

Jani Vainikka

**KAUKOLÄMPÖVERKON  
KUNNON TUTKIMINEN JA  
KORJAUSSUUNNITELMA**  
Lappeenrannan Energiaverkot Oy

Opinnäytetyö  
Talotekniikka

2018



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä/Tekijät</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Jani Vainikka	Insinööri (AMK)	Huhtikuu 2018
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		34 sivua
Kaukolämpöverkon kunnon tutkiminen ja korjaussuunnitelma		
<b>Toimeksiantaja</b>		
Lappeenrannan Energiaverkot Oy		
<b>Ohjaaja</b>		
Jarmo Tuunanen		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Lappeenrannan Energiaverkot Oy:lle. Työn tavoitteena oli tutkia Lappeenrannan kaukolämpöverkon nykykuntoa. Kuntotutkimukseen haluttiin selvittää verkon ikäjakauma eri johtotyyppien osalta, vuosittaiset vuotomäärät ja se, mihin johtotyyppisiin vuodot ovat jakautuneet. Työn toisena tavoitteena oli laatia korjaussuunnitelma Mpul-talojohtojen uusimiselle.</p> <p>Kaukolämpöverkon tutkiminen tehtiin teoriapohjalta. Verkkotietojärjestelmä Trimble NIS oli suuressa osassa työn onnistumiseen. Sieltä saatava kaukolämpöverkkokartta ja johtoportit auttoivat tutkimusta tehdessä. Tarkempia tuloksia olisi saanut fyysisillä mittauksilla, mutta työmailla käyntien, haastattelujen ja teoriapohjien avulla saatiin selkeä kuva verkon nykykunnosta.</p> <p>Mpul-talojohtojen uusimiselle laadittiin kaksi saneeraussuunnitelmaa. Suunnitelmat tehtiin, koska mahdolliset vuodot voivat aiheuttaa höyryn takia kosteusvaurioita. Suunnitelman laadinnassa käytettiin apuna vanhoja kuluraportteja, joista saatiin laskettua asennushinta metrille, ja Trimble NIS -verkkotietojärjestelmää, joista saatiin talojohtojen määrät selville.</p> <p>Tuloksista selvisi, että talojohtojen määrä verkossa oli niin suuri, että piti laatia tarkennettu aluejako. Aluejako tehtiin kaupunginosien mukaan. Toisesta tutkimusosioista saatiin yllättäviä tuloksia vuotojen osalta. Cu-2Mpuk:in vuotoherkkyys ja vuosittaiset lisäveden kulutusmäärät olivat yllättäviä. Vuotojen määrään voi vaikuttaa virheellinen asennus.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
kaukolämpö, korjaussuunnitelma, kustannusarvio, vaurioutilasto		

Author (authors)	Degree	Time
Jani Vainikka	Bachelor of Engineering	April 2018
<b>Thesis title</b> Investigating the condition of a district heating network and corrective action plan		34 pages
<b>Commissioned by</b> Lappeenranta Energiaverkot Oy		
<b>Supervisor</b> Jarmo Tuunanen		
<b>Abstract</b> <p>This thesis was made for Lappeenranta Energiaverkot Oy, Finland. The thesis is a study of the current state of Lappeenranta district heating network. The aim was to find out the age distribution of the network for different types of wires. The second aim of the work was to prepare a correction plan for MpuL renewal of the house lines.</p> <p>Investigating the district heating network was based on theory. The Trimble NIS network information system was largely successful in the work. The resulting district heating network map and the management reports helped to make the research. More accurate results would have been obtained through physical measurements, but the visits on the sites, interviews and theory platforms provided a clear picture of the network`s current state.</p> <p>Two renovation plans were drawn up for the renewal of the MpuL house lines. Plans were made because potential leaks could cause moisture damage due to steam. The design of the plan was used as an aid to old cost reports, which included calculating the installation of the price meter and the Trimble NIS network information system, which gave rise to the number of house lines.</p> <p>The results showed that the number of house lines in the network was so great that it had a detailed spatial division had to be made. The division was made according to the districts. The second part of the research produced surprising results with regard to leakage. Cu-2Mpuk`s leak sensitivity and annual extra water consumption were surprising. The number of leaks may be affected by incorrect installation.</p>		
<b>Keywords</b> district heating, corrective action plan, quotation, damage statistics		

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LAPPEENRANNAN ENERGIA OY.....	7
3	YLEISTÄ KAUKOLÄMMÖSTÄ.....	8
3.1	Kaukolämmön nykytila Suomessa.....	8
3.2	Johtotyypit.....	9
3.2.1	Kiinnivaahdotetut johdot.....	9
3.2.2	Taipuisat johdot.....	11
3.2.3	Betonikanavajohdot.....	13
3.2.4	Muovisuojakuori liikkuvien putkien.....	13
3.2.5	Muut johtotyypit.....	14
3.3	Kaivot.....	14
3.4	Venttiilit.....	15
4	KAUKOLÄMMÖNJAKELU.....	15
4.1	Lämpökeskukset.....	15
4.2	Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitteet.....	16
5	LAPPEENRANNAN KAUKOLÄMPÖVERKON TUTKIMINEN.....	17
5.1	Verkon jakauma johtotyypeittäin.....	17
5.2	Vaurioiden määrä vuosittain eri johtotyypeille.....	21
5.3	Vuosittainen uusittu johtopituus.....	23
5.4	Kaukolämpöverkon vertailu.....	23
6	KORJAUSSUUNNITELMA.....	25
6.1	Korjattava määrä.....	26
6.2	Kustannukset.....	27
6.3	Kustannusarvio tuleville vuosille.....	27
6.4	Korjaussuunnitelma alueittain.....	28
7	TULOSTEN ANALYSOINTI.....	30
8	POHDINTA.....	32



## 1 JOHDANTO

Kaukolämpöverkon kunto on heikentynyt ympäri Suomea viime vuosien aikana. Vuotojen määrät ovat kasvaneet, mikä kertoo kaukolämpöverkon heikentymisestä. Kaukolämpöverkolle tehdään vikakorjauksia, joilla paikataan vuotoja, tai peruskorjauksia, joilla siirretään verkon korjausvelkaa. Kaukolämpöjohtojen lämpöhäviöt ovat suurin yksittäinen kuluerä lämmönmyyjälle. Lappeenrannan Energialla vanhimmat kaukolämpöjohdot ovat 60-luvun alkupuolella, ja niiden käyttöikä alkaa olemaan lopussa.

Opinnäytetyö tehdään Lappeenrannan Energiaverkoille. Energiaverkot tarjosi tutkimustyötä, jossa pitää selvittää kaukolämpöverkon nykykunto. Tutkimus sisältää vuotojen tarkastelun useammalta vuodelta eri johtotyypeille ja johtojen ikäjakauman. Kaukolämpöverkko on rajattu käsittämään kaukolämpöjohtoja, koska ne muodostavat suurimman osan verkon omaisuuseristä ja niiden raportointi on ollut kattavinta. Kunnan selvittämiseen käydään haastatteluja Energiaverkkojen henkilökunnan ja Elvera Oy:n kanssa. Trimble NIS -verkkotietojärjestelmä tulee olemaan hyvin suuressa osassa tutkimustyötä tehdessä. Sieltä saatavat kaukolämpöjohtojen raportit ja vuotojen määräraportit ovat edellytys hyvään lopputulokseen. Mpul-johdoista pitää selvittää ikäjakauma ja se, paljonko niitä on vielä verkossa. Sen johtotyyppin osalta tehdään korjaussuunnitelma talojohdojen osalta.

