



Ari Siltakoski

## **KAUKOLÄMMÖN PUMPPAUKSEN OHJAUKSEN**

## **TEHOSTAMINEN**

# **KAUKOLÄMMÖN PUMPPAUKSEN OHJAUKSEN**

## **TEHOSTAMINEN**

Ari Siltakoski  
Opinnäytetyö  
Kevät 2013  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka, energiatekniikka

---

Tekijä: Ari Siltakoski

Opinnäytetyön nimi: Kaukolämmön pumppauksen ohjauksen tehostaminen

Työn ohjaajat: Veli-Matti Mäkelä, Mikko Haaranen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2013 Sivumäärä: 45 + 5 liitettä

---

Tämä työ tehtiin Oulun Seudun Sähkön omistaman Kempeleen kaukolämpöverkon paine-eromittauspaikkojen määrittämiseksi. Samalla tuotettiin ratkaisuehdotukset neljään ongelmatapaukseen.

Ensimmäinen ongelma on koulukeskuksella, jossa ilmanvaihtopiiri lakkaa toimimasta kovien pakkasten aikana. Ratkaisuehdotuksessa päädyttiin ilmanvaihtopiirin säätöventtiin mitoituksen ja lämmönjakokeskuksen kunnan tarkastamiseen. Kaksi seuraavaa ongelmaa ovat Kyntömiehentiellä ja Neikankujalla sijaitsevilla kuluttajilla, joilla ei riitä paine-ero lämmönjakokeskuksen toimivuuden takaamiseksi. Molemmat ongelmat ovat seurausta Santamäentiellä olevan katujohtojen DN 80 pienuudesta. Santamäentiellä oleva katujohto uusitaan koko matkalta DN 100:seen. Neljäs ongelma on Jäkälätien kahdella kuluttajalla, joilla kesäaikana ei riitä lämminvesi. Tämä on seurausta kaukolämpöveden jäähtymisestä, koska verkostossa ei ole käyttöä ja veden virtaus on vähäistä. Ongelman ratkaisuksi ehdotetaan lämpötilaohjatun säätöventtiin asentamista meno- ja paluuputkien välille, jolloin saadaan kaukolämpövesi virtaamaan ja ongelma korjaantuu.

Pumppauksella pidetään tietyt painetasot verkostossa. Painehäviöitä verkostossa aiheuttavat putkiston pinnankarheus, mutkat ja venttiilit. Nämä painehäviöt tulee pumppauksella voittaa. Menopuolella tulee olla suurempi paine kuin paluupuolella, jotta saadaan aikaan veden kierto verkostossa.

Paine-eromittauspaikat määritettiin verkoston kriittisimpien asiakkaiden läheisyyteen. Tulevaisuudessa pumppauksen ohjaus tullaan suorittamaan automaatio-ohjauksella. Paine-eromittaukset on laitettava etäluennalla toimiviksi, jotta saadaan reaaliaikaista tietoa verkoston kriittisimpien asiakkaiden paine-eroista pumppauksen tarpeen optimoimiseksi.

---

Asiasanat: pumppaus, paine, paine-ero, kaukolämpö, etäluentä, kestävä kehitys

## **ALKULAUSE**

Kiitän Oulun Seudun Sähköä mahdollisuudesta suorittaa opinnäytetyön yrityksessänne.

Työn ohjaajat energiatekniikan osastonjohtaja Veli-Matti Mäkelä Oulun seudun ammattikorkeakoulusta ja kaukolämmöntuotantopäällikkö Mikko Haaranen Oulun Seudun Sähköstä ansaitsevat myös kiitokset.

Projektipäällikkö Taisto Tallavaaraa Planora Oy:stä kiitän painehäviölaskelmista, jotka edesauttoivat työn suorittamista.

Oulussa 6.4.2013

Ari Siltakoski

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 KAUKOLÄMPÖ	9
2.1 Kaukolämmön historiaa	9
2.2 Kaukolämmön nykytila	10
2.2.1 Nykytila maailmalla	10
2.2.2 Nykytila Suomessa	11
2.3 Kaukolämmön ympäristöystävällisyys	13
2.4 Kaukolämmön kuluttaja	14
3 KAUKOLÄMMÖN TUOTANTO JA JAKELU	16
3.1 Kaukolämmön toimintaperiaate	16
3.2 Kaukolämmön tuotanto	16
3.3 Kaukolämmön jakelu	18
3.3.1 Vesikaukolämpöjärjestelmä	18
3.3.2 Kaukolämpö johdot	18
4 PUMPPAUS JA PAINE	21
4.1 Pumppaus	21
4.2 Paine	21
4.2.1 Hydrostaattinen paine	22
4.2.2 Dynaaminen paine	23
5 PAINE-EROMITTAUS	24
6 ETÄLUENTA	26
7 KEMPELEEN KAUKOLÄMPÖVERKKO JA SEN ONGELMAT	27
7.1 Kempeleen kaukolämpöverkko	27
7.1.1 Kuluttajat	27
7.1.2 Lämmöntuotantolaitokset	29
7.1.3 Pumppaamot	29

7.1.4 Putkistopituudet ja -tilavuus	30
7.2 Ongelmakohdat	30
7.2.1 Kempeleen koulukeskuksen ongelma	30
7.2.2 Kyntömiehentien ja Neikankujan kuluttajien ongelmat	31
7.2.3 Jäkälätien kuluttajien ongelmat	32
8 ONGELMIEN RATKAISUEHDOTUKSET	33
8.1 Kempeleen koulukeskus	33
8.1.1 Putkikokolaskelma massavirran mukaan	33
8.1.2 Putkikokolaskelma tilavuusvirran mukaan	34
8.1.3 Putkikokolaskelma tilaustehon mukaan	36
8.2 Kyntömiehentien ja Neikankujan ongelman ratkaisu	36
8.2.1 Putkikokolaskelma massavirran mukaan	37
8.2.2 Putkikokolaskelma tilavuusvirran mukaan	37
8.3 Jäkälätien kuluttajien ongelman ratkaisuehdotus	37
9 PAINE-EROMITTAUSPAIKKOJEN MÄÄRITYS	39
9.1 Mittauspaikka 1	39
9.2 Mittauspaikka 2	40
9.3 Mittauspaikka 3	40
9.4 Mittauspaikka 4	41
10 YHTEENVETO	43
LÄHTEET	44
LIITTEET	
Liite 1 Lähtötietomuistio	
Liite 2 Kempeleen kaukolämpöverkko	
Liite 3 Koulukeskuksen sähkökartta	
Liite 4 Santamäentien sähkökartta	
Liite 5 Metsärinteen sähkökartta	

# 1 JOHDANTO

Kaukolämpöyhtiöt ovat merkittävässä osassa toteutettaessa Eurooppa 2020 -energiastrategiaa (1). Sähkön ja lämmön yhteistuotannolla päästään korkeisiin hyötysuhteisiin voimalaitoksissa ja täten voidaan pienentää päästöjen määrää (2, s. 27).

Oulun Seudun Sähkö on energia-alalla toimiva keskusosuuskunta. Yritys tuottaa kaukolämpöpalveluita Kempeleeseen, Liminkaan, Muhokselle, Tyrnävälle Lumijoelle ja lihin. (3.)

Kaikilla muilla alueilla paitsi Kempeleessä tuotetaan kaukolämpö itse biopolttoaineita käyttävissä lämpölaitoksissa. Tällä hetkellä Kempeleen tarvitsema lämpöenergia ostetaan Oulun energialta. Pumppauksen hoitaa pääasiassa lämmönmyyjä. Kempeleessä on kaksi välipumppaamo. Varateho tuotetaan omilla lämpölaitoksilla, joita ei ole tarvinnut käyttää kuin ääritapauksissa.

Verkossa on tällä hetkellä neljä ongelmakohtaa, joihin tämä tutkimus tuottaa ratkaisuehdotuksen. Ensimmäinen ongelma on Kempeleen koulukeskuksessa. Talviaikaan koululla oleva lämmönjakokeskus ei kykene siirtämään tarvittavaa lämpöä ilmanvaihtopiirille. Kaksi muuta ongelmaa sijaitsevat samalla suunnalla koulukeskuksen kanssa, joskin eri osassa putkistoa. Neljäs ongelma on verkon kaakkoiskulmalla kesäaikaan, koska siellä ei riitä lämpötehot kaukolämmön käytön vähyyden takia. Tästä johtuen kaukolämpövesi jäähtyy putkistossa ja kulluttajalla tulee ongelmia lämpimän veden riittävydessä. (Liite 1.)

Kaukolämpöverkkoon on suunnitteilla 4 kilometrin laajennusosa ja uusi pumppaamo, jotka huomioidaan myös tässä työssä. Suunnitteilla on myös oman voimalaitoksen rakentaminen tulevaisuudessa. (Liite 2.)

Paine-ero mitataan tällä hetkellä Aurinkokujan lämpökeskukselta ja Ouluntullista, joka on toimitusrajana sopimuksessa. Paine-eromittauspaikkoja tulisi laittaa 3 - 4 kappaletta, jotta verkon toimivuus pystytään takaamaan paremmin.

Tulevaisuudessa on tarkoitus siirtyä paine-eromittauksessa etäluentaan, jonka avulla optimoidaan pumppauksen tarvetta. Pumppauksen ohjaus toteutetaan kriittisimpien asiakkaiden paine-erojen mukaan.

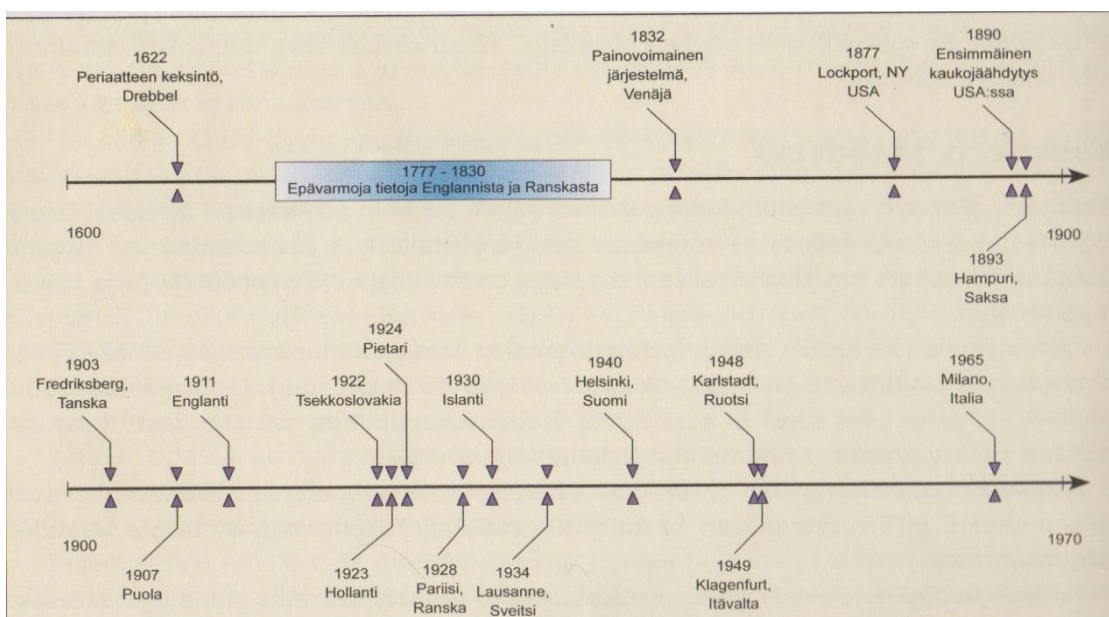


## 2 KAUKOLÄMPÖ

Kaukolämmityksen ominaispiirteitä ovat liiketoiminnan muodossa tapahtuva keskitetty lämmön tuotanto ja jakelu asiakkaiden rakennusten ja käyttöveden lämmitystarpeisiin. Siirtoaineena on joko vesi tai höyry, ja Suomessa siirtoaineena on vesi. (2, s. 25.)

### 2.1 Kaukolämmön historiaa

Kaukolämmityksen periaate on keksitty Hollannissa vuonna 1662, jolloin keksijä Cornelius Drebbel oli ehdottanut lämpimän veden jakeluun perustuvan verkon rakentamista (kuva 1). Tiedossa ei kuitenkaan ole, että kyseinen verkko olisi tuolloin vielä rakennettu. (2, s. 32.)



KUVA 1. Kaukolämmityksen historian varhaiset vaiheet (2, s. 32)

Ensimmäinen kaukolämpöjärjestelmä käynnistettiin Yhdysvalloissa vuonna 1877, jolloin Birdsill Holly perusti höyrykattilalämmitysjärjestelmän Locportin kaupunkiin New Yorkin osavaltioon. Kyseinen järjestelmä oli ensimmäinen, joka toimi kaupallisessa muodossa. (2, s. 32.)

Euroopassa kaukolämmitys alkoi levitä 1800-luvun lopulla. Saksan Hampuriin valmistui ensimmäinen kaukolämpöjärjestelmä vuonna 1893. Kyseessä oli kokeilu, jossa tuotettiin sähköä ja lämpöä yhteistuotantona lähellä olevalle kaupungintalolle. Tanskassa otettiin vuonna 1903 käyttöön jätteenpolttolaitos, josta toimitettiin lämpöä läheiselle sairaalalle ja muille rakennuksille. Venäjällä ja Englannissa rakennettiin keskuslämmitysjärjestelmiä 1700- ja 1800-luvuilla, joskin kaukolämmitysjärjestelmiä vasta 1900-luvun alkupuolella. (2 s. 32 - 33.)

Suomessa ensimmäinen kaukolämmitysjärjestelmä otettiin käyttöön Helsingin olympiakylässä, joka valmistui vuonna 1940. Järjestelmä kattoi koko asuinalueen. 1950-luvulla Suomessa alettiin käyttää teollisuudesta hukkaan menevää lämpöä asuinrakennusten lämmittämiseen. Suomessa on alusta saakka ollut sähkön- ja lämmön yhteistuotanto merkittävässä osassa kaukolämmön tuotantoa. Ensimmäisenä kaukolämmön tuotannon aloitti Tapiolan Lämpö Oy vuonna 1953, ja vuonna 1957 aloittivat Helsinki ja Joensuu. (2, s. 34 - 35.)

