

Lauri Rantanen

# KAUKOLÄMPÖVERKON SUUNNITEL- MALLISEN PERUSPARANTAMISEN STRATEGIA KSS LÄMMÖLLE

Opinnäytetyö  
Energia- ja Ympäristötekniikka

2018



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Lauri Rantanen	Insinööri (AMK)	Joulukuu 2018
<b>Opinnäytetyön nimi</b>  Kaukolämpöverkon Suunnitelmallisen Perusparantamisen Strategia KSS Lämmölle		39 sivua 4 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b>  KSS Lämpö Oy		
<b>Ohjaaja</b>  Hannu Sarvelainen (XAMK), Jarkko Vanhatalo (KSS Lämpö Oy)		
<p data-bbox="165 748 331 779"><b>Tiivistelmä</b></p> <p data-bbox="165 819 1437 965">Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda toimeksiantajalle kaukolämpöverkoston perusparannusstrategia sekä hahmottaa mahdollinen aikataulu ja kustannukset perusparannustyölle. Strategia pohjautuu Energiateollisuuden vuonna 2016 julkaisemaan suunnitelmallisen perusparantamisen suositukseen.</p> <p data-bbox="165 1003 1458 1330">Suosituksen mukaisesti strategia perustuu prioriteettiarvioihin, joiden selvittämiseksi tehtiin analysointitaulukko. Sen avulla voidaan määrittää prioriteetti kullekin putkiosuudelle tärkeyden ja iän mukaan. Selvitetty prioriteetti auttaa selventämään riskipaikkoja verkostossa ja kertoo, mistä perusparantaminen kannattaa aloittaa. Taulukon tekemistä varten toimeksiantajan kaukolämpöverkostosta valittiin alue, joka toimii mallina muulle verkolle. Alueeksi valittiin Kouvolan kaupungin kaukolämpöverkon eteläinen osa, jonka putkisto on pituudeltaan noin viidennes kaikista toimeksiantajan kaukolämpöverkoista. Toimeksiantajan kaukolämpöverkosto koostuu kuudesta erillisverkosta. Yhteensä verkostoa on 230km ja mallina käytetty alue sisältää 42km putkea.</p> <p data-bbox="165 1368 1465 1514">Tuloksena toimeksiantajalle muodostui prioriteetin määrittelytaulukko, joka sisältää myös putkien positioinnin putkiosuuksien tunnistuksen helpottamiseksi. Prioriteetin määrittelytaulukko ohjaa tulevia perusparannustoimia ja niiden suunnittelua laskennallisesti vikaantumisvaarassa olevien putkiosuuksien suuntaan.</p> <p data-bbox="165 1552 1465 1951">Taulukon lisäksi työssä tarkasteltiin toimeksiantajan perusparannus- ja rakennuskäytäntöjä. Nykyinen perusparantamisen määrä osoittautui liian vähäiseksi kaukolämpöverkon jatkuvan toimintakunnon takaamiseksi. Ongelmaksi osoittautui laajan verkon jatkuva ikääntyminen ja tästä johtuvien vaurioitilanteiden kerääntymisen mahdollisuus. Kun verkon vanhimille putkille hyväksyttävää ikää käytettiin perustana uuden perusparannusmäärän arvioimiselle, saatiin vanhimpien putkien suositelluksi iäksi 60 vuotta. Perusparantamisen nostaminen määrään, jolla ehdotettu 60 vuotta saavutetaan, vaatii nykyisen perusparannusmäärän kahdeksankertaistamista, 4 000 metriin. Saadulle 4 000 metrille laskettiin vielä vanhojen kustannustilastojen mukainen vuosibudjetti, 1,14 miljoonaa euroa. Tämä summa ei kuitenkaan sisällä lisärekrytointeja, jotka ovat tarpeellisia näin suuren työmäärän saavuttamiseksi.</p>		
<p data-bbox="165 1995 320 2027"><b>Asiasanat</b></p> <p data-bbox="165 2067 1110 2098">kaukolämpö, perusparantaminen, kunnossapito, prioriteettiluokitus</p>		

Author (authors)	Degree	Time
Lauri Rantanen	Bachelor of Engineering	December 2018
<b>Thesis Title</b>		39 pages
Strategy for the Planned Maintenance and Modernisation of the District Heating Network of KSS Lämpö		4 pages of appendices
<b>Commissioned by</b>		
KSS Lämpö Oy		
<b>Supervisor</b>		
Hannu Sarvelainen (XAMK), Jarkko Vanhatalo (KSS Lämpö Oy)		
<b>Abstract</b>		
<p>The objective of this thesis was to provide the commissioner with a strategy for planned maintenance and modernisation of their 230km long district heating network and to figure out a schedule and costs for the modernisation. The strategy is based on various existing statistics and a recommendation for planned modernisation, published in 2016 by Energiateollisuus.</p>		
<p>The strategy includes priority assessments that were made in an Excel-worksheet determining the priority according to importance and failure possibility. The pipes were also given positional numbers to ease the identification of pipe runs. For this thesis a 42km long portion of the 230km long district heating network was chosen as a model case for positioning and priority assessments.</p>		
<p>The priority assessments provide planning with crucial information on where the pipes are most needed to be in good condition, where the pipes are under a lot of stress and which pipes are most likely to malfunction in near future. The evaluation of the commissioner's current practices showed that the current yearly amount of modernisation is not enough to guarantee stable usability of the district heating network. When the acceptable age for the oldest pipes was used as the basis for re-evaluation it was determined that the oldest pipes should not be older than 60 years. This means a raise to 4 000 meters per year and by using the cost statistics of earlier projects, a cost estimate of 1,14 million euros a year was calculated for this amount.</p>		
<b>Keywords</b>		
district heating, planned maintenance, modernisation, priority assessment		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TYÖN TAUSTAT .....	7
2.1	KSS Lämpö Oy.....	7
2.2	Kaukolämpötoiminta .....	7
2.3	Kaukolämpöverkon kunnossapito ja perusparantaminen .....	10
2.4	KSS Lämmön kaukolämpöverkko.....	11
3	PERUSPARANNUSSTRATEGIAN LAATIMISESSA KÄYTETYT MENETELMÄT .....	13
3.1	Kaukolämpöverkon perusparannussuunnitelmassa käytetty Energiateollisuuden suositus.....	13
3.2	Yleiset perusparantamisen käytännöt.....	15
3.3	Runkoputkiston positiointi .....	16
4	SUOSITUKSEN JA POSITIOINNIN POHJALTA TEHTY KRIITTISYYSANALYYSI-TAULUKKO KAUKOLÄMPÖVERKOLLE.....	16
4.1	Putkiosuuksien sijoittuminen kartalla .....	17
4.2	Putkien iät ja tekniset tiedot .....	19
4.3	Vikaantumismahdollisuus .....	20
4.4	Talotyytit, asiakkaat ja ihmismäärät.....	21
4.5	Prioriteetin määrittämiseen käytetyt luokitukset.....	23
5	PERUSPARANNUSSTRATEGIA KSS LÄMMÖN KAUKOLÄMPÖVERKOLLE .....	25
5.1	Prioriteetin määrittäminen.....	25
5.2	Prioriteettilaskelmien analysointi.....	27
5.3	Prioriteettitaulukon hyödyntäminen perusparantamisen suunnittelussa .....	28
5.4	Vuotuinen perusparantamisen määrä.....	28
5.5	Arvioidut kustannukset.....	30
6	YHTEENVETO .....	35
	LÄHTEET.....	37
	KUVALUETTELO .....	38

TAULUKKOLUETTELO.....	39
-----------------------	----

## LIITTEET

Liite 1. Kuvakooste KSS Lämmön kaukolämpöverkosta

## 1 JOHDANTO

Tämän työn tavoite on arvioida KSS Lämmön kaukolämpöverkoston kuntoa käytön, iän ja putkityypin mukaan. Arvion pohjalta tehdään strategia runkoputkiston perusparantamiselle. Strategia sisältää prioriteettiohjeen, aikatauluarvion ja kustannusarvion. Strategia pohjautuu Energiateollisuuden vuonna 2016 julkaisemaan perusparantamisohjeeseen, jonka tarkoituksena on ohjeistaa kaukolämmön perusparannuskäytäntöjä ja kannustaa kaukolämpöä jakeluvia yrityksiä perusparannustoimintaan.