Tutkimustyö tehdään, koska Lappeenrannan Energiaverkoilla ei ole tarkkaa tietoa, paljonko eri johtotyyppejä on verkossa ja mikä on ikäjakauma johtotyypeille. Vuotojen määrät olivat pääosin selvillä, mutta joitakin vuotoja ei ole merkitty verkkotietojärjestelmään. Vuotojen määrät halutaan selvittää eri johtotyypeille, koska siitä ei ole raportointia, miten se on jakautunut. Verkon nykykunnan arviointiin nämä tiedot ovat tarpeellisia. Kaukolämpöverkon nykykunnan selvittämisen jälkeen tehdään korjaussuunnitelma. Korjaussuunnitelma keskittyy ainoastaan Mpul-talohdoille, koska niiden mahdolliset vuodot aiheuttavat höyryn ja veden takia kosteusvaurioita kiinteistöihin.

## **2 LAPPEENRANNAN ENERGIA OY**

Lappeenrannan Energia Oy on Lappeenrannan kaupungin kokonaan omistama konserniyhtiö. Yhtiön pääasiallinen toiminta on maakaasun, kaukolämmön, sähkön ja veden jakelu ja myynti.

Lappeenrannan Energia Oy on emoyhtiö, jonka lisäksi toimintaa hoidetaan kahden tytäryhtiön voimin. Tytäryhtiöitä ovat Lappeenrannan Lämpövoima Oy ja Lappeenrannan Energiaverkot Oy. Lisäksi yhtiö on osakkaana Kaukaan Voima oy:ssä, Elvera Oy:ssä, Vainikkalan Vesi Oy:ssä, Tuulisaimaa Oy:ssä, Lähtituuli Oy:ssä, Suomen Hyötytuuli Oy:ssä. /1./

Tytäryhtiöistä Lappeenrannan Lämpövoima vastaa lämpö- ja höyrylaitosten, vedenottamoiden ja jätevedenpuhdistamoiden kunnossapidosta ja käytöstä /2/. Energiaverkot Oy vastaa veden, sähkön ja lämmön siirtämisestä asiakkaille sekä ylläpitää, huolehtii ja kehittää sähkö-, lämpö-, maakaasu- ja vesiverkkoja /3/.

### **Energiaverkot Oy**

Energiaverkot perustettiin 2006, jolloin yhtiöön siirrettiin sähkön, maakaasun ja kaukolämmön jakeluverkostot. 2011 Lappeenrannan Energian ja veden fuusiossa yhtiöön siirrettiin jäteveden, vesihuollon puhtaan veden ja huleveden verkostot ja niihin liittyvät laitteistot. /3./

Lähtökohtana toiminnalle on korkealaatuisen ja häiriöttömän energian ja veden toimittaminen asiakkaille taloudellisesti ja ympäristönäkökohdat huomioiden. Painopisteet ovat verkostojen suunnittelu, käyttö ja ylläpito sekä rakentaminen. Energiaverkot toimii Lappeenrannan kaupungin alueella, mutta Taipalsaari, Lemi, Savitaipale sekä sähköverkko Saimaan kanavan vuokra-alueella kuuluvat sähkönjakelualueeseen. /3./

### 3 YLEISTÄ KAUKOLÄMMÖSTÄ

Suomessa kaukolämmitys on yleisin lämmitysmuoto rakennuksille ja sen markkinaosuus on lähes puolet lämmitysenergiasta. /4/. Kaukolämmitys on käyttöveden ja rakennusten lämmittämiseen tarvittavan lämmön keskitettyä tuotantoa ja julkista jakelua asiakkaina oleville kiinteistölle. Kaukolämmitystä markkinoidaan ympäristöystävällisellä, edullisella ja vaivattomalla lämmitysmuodolla. Vuodenajasta riippumatta se tarjoaa lämmintä käyttövettä ja tasaista lämpöä asiakkaille.

Kaukolämpöjärjestelmä ei tarvitse erillistä lämminvesivaraajaa, vaan vesi lämpenee lämmönjakokeskuksissa, joka vie huomattavan paljon vähemmän tilaa. Mitoitus pitää suorittaa siten, että lämpöä riittää lämpimään käyttöveteen sekä rakennuksen lämmittämiseen.

Kaukolämmitykselle ominaista on, että sitä varten organisointu toiminta toteutetaan liiketoiminnan muodossa. Kaukolämmitys on kilpaillut aina talokohtaisen lämmityksen ja muiden lämmitysvaihtoehtojen kanssa. Asiakkaan kannalta lähinnä vaihtoehtona on ollut yksityinen kattilalaitos, jossa käytetään kaasua tai öljyä polttoaineena tai kiinteää polttoainetta. Keskitetyllä ja talokoh- taisella lämmityskattilalla ei sinänsä ole kovin suurta eroa, jos molemmissa käytetään samaa polttoainetta. Hyötysuhteet ja tuotantokustannukset ovat samaa tasoa, mutta keskitetyssä lämmityksessä päästöjen vähentäminen on tehokkaammin toteutettavissa. /5./

#### 3.1 Kaukolämmön nykytila Suomessa

Kaukolämpöverkkoa on Suomessa lähes 15000 km, ja sen kasvu on tapahtunut 70 vuodessa. Vuosikymmenten aikana asiantuntemus on kehittynyt mittavaksi kaukolämmön tuotannon ja jakelun osalta. Suomalaista kaukolämpöä verratessa kansainvälisesti voidaan todeta sen olevan yksi edullisimmista, toimintavarmuudeltaan parhaimpia ja energiatehokkuudeltaan huippuluokkaa. /8./

Kun verrataan 2005 vuoden tilastoja vuoteen 2016, voidaan todeta kasvun olevan suurta kaukolämmön myynnin osalta. Taulukossa 1 on esitetty tilastotietoja vuodelta 2005 ja 2016.

Taulukko 1. Tilastoja 2006 ja 2016 /5; 9/

Vuodet	2005	2016
Kaukolämmön myynti (mrd €)	1,2	2,5
Kaukolämmön energianmyynti (TWh)	28,8	33,6
Kaukolämmön keskihinta (snt/kWh)	4,1	7,5
Kaukolämpöalojen asukkaat (milj)	2,5	2,7
Kaukolämmön markkina osuus (%)	48	46,1

### 3.2 Johtotyypit

Kaukolämmössä käytetään erityyppisiä johtoja, jotka ryhmitellään kanavarakenteen mukaan. Nykyisin kaukolämpöjärjestelmässä käytetään lähes yksinomaan kiinnivaahdotettua johtotyyppiä. Kaikkien kaukolämpöjohtojen mitoitus perustuu 16 bar suunnittelupaineeseen sekä 120 °C käyttölämpötilaan, paitsi muovijohdon osalta, jonka mitoituspaine on 10 bar ja suunnittelulämpötila 80 °C jatkuvana sekä hetkellisenä 95 °C. /5./

Normaaleissa olosuhteissa ja käyttökohteissa johtoelementtien sekä niiden valmistusosien teknisen käyttöiän tulee kestää 30 vuotta 120 °C:een jatkuvassa käyttölämpötilassa ja vähintään 50 vuotta 115 °C:een käyttölämpötilassa. /5/.

#### 3.2.1 Kiinnivaahdotetut johdot

Suomessa tuli 1970-luvun puolivälissä käyttöön kiinnivaahdotetut johtotyypit, ja ne syrjäyttivät nopeasti muut käytössä olevat johtotyypit. Käytännössä kaikki 1980-luvun puolivälin jälkeen on rakennettu tällä kiinnivaahdotetulla johtotyyppillä. Kiinnivaahdotetuissa kaukolämpöjohdoissa virtausputki ja polyeteenisuojakuori on liitetty kiinteästi yhteen polyuretaanieristeellä. /5./

Hyviä puolia kiinnivaahdotetussa johdossa /5/:

- Helppo käsitellä virtausputken, eristeen ja suoja-putken muodostavaa elementtiä.

- Valmistajasta riippumatta elementit ovat yhteensopivia toisiinsa.
- Maan painuminen johdon ympärillä ei aiheuta muutoksia johdon toiminnassa.
- Helppo valvoa elementin valmistusta ja pitää laatu tasaisena.
- Virtausputken korrosio rajoittuu eristeen tai suojakuoren rikkoutumiskohtaan.