Alkuaikoina kaukolämpö levisi hitaasti, kunnes tultiin 1970-luvulle, jolloin öljyn hinta nousi energiakriisin seurauksena ja kaukolämmön merkitys alkoi kasvaa. Valtioneuvoston ohjauksesta alettiin suosia energiaystävällistä kaukolämpöä ja turpeen sekä hakkeen käyttöä polttoaineena energiahuollon tuontiriippuvuuden vähentämiseksi. 1980-luvun puolella välissä öljyn hinta laski, jolloin sitä käytettiin enemmän myös polttoaineena. Nykyään öljyn osuus polttoaineena on vähenemään päin, johtuen hinnasta sekä öljyn riittävyydestä tulevaisuudessa. 1980-luku oli kaukolämpötoiminnan laajenemisen kulta-aikaa ja se levisi taajamiin ja pienempiin kuntiin. (2, s. 34 - 35.)

## **2.2 Kaukolämmön nykytila**

### **2.2.1 Nykytila maailmalla**

Kaukolämmitystoiminta laajenee maailmalla kovaa vauhtia. Toimintaa harjoitetaan laajalti Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja myös Aasiassa joissakin maissa kuten Kiinassa, Japanissa, Mongoliassa ja Koreassa. (4.)

Venäjä on ylivoimaisesti suurin kaukolämpömaa. Sen kaukolämmön myynti oli vuonna 2007 noin 6 887 286 TJ (taulukko 1) ja kaukolämpöverkon pituus oli noin 176 512 km. Venäjän kaukolämpölukemien tarkkuuteen ei ole luottaminen mittauksien ja tilastoinnin puutteellisuuden takia. Venäjällä on kaukolämpöjärjestelmiä noin 50 000 kpl, jotka ovat pieniä ja huonossa kunnossa olevia energiataloudellisesti epätaloudellisia. Kaukolämpöyrityksiä on Venäjällä 17 183 kpl. (4.)

*TAULUKKO 1. Kaukolämpöä kuvaavia lukuja Euroopasta vuonna 2007 (4)*

<b>Maa</b>	<b>Kaukolämpöteho (MW)</b>	<b>Tuotanto (TJ)</b>	<b>Kulutus (TJ)</b>	<b>Yhteistuotannon osuus sähkön tuotannosta (%)</b>
Norja	1400	12064	11313	-
Kroatia	1800	12776	9119	21,5
Slovakia (2005)	5119	19076	14465	-
Alankomaat	5325	21241	21264	-
Italia	5129	23920	199 (Mm3)	32,37
Viro	2760	29943	26042	7,5
Latvia	-	30060	24390	39,7
Unkari	9722	54980	44835	21,8
Romania	53200	95525	67050	10,7
Tanska	17266	120983	102806	52,9
Suomi	20390	120 879	110 420	34,4
Ruotsi	-	198296	169200	5
Puola	62752	513800	425000	16,1
Saksa	57000	550600	267171	12,6
Venäjä	-	6887286	-	-

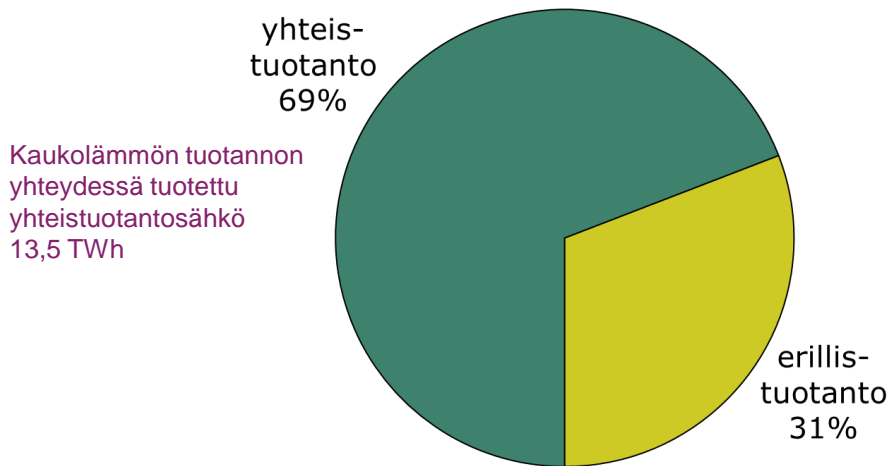
Tanskassa oli Euroopan maista suurin osuus sähköntuotannosta toteutettu yhteistuotannolla 52,9 % (2007). Vastaava osuus Suomessa oli 34,4 %. (4.)

### **2.2.2 Nykytila Suomessa**

Kaukolämpö on Suomessa yleisesti käytetty lämmitysmuoto. Taajamissa ja suurissa kaupungeissa kaukolämpö on turvallinen ja luonnollinen valinta, koska käyttökatoja on todella harvoin ja sähkön ja lämmön yhteistuotanto mahdollistaa kilpailukykyisen hinnoittelun (5; 6; 9).

Suurimmissa kaupungeissa kaukolämmityksen osuus on jopa yli 90 %. Noin 50 % suomalaisista asuu kaukolämpötaloissa. Kaukolämmityksen osuus lämmitysenergiasta on noin puolet. Miltei kaikki kerrostalot sekä julkiset ja liikerakennukset ovat kaukolämmityksen piirissä. Suomessa kaukolämmöstä tuotetaan noin 70 % yhteistuotannolla (kuva 2). (5.)

## Kaukolämmön tuotanto 2012 36,6 TWh



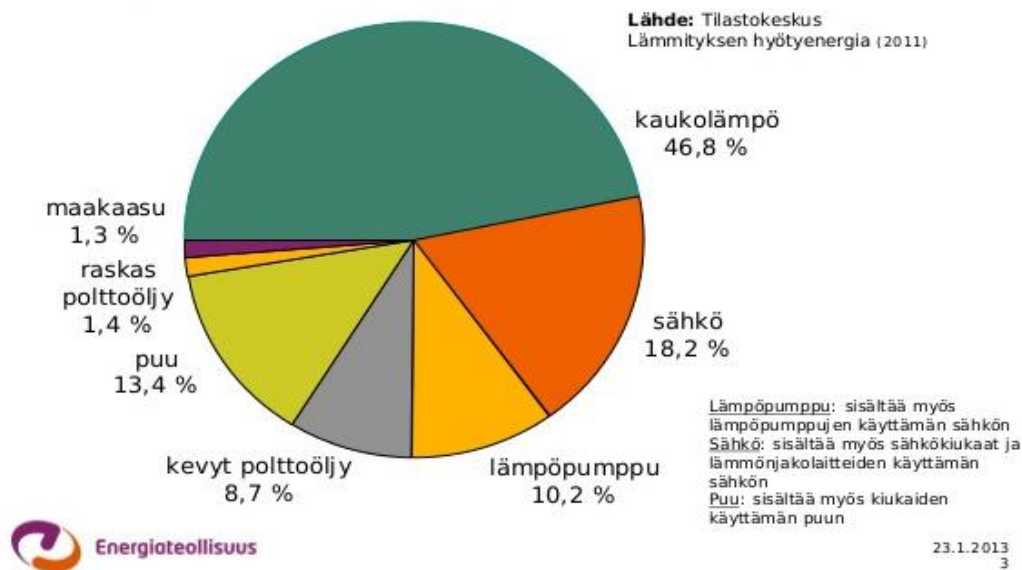
23.1.2013  
6

KUVA 2. Kaukolämmön yhteis- ja erillistuotanto 2012 (7, dia 6)

Kaukolämpöenergian myynti oli viime vuonna 33,6 TWh. Rahallinen arvo sisältäen verot oli 2,25 miljardia €. Kaukolämmitetyissä taloissa asuu 2,7 miljoonaa asukasta. (5; 7).

Lämmitysenergian markkinaosuudesta asuin- ja palvelurakennuksissa kaukolämmitys kattaa noin 47 %. Lämpöpumppumarkkinat ovat valtaamassa lämmitysalaan hiljalleen, johtuen kaukolämmön hinnan noususta. (Kuva 3.)

## Lämmityksen markkinaosuudet Asuin- ja palvelurakennukset



KUVA 3. Lämmityksen markkinaosuudet (7, dia 3)

### 2.3 Kaukolämmön ympäristöystävällisyys

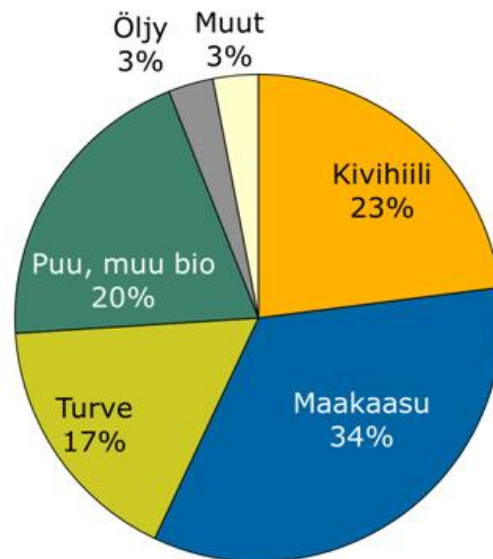
Kaukolämpö on ympäristöystävällinen lämmitysmuoto, koska siinä käytetään hyväksi sähkön tuotannossa muuten hukkaan menevää ns. jätelämpöä. Lisäksi teollisuudesta syntyvää hukkalämpöä pyritään myös hyödyntämään kaukolämmityksessä. (2, s. 27–28.)

Sähkön ja lämmön yhteistuotannolla saavutetaan huomattavasti suurempi energiatehokkuus verraten siihen, että molempia tuotettaisiin omilla yksiköissä. Ympäristökuormituksia ja ilmastovaikutuksia vähentäviä tekijöitä löytyy myös yhteistuotannon eduista. Päästöt ovat pienemmät verraten erillistuotantoon ja hyötykäytetty energia polttoainekiloa kohti on huomattavasti suurempi. (7)

Kaukolämmön polttoaineina käytetään enenevässä määrin uusiutuvia polttoaineita kuten haketta, turvetta ja pellettiä eritoten lämpökeskuksissa. Polttoainejakauma on esitelty kuvassa 4.

# Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet 2011

- polttoaine-energia yhteensä 56,6 TWh

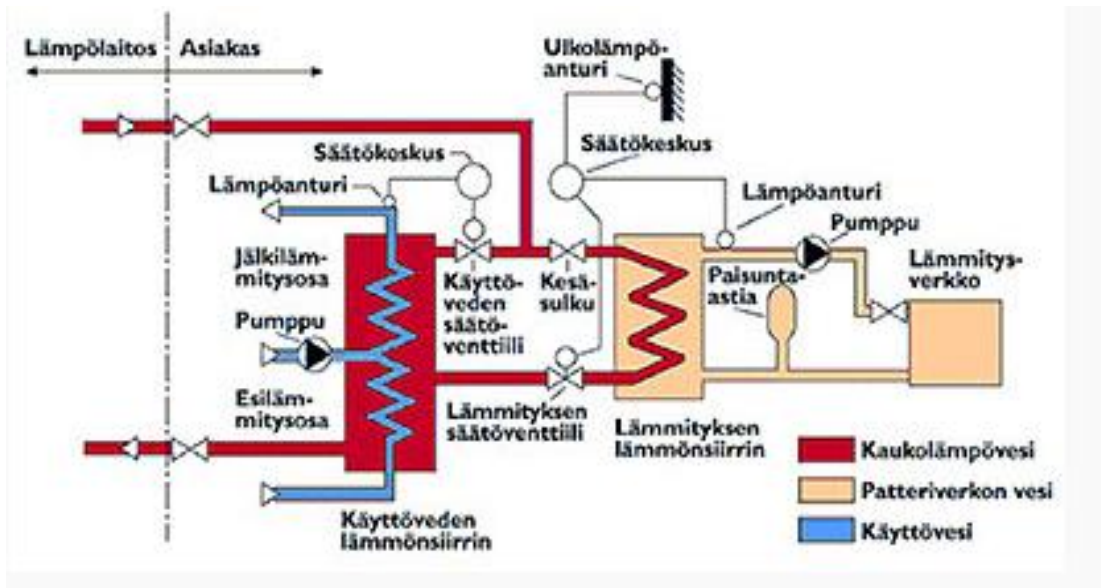


19.1.2012  
10

KUVA 4. Polttoainejakauma kaukolämmöntuotannossa (7, dia 10)

## 2.4 Kaukolämmön kuluttaja

Kaukolämmön kuluttaja eli asiakas liitetään kaukolämpöverkkoon lämmönjakokeskuksella, joka on esitetty kuvassa 5. Kuvassa on väreillä eroteltu kaukolämpövesi, käyttövesi ja patteriverkon vesi. Kuvasta käy ilmi myös toimitusraja, joka erottaa kaukolämpöyhtiön ja asiakkaan omistamat laitteistot. Kuvasta näkee myös kaukolämpöveden kiertoperiaatteen. Kuvassa kaukolämpövesi tulee kahdelle eri lämmönsiirtimelle. Ensimmäinen on käyttöveden lämmönsiirrin ja toinen on lämmityspiiriä varten. On myös mahdollista, että keskuksessa on kolmaskin piiri, joka kuuluu ilmanvaihdolle.



