ	c'_p	α'	η'	ν'	α'
$^{\circ}\text{C}$	kg/m^3	kg/m^3	$1/\text{K}$	kJ/kg	kJ/kgK	10^{-3}K^{-1}	10^{-6}kg/ms	$10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$	$10^{-9}\text{m}^2/\text{s}$
0	0,611	999,8	1,0002	2501,6	4,217	569	1750	1,75	135,0
10	1,227	999,7	1,0003	2477,9	4,193	587	1300	1,30	140,0
20	2,337	998,3	1,0017	2454,3	4,182	603	1000	1,00	144,4
30	4,241	995,7	1,0043	2430,7	4,179	618	797	0,800	148,5
40	7,375	992,3	1,0078	2406,9	4,179	632	651	0,656	152,4
50	12,34	988,0	1,0121	2382,9	4,181	643	544	0,551	155,7
60	19,92	983,2	1,0171	2358,6	4,185	654	463	0,471	158,9
70	31,16	977,7	1,0228	2334,0	4,190	662	400	0,409	161,6
80	47,36	971,6	1,0292	2308,8	4,197	670	351	0,361	164,3
90	70,11	965,2	1,0361	2283,2	4,205	676	311	0,322	166,6
100	101,33	958,1	1,0437	2256,9	4,216	681	279	0,291	168,6
110	143,27	950,7	1,0519	2230,0	4,229	684	252	0,265	170,1
120	198,54	942,9	1,0606	2202,2	4,245	687	230	0,244	171,6
130	270,13	934,6	1,0700	2173,6	4,263	688	211	0,226	172,7
140	361,4	925,8	1,0801	2144,0	4,285	688	195	0,211	173,4
150	476,0	916,8	1,0908	2113,2	4,310	687	181	0,197	173,9
160	618,1	907,3	1,1022	2081,3	4,339	684	169	0,186	173,7
170	792,0	897,3	1,1145	2047,9	4,371	681	159	0,177	173,6
180	1002,7	886,9	1,1275	2013,1	4,408	677	149	0,168	173,2
190	1255,1	876,0	1,1415	1976,7	4,449	671	141	0,161	172,2
200	1554,9	864,7	1,1565	1938,6	4,497	665	134	0,155	171,0
210	1907,7	852,8	1,1725	1898,5	4,551	657	127	0,149	169,3
220	2319,8	840,3	1,1900	1856,2	4,613	648	122	0,145	167,2
230	2797,6	827,3	1,2087	1811,7	4,685	639	116	0,140	164,9
240	3347,8	813,6	1,2291	1764,6	4,769	628	111	0,136	161,9
250	3977,6	799,2	1,2513	1714,6	4,867	618	107	0,134	158,9
260	4694,3	783,9	1,2756	1661,5	4,983	603	103	0,131	154,4
270	5505,8	767,8	1,3025	1604,6	5,122	590	99,4	0,1295	150,0
280	6420,2	750,5	1,3324	1543,6	5,290	575	96,1	0,1280	144,8
290	7446,1	732,1	1,3659	1477,6	5,499	558	93,0	0,1270	138,6
300	8592,7	712,2	1,4041	1406,0	5,762	541	90,0	0,1264	131,8
310	9870,0	690,6	1,4480	1327,6	6,104	523	86,5	0,1253	124,1
320	11289	666,9	1,4995	1241,1	6,565	508	83,0	0,1245	115,0
330	12863	640,7	1,5615	1143,6	7,219	482	79,4	0,1240	104,3
340	14605	610,2	1,6387	1030,7	8,233	460	75,4	0,1236	91,6
350	16535	574,3	1,7411	895,7	10,11	437	70,9	0,1235	75,3
360	18675	527,5	1,8959	721,3	14,53	399	65,3	0,1238	51,9
370	21054	451,6	2,2136	452,6	43,17	348	56,0	0,1239	17,8
374,2	22120	315	3,17	0	∞	238	45,0	0,143	0

TURBULENTTISEN PUTKIVIRTAUKSEN KITKAVASTUSKERTOIMEN λ
LASKENTAYHTÄLÖITÄ

Merkintöjä: Re Reynoldsin luku, -
k johdon sisäpinnan karheus, mm
d johdon sisähalkaisija, mm

1. HYDRAULISESTI SILEÄT JOHDOT

Rajoitus: $Re \cdot k/d < 65$

* Blasius
- pätevyysalue: $2320 < Re < 10^5$

$$\lambda = 0,3164 \cdot Re^{-0,25} \quad (1)$$

* Nikuradse
- pätevyysalue: $10^5 < Re < 5 \cdot 10^6$

$$\lambda = 0,0032 + 0,221 \cdot Re^{-0,237} \quad (2)$$

* Prandtl-Karaman
- pätevyysalue: $Re > 10^6$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \frac{Re \cdot \sqrt{\lambda}}{2,51} \quad (3)$$

LIITE 3

Tarvittava teho	280	kW	
Hyötysuhde	85 %	%	
Polttoaineen lämpöarvo	3,3	kWh/kg	= 11,9 MJ/kg
Polttoaineen irtotiheys	300	kg/m ³	

Polttoaineen kulutus	2,4	ton/vrk
Polttoaineen kulutus	100	kg/h
Polttoaineen kulutus	28	g/s
Polttoaineen kulutus	8,0	m ³ /vrk
Polttoaineen kulutus	333	dm ³ /h

Palamisilman tarve	122	dm ³ /s
Palamisilman tarve	440	m ³ /h

Savukaasun määrä (kosteaa)	230	dm ³ /s
Savukaasun määrä (kosteaa)	829	m ³ /h
Savukaasun määrä (kosteaa)	0,18	kg/s
Savukaasun määrä (kuiva)	0,15	kg/s
Savukaasun määrä (kosteaa, NTP)	500	m ³ /h
Savukaasun määrä (kosteaa, NTP)	0,14	m ³ /s
Savukaasun määrä (kuiva, NTP)	406	m ³ /h
Savukaasun määrä (kuiva, NTP)	0,11	m ³ /s
Vesihöyryn osuus	18,7 %	%

ilmakerroin	1,3	
savukaasun happi	4,9 %	% (dry)
savukaasun happi	4,0 %	% (moist)
savukaasun häkä	0	ppm
polttoaineen kosteus	33	m-%
polttoaineen laskennallinen lämpöarvo	3,27	kWh/kg
palamisilman lämpötila	20	°C
savukaasun lämpötila	180	°C
tuhkan määrä	268	g/h
tuhkan määrä	6,4	kg/vrk