Huonoja puolia kiinnivaahdotetuissa johdoissa ovat /5/.

- Suunnittelussa on otettava huomioon jännitykset, joita virtausputken käyttöolosuhteissa esiintyy.
- Ulkopuolista vioittumista vastaan muovisuoja-putki on betonia heikompi suoja.
- Johdon asennusta hankaloittaa lämpötila- ja lämpöliikevaihtelu.

### **Yksiputkijohto 2Mpuk**

Yksiputkijohdossa on erilliset meno- ja paluuputket. 2Mpuk-kaukolämpöelementissä on teräksinen virtausputki ja polyeteenisuojakuori, joiden välissä on kiinnivaahdotettu polyuretaanieriste, joka liittää ne yhteen. Kuvassa 1 on esitetty 2Mpuk. Putkien pituus kokoluokasta riippuen vaihtelee 6–18 m. Yksiputkijohdtoa valmistetaan DN 20-DN 600 -kokoluokkaa, mutta tarvittaessa myös DN 1200:een asti. /5./



Kuva 1. 2Mpuk /14/

## Kaksiputkijohto Mpuk

Kaksiputkijohdossa on meno- ja paluuputket yhdistetty samaan eriste-elementtiin. Tällä elementtirakenteella pystytään vähentämään lämpöhäviöitä, koska menoputki on sijoitettu paluuputken alle. Kuvassa 2 on esitetty Mpuk. Kaksiputkijohdon etuna yksiputkijohtoon on jatkosten puolittuminen, joten materiaalintarve vähenee.

Kaksiputkijohtoa valmistetaan DN 2x20-DN 2x200 -kokoluokkaa ja putkien pituudet kokoluokasta riippuen on joko 6 tai 12 m. /5./



Kuva 2. Mpuk vaakatasoon asennettuna /14/

### 3.2.2 Taipuisat johdot

Taipuisat johtojärjestelmät ovat sellaisia järjestelmiä, joissa putken taivuttaminen työmaalla on mahdollista työkaluilla tai ilman. Kuvassa 3 on esitetty Cu-Mmvl. Taipuisan materiaalin tai rakenteensa johdosta putkiston lämpöliikkeet pystytään kompensoimaan. Taipuisia johtoja on joko yksi- tai kaksiputkirakenteella saatavana. Virtausputkimateriaaleina käytetään korrugoitua ruostumatonta terästä, kylmävedettyä tarkkuusterästä sekä hehkumatonta tai hehkutet-

tua kuparia. Myös PEX-, PB-, tai PP-muoviputkea käytetään virtausputkimateriaaleina, mutta sen käyttö on vähäistä Suomessa matalan lämpötilan ja paineen kestävyys takia. /5./



Kuva 3. Cu-Mmvl /14/

Taipuisia putkia voidaan tilata erimittaisina kieppeinä tai määrämittäisinä. Putkikokoina käytetään DN20-DN80:aa pääasiassa, mutta valmistajilla on tarjolla jopa DN150:een asti. Johtojen pituudet vaihtelevat 230 m–1000 m DN20-

DN150-dimension välillä. Eristeenä käytetään polyuretaania ja suojakuorena polyeteeniä. /6./

### 3.2.3 Betonikanavajohdot

Betonikanavajohtoja on erityyppisiä, mutta niillä kaikilla on sama toimintaperiaate. Virtausputkena toimiva teräsputki on sijoitettu kannakkeiden varaa betonikuoren sisään. Kuvassa 4 on esitetty Emv ilman mineraalivillaa. Kannakkeiden avulla teräsputken tuenta ja lämpöliikkeet ohjautuvat suunnitellusti kuoren seiniin ja pohjaan. Alaelementtien välissä on kiintopiste-elementtejä, joihin kiinnitetään hitsaamalla virtausputket. Lämpötilavaihteluiden johdosta syntyy kuormituksia, jotka ohjataan maahan kiintopisteiden avulla. Kansielementti nostetaan alaelementin päälle ja tiivistetään saumat. Elementit muodostavat yhdessä johtokanavan, jossa virtausputket voivat liikkua kiintopisteiden ohjajana lämpövaihteluiden mukaan. Betonielementin seinien ja virtausputkien väliin jää riittävästi tilaa eristämiseen ja tuulettumiseen. /5./



Kuva 4. Emv, jonka virtausputken ympäriltä puuttuu mineraalivilla /14/

### 3.2.4 Muovisuojakuori liikkuvien putkien

Polyeteenisuojakuoresta polyuretaanilla eristettyä suojaputkielementtiä, jossa lasikuiduista tehtyjen suojaputkien sisällä virtausputket pääsevät liikkumaan vapaasti, on rakennettu 1960-luvun puolesta välistä noin 20 vuoden ajan. Lasikuituisten tuulettuvien suojaputkien sisään asennettavat virtausputket saavat

liikkua vapaasti lämpöliikkeen vaikutuksesta. Elementtiin kuuluu myös vuoto-vesiputki. Tätä elementti kokonaisuutta kutsutaan myös nimellä Fiskars-johto. Johtotyyppiä on valmistettu kaksiputkisena (Mpul), mutta jonkin verran myös yksiputkisia (2Mpul) on ollut käytössä. /5./

### **3.2.5 Muut johtotyypit**

Siltoihin, tunneleihin, vesistön- ja radanalituksiin ym. erikoisolosuhteisiin käytetään erikoisjohtoja. Näissä kohteissa on käytössä usein normaaleja kiinnivaahdotettuja putkia erityyppisellä kannakkeilla tai ripustustavoilla. Kellarijohdot muodostavat näistä ison ryhmän, joissa mineraalivillalla eristetyt teräsputket kannakoidaan erilaisilla kannakkeilla kattorakenteisiin. Eristetyt putket suojataan kiinteistön muuhun putkitukseen sopivalla muovilla, alumiinipaperilla tai pellillä. /5./

### **3.3 Kaivot**

Kaukolämpöjohtoihin kuuluu erilaisia kaivoja, joihin on asennettu ilmanpoistoja, tyhjennyksiä ja sulkuventtiileitä. Kaivot ovat joko maaventtiilikaivoja tai sisäänmentäviä betonikaivoja. Kaivo varustetaan kahdella tuuletusputkella kiinnivaahdotetun johdon yhteydessä. /5./

#### **Elementtikaivot**

Sisäänmentävät betonielementtikaivot ovat tehdasvalmisteisia. Ne koostuvat kaivo- ja kansielementeistä. Tyyppiinrakennuksen mukaisesti kaivot varustetaan valurautakansin sekä tikkain ja kaivon kannen korkeus säädetään korokerenkain. /5./

#### **Valukaivot**

Kaivot voidaan myös valaa työpaikalla, mikäli kaivon muoto poikkeaa tyyppiinrakennuksista tai elementtikaivoja ei ole saatavissa. Valettavat kaivot on rakennettava erillisten mitta- ja raudoitus- tai tyyppiinrakennuksien perusteella. Tikkaat ja muut laitteet on kiinnitettävä ennen valua paikoilleen mittapiirustuksien mukaan. Putkien ja eristystöiden jälkeen voidaan suorittaa kansien valut. /5./

## **Maaventtiilikaivot**

Maaventtiilikaivolla tarkoitetaan tukielementistä koottua kaivoa, joka on varustettu valurautakannella tai tehdasvalmisteista asennuskaivoa. Korokerenkailla säädetään sen korkeusasemaa. Kiinnivaahdotetun johtojärjestelmän venttiilielementit asennetaan maaventtiilikaivoihin. /5./

### **3.4 Venttiilit**

Liitos-, muutos- ja korjaustöissä tarvitaan venttiileitä. Myös isoissa verkoissa venttiilin käyttö hyödyntää aluejako- ja säätötoimintojen suorittamiseksi. /5./ Yleisimpiä venttiileitä ovat sulkuventtiili, tyhjennysventtiili, ohitusventtiili, ilmanpoistovennttiili sekä säätöventtiili.