KUVA 5. Asiakkaan kaukolämpölaitteet (8)

Kuluttajan lämmönsiirtimet ottavat kaukolämpövedestä tarvittavan lämmön, joka siirtyy kuluttajan käyttöveteen tai patteriverkoston kiertoveteen ja muihin kuluttajan tarpeisiin, kuten ilmanvaihdon- piiriin. Kaukolämpövesi ei ole kosketuksissa käyttö- tai patteriverkostonveden kanssa. (9)

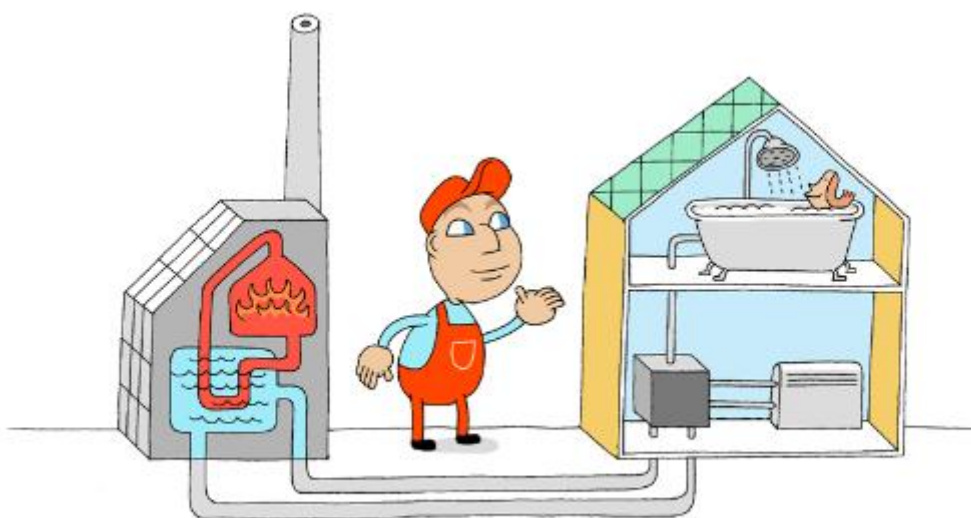
Lämmönjakokeskukset ovat tehdasvalmisteisia ja niihin kuuluvat seuraavat osat:

- lämmityksen lämmönsiirrin
- käyttöveden lämmönsiirrin
- mahdollisesti ilmanvaihdon lämmönsiirrin
- säätölaitteet
- pumput
- paisunta- ja varolaitteet
- lämpö- ja painemittarit
- sulkuventtiilit.

## 3 KAUKOLÄMMÖN TUOTANTO JA JAKELU

### 3.1 Kaukolämmön toimintaperiaate

Suomessa kaukolämpöä tuotetaan yleensä sähkön ja lämmön yhteistuotantona ja huippuajan tarve täytetään lämpökeskuksilla. Asiakkaalle virtaavan kaukolämpöveden lämpötilaa ohjataan ulkolämpötilan mukaan. Menoveden lämpötila vaihtelee 65 °C–115 °C välillä ja paluuveden lämpötila vaihtelee 40 °C–60 °C välillä. Toimintaperiaate selviää kuvasta 6. (9.)

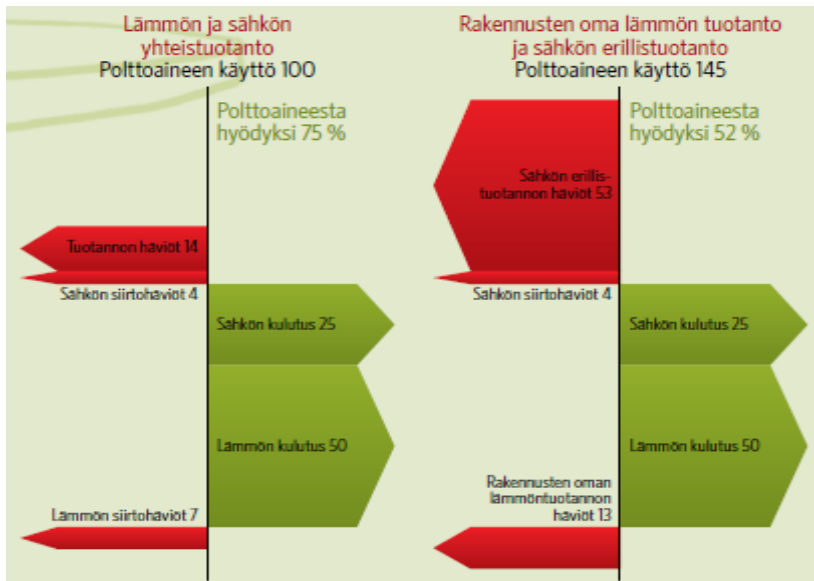


*KUVA 6. Kaukolämmön toimintaperiaate (9)*

### 3.2 Kaukolämmön tuotanto

Kaukolämpöä tuotetaan yleensä sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa, joita kutsutaan myös CHP-laitoksiksi. Kuvasta 7 käy ilmi yhteistuotannon energiatehokkuus verraten erillistuotantoon ja rakennusten omaan lämmöntuotantoon. CHP-nimitys tulee englanninkielestä Combined Heat and Power.

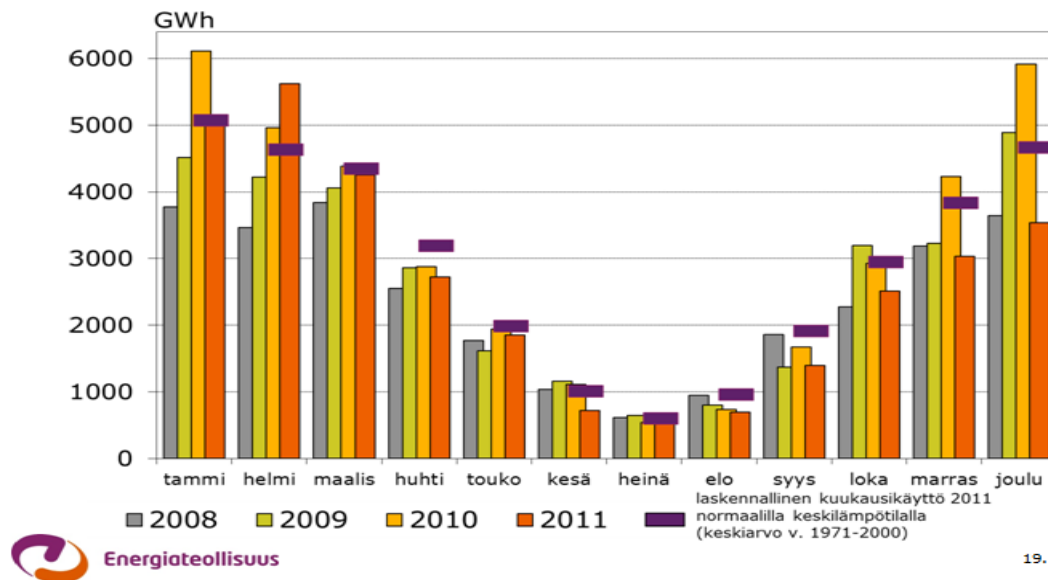




KUVA 7. Yhteistuotannon energiatehokkuus (10)

Huippuajan tehontarve täytetään verkostossa olevilla lämpökeskuksilla, joita voidaan tarvittaessa käynnistää nopeasti. Hetkellinen tehontarve vaihtelee enemmän kuin kuukausittainen tehontarve. Vuosittainen tehontarpeen vaihtelu käy ilmi kuvasta 8. (2, s. 41–42.)

## Kaukolämmön kulutus kuukausittain



KUVA 8. Kulutuksen kuukausittainen vaihtelu (7, dia 14)

### **3.3 Kaukolämmön jakelu**

#### **3.3.1 Vesikaukolämpöjärjestelmä**

Vesikaukolämpöjärjestelmä on Suomessa yleisesti käytetty kaukolämmönjakelujärjestelmä. Kyseisessä järjestelmässä lämmön kuljetusaineena on vesi, joka kuljetetaan menopuolen putkessa asiakkaan lämmönjakokeskukseen. Lämmönjakokeskuksessa lämmönsiirtimet ottavat tarvittavan lämpötehon. Lämmönsiirtimen jälkeen sama vesi palaa jäähtyneen paluupuolen putkessa takaisin lämpölaitokselle ja se lämmitetään uudelleen kierto. (2, s. 43.)

Suomessa kaukolämpöjärjestelmät ovat suljettuja järjestelmiä, joilla voidaan estää korroosiota aiheuttavan hapen pääsy kaukolämpöveeten. Suljetussa järjestelmässä nestetilavuuden muutokset tapahtuvat paisunta-astiassa. (11, s. 14.)

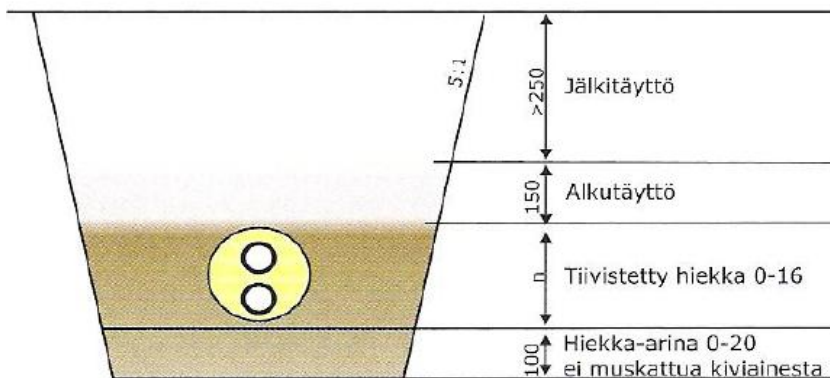
Vesikaukolämpöjärjestelmä muodostuu lämpölaitoksesta, siirtoputkistosta ja asiakkaiden lämmönjakokeskuksista. Kuvassa 6, joka löytyy sivulta 16, on pelkistetty kuvaus kyseisestä järjestelmästä. (2, s. 43.)

#### **3.3.2 Kaukolämpö johdot**

Kaukolämpövesi siirretään yleensä kaksiputkijärjestelmällä. Kyseinen järjestelmä toimii alle 120 °C lämpötilassa ja mahdollistaa meno- ja paluupuolen suuren lämpötilaeron. Tämä lämpötilaero kasvattaa siirtokapasiteettia ja pienentää pumppauskustannuksia. (2, s. 37.)

Yleisimpien kaukolämpöjohtojen nimilyhenteet ovat Mpuk, 2Mpuk. Kaukolämpöjohtoja on eri käyttötarkoituksiin muunkinlaisia, mutta seuraavassa käydään läpi yleisimmät eli Mpuk ja 2Mpuk. (2, s. 37)

Mpuk kaksiputkijohdossa on sekä meno- että paluupuolen virtausputket polyuretaanieristeellä yhteen liitettynä. Putkilla on yhteinen polyeteenisuojaputki. Putket valmistetaan tietyn mittaisiksi elementeiksi, jotka sitten hitsataan paikalla yhtenäiseksi putkielementiksi. Kuvassa 9 on kuvattuna myös kaivanto, joka johdolle tulee tehdä asennuksen mahdollistamiseksi. (2, s. 139.)



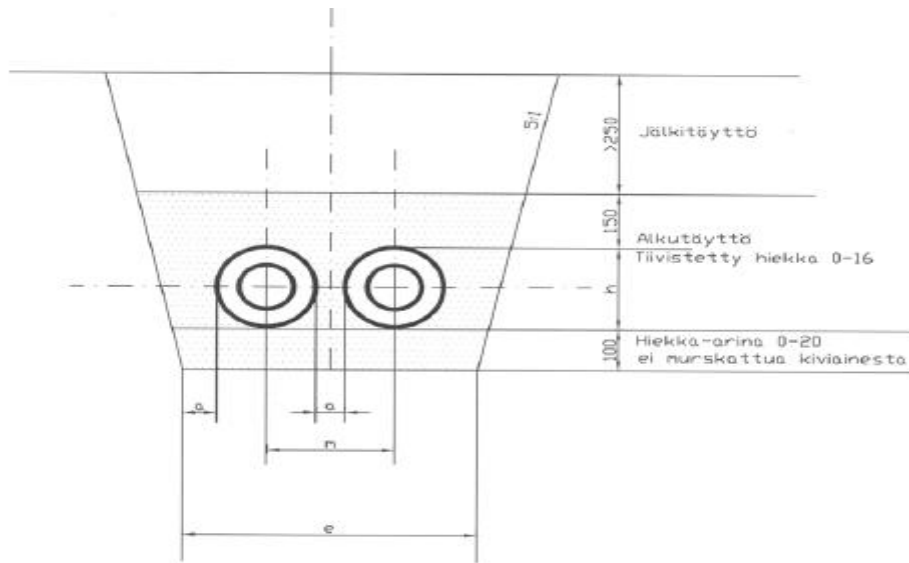
*KUVA 9. Kaksiputkijohto kiinni vaahdotettuna (2, s. 140.)*

Kuvassa 10 on Mpuk-johto, jossa näkyy myös kaksi 30/45° kulmaelementtiä. Liitoskohdat näkyvät myös kuvasta.



*KUVA 10. Mpuk- johto (11)*

Kuvassa 11 on esitetty 2Mpukin tarvitsema kaivanto ja putken rakenne leikkauskuvana. 2Mpukissa on erilliset meno- ja paluuputket omissa suojaputkissaan kuten kuvasta näkyy. 2Mpukin valmistukseen kuluu enemmän materiaalia ja lämpöhäviötkin ovat isommat kuin Mpuk-johdossa. 2Mpuk-johtoa käytetään yleensä isoissa siirtolinjoissa, koska johtokoon kasvaessa on helpompi käsitellä erillisiä meno- ja paluuputkia. (2, s. 139.)



KUVA 11. Yksiputkijohto kiinnivaahdotettuna (2, s. 139)

Kuvassa 12 on siirtoputki, suora 2Mpuk kanava, jossa on erilliset meno- ja paluuputket. Tarvittavan kaivannon havaitsee tästä kuvasta selvästi paremmin.