Tässä työssä tehtävä strategia sisältää mallin kaukolämpöverkon jakamiselle putkiosuuksiin sekä positiointimallin näille putkiosuuksille. Mallin mukaan annettuja positiotunnuksia ja KSS Lämmöltä saatuja asiakastietoja käyttäen määritetyille putkiosuuksille on laadittu prioriteetin määritystaulukko Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Prioriteetin määritystaulukko kertoo, mitkä ovat laskennallisesti todennäköisimmin vikaantuvat putkiosuudet. Tämän tiedon pohjalta voidaan määrittää, miltä alueilta perusparannustoiminta kannattaa aloittaa.

KSS Lämpö toimii kaukolämmön myyjänä ja jakelijana Kouvolan kunnan alueella. KSS Lämmön jakeluverkko kaukolämmölle on laaja ja suurelta osin iäkäs. Putkiston uudistamistarve vaihtelee paikan, iän, tyyppin ja rasitusasteen mukaan. Koska kaukolämpöputket on pääosin sijoitettu maan alle, niiden kunnan tarkistaminen on vaikeaa. Putkien kuntoa voidaan käytännössä tarkastella vain kaukolämpökaivojen avulla ja paikantamalla lämpövuotoja putkireittien varrelta.

Uusi strategia pyrkii ohjaamaan perusparannustoimintaa laskennallisesti todennäköisimmin vaurioitumisvaarassa olevien putkiosuuksien suuntaan. Strategia auttaa prioriteettimäärittelyn avulla paikantamaan putkiverkoston riskitekijät kirjaamalla ja luokittelemalla putkien kuntoon vaikuttavat tekijät, kuten putken iän, tyyppin ja käyttöasteen. Kun mahdolliset riskitekijät ovat paremmin selvillä, perusparantamisen suunnittelu ja aloittaminen helpottuvat.

## **2 TYÖN TAUSTAT**

Tämä työ käyttää pohjanaan Energiateollisuuden suositusta L7/2016 kaukolämmön suunnitelmalliselle perusparantamiselle. KSS Lämpö haluaa muodostaa suosituksen pohjalta uuden saneerausstrategian kaukolämpöverkolleen. Strategian halutaan ohjeistavan kaukolämpöverkon perusparantamistoimia ja valottavan hintaa tälle toiminnalle

### **2.1 KSS Lämpö Oy**

KSS Lämpö Oy on osa suurempaa KSS Energia Oy yhtiötä. KSS Energia toimii Kouvolan kunnan alueella energian tuottajana ja jakelijana. KSS Energia tarjoaa sähköä, maakaasua ja kaukolämpöä kodeille ja yrityksille. Kouvolan ulkopuolella yhtiö myy sähköenergiaa ja tarjoaa alan osaamista. (KSS Energian yhtiöselostus. 2018.)

KSS Lämpö on vastuussa KSS Energian kaukolämpöön ja maakaasuun liittyvästä toiminnasta. KSS Lämmön toimenkuvaan kuuluu kaukolämpö- ja maakaasuliittymien myynti ja hallinta, molempien verkostojen laajennus ja kunnossapito sekä kaukolämmön hankinta ja välitys. Kaukolämpöverkkoa KSS Lämmöllä on yhteensä 230 kilometriä ja asiakkaita yli 3 000 kappaletta. (KSS Lämmön yhtiöselostus 2016. 2016.)

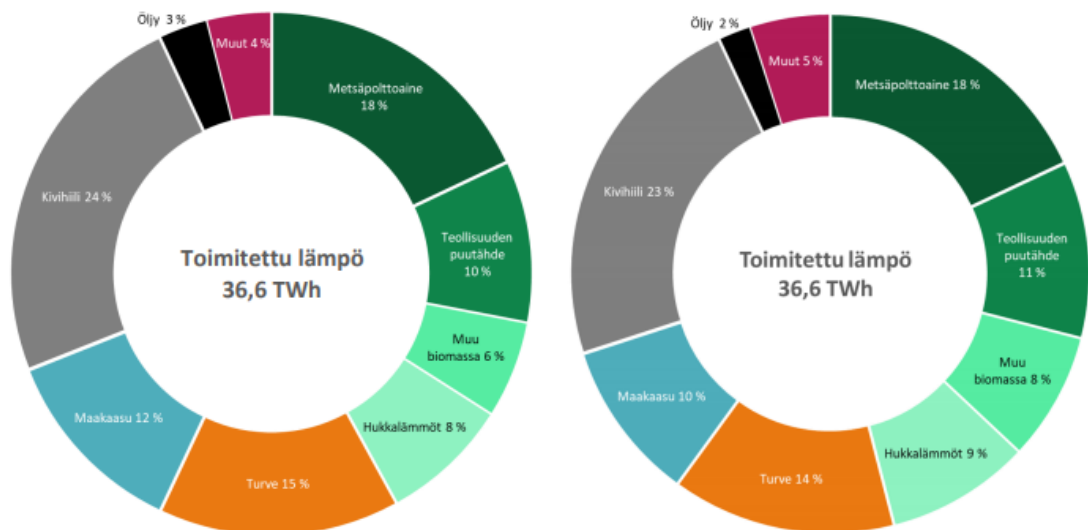
### **2.2 Kaukolämpötoiminta**

Kaukolämmöllä tarkoitetaan rakennusten ja käyttöveden lämmitykseen tarvittavan lämmön keskitettyä tuotantoa ja tämän lämmön jakelua asiakkaana toimiville kiinteistöille. Kaukolämmölle ominainen piirre on se, että toiminta on toteutettu liiketoimintana. Muita tyypillisiä ominaisuuksia ovat lämmön tuottaminen yhdessä tai useammassa kohteessa, lämmön jakelu asiakkaille laajan putkiverkoston avulla, veden tai höyryn käyttö siirtoaineena sekä asiakaskuntaan kuuluvien rakennusten monimuotoisuus. (Koskelainen, L., Saarela, R., Sipilä, K. & Nuorkivi, A. 2006.)

Kaukolämmöllä on monia etuja rakennuskohtaiseen lämmöntuotantoon verrattuna. Kaukolämpöä on helpompi tuottaa ympäristöystävällisillä polttoaineilla,

kuten polttokelpoisella teollisuuden jätteellä, metsäpolttoaineella ja muulla biomassalla. Monissa tapauksissa lämpö tuotetaan yhteistuotantona sähkön kanssa. Yhteistuotanto mahdollistaa paremman hyötysuhteen energiantuotannossa ja hyötysuhteen kasvaessa, kasvaa myös liiketoiminnan kannattavuus. (Koskelainen ym. 2006.)

Suomessa kaukolämpötietoisuutta ylläpitää Energiateollisuus, vuotuisilla tilastokyselyillään. Tarkoituksena on, että jäsenyritysten antamien tilastojen pohjalta kootaan kokonaisluvut ja keskiarvot, yhdeksi tilastoksi Suomen kaukolämpötoiminnasta. Tilastossa listataan yleisiä tietoja, kuten kaukolämpöverkoston pituus, asiakkaiden määrä, lämmön tuotanto polttoaineilla ja lämmön hankintamäärä. Tarkempaa tietoa on annettu tuotantolaitosten tyypeistä, polttoaineiden käytöstä, asiakaskunnan kehityksestä, myynnin ja hinnan muutoksista sekä ominaiskulutuksen vaihtelusta. Kuva 1 on otettu Energiateollisuuden kaukolämpötilastosta vuodelle 2017 ja se kuvaa kaukolämmöntuotannossa käytettyjen polttoaineiden määriä vuosina 2016 ja 2017. Kuvassa luetelluista polttoaineista *kivihiili, maakaasu ja öljy* eivät ole uusiutuvia polttoaineita. *Turve ja muut* ovat epäselviä vihreytensä puolesta, sillä turpeen uusiutuvuutta on kyseenalaistettu ja ei ole selvää, mitä *muut* kategoria sisältää. (Kaukolämpötilasto 2017. 2018.)



Kuva 1. Kaukolämmön tuotannon lämmönlähteet, vuosi 2016 vasemmalla ja 2017 oikealla.

Suomessa nykyisin rakennettavista kaukolämpöputkista lähes 100% on kiinnivaahdotettuja Mpuk- tai 2Mpuk-putkia. Aikaisemmin on rakennettu, ja yhä käytetään, irtonaisilla virtausputkilla varustettuja Mpul- ja 2Mpul-, asbestieristeisiä

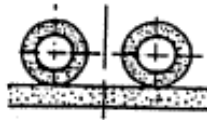
Apuk-, betonisia kokoelementtiputkia Emv-, Epu-, Epuk- ja Wmv- sekä erilaisia muovi- ja kuparivirtausputkia. Nämä on lueteltu kuvassa 2, joka esittää yleisimpien putkityyppien poikkileikkauksia ja lyhenteiden selityksiä. (Kaukolämpöverkon vaurioutilasto 2017. 2018. Energiateollisuus; Maanalaisten kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset 2017. 2018.)