Sulkuventtiiliin pitää pystyä jakamaan verkko osiin ja erottaa verkosta haluttu johto-osuus. Kun verkostossa on vuoto tai muuten halutaan saneerata verkostoa, aluejako on ehdoton edellytys työn nopeuttamiseksi ja lämpökatkosta ei tarvitse tiedottaa muille kuin alueelle, jossa katkos on tehty. Normaalisti sulkuventtiilit asennetaan suoraan maahan eristettyinä venttiilielementteinä. Maaventtiilikaivoon tuodaan niiden karanpäät. /5./

Tyhjennys-, ohitus- ja ilmanpoistovennttiileitä tarvitaan putkiston täyttö- ja tyhjennysvaiheessa /5/.

## **4 KAUKOLÄMMÖNJAKELU**

Kaukolämmöstä tuotetaan suurin osa sähkön- ja lämmöntuotantoon tarkoitettussa yhteistuotantolaitoksissa. Niitä kutsutaan yleisesti voimalaitoksiksi. Lämpökeskuksiksi kutsutaan ainoastaan lämmöntuotantoon tarkoitettuja tuotantolaitoksia.

### **4.1 Lämpökeskukset**

Lämpökeskuksista suurin osa on kuumavesikattiloita, joissa vesi lämmitetään korkeimmillaan 120 °C:een. Kattilatyypit, joita pääsääntöisesti lämpökeskuksissa käytetään, ovat vesiputkikattilat ja tulitorvi- tuliputkikattilat. Lämpökes-

kukset voivat toimia varalaitoksina, peruskuormalaitoksina sekä huippulämpökeskuksina. Myös siirrettäviä lämpökeskuksia on olemassa. Siirrettävä lämpökeskus on väliaikainen tuotantolaitos, joita käytetään alkuvaiheessa uudella alueella.

Lämpökeskukseen kuuluvia muita osia kuumavesikattilan lisäksi ovat:

- tulitorvi- tuliputkikattilat
- Pumput, putket ja muut apulaitteet
- Polttoaineen ja tuhkan käsittelylaitteet
- Automaatio- ja sähkölaitteet
- Energian mittausratkaisut.

#### **4.2 Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitteet**

Sähkön ja lämmön yhteistuotannosta saadaan talteen polttoaineen energiasäilytys kaikkein ympäristöystävällisemmin ja energiatehokkaimmin. Se osa energiasta, jota ei saada muutettua sähköksi, saadaan talteen lämpöä. Yhteistuotanto on kolmanneksen tehokkaampi polttoaineen käytön ja ympäristöpäästöjen osalta kuin tuottaessa energiaa vastaavissa erillisissä sähkö- ja lämmön tuotantolaitoksissa. /7./

Suomessa noin kolme neljäsosaa perustuu lämmön ja sähkön yhteistuotantoon kaukolämpöä tuottaessa. Sähköä saadaan yhteistuotannosta vastaavasti kolmannes. Missään muualla maailmassa yhteistuotantosähköllä ei ole näin suurta markkinaosuutta. /7./

Erilaisilla voimalaitostyypeillä voidaan toteuttaa lämmön ja sähkön yhteistuotantoa /5/.

- kaasuturbiinilaitos
- kombivoimalaitos (yhdistetty höyry- ja kaasuturbiiniprosessi)
- höyryvoimalaitos (vastapaine- tai väliottolauhdutuslaitos)
- moottorivoimalaitos (diesel- tai kaasumoottori).

## 5 LAPPEENRANNAN KAUKOLÄMPÖVERKON TUTKIMINEN

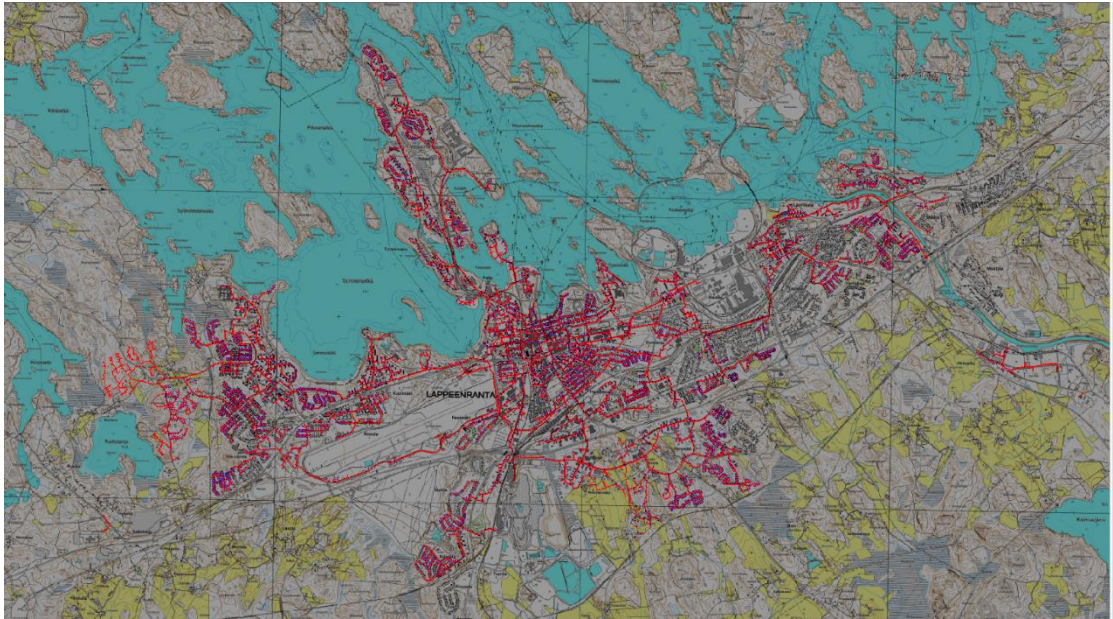
Lappeenrannan Energiaverkot halusi tutkia kaukolämpöverkon nykykuntoa. Tutkimustyössä käytettiin apuna heidän verkkotietojärjestelmän raporttipohjia, joista näkee, mitä johtotyyppiä käytetään ja minä vuonna se on rakennettu. Raporteista näkee myös vuotojen määrät vuosittain. Tutkimustyö tehtiin, koska kaukolämpöverkon kunto on heikentynyt, ja sen havaitsee jo ikääntyvistä johdoista, jotka ovat alkaneet vuotamaan. Tutkimuksen tavoitteena oli saada tuloksia johtojen ikäjakaumasta, vuotojen määrästä vuosittain ja siitä miten se oli jakautunut eri johtotyypeille. Tutkimuksessa haastateltiin verkostomestareita ja päälliköitä, joilla oli ennestään tietoa, mistä verkoston heikot kohdat havaittiin. Työmaalla käynti antoi mahdollisuuden ottaa kuvia eri johtotyypeistä ja kaivoista. Kun tiedettiin Lappeenrannan verkon vuotojen määrät vuosittain ja se, miten ne olivat kehittyneet, vertailtiin niitä Energiateollisuudesta saataviin tunnuslukuihin, jolloin saatiin tarkempia tietoja oman verkon kunnosta.

### 5.1 Verkon jakauma johtotyypeittäin

Lappeenrannan kaukolämpöverkossa on 430 kilometriä johtokanavaa, josta osa oli hylättyjä tai ilman tietoja. Kuvassa 5 on esitetty Lappeenrannan kanta-kaupungin kaukolämpöverkko. Tilastokelpoisia kanavia, josta pystyi tutkimaan ikäjakaumaa ja eri johtotyyppien määrää verkostossa, oli noin 400 kilometriä.

Tutkimuksessa haluttiin tietää, mikä on ikäjakautuma eri johtotyypeille ja kuinka paljon niitä verkostossa on. Taulukoissa 2, 3, 4, 5 ja 6 on jaoteltu ikäjakautuman mukaan eri kanavatyyppit ja paljonko on rakennettu eri vuosikymmen aikana. Taulukoiden prosentit kertovat, paljonko johtomateriaalia on vielä verkossa ja miten rakentaminen on jakautunut eri vuosikymmenten aikana.