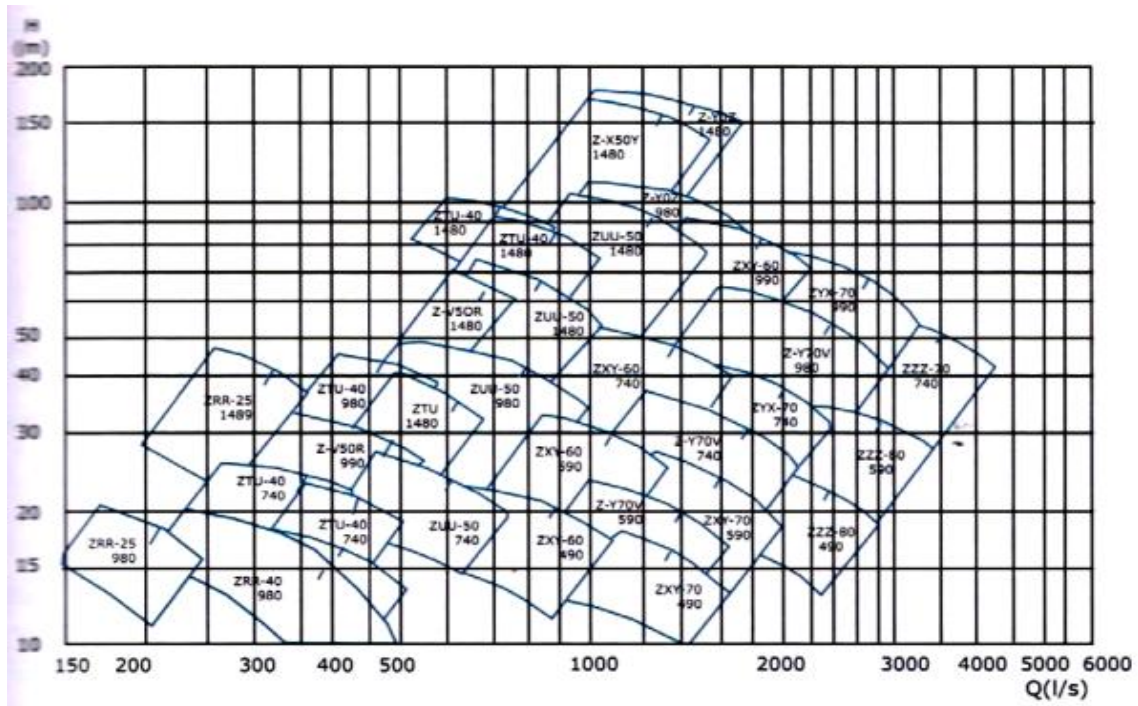


KUVA 12. 2Mpuk-johto (11)

## 4 PUMPPAUS JA PAINE

### 4.1 Pumppaus

Kaukolämpöpumppuina käytetään pääsääntöisesti keskipakopumppuja. Pumput soveltuvat paineenpitoon, kiertoveden- ja lisävedenpumppaukseen. Pumpujen valinnassa käytetään apuna kuvan 13 näkyvää valintakäyrästä. (2, s. 169.)



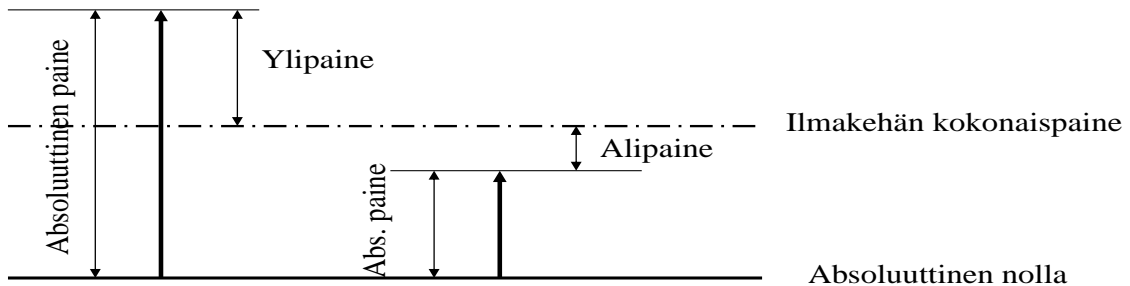
KUVA 13. Keskipakopumppujen valintakäyrästä (2, s. 169.)

Käyrät saadaan valmistajien tekemien koeajojen perusteella, jotka ovat suoritettu standardin mukaisesti. Kuvasta 13 voidaan valita vaaditun tuoton ja nostokorkeuden mukaan oikeanlainen pumppu vaadittuun kohteeseen.

### 4.2 Paine

Kaukolämpöverkostossa tulee olla tietty minimipaine veden höyrystymisen eliminoimiseksi. Paineen tulee olla suurempi kuin ilmanpaine, eli ylipaineen puo-

lolla. Kuvasta 14 nähdään yli- ja alipaineen muodostumisen kuvaus, eli kun ollaan pienemmässä paineessa kuin ilmakehän kokonaispaine, ollaan alipaineen puolella. Jos paine on vastaavasti suurempi, kuin ilmankehän kokonaispaine, se on ylipainetta. Painemittarit näyttävät ylipainelukeman.



KUVA 14. Yli- ja alipaineen kuvaaja

Yleisesti paine  $[p]$  on tiettyyn pinta-alaan  $[A]$  kohdistuva voima  $[F]$  eli kaavana

$$p = \frac{F}{A}$$

#### 4.2.1 Hydrostaattinen paine

Hydrostaattinen paine muodostuu nesteen tiheyden  $[\rho]$ , putoamiskiihtyvyyden  $[g]$  ja nesteen korkeuden  $[h]$  tulona. Kaavana se on muotoa  $p = \rho gh$ . Hydrostaattisella paineella ei ole merkitystä suljetussa kaukolämpö-järjestelmässä, koska Bernoullin lain mukaan staattisen- ja dynaamisenpaineen summa on vakio. Bernoullin laki yhtälönä on  $p + \rho gy + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{vakio}$ , jossa  $p$  on virtaavan aineen paine,  $\rho$  on nesteen tiheys,  $y$  on korkeus tarkasteltavassa pisteessä ja  $v$  on virtausnopeus. Kyseinen laki on liikkeessä olevan fluidin energian säilymislaki.

### 4.2.2 Dynaaminen paine

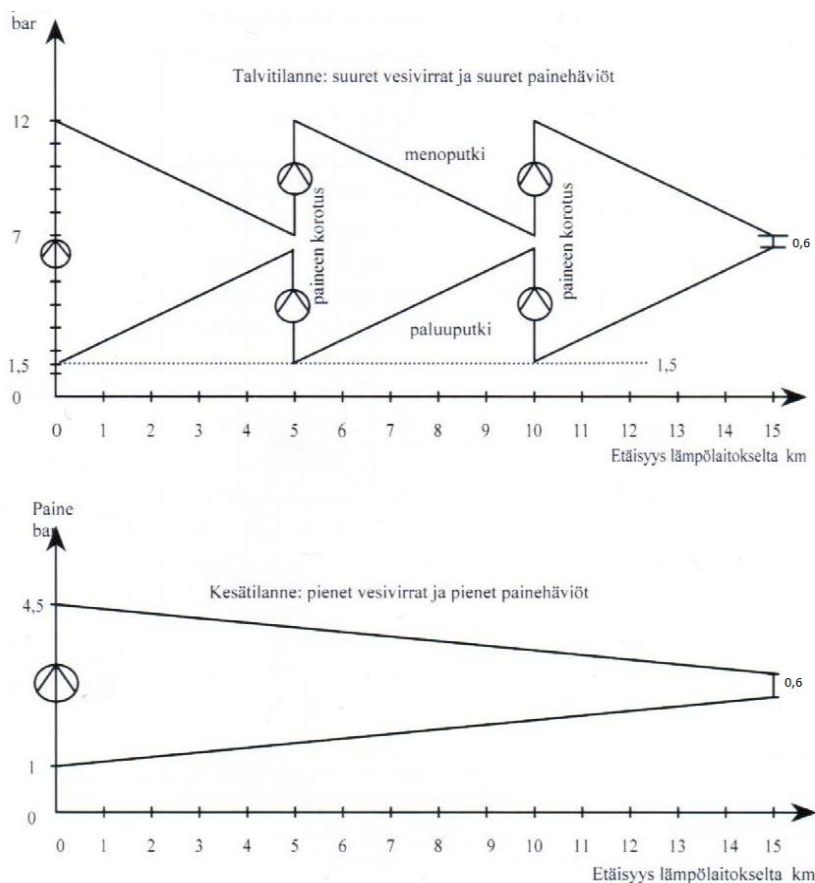
Dynaaminen paine muodostuu nesteen liikkeen seurauksena ja kaavana se on

muotoa:  $p_{dyn} = \frac{\rho v^2}{2}$ , jossa  $v$  on nesteen liikenopeus. Kaukolämpöputkessa voi-

daan painetta muuttaa vain virtaamaa muuttamalla.

## 5 PAINE-EROMITTAUS

Paine-ero on kaukolämpöverkoston toimivuuden kannalta äärimmäisen tärkeä asia. Menopuolen paineen tulee olla suurempi kuin paluupuolen paineen, jotta kaukolämpövesi kiertäisi verkostossa. Kriittisimmillään asiakkaila tulee olla vähintään 0,6 Bar paine-ero tulo- ja menopuolen välillä, jotta lämmönjakokeskukseen läpi virtaa tarvittava määrä kaukolämpövettä. Paine-eron ei kuitenkaan ole suotavaa olla liian iso, koska se aiheuttaa meluhaittaa asiakkaan laitteistossa ja lisää pumppaus kustannuksia. Paluupaineen alin arvo ei saa verkoston missään kohdassa alittaa maaston korkeuskäyrää. Kuvassa 15 on esitetty kesä- ja talviajan painetaso erot ja pumppauksen tarve. Talviaikaan tarvittava virtaama kaukolämpöverkossa on noin viisinkertainen verrattuna kesäajan virtaamaan. (11, s.15–16.)



KUVA 15. Paineokuvaajat (11, s. 16)



Paine-eromittauspaikat tulisi sijoittaa lähelle kaukolämpöverkon kriittisimpiä asiakkaita, jotka yleensä sijaitsevat putkiston kauimmaisissa latvaosissa. Paine-eromittautiedolla voidaan ohjata pumppausta, mikäli kyseinen mittaus on liitetty etäluentaan.

Kaukolämpöverkon painetasoja voidaan säätää esimerkiksi taajuusmuuntajalla varustetulla pumpulla, mikä on nykytekniikalla varsin helppoa ja taloudellista. Laitteet maksavat itsensä takaisin varsin nopeasti, kun vältetään turhaa pumppaamista.

## 6 ETÄLUENTA

Kuluttajien mittaustiedon etäluennalla voidaan saada reaaliaikaista tietoa verkon toiminnasta ja asiakkaan lämpötehon tarpeesta. Lämpömäärälaskimelta saatavaa tietoa voi käyttää hyväksi verkoston optimoinnissa ja asiakaskin voi seurata oman lämmönjakokeskuksen toimintaa. Mikäli kaukolämpöveden jäähtymä laskee alle 40 °C, on todennäköistä, että laitteissa on jotain vikaa tai ne ovat vanhentuneet. (12.)

Paine-eromittaustiedon siirtäminen etäluennan piiriin toisi lämpöyhtiöille suuria säästöjä, kun pumppausta voitaisiin ohjata reaaliajassa kaukokäytön avulla. Liian suuren painetaso pito verkostossa maksaa paljon ja painetasojen kohtuullistaminen toisi suuria säästöjä lämpöyhtiöille. Etäluennalla saatavaa painerotietoa voisi käyttää pumppauksen ohjauksessa, mutta se vaatisi ainakin taa-juusmuuntajalla varustetut pumput ja oman ohjauskeskuksen valmistamista.

Paine-eromittauspaikkojen läheisyydessä tulisi olla sähköliittymämahdollisuus, esimerkiksi muuntamo tai jakamo. Logiikkakaapin sijoittaminen muuntamoon tai jakamoon mahdollistaa kaapin lämmittämisen ja tiedonsiirtoon tarvittavien laitteiden toimimisen myös talviaikaan. Logiikkakaapissa pitäisi olla paine-eromittaustiedon lähetin ja tiedonsiirtolaitteisto, jotka ovat herkkiä digitaalisia laitteita eivätkä kestä lämpötilojen vaihteluita eivätkä kosteutta.