#### JOHTOTYYPIT JA NIIDEN NIMILYHENTEET

1. Kiinnivaahdotetut muovisuojakuorijohdot, kaksiputkielementit, Mpuk



2. Kiinnivaahdotetut muovisuojakuorijohdot, yksiputkielementit, 2Mpu



3. Irrallisilla virtausputkilla varustetut muovisuojakuorijohdot, ns. "reikäputkielementit", Mpu1, 2 Mpu2



4. Betoniset kokoelementtikana-ajohdot, Emv, Epu, Epuk, Wmv



5. Erilaiset muovi- ja kuparivirtausputkilla varustetut johdot

6. Kaivot

7. Muut johtorakenteet, kuten sisäjohtot, silta- ja tunnelijohdot, asbestisementtisuo-  
japutkijohdot sekä ns. "vanhat" betonikanavajohdot

#### suojarakenne

E = betoninen kokoelementtikana-  
W = kolmitukinen betoninen kokoelementtikana-  
M = polyeteeninen muovisuojaputki tai -kuori

#### lämpöeristeet

mv = mineraalivilla  
pu = polyuretaanivaahdo

#### rakenne

l = putket liikkuvat  
k = putket kiinni eristeessä

Kuva 2. Kaukolämmön jakelussa käytetyt johtotyypit ja niiden nimilyhenteet.

### 2.3 Kaukolämpöverkon kunnossapito ja perusparantaminen

Kaukolämpöverkon kunnossapidolla pyritään vikaantuvuuden estämiseen, häviöiden parantamiseen, käyttökustannusten alentamiseen, laatujärjestelmän ja ympäristöohjelman vaatimusten täyttämiseen, käytettävyyden parantamiseen, käyttöajan pidentämiseen, ongelmakohtien ja perusparannettavien kohteiden selvittämiseen sekä vikojen ja vaurioiden korjaamiseen. Kunnossapito sisältää pääasiassa kunnonvalvontaa ja huoltotoimintaa. Kunnonvalvonta pyrkii mitausten ja tarkastusten avulla tunnistamaan alkavat viat, jotta ne voidaan korjata ennen kuin viasta koituu haittaa verkon toiminnalle. Huoltotoiminta puolestaan ehkäisee vikaantumista pitämällä kohteet hyvässä kunnossa. Kunnossapitoon voi myös sisällyttää korjaavan kunnossapidon, jossa vikaantunut laite korjataan takaisin toimintakuntoon, muttei vielä kokonaan uudisteta. (Koskelainen ym. 2006.)

Kaukolämpöverkon perusparantamisella tarkoitetaan putkiosuuksien täyttä uudistamista. Tällöin vanha putki kaivetaan kokonaan ylös ja korvataan uudella. Perusparantamista on kolmea eri tyyppiä. Uudistava perusparantaminen tarkoittaa, että huonokuntoinen putkiston osa korvataan uudella, samaan käyttötarkoitukseen tulevalla putkella. Vanhan korvaaminen voi aiheuttaa ongelmia, sillä uudenmalliset putket eivät välttämättä sovi hyvin yhteen vanhojen mallien kanssa. Toinen tyyppi on korvaava perusparantaminen, jossa uutta putkea ei sijoiteta vanhan paikalle, vaan se voi sijaita maantieteellisesti kaukanakin vanhan putken sijainnista. Tämä tyyppi yleensä kirjataan uudisrakentamiseksi, mutta jos lämmityskohteet pysyvät enimmäkseen samana, on kyseessä korvaava perusparantaminen. Kolmas tyyppi sisältää ulkopuolisista syistä johtuvan perusparantamisen. Tällä tarkoitetaan, että alkusyy ei välttämättä johdu itse kaukolämpötoiminnasta, vaan esimerkiksi kaavamuutoksista tai tietöistä. Tämän tyypin toteutustavat ovat lähellä korvaavaa perusparantamista ja se myöskin kirjataan yleensä uudisrakentamisena. Kuvassa 3, on selvennetty perusparantamistoiminnan eri tyyppien jaottelua. (Koskelainen ym. 2006.)



Kuva 3. Kaukolämpöverkkojen perusparannustoiminnan jaottelu.

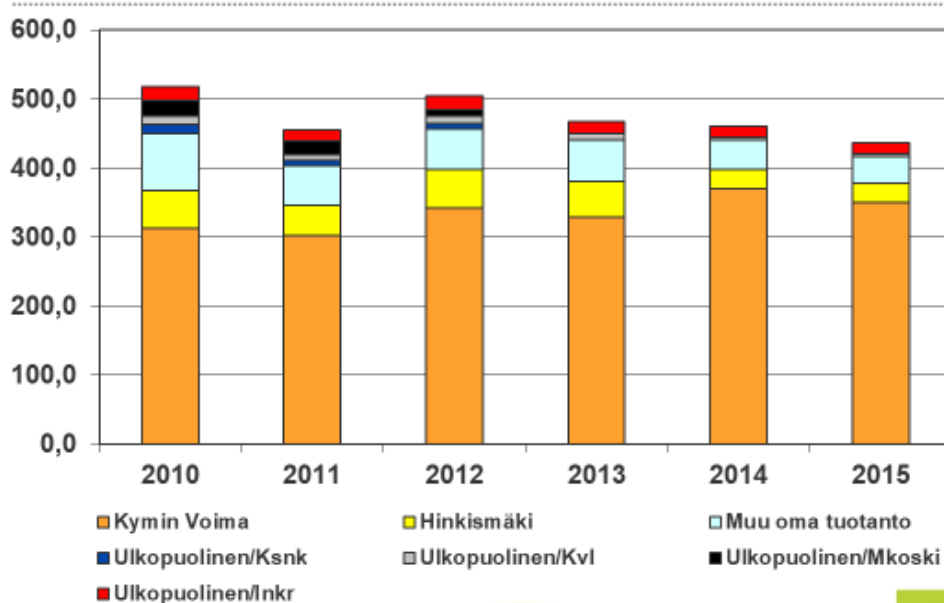
Kaukolämpöverkon kunnossapidon ja perusparantamisen suurimpiin ongelmiin kuuluu putkiston maan alainen sijainti. Kunnonvalvonta ja huoltotoimet ovat rajoittuneet pääasiassa kaukolämpökaivoihin. Jos haluttaisiin huoltaa itse putkia, pitäisi ne ensin kaivaa esille. Putkien huono tarkkailtavuus aiheuttaa ongelmia perusparannustoiminnan suunnittelulle. Koska putkien tarkkaa kuntoa ei pystytä näkemään, joudutaan turvautumaan arvioihin ja tilastoihin niiden uudistamistarpeen määrittelyä varten.

## 2.4 KSS Lämmön kaukolämpöverkko

KSS Lämmölle kuuluu kaksi suurempaa ja neljä pienempää verkostoa. Suuria verkostoja ovat Kouvolan ja Kuusankosken alueen verkostot. Vuoden 2016 lopussa Kouvolassa oli käytössä 118km ja Kuusankoskella 88km kaukolämpöputkistoa. Molemmat suurista verkoista saavat osan lämmöstään UPM:n Kuusaanniemen alueella sijaitsevalta Kymin Voiman voimalaitokselta. Suuren osan vuodesta molemmat verkot käyttävät pääosin tätä voimalaitokselta tulevaa sähkön ja lämmön yhteistuotannolla tuotettua lämpöä. Kesällä, voimalaitoksen seisokin aikana, kaukolämmön tuottamiseen käytetään KSS Lämmön omia pienempiä lämpökeskuksia, jotka käyttävät maakaasua. Myös lämmityskauden aikana joudutaan käyttämään näitä pienempiä lämpölaitoksia huipputehon tuottamiseen. Lämmöntuotannon jakauma vuosina 2010 – 2015 koko Kouvolan seudulla on esitetty kuvassa 4. Kuvan pylväsdiagrammeista nähdään, että Kymin Voiman osuus lämmöntuotannosta on ollut näinä vuosina selvästi yli puolet kokonaismäärästä. Toiseksi eniten lämpöä on tuotettu KSS Lämmön omilla lämpölaitoksilla ja kolmanneksi eniten Kouvolan Hinkismäessä

sijaitsevalla yhteistuotantolaitoksella. Näiden lämmöntuottajien ulkopuolelta lämpöä on ostettu verrattain hyvin vähän. (Ihalainen, H. 2017; Vanhatalo, J. 2017a.)