Esimerkiksi betonikanavajohtoa verkostossa on yhteensä 57694 metriä, ja sitä on rakennettu 60-luvulla 1210 metriä, joka on 2 prosenttia koko johtotyyppin määrästä reilun 60 vuoden aikana. Alle yhden prosentin määrät näkyvät nol-lana taulukoissa.



Kuva 5. Lappeenrannan kaukolämpöverkko /10/

Taulukko 2. Betonikanavajohdot vuosikymmenen mukaan /10/

Vuodet	Pituus (m)	Määrät (%)
1960-1969	1210	2 %
1970-1979	30873	54 %
1980-1989	17350	30 %
1990-1999	5351	9 %
2000-2009	2858	5 %
2010-2018	72	0 %
yht (m)	<b>57694</b>	100 %

Taulukossa 3 on kiinnivaahdotettujen johtojen määrät esitettynä vuosikymmenen mukaan. 1980-luvulla kiinnivaahdotetun johdon rakennusmäärät alkoivat nousta, jonka havaitsee johtopituudesta, joka on 18533 metriä. Kiinnivaahdotettua johtoa Lappeenrannan kaukolämpöverkossa on yhteensä 260834 metriä. 60-luvulla ja 70-luvulla rakennettuja kiinnivaahdotettua johtoa on enää yhteensä alle yksi prosentti verkossa.

Taulukko 3. Kiinnivaahdotetut johdot vuosikymmenen mukaan /10/

Vuodet	Pituus (m)	Määrät (%)
1960-1969	187	0 %
1970-1979	3912	1 %
1980-1989	18533	7 %
1990-1999	67609	26 %
2000-2009	108431	42 %
2010-2018	62162	24 %
yht (m)	<b>260834</b>	100 %

Muovisuojakuorijohtoa liikkuvien putkien on yhteensä verkossa vielä 52586 metriä, josta suurin osa on rakennettu 1970-luvulla. 1970-luvulla rakennettiin sitä johtotyyppiä 32155 metriä, joka on 61 prosenttia sen johtotyyppin osalta. Taulukossa 4 on esitetty muovisuojakuorijohdot liikkuvien putkien vuosikymmenen mukaan.

Taulukko 4. Muovisuojakuorijohdot liikkuvien putkien vuosikymmenen mukaan /10/

Vuodet	Pituus (m)	Määrät (%)
1960-1969	2466	5 %
1970-1979	32155	61 %
1980-1989	14650	28 %
1990-1999	0	0 %
2000-2009	3185	6 %
2010-2018	130	0 %
yht (m)	<b>52586</b>	100 %

Joustavia johtoja käytettiin paljon talojohdoina. Niitä on vielä Lappeenrannan kaukolämpöverkossa 25226 metriä, josta suurin osa rakennettu 1980-luvulla. Taulukosta 5 on esitetty joustavat johdot vuosikymmenen mukaan. Kuten huomataan, muilla vuosikymmenillä rakentaminen on ollut hyvin vähäistä.

Taulukko 5. Joustavat johdot vuosikymmenen mukaan /10/

vuodet	Pituus (m)	Määrät (%)
1960-1969	0	0 %
1970-1979	308	1 %
1980-1989	22957	91 %
1990-1999	120	0 %
2000-2009	1675	7 %
2010-2018	166	1 %
yht (m)	<b>25226</b>	100 %

Muut johdot eli asbestiperäisiä johtoja on Lappeenrannan kaukolämpöverkosta lähes kokonaan poistettu. Niitä on vielä lähes 3000 metriä, josta suurin osa on rakennettu 1960- luvulla. Taulukossa 6 on esitetty muut johdot vuosikymmenen mukaan.

Taulukko 6. Muut johdot vuosikymmenen mukaan /10/

vuodet	Pituus (m)	Määrät (%)
1960-1969	1924	66 %
1970-1979	525	18 %
1980-1989	212	7 %
1990-1999	0	0 %
2000-2009	257	9 %
2010-2018	1	0 %
yht (m)	<b>2919</b>	100 %

Taulukoiden 2, 3, 4, 5 ja 6 avulla pystyi tilastoimaan kunkin vuosikymmen rakennetuimman johtotyyppin. Taulukossa 7 on esitetty vuosikymmenten rakennetuimmat johdot.

Taulukko 7. Rakennetuin johtotyyppi eri vuosikymmenellä

Vuosiluku	Tyyppi	Pituus (m)
1960-luvulla rakennettu	Muovisuojakuorijohdot liikkuvien putkien	2466
1970-luvulla rakennettu	Muovisuojakuorijohdot	32155
1980-luvulla rakennettu	Joustavat johdot	22957
1990-luvulla rakennettu	Kiinnivaahdotetut johdot	67609
2000-luvulla rakennettu	Kiinnivaahdotetut johdot	108431
2010-luvulla rakennettu	Kiinnivaahdotetut johdot	67609

Kuten taulukoista näkee, kiinnivaahdotettuja johtoja on eniten verkossa. Kuvassa 6 on esitetty kokonaisjohtojakautuma prosentteina kaukolämpöverkossa.



Kuva 6. Johtotyyppien jakautuma verkossa

## 5.2 Vaurioiden määrä vuosittain eri johtotyypeille

Vaurioiden määrät Lappeenrannan kaukolämpöverkossa ei ole viime vuosien aikana olleet suuret, paitsi 2016. Tilastot ovat vuotojen osalta saatavilla 2014

ja osaksi 2013 vuodesta alkaen, ja joitakin vuotoja ei ole merkitty käyttöjärjestelmään. Vaurioiden määrät voidaan laskea kaikille verkoston kanavatyypeille erikseen tai yhteen. Tulos ilmoitetaan kpl/km.

Lisäveden vuosikulutuksesta ( $m^3/a$ ) voidaan päätellä, onko verkossa mahdollisesti suurempi vuoto. Vesi vaihtuu keskimäärin noin kerran vuodessa. Lappeenrannan kaukolämpöverkoston vesi tilavuus on noin  $11000 m^3$ . Hyvänä tuloksena Lappeenrannan Energiaverkot pitää  $0,4 l/s$ , joka vastaa vuosittain noin  $13000 m^3$ . Taulukossa 8 on esitetty lisäveden vuosikulutukset  $m^3/a$ . Kuitenkin taulukosta 8 näkee, kulutukset ovat olleet suuria vuosina 2013 ja 2016.

Taulukko 8. Lisäveden vuosikulutukset

Vuosi	$m^3/a$	$l/s$
2013	37662	1,29
2014	14983	0,51
2015	14995	0,48
2016	42673	1,36
2017	13010	0,41

Viiden vuoden aikana tilastoituja vuotoja oli 71 kappaletta, jotka aiheuttivat lämpökatkoja. Taulukossa 9 on esitetty johtotyypit, kpl-määrät ja vuodon jakautuminen kilometriä kohden.

Taulukko 9. Vuotomäärät 5 vuoden aikana

Johtotyyppi	Vuoto (kpl)	kpl/km	kpl/km/a
kiinnivaahdotetut johdot	52	0,2	0,04
Betonikanavajohdot	5	0,1	0,02
Muovisuojakuorijohdot	6	0,1	0,02
joustavat johdot	8	0,3	0,08

Kun tarkastellaan tarkemmin vuotomääriä, voidaan todeta, että kiinnivaahdotettujen vuotomäärät ovat suurimmat. Pitää kuitenkin verrata verkostopituuteen, joka oli 260 km, joka on 65 % koko verkosto-osuudesta. Mutta jos tarkastellaan verkoston pituuden osalta, joustavat johdot on heikoin johtotyyppi.