## 7 KEMPELEEN KAUKOLÄMPÖVERKKO JA SEN ONGELMAT

### 7.1 Kempeleen kaukolämpöverkko

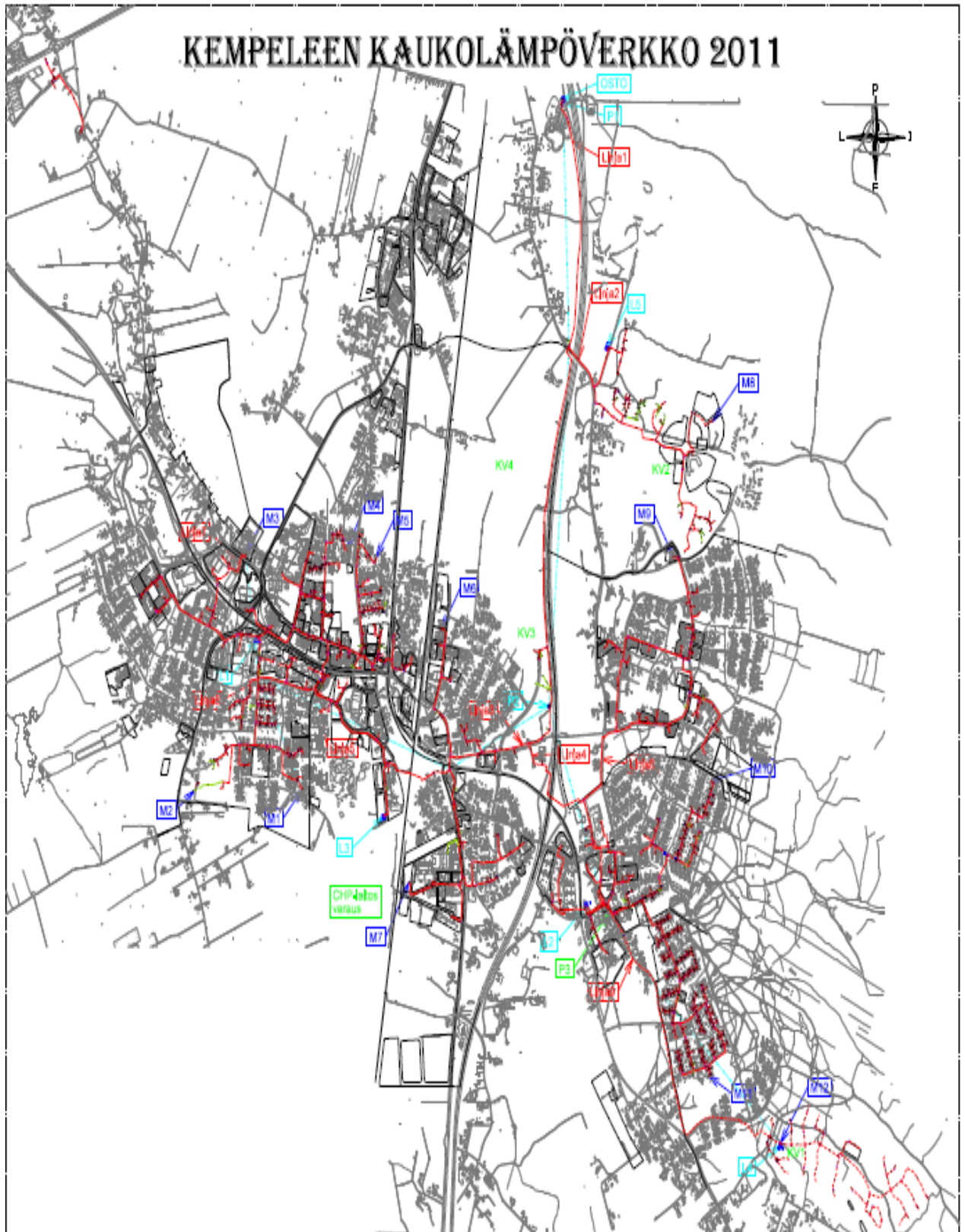
#### 7.1.1 Kuluttajat

Kempeleen kaukolämmön asiakkaina on 568 kuluttajaa. Liittymisteho on tällä hetkellä 42 110 kW. Vihiluodon asiakkaat eivät kuulu Kempeleen verkon piiriin. Kuluttajavarauksia on verkostolaskennassa ollut 11 000 kW:n edestä (taulukko 2). (13.)

TAULUKKO 2. Kuluttajien ja kuluttajavarauksien tehontarpeet (13)

Liittyjä / varaus	Tunnus	Liittymisteho kW
<b>Nykyiset liittyjät yhteensä</b>		<b>43 499</b>
Kempele yhteensä 568 kpl		42 110
Vihiluoto yhteensä 5 kpl		1 389
<b>Verkostolaskennassa mukana olevat liittyjät</b>		<b>42 110</b>
Metsärinne	KV1	5 000
Linnakangas laajennus	KV2	500
Ristisuon ympäristö	KV3	500
Zatelliitti	KV4	5 000
<b>Varaukset yhteensä</b>		<b>11 000</b>
<b>Verkostolaskennassa mukana olevat liittyjät ja varaukset yhteensä</b>		<b>53 110</b>
Nykyinen huippuajan syöttöteho lämpölaitoksilta		24,9 MW
Todellinen tehontarve laitoksilta tulevaisuudessa		35,9 MW
Nykyinen samanaikaisuuskerroin		0,59

Kaavoitettuja alueita rakennetaan parhaillaan Metsärinteellä ja Linnakankaalla. Ristisuon ympäristö on myös tarkoitus rakentaa pikimmiten. Zatelliitin alue odottaa vielä kaavoitusta. Kempeleen alueella liitetään kuluttajia verkon piiriin mahdollisuuksien mukaan, mikäli linjan rakentaminen on kannattavaa ja toteutettavissa. Kuvasta 16 näkee kaukolämpöverkon tämänhetkisen tilanteen. Katkovii- vat kuvaavat rakennettavia verkon osia. (13.)



KUVA 16. Kempeleen kaukolämpöverkko (liite 2)

### 7.1.2 Lämmöntuotantolaitokset

Lämpölaitoksia verkostossa on kaikkiaan viisi, joista siirrettäviä on kaksi (taulukko 3). Nykyisin lämpötehontarve ostetaan Oulun Energialta poikkeustapauksia lukuun ottamatta. Tulevaisuudessa rakennetaan mahdollisesti oma CHP-laitos, jonka jälkeen lämpötehoa ei tarvitsisi ostaa Oulusta. (13.)

TAULUKKO 3. Kempeleen lämpölaitokset (13)

Lämpölaitos	Tunnus	Tyyppi	Kattilamäärä kpl	Kattila-teho MW	Syöttöteho <sup>1)</sup> MW	Polttoaineet	Syöttölinja DN-koko
Aurinkokuja	L1	Lämpölaitos	2	8,0		POK	DN250
Honkanen	L2	Lämpölaitos	3	13,0		POK	DN250
Ekohaka	L3	Lämpölaitos	1	10,0		POK	DN300
Hovimetsäntie	L4	Siirrettävä	1	0,6		POK	DN125
Linnakangas	L5	Siirrettävä	2	4,0		POK	DN125
CHP-laitos (varaus)	L6	Voimalaitos	1	14,0			
Oulun Energia	OSTO	Ostolämpö			24,9		DN300
<b>Kaikki yhteensä</b>				<b>49,6</b>	<b>24,9</b>		
<b>Yhteensä ilman voimalaitosta</b>				<b>35,6</b>			

### 7.1.3 Pumppaamot

Pumppaamoja verkostossa on kaksi. Ouluntullin pumppaamolta hoidetaan menopuolen huippuajan pumppaustarve. Voimatien pumppaamossa on sekä meno- että paluupumput (taulukko 4). Paluupuolen pumpun käyttöä vaikeuttavat lähellä olevat asiakkaat, joiden paine-ero laskee liian pieneksi pumppua käytettäessä. Toisin sanoen pumppaamo on väärin sijoitettu. (13.)

TAULUKKO 4. Kempeleen pumppaamot (13)

Pumppaamo	Tunnus	Tyyppi	Linjan koko ja pumpun sijainti	Pumppuarvot						
				Mallij	lkm	bar	l/s	kW	rpm	jg, mm
Ouluntulli	P1	Kaivo	DN300, meno	Grundfos TP 250-490/4	1	3,5	181	90	1480	
Voimatie	P2	Kaivo	DN300, meno ja paluu	Grundfos TP 200-360/4	2	3,2	108	45	1480	

## 7.1.4 Putkistopituudet ja -tilavuus

Kempeleen kaukolämpöverkosto on pituudeltaan noin 54 kanava- km ja putkien vesitilavuus on noin 1 560 m<sup>3</sup>. Putkikokojakauma on taulukon 5 mukainen (13).

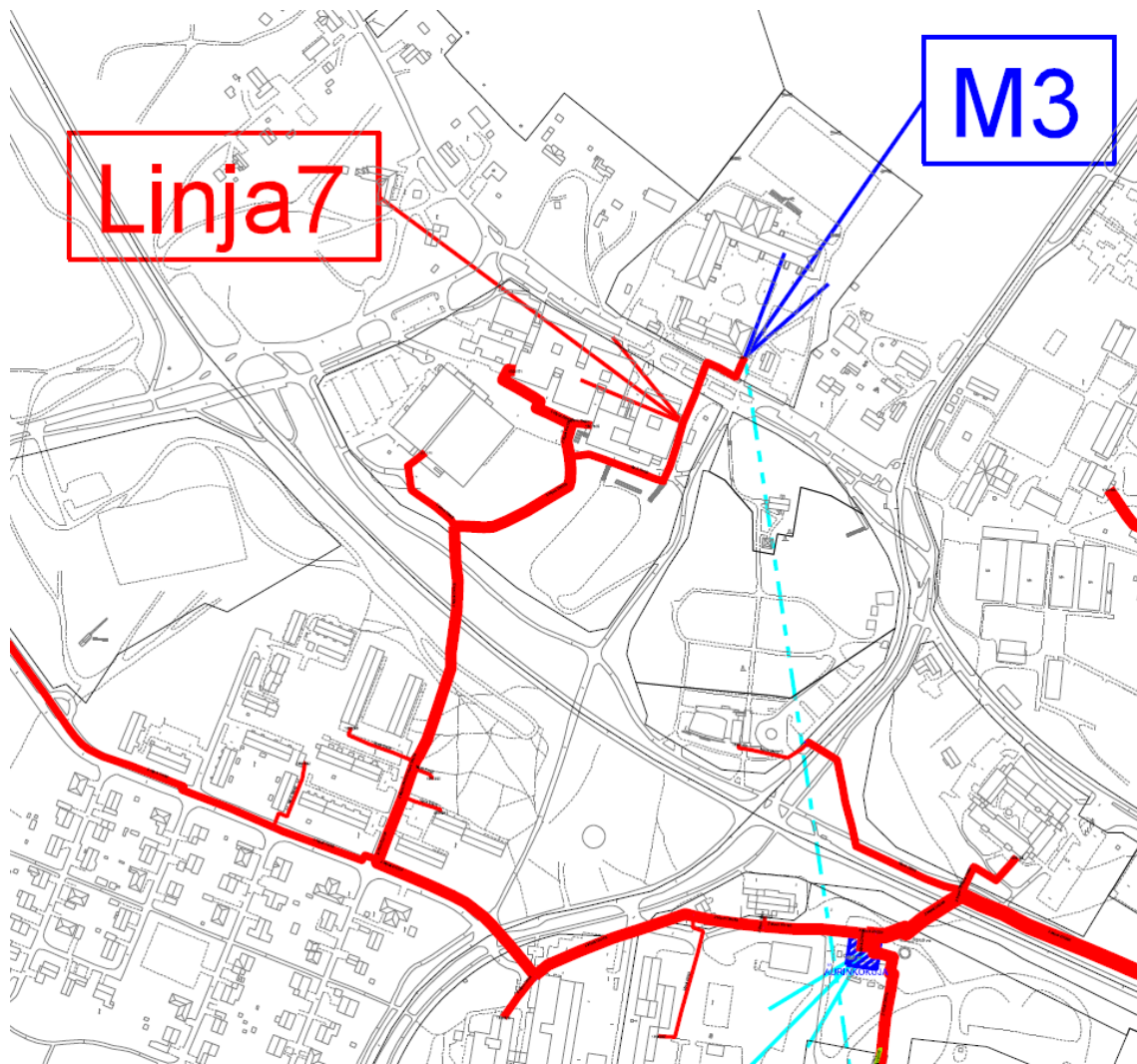
TAULUKKO 5. Putkikokojakauma (13)

Putkikoko	Kempele ka-m
DN20	4 162
DN25	4 837
DN32	3 745
DN40	7 778
DN50	3 525
DN65	6 086
DN80	4 316
DN100	3 987
DN125	2 473
DN150	3 554
DN200	3 033
DN250	1 392
DN300	4 976
<b>Yhteensä</b>	<b>53 864</b>
<b>Vesitilavuus, m<sup>3</sup></b>	<b>1 560</b>

## 7.2 Ongelmakohdat

### 7.2.1 Kempeleen koulukeskuksen ongelma

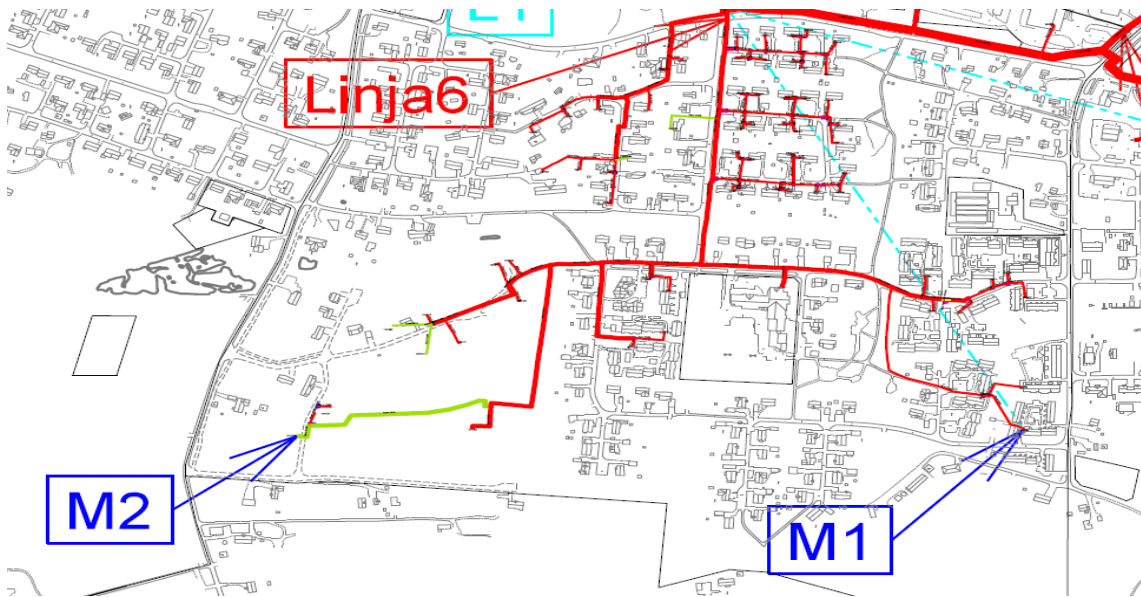
Kempeleen koulukeskuksen ongelmana on kovilla, yli – 20 °C:n pakkasilla, että lämpöteho ei riitä ilmanvaihtopiirissä, joten ilmastointikoneet aiheuttavat hälytyksiä lämpöyhtiölle. Kuluttaja, jolla ongelma on, sijaitsee linjan 7 päässä (kuva 17) ja Planora Oy:n laskelmien mukaan talojohto olisi liian pieni. Ratkaisuehdotuksessa lasketaan huipputehon avulla tarvittava putkikoko linjalle 7 ja annetaan myös toisenlainen korjausehdotus, mikäli putkikoko on riittävä.