### Lämmön tuotanto Kouvolan seudulla, GWh



10

KSS LÄMPÖ

Kuva 4. Kuvaaja lämmön tuotannon jakautumisesta Kouvolan seudulla vuosina 2010 – 2015.

Pieniin verkostoihin kuuluvat Korian, Myllykosken, Keltakankaan ja Inkeröisen verkot. Nämä pienet verkot sijaitsevat irrallaan toisistaan niin maantieteellisesti kuin toiminnallisestikin ja niiden sijoittuminen kartalla on esitetty kuvissa 9 – 12. Inkeröisen verkostoa lämmitetään Stora Enson paperitehtaalta tulevalla lämmöllä. Muuten näiden pienempien verkostojen lämpö tuotetaan pienillä paikallisilla lämpölaitoksilla. Vuoden 2016 lopussa Korian runkoverkko oli 6km pitkä ja Myllykosken, Inkeröisen ja Keltakankaan verkot olivat yhteensä 19km. (Ihalainen, H. 2017; Vanhatalo, J. 2017a.)

Liitteessä 1 on esitetty KSS Lämmön kaukolämpöverkosto, julkisesti saatavilla olevasta WWW-kartasta kerättyinä kuvakoosteena. Korian kaukolämpöverkkoa esittävässä kuvassa on merkitty punaisella värillä Korian asuntomessuja 2019 varten rakennetut uudemmat osuudet, joita ei vielä ole julkisesti saatavilla olevaan karttaan lisätty. Oranssit osuudet ovat vanhempia. (KSS Lämmön kaukolämpö- ja maakaasukartta. 2018.)

### 3 PERUSPARANNUSSTRATEGIAN LAATIMISESSA KÄYTETYT MENETELMÄT

Strategian laatimiseen käytettiin Energiateollisuuden suositusta L7/2016 Kaukolämpöverkon suunnitelmalliselle perusparantamiselle. Suosituksenmukaisesti strategiaa on lähdetty laatimaan kriittisyysanalyysin kautta, jota varten tehtiin prioriteetin määrittelytaulukko. Taulukon toteuttamista ja putkiosuuksien tunnistamisen helpottamista varten, kaukolämpöputkistolle piti hahmotella positiointijärjestelmä. Prioriteettitaulukon pohjalta kaukolämpöverkolle arvioitiin sopiva uudistamistahti ja tälle kustannukset.

#### 3.1 Kaukolämpöverkon perusparannussuunnitelmassa käytetty Energiateollisuuden suositus

Tässä työssä laaditun strategian suunnittelussa on käytetty lähtökohtana Energiateollisuuden suositusta kaukolämmön suunnitelmalliselle perusparantamiselle L7/2016. Suosituksessa käsitellään kaukolämpöverkkojen huoltoon liittyviä toimintatapoja, sekä annetaan malli pitkän tähtäimen kunnossapidon suunnittelulle. Suosituksen on laatinut Energiateollisuuden lämmönjakelutyöryhmä, johon kuuluvat

*Jyrki Parpola – Tampereen Sähkölaitos Oy, puheenjohtaja*

*Janne Arko – Turku Energia Oy*

*Ossi Hyvärinen – Kuopion Energia Oy*

*Kati Kupila – Fortum Power & Heat Oy*

*Marko Mäkinen – Helen Oy*

*Heikki Ojansuu – Vantaan Energia Oy*

*Sami Rantio – Elenia Lämpö Oy*

*Harri Muukkonen – Pöyry Finland Oy*

*Olli Uotila – Turun Asennus ja Luokkahitsarit Oy*

*Veli-Pekka Sirola – Energiateollisuus ry, sihteeri*

(Kaukolämpöverkon suunnitelmallinen perusparantaminen, Suositus L7/2016. 2016.)

Suosituksen alussa on selitetty perusparantamisen keskeiset termit ja ohjeistettu niiden yhtenäinen käyttö. Suosituksessa myös eritellään *Uudistava perusparantaminen, Korvaava perusparantaminen ja Kaukolämpötoiminnasta*

*riippumaton perusparantaminen.* Kun termit on selvennetty, suositus siirtyy antamaan tavoitteita perusparantamiselle ja sen suunnittelulle. Näillä tavoitteilla pyritään, suosituksen mukaan, taloudelliseen vakauteen ja hyvin toimivaan kaukolämpöverkkoon. (Kaukolämpöverkon suunnitelmallinen perusparantaminen, Suositus L7/2016. 2016.)

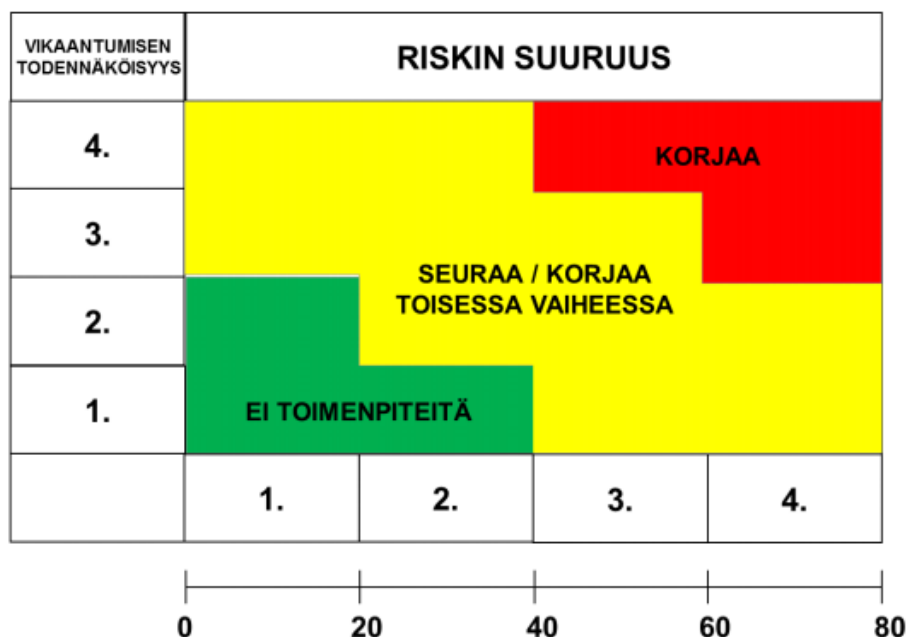
Seuraavaksi suositus käsittelee itse perusparannusstrategiaa, mitä se tarkoittaa ja miksi sellainen on hyvä laatia. Keskeisiksi syiksi listataan kaukolämpöverkon toimivuuden takaaminen ja tehostaminen, jotka johtavat jatkuvaan taloudelliseen menestykseen ja asiakastyytyväisyyteen. Strategian laatiminen on suosituksen mukaan pitkän tähtäimen suunnittelua, joka kannattaa tehdä osissa joko alueittain, rakenteittain tai tiedossa olevan kriittisyyden mukaan. Tätä työtä tehdessä, pohjana on käytetty alueittain jakoa. (Kaukolämpöverkon suunnitelmallinen perusparantaminen, Suositus L7/2016. 2016.)

Osana suositusta on selvitetty kaava prioriteetin määrittämiselle, joka on esitetty yhtälössä 1.

$$\text{Prioriteetti} = \text{Todennäköisyys} \cdot \text{Seuraukset} \quad (1)$$

Yhtälössä todennäköisyys tarkoittaa kuinka todennäköistä on, että arvioitava kohde vikaantuu. Tämä johdetaan siitä, kuinka vanha kyseinen kohde on ja onko se vikaantunut jo aikaisemmin. Seuraukset muodostuvat erilaisista kriteereistä, joita voivat suosituksen mukaan olla esimerkiksi *Taloudelliset vaikutukset, Keskeytyksen kesto, Vaikutuksen alainen asiakasmäärä, Vaikutuksen alaiset kriittiset asiakkaat ja Riskit ihmisille ja ympäristölle.* Todennäköisyydelle ja kaikille eri seurauksille tulee suosituksen mukaan laatia eri kategoriat, jotka jaetaan numeroituihin luokituksiin 1 – 4. Kun kohteille on annettu jokaista kategoriaa vastaavat luokitukset, tulee niistä yhteen lasketuksi prioriteettiluokaksi jokin luku välillä 5 – 80. (Kaukolämpöverkon suunnitelmallinen perusparantaminen, Suositus L7/2016. 2016.)

Kohteille saatuja arvoja voidaan käyttää jakamalla kaikki kohteet esimerkiksi kuvan 5 mukaisesti arvojensa mukaan teoreettisiin riskiryhmiin.