Kiinnivaahdotuista suurimmat vuodot oli Cu-2Mpuk:illa, jonka jakautumisen näkee taulukosta 10. Tuloksesta huomataan, että 2013 ja 2016 on ollut suurimmat vauriot kilometriä kohden.

Taulukko 10. Cu-2Mpuk vuotomäärät

Vuosi	Kpl	kpl/km
2013	11	0,09
2014	3	0,02
2015	3	0,02
2016	11	0,09
2017	4	0,03

### 5.3 Vuosittainen uusittu johtopituus

Vuosittain joudutaan perusparantamaan kaukolämpöverkkoa ja uudisrakentamaan asiakkaiden lisääntyessä. Taulukossa 11 on esitetty vanhojen kaukolämpöputkien perusparantamisen määrä prosentteina koko verkon putkipituudesta. Tulokseen ei oteta huomioon uudisrakentamista.

Taulukko 11. Perusparantamisen määrä

Vuosi	Km	%
2013	2,2	0,6
2014	1,5	0,4
2015	2,1	0,5
2016	2,3	0,6
2017	2,7	0,7

Viiden vuoden aikana johtoa on rakennettu noin 11 km vuotojen paikkaukseen tai muuten huonoon verkostoon, joita on jouduttu korjaamaan. Tilastoihin on otettu kaikki Lappeenrannan kaukolämpöverkon johtomateriaalit.

### 5.4 Kaukolämpöverkon vertailu

Kaukolämpöverkon vertailukohtana käytetään Energiateollisuudesta saatavia tunnuslukuja, joiden avulla voidaan verrata, missä kunnossa Lappeenrannan kaukolämpöverkko on tällä hetkellä. Tuloksia verrataan keskiarvoon, jotta saadaan tietää, onko verkoston kunto keskiarvon yläpuolella vai alapuolella. Taulukosta 12, 13, 14 nähdään vertailutulokset 2014-2016 osalta ja taulukosta 15 viiden vuoden tulokset yhteensä. Vuosilta 2013 ja 2017 ei ollut vertailutilastoja, mutta vuoden 2013 tilastoja voidaan verrata vuoden 2016 tilastoihin.

Taulukko 12. Verkon vertailutulokset 2014 /13/

Tiedot 2014	Energiäteollisuuden Ka.	LRE
Uusittu johtopituus (%)	0,54	0,4
Lisäveden vuosikulutus / verkon koko tilavuus (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	1,74	1,36
Keskeytykset (kpl/km)	0,06	0,02

2015 vuoden tilastoista voidaan havaita, että keskeytyksiä ei ole ollut Lappeenrannassa kuin 0,02 kpl/km ja lisäveden vuosikulutus 1,36 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Kun tuloksia vertaa Energiäteollisuuden keskiarvoon, voidaan todeta Lappeenrannan kaukolämpöverkon olevan keskiarvon alapuolella vaurioiden osalta 2015 vuonna. Taulukossa on esitetty verkon vertailutulokset 2015 vuodelta.

Taulukko 13. Verkon vertailutulokset 2015 /12/

Tiedot 2015	Energiäteollisuuden Ka.	LRE
Uusittu johtopituus (%)	0,45	0,5
Lisäveden vuosikulutus / verkon koko tilavuus (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	1,73	1,36
Keskeytykset (kpl/km)	0,06	0,02

Lisäveden vuosikulutus on ollut todella suuri 2016. Tuloksista havaitaan myös keskeytyksien määrä, joka on 0,09 kpl/km. Tulos viittaa suurempiin vuotoihin sinä vuonna. Taulukossa 14 on esitetty verkon vertailutulokset 2016 vuodelta. 2016 vuoden tilastoja, kun verrataan Energiäteollisuuden keskiarvoon, voidaan todeta Lappeenrannan kaukolämpöverkon olevan keskiarvon yläpuolella vaurioiden osalta 2016 vuonna.

Taulukko 14. Verkon vertailutulokset 2016 /11/

Tiedot 2016	Energiäteollisuuden Ka.	LRE
Uusittu johtopituus (%)	0,58	0,6
Lisäveden vuosikulutus / verkon koko tilavuus (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	1,53	3,87
Keskeytykset (kpl/km)	0,06	0,09

Kun tuloksia on saatu tilastoitua 2013-2017 vuoden ajalta, niiden osalta voidaan laskea keskiarvo. Kun verrataan viiden vuoden tilastoja Energiäteollisuuden keskiarvoon, voidaan todeta Lappeenrannan olevan keskiarvon yläpuolella selvästi lisäveden vuosikulutuksen osalta. Taulukossa 15 on esitetty verkon vertailutulokset 2013-2017.

Taulukko 15. Verkon vertailutulokset 2013-2017

Tiedot 2013-2017	Energiäteollisuuden Ka.	LRE
Uusittu johtopituus (%)	0,52	0,56
Lisäveden vuosikulutus / verkon koko tilavuus (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	1,66	2,24
Keskeytykset (kpl/km)	0,06	0,04

## 6 KORJAUSSUUNNITELMA

Korjaussuunnitelma tehdään Mpul-talojohtoille, koska niiden mahdolliset vuodot aiheuttavat höyryn takia kosteusvaurioita kiinteistölle. Mpul-johdossa on il-maväli polyuretaanieristeen ja virtausputken välissä, jolloin vuodon sattuessa höyry pääsee etenemään kohti rakennusta, aiheuttaen kosteusvaurioita. Ku-vassa 7 on Mpul-talojohto, joka aiheutti kosteuden hajun kiinteistön lämmönja-kuhuneelle.



Kuva 7. Mpul-talojohto

Korjaussuunnitelma laaditaan aluejaoilla, joilla pyritään uusimaan vanhemmat johdot ensimmäisenä. Vanhat Mpul-johdot korvataan Mpuk-johdoilla.

## 6.1 Korjattava määrä

Muovisuojakuorijohtoa liikkuvien putkien on vielä runsaasti verkossa. Tutkimusosiossa taulukko 4:ssä on määritetty johtomääräksi 52586 metriä, josta 13095 metriä on talojohdot-osa. Talojohdon keskimääräiseksi pituudeksi on arvioitu 15 metriä. Arviointi perustuu etäisyysmittarilla saatujen talojohdot-pituuksiin, joiden keskiarvoksi laskettiin 15 metriä. Taulukossa 16 on esitetty Mpul-talojohdot-koot, määrät ja pituus yhteensä verkossa. Talojohdot-määrän määrittäminen verkkotietojärjestelmän avulla helpottui, koska järjestelmä pystyy erittelemään johtomateriaalit ja koot näkyviin. Kuvassa 8 on esitetty Mpul-talojohdot punaisella värillä. Talojohdot-ei erikseen näytetä järjestelmässä, vaan ne pitää poimia yksikerrallaan ja pituudet määrittää etäisyysmittarilla.

Taulukko 16. Mpul-johtojen koot, määrät ja pituus

Mpul koko	Kpl	Pituus (m)
DN20	467	7005
DN25	27	405
DN32	10	150
DN40	215	3225
DN50	115	1725
DN65	23	345
DN80	6	90
DN100	6	90
DN125	2	30
DN150	2	30
Yhteensä	873	13095



Kuva 8. Mpul-talojohdot punaisena /10/

## 6.2 Kustannukset

Kustannusarvio tehtiin mainituista johdoista. Arvio tehtiin 2013 ja 2017 välisenä aikana saaduista kuluraporteista, joista eroteltiin putkityöt ja maarakennustyöt. Johtokokoja ja materiaaleja ei ole eritelty erikseen. Keskiarvoksi tuli 258,5 €/m, johon sisältyy materiaali, maarakennus ja putkityöt. Näin ollen voidaan laskea, että kustannukset ovat 258.5 €/m ja verkostopituudella 13095 m saadaan kokonaiskustannukseksi noin 3 385 000 €

## 6.3 Kustannusarvio tuleville vuosille

Talojohtojen uusiminen aloitetaan 2019 keväällä. Kustannusarvioita tehdään kaksi erillistä, jotka on esitetty taulukoissa 17 ja 18. Vuosittainen kustannusarvio on esitetty taulukossa 17, jossa saneerataan keskimäärin kaksi talojohtoa viikossa.