KUVA 17. Kempeleen koulukeskuksen talojohto, linja 7 (liite 2)

### 7.2.2 Kyntömiehentien ja Neikankujan kuluttajien ongelmat

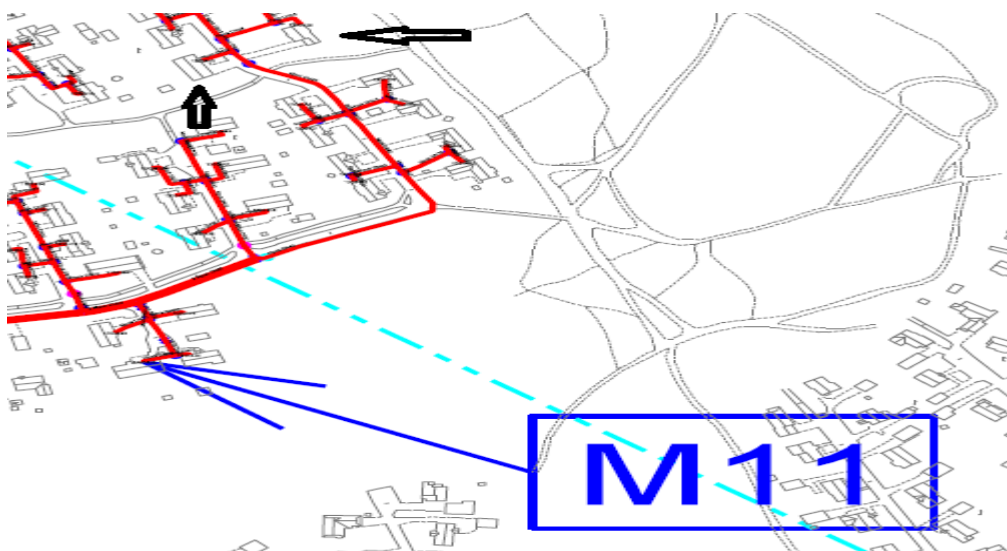
Kyntömiehentien ja Neikankujan kuluttajilla ongelmana on paine-eron riittämättömyys, koska katujohto Santamäentien kohdalla on liian pieni. Kuvassa 18 on kuluttajat merkitty M1:llä ja M2:lla. Saneerattava putkilinja on merkitty linja 6:na. Ratkaisuehdotuksessa lasketaan tarvittava putkikoko kuluttajien liittymistehojen mukaan.



KUVA 18. Kyntömiehentien ja Neikankujan kuluttajat sekä linja 6 (liite 2)

### 7.2.3 Jäkälätien kuluttajien ongelmat

Jäkälätie 9:n ja 10:n kuluttajilla on kesäisin ongelmana lämpimän veden riittämättömyys kaukolämpöveden jäähtymisen takia, koska verkostossa ei ole käyttöä ja veden virtaus on vähäistä. Kuvassa 19 on nuolilla merkittynä kuluttajat, joilla ongelma yleensä ilmenee.



KUVA 19. Jäkälätien kuluttajat (liite 2)



## 8 ONGELMIEN RATKAISUEHDOTUKSET

Tarvittavat lähtötiedot, kuten laskentapisteen paine ja lämpötila, on saatu lähteestä 13. Paineen ja lämpötilan avulla saadaan veden tiheys höyrylaskimesta.

### 8.1 Kempeleen koulukeskus

Lämmönjakokeskuksessa on suoritettu meno- ja paluupuolen paine-eromittaukset, ja kovillakin pakkasilla paine-ero näyttäisi riittävän. Mittauksissa on saatu paine-eroksi 140 kPa, kun vähimmäisvaatimus on 60 kPa. Lasketaan tuntisen huipputehon 388,9 kW avulla talojohdon koko.

#### 8.1.1 Putkikokolaskelma massavirran mukaan

Lasketaan massavirta kaavasta 1.

$$\phi_{mitt} = \dot{m} c_p \Delta T \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{\phi_{mitt}}{c_p \Delta T}$$

KAAVA 1

$$\phi_{mitt} = \text{mitoitusteho} [\text{kW}]$$

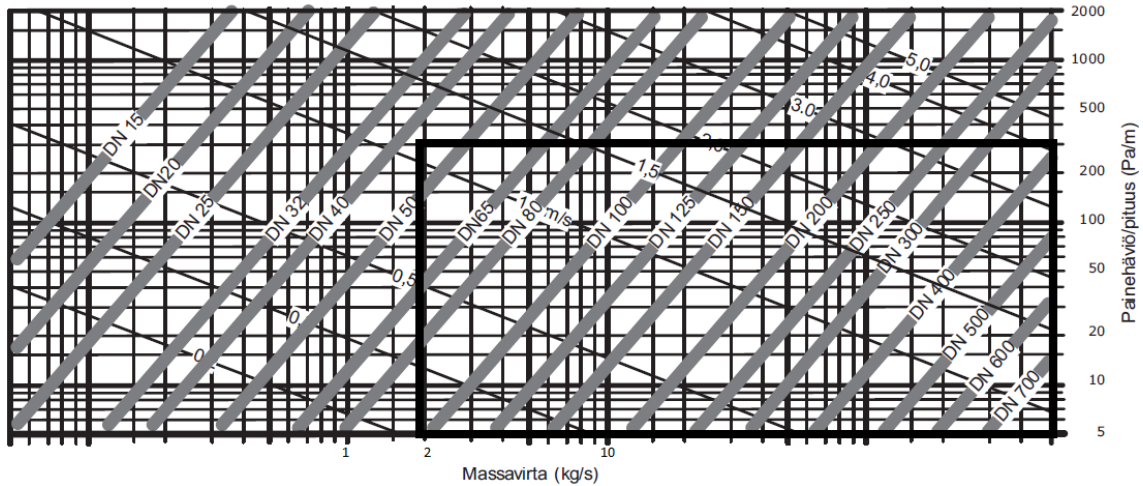
$$\dot{m} = \text{massavirta} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

$$c_p = \text{veden ominaislämpökapasiteetti} \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right]$$

$$\Delta T = \text{kaukolämpöveden lämpötilaero} [^\circ\text{C}]$$

$$\dot{m} = \frac{388,9 \text{ kW}}{4,2 \text{ kJ} / \text{kg}^\circ\text{C} \cdot 50^\circ\text{C}} = 1,85 \text{ kg} / \text{s}$$

Oulun seudun sähkö käyttää painehäviön mitoituskriteerinä 300 Pa/m talojohdotjen mitoituksessa, joten katsotaan tällä arvolla ja massavirran mukaan kuvasta 20 tarvittava putkikoko. Tuloksena on DN 50, joka on nykyäänkin talojohdtona.



KUVA 20. Putkikoon valinta massavirran ja painehäviö/pituus mukaan (2, s. 201)

### 8.1.2 Putkikokolaskelma tilavuusvirran mukaan

Muunnetaan massavirta tilavuusvirraksi kaavalla 2.

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho}$$

KAAVA 2

$\dot{V}$  = tilavuusvirta

$\dot{m}$  = massavirta

$\rho$  = vedentiheys

Katsotaan höyrylaskimelta vedentiheys 7,1 Bar ja 115 °C. Tiheydeksi saadaan 947,35 kg/m<sup>3</sup>.

$$\dot{V} = \frac{1,85 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{947,35 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 1,95 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

Muutetaan tilavuusvirta m<sup>3</sup>/s tuntivirtaamaksi kertomalla se 3 600 s/h.

$$\dot{V}_h = 1,95 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} \cdot 3600 \text{ s} / \text{h} = 7,02 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Taulukosta 6 nähdään talojohdon kohdalta, että DN 40:n vesivirta eikä teho riitä vaan valitaan DN50, jonka tehonsiirto kyky on 630 kW ja vesivirta 11 m<sup>3</sup>/h, ja sen tulisi riittää kyseisessä tapauksessa.

TAULUKKO 6 Putkikoon valintataulukko tuntivesivirran mukaan (15)

Putkikoko	Runkojohto		Korttelijohto		Talojohto	
DN	R=1,0 bar/km		R=2,0 bar/km		R=3,0 bar/km	
	vesivirta m <sup>3</sup> /h	teho MW	vesivirta m <sup>3</sup> /h	teho MW	vesivirta m <sup>3</sup> /h	teho kW
20	0,58	0,033	0,84	0,048	1,0	59
25	1,1	0,062	1,70	0,093	2,0	110
32	2,3	0,13	3,50	0,19	4,1	250
40	3,4	0,19	4,80	0,27	6,0	340
50	6,2	0,35	9,0	0,51	11	630
65	12	0,69	18,0	0,99	22	1 200
80	19	1,1	27,0	1,5	33	1 900
100	37	2,1	52,0	2,9	63	3 700
125	64	3,6	92,0	5,2	110	6 400
150	110	6,1	150	8,7	190	11 000
200	220	12	310	18		
250	400	22	560	32		
300	620	35	880	50		

Kuluttajan omissa laitteissa on joko tukkeumaa tai lämmönsiirrin on mitoitettu väärin. On myös mahdollista, että ilmanvaihtopiirin säätöventtiili on liian pieni, joten siirtimeen ei pääse virtaamaan tarvittavaa lämpötehoa.

Ratkaisuehdotukseksi suositellaan lämmönjakokeskuksen tarkastamista. Tarkistetaan myös, ovatko virtaamat ilmanvaihtopiirin lämmönsiirtimille riittävät.

### 8.1.3 Putkikokolaskelma tilaustehon mukaan

Lasketaan kaavalla 3 putkikoko tilaustehosta, joka on 731 kW. Tiheytenä käytetään samaa arvoa kuin aikaisemmissa laskuissa, eli 947,35 kg/m<sup>3</sup>.

$$q_v = \frac{\phi_{til}}{\rho c_p \Delta T} \quad \text{KAAVA 3}$$

$$q_v = \text{tilavuusvirta} \left[ \frac{m^3}{s} \right]$$

$$\phi_{til} = \text{tilausteho} [kW]$$

$$\rho = \text{vedentiheys} \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

$$c_p = \text{veden ominaislämpökapasiteetti} \left[ \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \right]$$

$$\Delta T = \text{lämpötilaero} [^\circ C]$$

$$d_s = \sqrt{\frac{q_v \cdot 4}{\pi \cdot v_{mit}}} \quad \text{KAAVA 4}$$

$$q_v = \frac{731 kW}{947,35 kg/m^3 \cdot 4,2 kJ/kg \cdot ^\circ C \cdot 50^\circ C} = 0,00357 m^3/s$$

$$d_s = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00357 m^3/s}{\pi \cdot 1 m/s}} = 0,0674 m = 67,4 mm$$

Tilaustehon mukaan laskettuna putkikoko DN 50 on liian pieni, joten jouduttaiisiin valitsemaan vähintään DN 65. Lämmönmyyjän mukaan tilausteho on ylimitoitettu, joten DN 50 on sopiva putkikoko tähän kohteeseen.

### 8.2 Kyntömiehentien ja Neikankujan ongelman ratkaisu

Planora Oy:n verkostolaskelman mukaan Santamäentien kohdalla oleva katujohdot on liian pieni, joten tarkastetaan laskelmilla asia ja valitaan uusi katujohdot. Ensimmäiseksi selvitetään katujohdot vaikuttavat tehot. Otetaan huomioon kaikki kuluttajat, jotka saavat tehonsa kyseisen katujohdon kautta.

Katujohdon kautta lämpötehonsa saavat yhteensä 55 asiakasta, joiden yhteenlaskettu liittymisteho on 2 325 kW.

### 8.2.1 Putkikokolaskelma massavirran mukaan

Kaavalla 1 ratkaistaan massavirta:

$$\dot{m} = \frac{\phi_{\text{mitt}}}{c_p \Delta T} = \frac{2325 \text{ kW}}{4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 50^\circ\text{C}} = 11,07 \frac{\text{kg}}{\text{s}}.$$

Seuraavaksi katsotaan kuvasta 20 massavirran 11,07 kg/s ja painehäviö/pituus 200 Pa/m kohdalta tarvittava putkikoko. Valitaan DN 100, joka riittää tässä tapauksessa.

### 8.2.2 Putkikokolaskelma tilavuusvirran mukaan

Muutetaan massavirta tilavuusvirraksi, minkä jälkeen tehdään muunnos tunti-seksi tilavuusvirraksi. Käytetään samaa vedentihyyttä ja lämpötilaa kuin edellisessäkin laskelmassa.

$$\dot{V} = \frac{11,07 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{947,35 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,0117 \text{ m}^3/\text{s} * 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 42,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Tämän jälkeen nähdään taulukosta 6, että DN 100 on riittävä tälle katujohdosuudelle. DN 80 jää pieneksi niin virtaamalta kuin tehonsiirtokyvyltäänkin. Suositellaan katujohdon uusimista DN 100:een Santamäentien kohdalta, eli linja 6 kuvassa 18 sivulla 32 saneerataan koko matkalta.

### 8.3 Jäkälätien kuluttajien ongelman ratkaisuehdotus

Kuvassa 21 alemman nuolen kohdalla on sulkuventtiili, joten kyseessä ei ole silmukka, vaan syötöt tulevat kahta eri kautta. Kesäaikainen lämpötehon riittämättömyys johtuu verkon käyttämättömyydestä, joten suositellaan Jäkälätielle katkaisun kohdalle lämpötilaohjattua säätöventtiiliä. Näin saadaan meno- ja paluu-putken välille kierto kun, menoputken lämpötila laskee tietyn tason alapuo-

lelle. Näin asiakkaat saisivat heti lämmintä vettä, kun heillä on siihen tarvetta. Taloudellisesti tämä pakkokierto ei tietenkään ole järkevää, mutta on asiakkaiden kannalta välttämätöntä.