Kuva 5. Riskin suuruuden määrittämistaulukko.

### 3.2 Yleiset perusparantamisen käytännöt

Kaukolämpöverkon korjaamisessa ja perusparantamisessa on ollut yleisesti kaksi eri koulukuntaa. Ensimmäinen uskoo ennakoivaan perusparantamiseen, jolla pyritään kaukolämpöverkon toimintakunnon ylläpitämiseen ja odottamattomien käyttökatkosten minimoimiseen. Toinen puolestaan kannattaa korjaavaa kunnossapitoa, eli perusparantaminen tehdään samalla kun uusitaan rikkoutuneita putken osuuksia. (Koskelainen ym. 2006.)

KSS Lämpö on aikaisemmin tehnyt pääosin korjaavaa kunnossapitoa. Kaukolämpö verkosta suurin osa on rakennettu ennen vuotta 2000 ja jotkin osuudet ovat olleet käytössä 70-luvulta lähtien. Verkon vanhenemisesta johtuen KSS Lämpö on aloittamassa perusteellisen verkoston kunnon arvioinnin ja ennakoivan perusparantamisen. Kunnonvalvonta on aiemmin ollut lähinnä määräikaisten kaivotarkastusten varassa. (Ihalainen, H. 2017; Vanhatalo, J. 2017a.)

Yleisesti käytäntönä on ollut seurata kaukolämpöverkoston kuntoa kaivojen avulla. Kaivoihin kertyvän veden seuraaminen paljastaa mahdollisia vuotokoh-  
tia. Jos kaivoon ilmaantuu vettä säännöllisesti, täytyy selvittää, johtuuko tämä luonnollisista syistä, kuten sateesta tai pohjavedestä, vai vuodosta. Mikäli on syytä epäillä vuotoa, voidaan vedellä täyttyneeseen kaivoon laskevien putkilin-  
jojen kuntoa tutkia lämpökuvauksella tai betonikanavien kohdalla myös kame-

ralla. Suurempaa kokonaisuutta ajatellessa vuotoja voidaan seurata myös lisäveden menekillä. Seuraamalla lisäveden tarvetta saadaan tietoa siitä kuinka paljon vettä vuotaa verkostosta. Tämä tieto ei kuitenkaan auta vuotojen paikantamisessa sillä vaikka tiedettäisiin, että vettä vuotaa 1000 litraa päivässä, verkon ollessa 100km pitkä, ei tieto auta itse vuotojen korjaamisessa. (Koskelainen ym. 2006.)

### 3.3 Runkoputkiston positiointi

Työn ensimmäinen vaihe oli runkoputkiston positiointi. Positiointissa seurataan KSS Lämmön tietokannassa käytettyä mallia *KL-PU-nro-nro*. Kyseistä mallia seurattaessa esimerkiksi eteläisen Eskolanmäen Nuolitiellä sijaitsevan putken positioksi tulee *KL-PU-101-026* ja pohjoisen Eskolanmäen Kuusihaan kadulla sijaitsevan putken positioksi tulee *KL-PU-102-006*. Position alussa oleva *KL* tarkoittaa kaukolämpöä ja *PU* putkea. Position ensimmäinen numero määrittyy kaupunginosan mukaan ja jälkimmäinen osoittaa putkiosuuden numeron tässä kaupunginosassa.

Aiemmin KSS Lämpö on antanut positioita vain vikaantuneille putkiston osille vikailmoituksia kirjattaessa. Tällaisten aiemmin annettujen positioiden numerot on jätetty tätä työtä tehdessä ennalleen, joten ne ovat aina kaupunginosan putkinumeroinnin alussa.

Positiointityö on toteutettu käyttämällä *Trimble Webmap* kartasto-ohjelmaa, jota Kouvolan kaupunki käyttää infrastruktuurin kartoittamiseen. Myös kaikki KKS Lämmön kaukolämpöputkistot on kartoitettu kyseiseen karttapalveluun, jonka avulla putkiston sijainti on selvitetty. Positiointi on yleensä toteutettu kaduittain. Mikäli katuosuus on liian pitkä tai putki ei kulje kadun varrella, positioiksi osuudeksi on valittu kahden kaivon väli. Osuus on liian pitkä, jos sen saneeraaminen vaatisi useita työvaiheita ja käyttökatoja.

## 4 SUOSITUKSEN JA POSITIOINNIN POHJALTA TEHTY KRIITTISYYS-ANALYYSI-TAULUKKO KAUKOLÄMPÖVERKOLLE

Kriittisyysanalyysi perustuu aiemmin tässä työssä käsiteltyyn Energiategollisuuden suositukseen. Suosituksen mukaisesti putkiston uusimiskriittisyys määrit-

tyy putkiosuuden vikaantumismahdollisuuden, taloudellisten vaikutusten, jakelukeskeytyksen keston, ihmisille ja ympäristölle aiheutuvien haittojen, vaikutusalueen asiakasmäärän ja vaikutuksen alaisten kriittisten asiakkaiden mukaan. Suosituksesta on kuitenkin poikettu siltä osin, että korvauskustannuksia ei ole otettu huomioon kokonaiskriittisyyttä määritettäessä. Tämä johtuu siitä, ettei KSS Lämpö ole korvausvastuussa asiakkaalle, mikäli jakelu keskeytyy alle vuorokaudeksi. Korjaustyöt aikataulutetaan käytännössä aina niin, että jakelukeskeytys kestää alle vuorokauden. Myöskään korjausmateriaaleja ja -työtä ei lasketa ylimääräisiksi kustannuksiksi, sillä ne ovat osa normaalia vuosisbudjettia.

Kriittisyysanalyysin laatiminen on toteutettu Excel-taulukolla. Taulukossa on määritetty luokitukset 1 – 4 eri kategorioille Energiateollisuuden suosituksen mukaisesti. Kaikissa kategorioissa ei kuitenkaan käytetä kaikkia lukuja 1 – 4 jos luokituskriteeri ei täyty luokan 1 tai 4 osalta. Luokituksen 1 kriittisyystaso on matalin ja 4:n korkein. Taulukossa on myös esitetty tietoja, joiden pohjalta luokitukset on annettu. Taulukossa esitetyt tiedot ovat vasemmalta oikealle lueteltuna:

*alue, kaupunginosa, putkiosuuden nimi, positio nro, osoite, rakennusvuosi, putkityyppi, putkikoko, ikä, vikaantumismahdollisuus, omakotitalot, rivitalot, kerrostalot, erikoiset, asiakkaat, ihmiset, kerääntyvät asiakkaat, kerääntyvät ihmiset, asiakasluokitus, ihmisluokitus, varsinaisluokitus, asiakasmääräluokitus, kerääntyvä asiakasluokitus, kerääntyvä ihmisluokitus, kerääntyvä varsinaisluokitus, kerääntyvä asiakasmääräluokitus, kohteiden tärkeysluokitus, seisauksen kesto, ympäristöriskien luokitus, taloudelliset vaikutukset, prioriteetti.*

#### **4.1 Putkiosuuksien sijoittuminen kartalla**

Alueella tarkoitetaan kaukolämpöverkoston aluetta, jolla osuus sijaitsee. Koska KSS Lämmön verkostoon kuuluu useita alueita ja erillisverkkoja, analyysitaulukkoon on määritetty, minkä verkon alueella putkiosa sijaitsee.

Taulukko 1 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Alue-saraketta

Alue	Kaupunginosa	Putkiosuuden nimi	positio nro	Osoite
Kouvola	Eskolanmäki, et.	KL-putki, Kouvola, Eskolanmäki, et	KL-PU-101	
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Kärppätie 2-4, talohaarat	KL-PU-101-001	Kärppätie 2-4
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Myllypuronraitti, Majavatieltä Siilitielle	KL-PU-101-002	Majavatie 9
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Mäyrätie	KL-PU-101-003	Mäyrätie 9
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Mäyräpolku	KL-PU-101-004	Mäyrätie 3
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Siilitie	KL-PU-101-005	Siilitie 12

Vaikka verkosto onkin jaettu alueisiin, jotkin näistä alueista ovat niin isoja, että ne on pitänyt jakaa pienempiin osiin. Putkiosuudet on jaettu kaupunginosaan lähtökohtaisesti maantieteellisen sijaintinsa mukaan. Kaupunginosat on nimetty KSS Lämmön käyttämän, jo olemassa olevan, tietokannan mukaisesti.