Taulukko 17. Vuosittainen kustannusarvio.

Vuosi	Summa €	Talojohtojen määrä (kpl)
2019	321 832	83
2020	317 954	82
2021	310 200	80
2022	232 650	60
2023	228 772	59
2024	310 200	80
2025	310 200	80
2026	317 955	82
2027	317 955	82
2028	236 528	61
2029	240 405	62
2030	240 405	62

Taulukossa 18 on esitetty vuosittaisen maksimi saneerausbudjetin mukaan, joka on 400 000 euroa vuodessa. Maksimi budjetilla tarkoitetaan, paljonko voidaan käyttää rahaa vuodessa talojohtojen uusimiseen. Talojohtojen saneerausmäärä on tällöin suurempi vuodessa.

Taulukko 18. Vuosittainen kustannusarvio

vuosi	Summa €	Talojohdot määrä (kpl/a)
2019	399 382	103
2020	399 382	103
2021	399 382	103
2022	399 382	103
2023	399 382	103
2024	399 382	103
2025	399 382	103
2026	294 690	76
2027	294 690	76

#### 6.4 Korjaussuunnitelma alueittain

Korjaussuunnitelmassa aluejako on tärkeässä osassa, jos saneerattava määrä on suuri. Aluejako tehtiin seitsemään osaan. Kuvassa 9 on esitetty aluejako. Saneeraus aloitetaan lännestä, koska siellä on vanhimmat talojohdot ja alue on suuri. Numerot kuvassa 9 tarkoittaa saneerausjärjestystä.



Kuva 9. Aluejako /10/

Länsipuolella saneeraus aloitetaan Skinnarilasta 2019, ja saneeraus päättyy keskustan alueeseen. Taulukossa 19 on esitetty tarkemmin saneerausalueet. Saneerausalueet jaettiin kaupunginosiksi. Alueen numerot kertovat, mitä kaupunginosia milläkin alueella on.

Taulukko 19. Saneerausalueet

Alueet	Kaupunginosat
1	Skinnarila-Uus-Lavola-Lavola-Sammonlahti
2	Kuusimäki-Kourula
3	Kivisalmi-Voisalmi
4	Tyysterniemi-Pallo
5	Hovipelto-Lauritsala
6	-Tirilä-Parkkali-Harapainen
7	Rakuunamäki-Leiri-Keskusta

Kaupunginosajaolla pystytään tarkentamaan vuosittaista saneeraustavoitetta, kun on tiedossa vuosittaiset kustannusarviot ja talojohdon vuosittaiset saneeraus määrät. Jos saneerataan kahden talojohdon viikkotahdilla, tarkoittaa se pidempää aikaväliä, jolloin saneeraus valmistuisi 2030. Taulukossa 20 on esitetty vuosittainen tavoite, jos saneerataan kaksi talojohtoa viikossa.

Taulukko 20. Vuosittainen tavoite

Vuosi	Kaupunginosat	Summa €	Talojohdot (kpl/a)
2019	Skinnarila	321 832	83
2020	Skinnarila-Uus-Lavola	317 954	82
2021	Lavola-Sammonlahti	310 200	80
2022	Kourula-Kuusimäki-Kivisalmi	232 650	60
2023	Kivisalmi-Voisalmi-Tyysterniemi-Pallo	228 772	59
2024	Hovipelto-Lauritsala	310 200	80
2025	Lauritsala-Tirilä	310 200	80
2026	Parkkali	317 955	82
2027	Harapainen-Rakuunamäki-Leiri	317 955	82
2028	Keskusta	236 528	61
2029	Keskusta	240 405	62
2030	Keskusta	240 405	62

Jos saneerataan maksimibudjetilla, joka on 400 000 euroa vuodessa, tarkoittaa se lyhyempää aikaväliä, jolloin saneeraus valmistuisi 2027. Taulukossa 21 on esitetty vuosittainen tavoite, jos saneerataan maksimi budjetilla.

Taulukko 21. Vuosittainen tavoite

vuosi	Kaupunginosa	Summa €	Talojohdot (kpl/a)
2019	Skinnarila	399 382	103
2020	Skinnarila-Uus-Lavola-Lavola-sammonlahti	399 382	103
2021	Sammonlahti-Kourula-Kuusimäki-Kivisalmi	399 382	103
2022	Kivisalmi-Voisalmi-Tyysterniemi-Pallo-Hovipelto	399 382	103
2023	Lauritsala-Tirilä	399 382	103
2024	Parkkali-Harapainen	399 382	103
2025	Harapainen-Rakuunamäki-Leiri-Keskusta	399 382	103
2026	Keskusta	294 690	76
2027	Keskusta	294 690	76

## 7 TULOSTEN ANALYSOINTI

Kaukolämpöverkon jakauma johtotyypeittäin tuloksista voidaan havaita, että 60-luvulla rakennettua johtoa on vielä verkossa 5787 metriä, joka vastaa noin 1,5 prosenttia koko verkoston pituudesta. Se määrä ei ole kovin suuri, mutta huomioitavaa oli, että suurin osuus siitä on muovisuojakurijohtoa liikkuvien putkien. Tulos yllätti, koska odotus oli, että 60-luvulla rakennetuista johtotyypeistä betonielementtikanaavaa olisi rakennettu eniten. 70-luvulla määrällisesti suurin rakennettu johtotyyppi oli myös muovisuojakurijohto liikkuvien putkien. Tulos ei ole kovin yllättävä, koska silloin rakennettiin paljon sillä johtotyypillä.

Kokonaismäärältään muovisuojakurijohtoa liikkuvien putkien on tällä hetkellä 52586 metriä, joka on suuri määrä. 80-luvulla kiinnivaahdotetut johdot alkoivat syrjäyttämään muita johtotyyppejä, mutta Lappeenrannassa rakennettiin joustavia johtoja silloin vielä eniten. Tulos viittaa siihen, että asiakkaita liittyi kaukolämpöverkkoon sinä aikana paljon, koska Cu-Mmvl:ää käytettiin pienrakennusten talojohdoina. Kun tarkastellaan johtotyyppien jakaumaa verkossa, voidaan todeta kiinnivaahdotettua johtoa olevan eniten, mutta verkossa on silti vielä 140 kilometriä muita johtotyyppejä, joten saneerattavaa riittää.

Vaurioiden määrän havaitsee helpointen lisäveden kulutuksesta. Lappeenrannan Energia pitää 0,4 l/s hyvä tuloksena, joka on 13000 m<sup>3</sup>/a. Vuonna 2013 ja

2016 lisäveden vuosikulutuksista voidaan todeta, että verkossa oli suuria vuotoja, mutta osasy s suurelle lisäveden kulutukselle on 600:sen ja 400:sen linjojen saneeraus, jolloin täyttömäärä oli suuri.

Kun vertaillaan, mihin johtotyyppiin vuodot olivat jakautuneet, voi tuloksista nähdä, että kiinnivaahdotetut johdot ovat vuotomäärien osalta suurin, mutta verkoston pituuteen nähden joustavat johdot ovat selvästi heikoin. Kiinnivaahdotetuista johdoista tehtiin vuotomäärän mukaan tutkimus, joka osoitti, että suurin osa vuodoista oli tapahtunut Cu-2Mpuk:lle. Taulukosta 10 näki myös, että 2013 ja 2016 oli muita vuosia enemmän vaurioita juuri sen putkityypin osalta.

Vuosittaiseen uusittuun johtopituuteen vaikuttavat edellä mainitut tulokset. Kun uusittuja johtopituuksia tarkastellaan, voidaan sen todeta olevan melko normaalitasoa, kun verrataan Energiateollisuudesta saataviin tunnuslukuihin. Perusparantamista tehdään ympäri Suomea energialaitoksilla kaukolämpöverkoille, joten reilu kahden kilometrin määrää ei voi pitää liian suurena, kun verkon ikäjakaumaa vertaa.