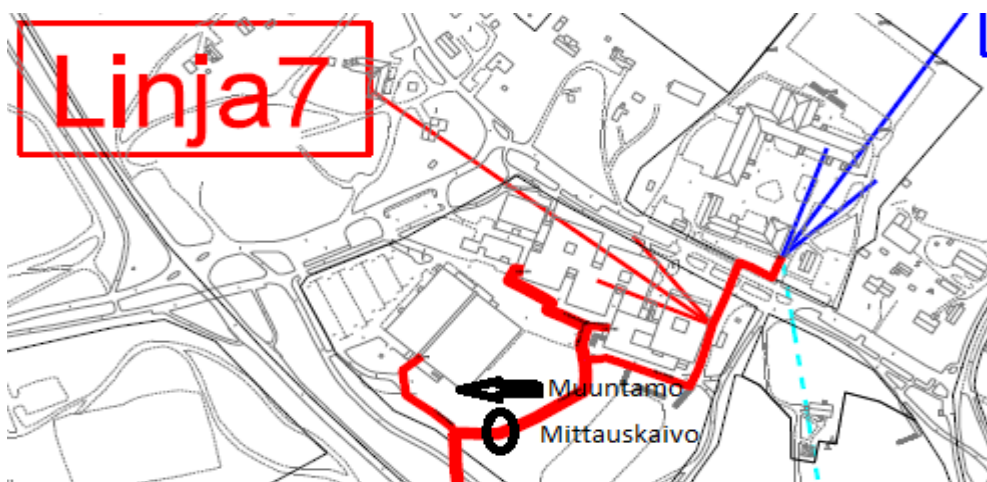
*KUVA 21. Jäkälätien kaukolämpöjohtokuva (liite 2)*

## 9 PAINE-EROMITTAUSPAIKKOJEN MÄÄRITYS

Tärkein kriteeri paine-eromittauspaikan määrittämisessä on se, että saadaan paine-erotietoa oikeasta paikasta. Toiseksi paine-eromittauspaikat määritetään sähköliittymän saatavuuden ja mittauskaivon rakentamisen mahdollisuuden mukaan. Mittauskaivon läheisyyteen on myös kyettävä sijoittamaan lämmitetty logiikkakaappi, tiedonsiirtoa silmällä pitäen. Sähkökartat ovat liitteinä 3 - 5.

### 9.1 Mittauspaikka 1

Ensimmäinen paine-eromittauspaikka sijoitetaan Kempeleen koulukeskuksen läheisyyteen, koska kyseinen kuluttaja on verkoston kriittisimpiä kuluttajia paine-eron kannalta. Kuvasta 22 näkee mittauspisteen sijoituspaikan. Sähköliittymän mahdollistava muuntamo sijaitsee Kempelehallin seinustalla, josta ei ole pitkä matka mittauskaivolle (liite 3). Tämä mahdollistaa logiikkakaapin sijoittamisen muuntamolle, joten lämmityskin järjestyy helposti. Maa-alalla hallilta mittauskaivolle ei ole asfaltti- tai nurmialueita, joten kaivaustöistä ei ole haittaa kyseisellä alueella.



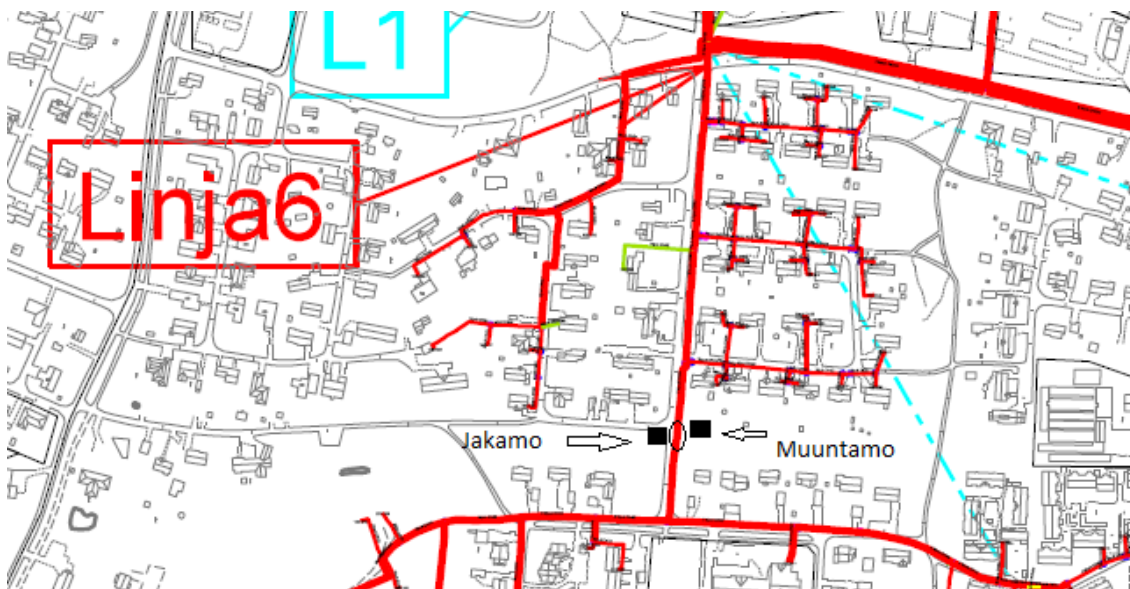
KUVA 22. Koulukeskuksen paine-eromittauspaikka ja muuntamo (liite 2)

Mittauspaikkaa ei sijoiteta koulukeskuksen talojohtoon, koska kuluttaja voi aiheuttaa suuriakin virheitä saaduissa paine-erotiedoissa. Mittauspaikka sijoitetaan

suurempaan siirtojohtoon (DN100). Laskennallisesti voidaan määrittää kyseiselle pisteelle vähimmäispaine-ero, joka tulee olla toiminnan varmistamiseksi koulukeskuksella.

## 9.2 Mittauspaikka 2

Toinen paine-eromittauspaikka sijoitetaan saneerattavan Santamäentien putkisuudelle. Koska katu joudutaan aukaisemaan putkisaneerauksen yhteydessä, on järkevää että samalla laitetaan mittauspiste kuvan 23 osoittamaan paikkaan. Lähellä oleva muuntamo tai jakamo (liite 4) mahdollistaa sähköliittymän saamisen ja logiikkakaapin sijoittamisen. Sijoitetaanko logiikkakaappi jakamoon vai muuntamoon, riippuu siitä, kummalle puolelle tietä tulee uusi kaukolämpöputki.



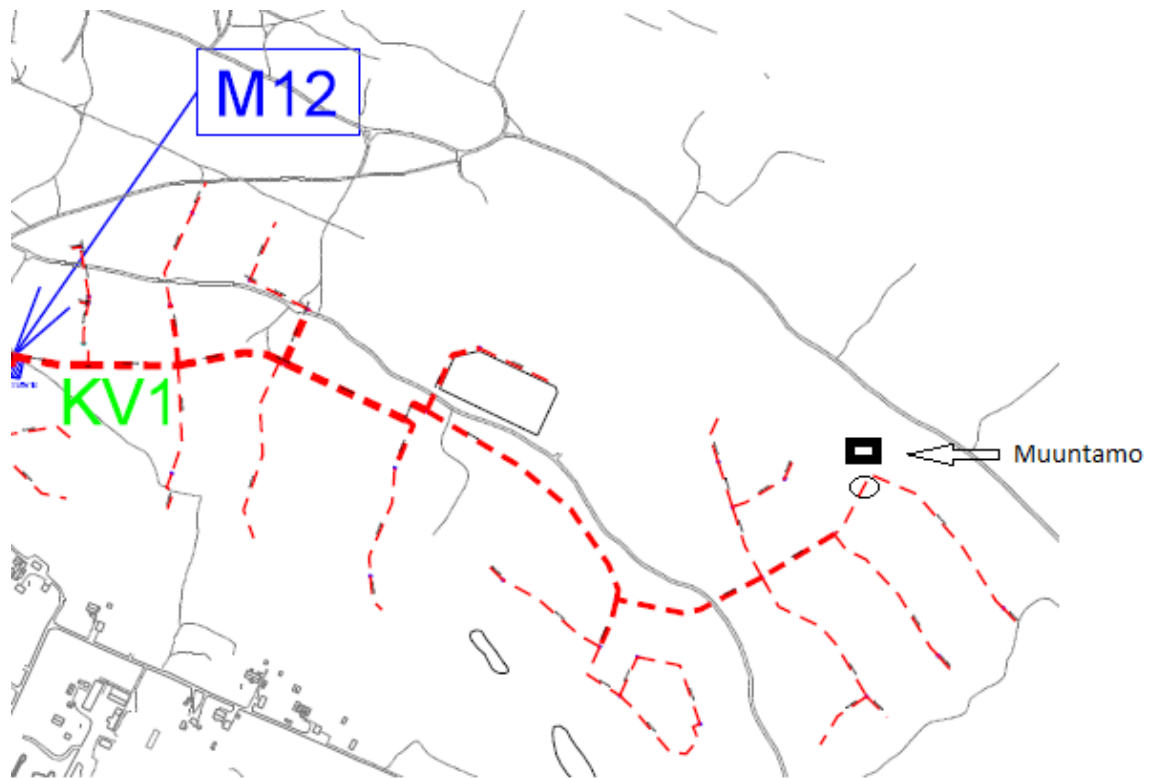
KUVA 23. Santamäentien paine-eromittauskaivo (liite 2)

## 9.3 Mittauspaikka 3

Metsärinteen paine-eromittauspaikka sijoitetaan kuvan 24 osoittamaan paikkaan. Tällä alueella, joka on rakenteilla, on erinomainen tilanne mittauspaikan sijoittamisen kannalta. Samalla kun putki asennetaan maahan, mittauskaivo



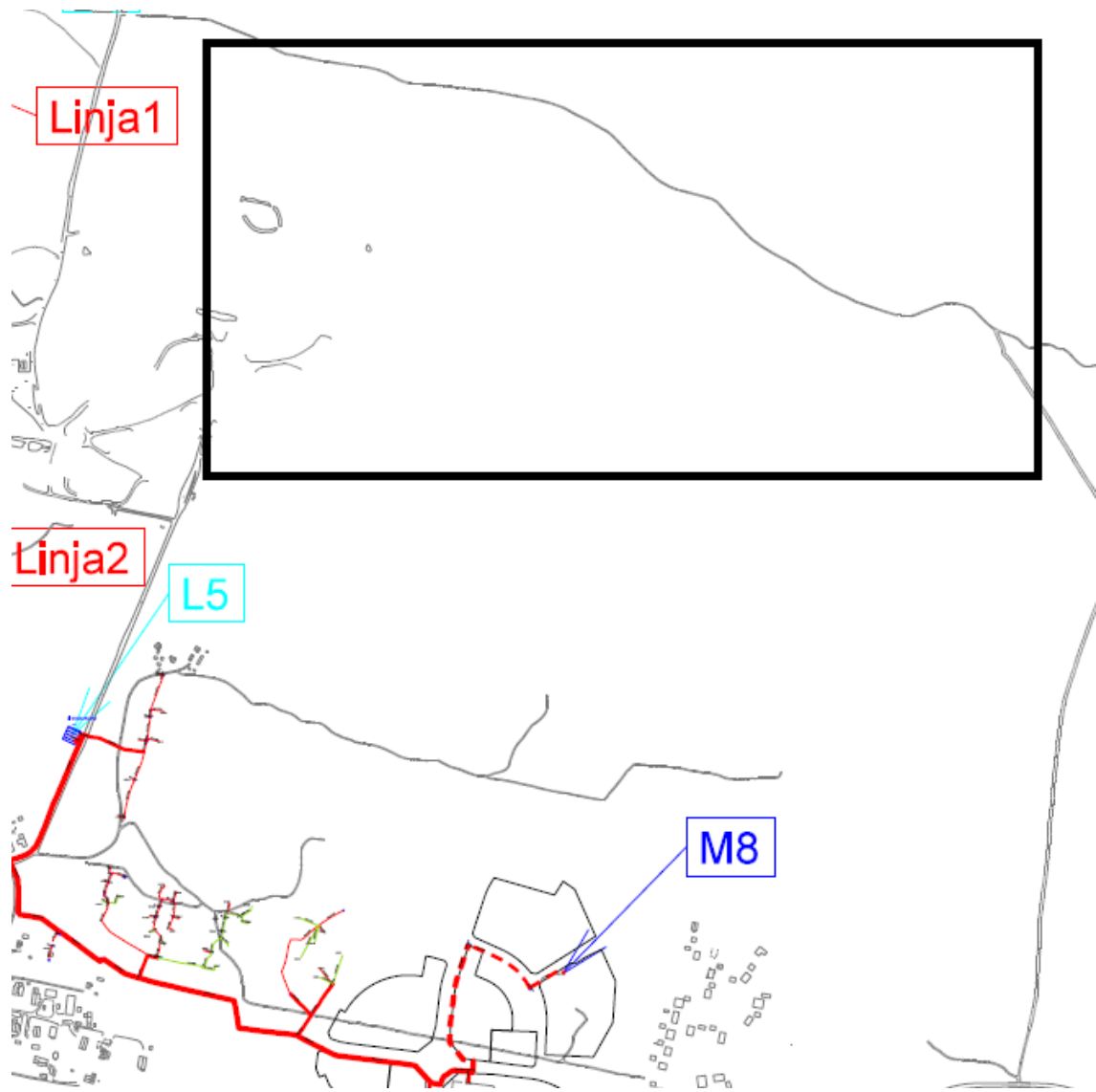
voidaan sijoittaa sopivaan kohtaan, eikä tarvitse kaivaa maata auki toistamiseen. Muuntamon sijaintipaikka on saatu liitteestä 5.



KUVA 24. Metsärinteen mittauskaivo (liite 2)

#### 9.4 Mittauspaikka 4

Linnakankaan mittauspaikan määrittäminen tarkasti ei onnistu vielä, koska kyseistä aluetta ollaan juuri kaavoittamassa. On kuitenkin mahdollista hahmottaa, mihin Linnakankaan mittauskaivo voitaisiin sijoittaa. Kuvassa 25 esitetään laaja alue, koska ei tiedetä mihin asti aluetta kaavoitetaan. Linnakangas tulee laajenemaan Oulun suuntaan, ja todennäköinen putkilatva tulee sijoittumaan merkattulle alueelle. Tässä kohteessa on myös hyvänä puolena se, ettei tarvitse kaivaa rakennettuja alueita vaan voi putken asennuksen yhteydessä asentaa myös mittauskaivon.