Taulukko 2 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Kaupunginosa-saraketta

Alue	Kaupunginosa	Putkiosuuden nimi	positio nro	Osoite
Kouvola	Eskolanmäki, et.	KL-putki, Kouvola, Eskolanmäki, et	KL-PU-101	
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Kärppätie 2-4, talohaarat	KL-PU-101-001	Kärppätie 2-4
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Myllypuronraitti, Majavatieltä Siilitielle	KL-PU-101-002	Majavatie 9
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Mäyrätie	KL-PU-101-003	Mäyrätie 9
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Mäyräpolku	KL-PU-101-004	Mäyrätie 3
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Siilitie	KL-PU-101-005	Siilitie 12

Putkiosuuksille on annettu position lisäksi nimi. Osuus on yleensä nimetty sen kadun mukaan, jonka varrella se sijaitsee. Mikäli osuus ei sijoitu kadun varrelle, se on nimetty kaivovälin mukaan. Jotkin katuosuudet ovat liian pitkiä uusittavaksi yhdellä työkerralla, jolloin ne on jaettu lyhyempiin putkiosuuksiin.

Taulukko 3 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Putkiosuuden nimi-saraketta

Alue	Kaupunginosa	Putkiosuuden nimi	positio nro	Osoite
Kouvola	Eskolanmäki, et.	KL-putki, Kouvola, Eskolanmäki, et	KL-PU-101	
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Kärppätie 2-4, talohaarat	KL-PU-101-001	Kärppätie 2-4
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Myllypuronraitti, Majavatieltä Siilitielle	KL-PU-101-002	Majavatie 9
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Mäyrätie	KL-PU-101-003	Mäyrätie 9
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Mäyräpolku	KL-PU-101-004	Mäyrätie 3
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Siilitie	KL-PU-101-005	Siilitie 12

Positionumeron määrittäminen, sille varattuun sarakkeeseen, on selitetty aiemmin tämän työn luvussa [3.2 Runkoputkiston Positointi](#).

Taulukko 4 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Positio nro-saraketta

Alue	Kaupunginosa	Putkiosuuden nimi	positio nro	Osoite
Kouvola	Eskolanmäki, et.	KL-putki, Kouvola, Eskolanmäki, et	KL-PU-101	
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Kärppätie 2-4, talohaarat	KL-PU-101-001	Kärppätie 2-4
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Myllypuronraitti, Majavatieltä Siilitielle	KL-PU-101-002	Majavatie 9
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Mäyrätie	KL-PU-101-003	Mäyrätie 9
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Mäyräpolku	KL-PU-101-004	Mäyrätie 3
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Siilitie	KL-PU-101-005	Siilitie 12

Osoite sarakkeeseen on määritetty jokin putkiosuuden varrella, tai sen läheisyydessä, sijaitseva katuosoite. Osoite on pyritty valitsemaan siten, että se on putkiosuuden lämpökeskusta lähempänä olevassa päässä. Osoitteen määrittäminen helpottaa putkiosuuden löytämistä kartalta.

Taulukko 5 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Osoite-saraketta

Alue	Kaupunginosa	Putkiosuuden nimi	positio nro	Osoite
Kouvola	Eskolanmäki, et.	KL-putki, Kouvola, Eskolanmäki, et	KL-PU-101	
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Kärppätie 2-4, talohaarat	KL-PU-101-001	Kärppätie 2-4
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Myllypuronraitti, Majavatieltä Siilitielle	KL-PU-101-002	Majavatie 9
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Mäyrätie	KL-PU-101-003	Mäyrätie 9
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Mäyräpolku	KL-PU-101-004	Mäyrätie 3
Kouvola	Eskolanmäki, et.	Siilitie	KL-PU-101-005	Siilitie 12

## 4.2 Putkien iät ja tekniset tiedot

Rakennusvuosi on arvioitu siitä, milloin ensimmäinen osuudesta riippuvainen asiakas on liittynyt verkostoon. Tämä johtuu siitä, ettei varsinaisista rakennusurakoista ole olemassa kirjanpitoa. Mahdolliset jo tehdyt uudistustyöt ja niiden ajankohdat on selvitetty KSS Lämmön asiantuntijoiden toimesta. Rakennusvuoden mukaan putkiosuudelle on arvioitu ikä. Ikää käytetään putkiosuuden vikaantumismahdollisuuden selvittämiseksi.

Taulukko 6 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Rakennusvuosi ja Ikä-sarakkeita

Osoite	Rakennusvuosi	Putki tyyppi	Putki koko	Ikä [v]	Vikaantumismahdollisuus
Kärppätie 2-4	2015			2	1
Majavatie 9	1982	F	125	35	3
Mäyrätie 9	1982	F	50	35	3
Mäyrätie 3	1983	F	40	34	2
Siilitie 12	1982	F	125	35	3

Putkityyppi ja -koko on katsottu *Webmap* kartastosta. Yhdellä putkiosuudella ei voi olla useamman tyyppisiä putkia, vaan kadun varrella olevat eri tyypit on jaettu omiksi osuuksikseen. Tätä tietoa on tarvittu lähinnä uusittujen osuuksien määrittämiseen. Putkikokoja tarvitaan puolestaan jakeluseisauksen keston määrittämiseen. Mikäli koko vaihtuu osuuden varrella, isoin koko merkitään taulukkoon.

Taulukko 7 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Putkityyppi ja Putkikoko-sarakkeita

Osoite	Rakennusvuosi	Putki tyyppi	Putki koko	Ikä [v]	Vikaantumismahdollisuus
Kärppätie 2-4	2015			2	1
Majavatie 9	1982	F	125	35	3
Mäyrätie 9	1982	F	50	35	3
Mäyrätie 3	1983	F	40	34	2
Siilitie 12	1982	F	125	35	3

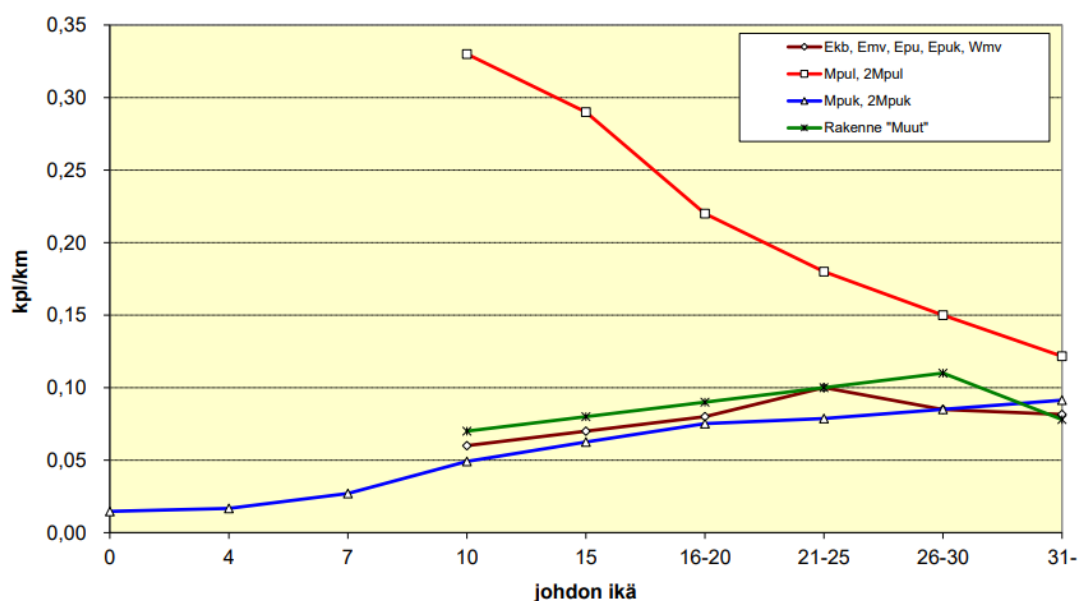
### 4.3 Vikaantumismahdollisuus

Vikaantumismahdollisuus määritellään putkiosuuden iän ja aikaisempien vikaantumisten perusteella. Iän mukaiset luokitukset 1 – 3 on jaettu putkiston ikäjakauman mukaan siten, että luokitus 1 annetaan 0 – 15 vuotta vanhoille, 2 annetaan 15 – 30 vuotta vanhoille ja 3 annetaan kaikille yli 30 vuotta vanhoille osuuksille. Vuosiluokat ikäluokitukselle perustuvat Energiategollisuuden julkaisemassa kaukolämpöverkon vauriostatossa esitettyyn kuvaajaan (kuva 6), jossa esitetään jäsenyhtiöiden vuosina 1987 – 2017 raportoimien putkirikkojen vuosikeskimäärä iän ja putkityypin mukaan lajiteltuna. Energiategollisuuden

suosituksen mukaisesti vikaantumismahdollisuutta käytetään korjausprioriteetin laskemisessa. Suosituksen mukaisesti luokitus 4 on varattu jo vikaantuneille osuuksille. Koska KSS Lämpö korjaa viat niiden ilmaantuessa, taulukossa ei ole tällaisia osuuksia. (Kaukolämpöverkon vaurioutilasto 2017. 2018.)