Yksi hyvä tapa analysoida Lappeenrannan Energiaverkot Oy: verkon kuntoa on vertailla tutkittuja tuloksia Energiateollisuudesta saataviin tunnuslukuihin. 2014 ja 2015 vuosien vertailutuloksissa Lappeenrannan kaukolämpöverkko on keskiarvoa parempi, kun taas 2016 vuoden tilastoissa selkeästi heikompi. Vertailu tehtiin myös viiden vuoden yhteistuloksista, jossa Lappeenrannan kaukolämpöverkko oli keskiarvoa heikompi.

Verkon tutkimus osuus antoi hyvin tietoa korjaussuunnitelman tekoon. Tutkimusosuudesta saatiin tietää, paljonko Mpul:n määrä on verkossa. Verkossa on 52586 metriä Mpul:a, josta 13095 metriä on talojohtoa. Johto-osuuden määrä on todella suuri, ja oli yllättävää, että talojohtoa on noin paljon vielä jäljellä Mpul:na.

Koko saneerauksen hinta on 3 385 000 euroa. Saneeraussuunnitelmia tehtiin kaksi. Molemmissa saneerausurakoissa on hyvät ja huonot puolensa. Pidemmälle aikavälille suunniteltu saneeraus on viikkotahdiltaan normaali, ja se antaa mahdollisuuden joustaa, jolloin ei tarvitse mennä täysin suunniteltujen

kaupunginosien mukaan. Haittana on aikavälin pituus. Suuremmalla vuosibudjetilla voidaan pitää hyötynä taas lyhyempää aikaväliä, mutta saneeraustahti on taas nopeampaa, jolloin saneeraus on tehtävä lähes tarkkaa suunniteltujen aikataulujen mukaan.

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyössä tutkittiin Lappeenrannan kaukolämpöverkon nykykuntoa, joka oli rajattu käsittelemään ainoastaan johto-osuuksia. Työssä tehtiin tutkimuksen jälkeen korjaussuunnitelma Mpul-talojohtojen osalta. Työn tavoitteena oli saada selvitys kaukolämpöverkon nykykunnosta, tuloksia johtojen ikäkaumasta, vuotojen määrästä vuosittain ja siitä, miten se oli jakautunut eri johtotyypeille. Omasta mielestä työn tavoite täyttyi. Tutkimustyössä saatiin ikäkauma eri johtotyypeille, josta tehtiin tarkentava taulukointi. Myös vuotojen määristä ja niiden jakautumisesta eri johtotyypille saatiin selkeät tulokset. Yllätyksiäkin oli joukossa. Cu-2Mpuk:in vuotoherkkyys oli todella yllättävä. Varmaa syytä sen vuotamiselle ei voi antaa, mutta yksi syy voi olla asennusvaiheessa tehty virhe. Kuparin asennuksessa pitää ottaa huomioon rasitus, minkä takia kuparia ei pitäisi asentaa ihan suoraan, vaan tehdä loivia mutkia. Toinen huomio on Mpul:n määrä verkossa. Sitä on edelleen todella paljon, vaikka saneerausta on tehty vuosien aikana runsaasti. Tutkimusosuus oli haastava, koska työ tehtiin teoriatasolla. Fyysiset mittaukset olisivat tarkentaneet verkon kuntoa, mutta lisäveden kulutuksen ja vuotojen määrien avulla saatiin tarvittava tulos.

Korjaussuunnitelman laatimiseen haastetta toi talojohtojen jakautuminen ympäri Lappeenrantaan ja niiden runsas määrä. Jakauma oli niin suurta, että suunnitelma jaettiin kaupungin osien mukaan.

Mielestäni voisi tehdä jatkotutkimuksen Cu-2Mpuk:n vuotojen selvittämiseen ja selvittää vuotaako se rasituksen vai huonon hitsausliitoksen takia. Toinen jatkotutkimus voisi keskittyä isoihin runkolinjoihin, joista voisi alkaa tutkimaan seinämän paksuutta. Tutkimus tehtäisiin, koska seinämän paksuuden tutkiminen auttaisi ennakoimaan vuotojen havaitsemista.

Opinnäytetyö oli kokonaisuudeltaan haastava, mutta opettavainen. Verkon kuntotutkimuksen avulla sain hyvät tiedot erilaisista kaukolämpöjohdoista. Tutkimuksessa myös opin analysoimaan verkon kuntoa. Korjaussuunnitelman laatiminen oli onnistunut, ja toteutus sen mukaan kuulostaa mahdolliselta. Korjaussuunnitelman laatiminen oli ajoittain haastava, koska aikaisempaa kokemusta sen tekemisestä ei ole. Energiaverkot tulevat hyötymään laaditusta korjaussuunnitelmasta, koska sen avulla pystytään uusimaan talojohdoja suunnitelmallisesti. Myös kuntotutkimuksessa laaditut taulukot auttavat Energiaverkkoja, koska verkosta on nyt tarkemmat johto tiedot ja niiden avulla voidaan tehdä laajempaa saneerausta. Tutkimustyö täyttää omat ja tilaajan tavoitteet

## LÄHTEET

1. Lappeenrannan Energia Oy konserni. Saatavissa: <https://www.lappeenrannanenergia.fi/palvelut/sivut/default.aspx>. [viitattu 23.1.2018].
2. Lappeenrannan Energia Oy konserni/lämpovoima. 2018. <https://www.lappeenrannanenergia.fi/konserni/lampovoima/Sivut/default.aspx>
3. Lappeenrannan Energia Oy konserni/energiaverkot. 2018. <https://www.lappeenrannanenergia.fi/konserni/energiaverkot/Sivut/default.aspx>
4. Energiateollisuus ry. Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. K1/2013
5. Energiateollisuus 2006. Kaukolämmön Käsikirja.
6. Brugg-pema Oy. 2015. [http://www.pipesystems.com/fi/Taipuisat\\_putkijaerjestelmaet](http://www.pipesystems.com/fi/Taipuisat_putkijaerjestelmaet)
7. Energiateollisuus Oy. Energiatuotanto. [https://energia.fi/perustietoa\\_energia-alasta/energiantuotanto/yhteistuotanto](https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/yhteistuotanto)
8. Energiateollisuus Oy. 2016. Kaukonpäivä. [https://energia.fi/ajankohdataista\\_ja\\_materiaalipankki/kaukonpaiva](https://energia.fi/ajankohdataista_ja_materiaalipankki/kaukonpaiva)
9. Energiateollisuus Oy. 2016. Kaukolämpövuosi. [https://energia.fi/ajankohdataista\\_ja\\_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolampovuosi\\_2016\\_uusiutuvuus\\_monipuolista\\_kaukolammossa.html#material-view](https://energia.fi/ajankohdataista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolampovuosi_2016_uusiutuvuus_monipuolista_kaukolammossa.html#material-view)
10. Lappeenrannan Energiaverkot Oy. Trimble nis verkkotietojärjestelmä.
11. Energiateollisuus. 2016. [https://energia.fi/files/1822/Kayttotaloudelliset\\_tunnusluvut\\_2016.pdf](https://energia.fi/files/1822/Kayttotaloudelliset_tunnusluvut_2016.pdf)
12. Energiateollisuus. 2015. [https://energia.fi/files/1167/Kayttotaloudelliset\\_tunnusluvut\\_2015.pdf](https://energia.fi/files/1167/Kayttotaloudelliset_tunnusluvut_2015.pdf)
13. Energiateollisuus. 2014. [https://energia.fi/files/754/kayttotaloudelliset\\_tunnusluvut\\_2014.pdf](https://energia.fi/files/754/kayttotaloudelliset_tunnusluvut_2014.pdf)
14. Janne Kuningas. 2013. Sisäinen valokuvakansio