KUVA 25. Linnakankaan mittauspaikan oletettu sijoitusalue (liite 2)

## 10 YHTEENVETO

Tämä tutkimus tehtiin Oulun Seudun Sähkön toimeksiannosta. Tarkoituksena oli tuottaa ratkaisuehdotukset neljään eri ongelmatapaukseen ja määrittää tarvittavat paine-eromittauspaikat Kempeleen kaukolämpöverkkoon pumppauksen ohjaamiseksi.

Koulukeskuksen ongelmassa päädyttiin siihen lopputulokseen, että vika on kuluttajan omissa laitteissa. Planora Oy:n verkostolaskelmien mukaan talojohto olisi ollut liian pieni, mutta tehtyjen laskelmien mukaan nykyinen talojohto on riittävän kokoinen.

Kyntömiehentien ja Neikankujan ongelmat ratkeavat laskelmien mukaan saneeraamalla Santamäentien kohdalla oleva katujohto kokoon DN 100. Planora Oy oli myös pääsyt samaan lopputulokseen (13).

Jäkälätien kuluttajien ongelmassa ehdotetaan lämpötilaohjatun säätöventtiilin asentamista meno- ja paluupuolen välille. Silloin menopuolen kaukolämpöveden lämpötilan laskiessa säätöventtiili aukeaa ja päästää kierron menopuolelta paluupuolelle.

Paine-eromittauspaikkojen määrityksissä päädyttiin seuraaviin paikkoihin, jotka on raportissa myös kuvina osoitettu. Koulukeskuksen läheisyyteen tulisi ensimmäinen paikka. Toinen asennettaisiin saneerattavalle linjalle Santamäentien varteen. Kolmas tulisi Metsärinteelle, melkein kauimmaiseen pisteeseen. Neljäs mittauspaikka oli hankalampi määrittää, kaavoitustietojen puuttumisen vuoksi. Annettiin kuvaus mittauspaikasta perustuen siihen tietoon mitä oli alueen laajentumisesta tiedossa.

## LÄHTEET

1. EU:n ilmasto- ja energiapaketti. Ympäristö.fi. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=22013&lan=fi#a3>. Päästökaupanulkopuoliset toimialat. Hakupäivä 10.1.2013.
2. Kaukolämmön käsikirja. 2006. Helsinki: Energiateollisuus ry. Kaukolämpö.
3. Meidän lämpö. Oulun seudun sähkö. Saatavissa: <http://www.oulunseudunsahko.fi/MeidanLampo>. Hakupäivä 25.1.2013.
4. Kaukolämpö maailmalla. Energiateollisuus. Saatavissa: <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-jakaukojaahdytys/kaukolampo-maailmalla>. Hakupäivä 22.1.2013.
5. Kaukolämmitys. Energiateollisuus. Saatavissa: <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys>. Hakupäivä 25.2.2013.
6. Mäkelä, Veli-Matti. 2012. T350603 Kaukolämmitys, 3 op. Opintojakson opimateriaali keväällä 2012. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
7. Energiavuosi 2012. Kaukolämpö. 2013. PowerPoint- diasarja. Energiateollisuus. Saatavissa: <http://energia.fi/kalvosarjat/energiavuosi-2012-kaukolampo>. Hakupäivä 6.2.2013.
8. Lappeenrannan energia Oy. Lämmönjakokeskus. [http://www.lappeenrannanenergia.fi/?valikko=1&sivu=kaukolampo&alasivu=lampo\\_neuvonta](http://www.lappeenrannanenergia.fi/?valikko=1&sivu=kaukolampo&alasivu=lampo_neuvonta). Hakupäivä 20.3.2013.
9. Kaukolämmön toimintaperiaate. Energiateollisuus. Saatavissa: <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/toimintaperiaate>. Hakupäivä 25.2.2013.

10. Kaukolämpöverkko. Energiateollisuus. Saatavissa: <http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/kaukolampoverkko>. Hakupäivä 21.3.2013.
11. Huhtinen, Markku – Korhonen, Risto – Pimiä, Tuomo – Urpalainen, Samu 2008. Voimalaitostekniikka. Tampere: Juvenes Print.
12. Pohjoista voimaa. Energiatehokkuus 2013. Saatavissa: [http://www.sahkosalkku.fi/tietoa\\_energiasta/markkinakatsaus/uutiskirje\\_1/2013/energiatehokkuus](http://www.sahkosalkku.fi/tietoa_energiasta/markkinakatsaus/uutiskirje_1/2013/energiatehokkuus). hakupäivä 25.3.2013.
13. Verkostolaskentaraaportti. Planora Oy.2012. Ei julkinen.
14. Muikkula, Pekka 2012. Kaukolämpöverkoston suunnittelu Saarelan kaava-alueelle. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikanyksikkö. Opin- näytetyö. Saatavissa: <http://publications.theseus.fi/browse?value=Muiikkula%2C+Pekka&type=author>. Hakupäivä:5.3.2013

## LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Ari Siltakoski

Tilaaaja Oulun Seudun Sähkö

Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot:

Mikko Haaranen, puh. 040 058 1634, mikko.haaranen@oulunseudunsahko.fi

Työn nimi Kaukolämmön pumppauksen ohjauksen tehostaminen

Työn kuvaus Paikannetaan paine-eromittauksen sijoituspaikat. Kempeleen kaukolämpöverkkoon on tulossa uusi 4 kilometrin putkilinja. Olemassa olevassa verkossa on neljä ongelma kohtaa, joissa teho ei ole riittävä tiettyinä ajanjaksoina. Annetaan ratkaisuehdotukset ongelmakohtiin.

Työn tavoitteet

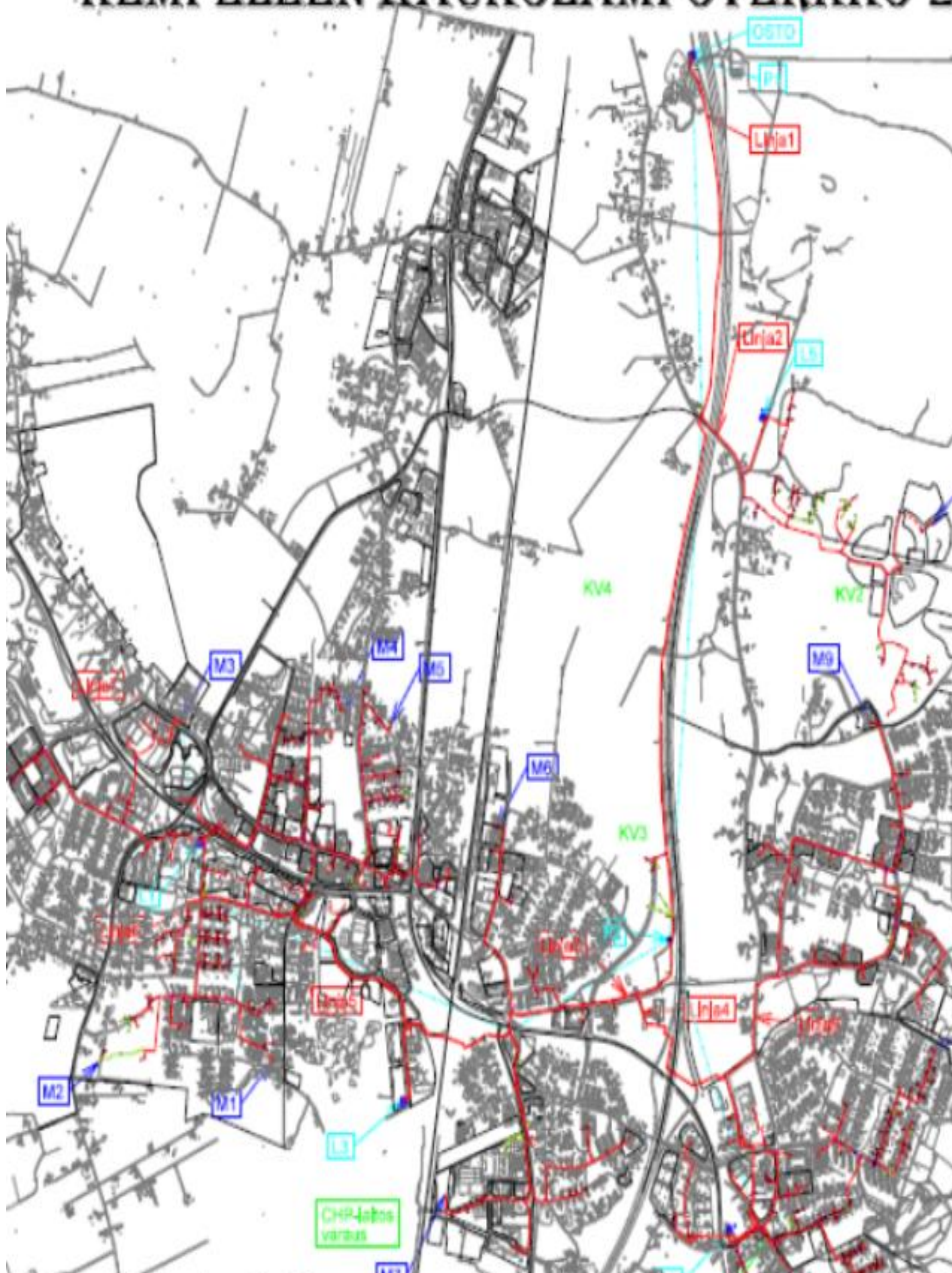
Paine-eromittauksen sijoituspaikkojen paikantaminen Kempeleen kaukolämpöverkkoon. Ratkaisuehdotukset ongelmatapauksiin. Teoriaosassa käsitellään kaukolämpö ja kaukolämmön siirto pääpiirtettäin. (verkko, pumppaus, paine, paine-ero, etäluenta).

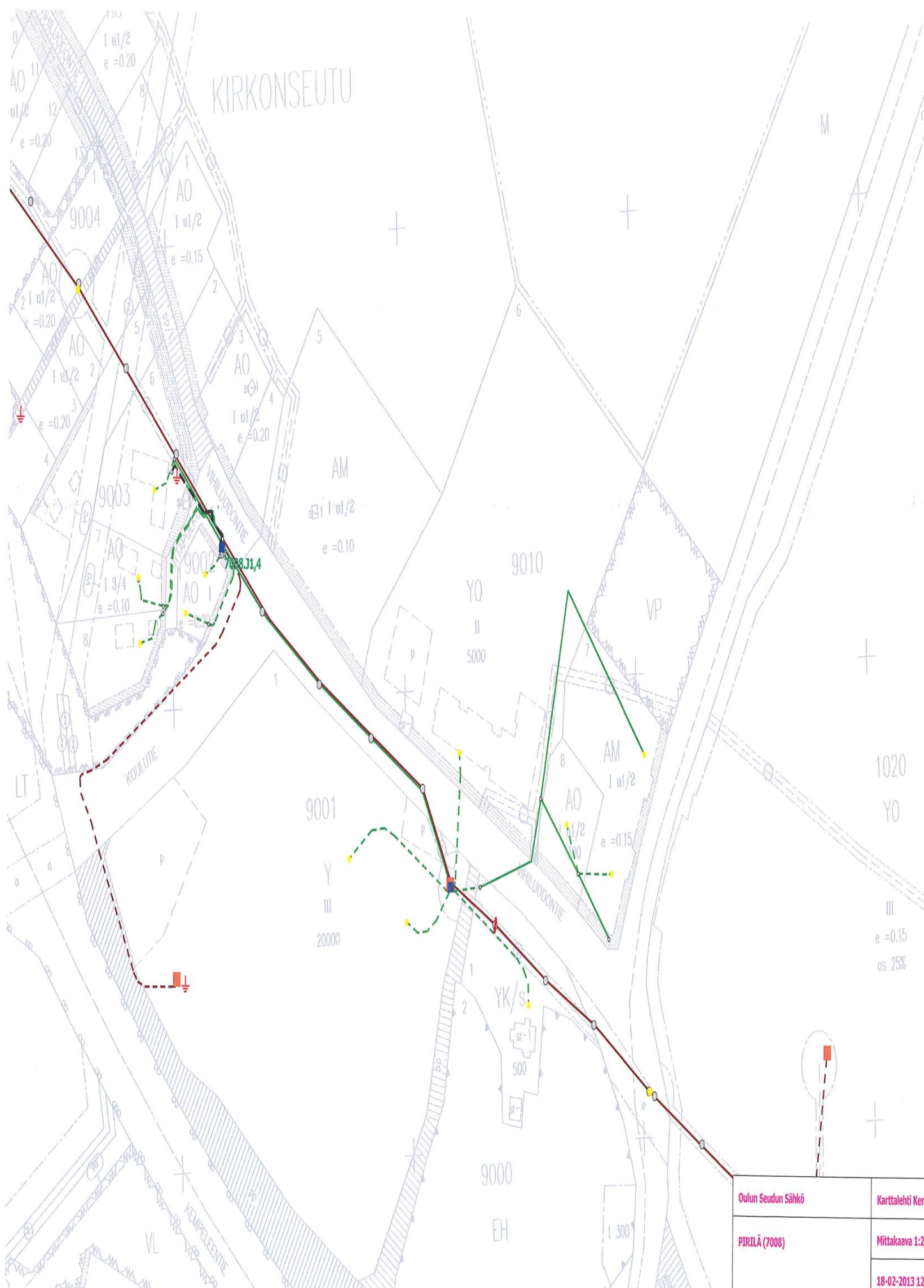
Tavoiteaikataulu

Opinnäytetyövalmis 31.3.2013

Päiväys ja allekirjoitukset

# KEMPELEEN KAUKOLÄMPÖVERKKO 2





Oulun Seudun Sähkö	Karttalehti Ker
PIRILÄ (7008)	Mittakaava 1:2
	18-02-2013 12





Karttalehti Kem02
Mittakaava 1:2000
18-02-2013 12:58

Oulun Seudun Sähkö  
Pienjänniteverkko