Taulukko 8 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Vikaantumismahdollisuus-saraketta

Osoite	Rakennusvuosi	Putki tyyppi	Putki koko	Ikä [v]	Vikaantumismahdollisuus
Kärppätie 2-4	2015			2	1
Majavatie 9	1982	F	125	35	3
Mäyrätie 9	1982	F	50	35	3
Mäyrätie 3	1983	F	40	34	2
Siilitie 12	1982	F	125	35	3



Kuva 6. Energiäteollisuuden jäsenyritysten raportoimien vaurioiden esiintymistiheys johdon käyttöiän suhteen keskimäärin vuosina 1987 – 2017.

#### 4.4 Talotyypit, asiakkaat ja ihmismäärät

Nämä sarakkeet kertovat, kuinka monta omakoti-, rivitalo-, kerrostalo- ja erikoisasiakasta kunkin putkiosuuden varrella sijaitsee. Erikoisasiakkaat tarkoittavat kolmen aiemman kategorian ulkopuolelle jääviä rakennuksia, esimerkiksi kouluja ja palvelutaloja. Näitä rakennusten määriä tarvitaan myöhemmin vaikutuksenalaisten ihmisten laskemiseen. Asiakkaiden määrät on katsottu *Web-map* kartastosta.

Taulukko 9 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu erilaisten rakennustyyppien-sarakkeita

Vikaantumismahdollisuus	Omakotitalot	Rivitalot	Kerrostalot	Erikoiset
1	2			
3				
3	9			
2	8			
3	8			

Asiakasluvut on laskettu putkiosuuden varrella sijaitsevista rakennuksista. Ihmisluvut puolestaan on laskettu erilaisten rakennustyyppien perusteella. Työssä oletetaan, että jokaisessa omakotitalossa asuu keskimäärin yksi kolmen hengen talous. Rivitaloissa näitä talouksia oletetaan olevan keskimäärin viisi ja kerrostaloissa kymmenen kappaletta.

Taulukko 10 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Asiakkaat ja Ihmiset -sarakkeita

Erikoiset	Asiakkaat	Ihmiset	Kerääntyvät asiakkaat	Kerääntyvät ihmiset
	2	6	2	6
	0	0	286	1 137
	9	27	17	51
	8	24	8	24
	8	24	269	1 086

Kerääntyvyys tarkoittaa, että kaikki putkiosuudesta riippuvaiset asiakkaat ja ihmiset on laskettu yhteen. Periaatteessa tämä tarkoittaa, että mitä lähempänä lämmöntuotantoa putkiosuus sijaitsee, sitä suurempi kerääntyvien asiakkaiden ja ihmisten lukema sillä on. Tämä luokittelu havainnollistaa putkikohtaista luokittelua paremmin isojen runkoputkien tärkeyden verkostolle ja tästä syystä lopullisissa asiakas- ja ihmismäärä luokituksissa on käytetty näitä kertaantuvia arvoja.

Taulukko 11 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Kerääntyvien asiakkaiden ja ihmisten - sarakkeita

Erikoiset	Asiakkaat	Ihmiset	Kerääntyvät asiakkaat	Kerääntyvät ihmiset
	2	6	2	6
	0	0	286	1 137
	9	27	17	51
	8	24	8	24
	8	24	269	1 086

#### 4.5 Prioriteetin määrittämiseen käytetyt luokitukset

Nämä luokitukset ovat tärkeitä lopullisen prioriteetin määrittämisessä, tosin vain toista näistä tulee käyttää kerrallaan. Tämän työn lopputuloksia selvitettäessä on käytetty kerääntyvien asiakkaiden luokitusta, mutta on mahdollista myös käyttää putkikohtaisia luokituksia. Luokitukset on määritetty käyttämällä kerääntyvien ja putkikohtaisten asiakasmäärien keskiarvoja kaikista putkiosuuksista ja jakamalla luokitukset tasaisesti keskiarvojen mukaan. Näin on saatu tasainen jakauma kaikille luokitusarvoille 1 – 4.

Taulukko 12 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Kerääntyvien ja ei kerääntyvien asiakkaiden luokituksia

Kerääntyvät ihmiset	Asiakasmäärä luokitus	Kerääntyvä asmäär. Luokitus	Kohteiden tärkeys luokitus	Seisauksen kesto	Ympäristö riskien luokitus
6	2	1	2	2	2
1 137	1	4	4	3	1
51	4	2	2	2	2
24	4	2	2	2	2
1 086	4	4	4	3	2

Tärkeysluokitus määrittyy putkesta riippuvaisten asiakkaiden mukaan. Luokitus on luku välillä 1 – 4 ja putkesta riippuvainen korkein luokitus määrää koko putken arvon. Luokitusarvoihin sisältyvät asiakastyypit on määritetty Energia-teollisuuden suosituksen mukaisesti. Arvo 4 tarkoittaa putken toimittavan lämpöpöä sairaalalle, hoitokodille, vanhainkodille, tai muulle laitokselle, jossa majoit-

tuu lämpötilan vaihtelulle herkkiä asukkaita. 3:lla merkitty putki toimittaa lämpöä kohteeseen, jonka toiminta tarvitsee sitä tasaisesti muusta kuin inhimillisestä syystä, esimerkiksi kasvihuoneet ja kaukolämpöä hyödyntävä teollisuus. Luokkaan 2 kuuluvat pienyrittäjät, oppilaitokset, päiväkodit ja asuinrakennukset. Näiden asiakkaiden katsotaan selviävän muutaman tunnin pienestä lämpötilan muutoksesta ilman mittavaa haittaa. Viimeiseksi, luokituksen 1 kuuluvat loput asiakasryhmät kuten keskikokoiset ja suuret varasto- sekä liiketilat.

Taulukko 13 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Kohteiden tärkeysluokitusta

Kerääntyvät ihmiset	Asiakasmäärä luokitus	Kerääntyvä asmäär. Luokitus	Kohteiden tärkeys luokitus	Seisauksen kesto	Ympäristö riskien luokitus
6	2	1	2	2	2
1 137	1	4	4	3	1
51	4	2	2	2	2
24	4	2	2	2	2
1 086	4	4	4	3	2

Putkirikon aiheuttaman seisauksen kesto on arvioitu putkikoon mukaan. Jos rikkoutunut putkiosuus on halkaisijaltaan suurempi kuin 80mm, niin korjaustyön arvioidaan kestävän 8 – 12 tuntia. Putkihalkaisijan ollessa pienempi kuin 80mm, korjauksen oletetaan kestävän 4 – 8 tuntia. Näiden arvioiden pohjalta on putkiosuuksille annettu Energiateollisuuden suosituksen mukaan 8 – 12 tuntia kestäville korjauksille arvo 3 ja 4 – 8 tuntia kestäville 2.

Taulukko 14 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Seisauksen kestoa

Kerääntyvät ihmiset	Asiakasmäärä luokitus	Kerääntyvä asmäär. Luokitus	Kohteiden tärkeys luokitus	Seisauksen kesto	Ympäristö riskien luokitus
6	2	1	2	2	2
1 137	1	4	4	3	1
51	4	2	2	2	2
24	4	2	2	2	2
1 086	4	4	4	3	2

Ympäristöriskit on luokiteltu Energiateollisuuden suosituksen mukaisesti, sillä perusteella, miten paljon niistä aiheutuu haittaa ihmisille ja ympäristölle. KSS Lämmön asiantuntijoiden mukaan on hyvin harvinaista, että putkirikosta aiheutuisi edes merkittävää riskiä ympäristölle tai ihmisille. Tästä syystä putkiosuuk-sien luokitteluun on käytetty vain arvoja 1 ja 2, merkityksettömälle- ja vähäi-selle riskille. Vähäinen riski on arvioitu mahdolliseksi asuinalueille ja tästä syystä, mikäli putkiosuus sijaitsee asuinrakennusten läheisyydessä, on sille annettu arvo 2. Muussa tapauksessa riski on merkityksetön ja putkiosuus saa arvon 1.

Taulukko 15 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Ympäristöriskien luokitusta

Kerääntyvät ihmiset	Asiakasmäärä luokitus	Kerääntyvä asmäär. Luokitus	Kohteiden tärkeys luokitus	Seisauksen kesto	Ympäristö riskien luokitus
6	2	1	2	2	2
1 137	1	4	4	3	1
51	4	2	2	2	2
24	4	2	2	2	2
1 086	4	4	4	3	2

## 5 PERUSPARANNUSSTRATEGIA KSS LÄMMÖN KAUKOLÄMPÖVERKOLLE

Strategiaa on lähdetty muodostamaan ottamalla huomioon Energiateollisuuden suositus L7/2016, yleiset huollon ja perusparantamisen käytännöt sekä tässä työssä tehty prioriteettiluokittelu. Lisäksi strategian laatimisessa on hyödynnetty Energiateollisuuden julkaisemia tilastoja kaukolämpöverkkojen vikaantumiselle ja johtorakennuksen kustannuksille, joita vertaamalla KSS Lämmön vastaaviin tilastoihin perusparantamiselle on mietitty vuotuinen metri-määrä ja kustannusarvio.

### 5.1 Prioriteetin määrittäminen

Perusparannusprioriteetin määrittäminen perustuu aiemmin tässä työssä käsiteltyihin luokituksiin. Prioriteetti lasketaan Energiateollisuuden suositukseen perustuen vikaantumismahdollisuudesta, joka vastaa suosituksessa listattua todennäköisyyttä, sekä kerääntyvästä asiakasmäärästä, kohteen tärkeydestä,

seisauksen arvioidusta kestosta ja ympäristöriskien suuruudesta, jotka vastaavat suosituksessa mainittuja seurauksia. Kaava prioriteetin laskemiselle on esitetty yhtälössä 2.

$$PRIO = VIKA \cdot (AS + T\ddot{A} + SK + YMP) \quad (2)$$

jossa	<i>PRIO</i>	prioriteettiluku	[-]
	<i>VIKA</i>	luokitus vikaantumismahdollisuudelle	[-]
	<i>AS</i>	luokitus asiakasmäärälle	[-]
	<i>T\ddot{A}</i>	luokitus kohteiden tärkeydelle	[-]
	<i>SK</i>	luokitus seisauksen kestolle	[-]
	<i>YMP</i>	luokitus ympäristöriskeille	[-]

Tällä kaavalla prioriteetti-arvoksi voi teoreettisesti muodostua luku nollan ja 64:n välillä, kun kaikkien tekijöiden arvo on  $1 \leq X \leq 4$ . Kun otetaan kuitenkin huomioon, että ympäristöriskit ovat verkoston alueella vähäisiä ja arvo jää enimmillään kahteen, laskee mahdollinen enimmäisluku 56:een. Olettaessa huomioon seisauksen keston lyhyys ja se, että maassa ei pidetä vikaantuneita putkia, käytännöllinen enimmäisluku KSS Lämmön verkoston alueella laskee 39:ään yhtälön 3 mukaisesti.

$$PRIO_{max} = VIKA_{max} \cdot (AS_{max} + T\ddot{A}_{max} + SK_{max} + YR_{max}) \quad (3)$$

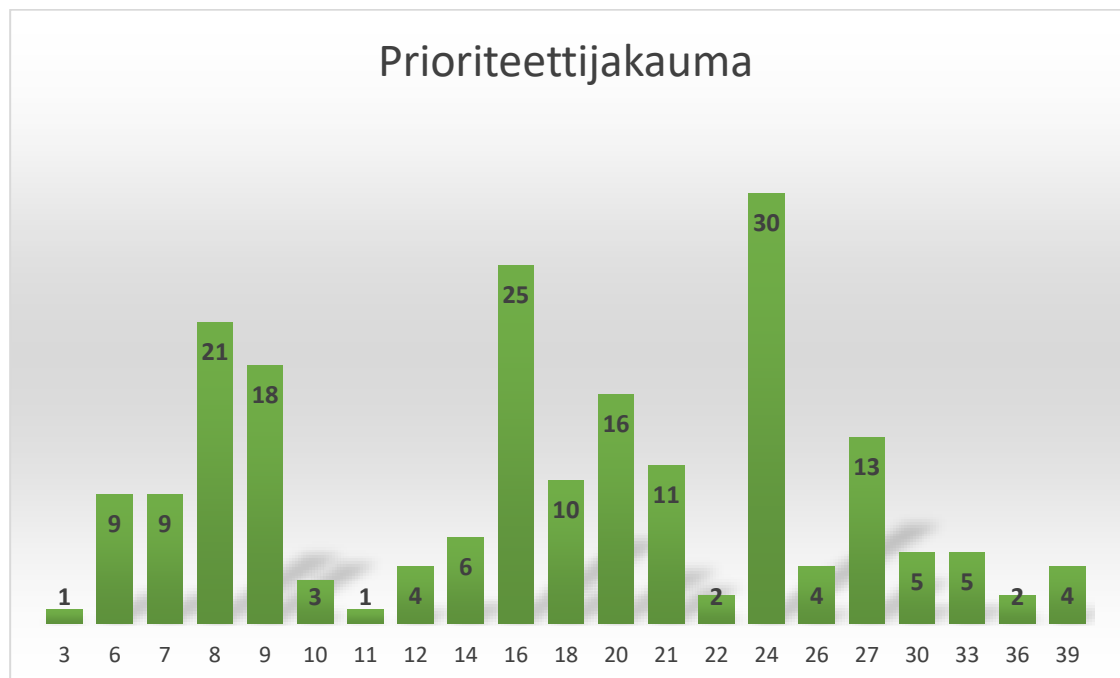
jossa	<i>PRIO<sub>max</sub></i>	enimmäismäärä prioriteettiluvulle	[-]
	<i>VIKA<sub>max</sub></i>	enimmäisluokitus vikaantumismahdollisuudelle	[-]
	<i>AS<sub>max</sub></i>	enimmäisluokitus asiakasmäärälle	[-]
	<i>T\ddot{A}<sub>max</sub></i>	enimmäisluokitus kohteiden tärkeydelle	[-]
	<i>SK<sub>max</sub></i>	enimmäisluokitus seisauksen kestolle	[-]
	<i>YR<sub>max</sub></i>	enimmäisluokitus seisauksen kestolle	[-]

Kun prioriteetin enimmäisarvon laskemisessa otetaan kaikki rajoitukset huomioon, saadaan yhtälössä 4 esitetty tulos.

$$PRIO_{max} = 3 \cdot (4 + 4 + 3 + 2) = 39 \quad (4)$$

## 5.2 Prioriteettilaskelmien analysointi

Kun tarkastellaan prioriteettilukujen jakaumaa tämän työn mallina käytetyn eteläisen Kouvolan kaupungin osalta, huomataan että jakauma on vaihtelevaa. Prioriteettiluvun 24 kohdalla on korkea piikki joka sisältää ikääntyviä-, tärkeitä kohteita ja suurta asiakaskuntaa lämmittäviä putkiosuuksia. Kuvassa 7 vaakarivillä olevat luvut ovat prioriteettilukuja, pylväät kuvaavat kuinka monta kertaa kukin luku esiintyy.



Kuva 7. Prioriteettilukujen jakauma eteläisen Kouvolan kaupungin kaukolämpöverkostossa.

Prioriteetin määrittelytaulukkoa kannattaa ruveta purkamaan korkeimmista prioriteettiluvuista lähtien. Yllä olevasta kaaviosta nähdään, että korkeimman mahdollisen arvon 39 sai neljä putkiosuutta. Seuraavaksi tulee selvittää taulukosta, mistä putkista on kyse ja mistä tekijöistä korkea arvo muodostuu.

Koska kyseessä on korkein mahdollinen prioriteettiluku, voidaan ilman lähempää tarkastelua todeta, että kyseiset putket ovat yli 30 vuotta vanhoja, niistä on riippuvaisena jokin tärkeä lämmityskohde, putket ovat yli 80mm halkaisijaltaan, ne kuljettavat lämpöä monille asiakkaille ja ne sijaitsevat asuinalueen läheisyydessä.

Prioriteettiluvun 36 sai kaksi putkea. Nämä vaativat jo lähempää tarkastelua, sillä ei voida olla varmoja mitkä arvot eivät ole maksimissaan. Jos esimerkiksi

kaikki seuraukset ovat maksimiarvoissaan, putken ollessa raskaalla käytöllä, mutta vikaantumistodennäköisyys ei ole korkea, ei putkea tarvitse alkaa korvaamaan muiden, todennäköisemmin vikaantuvien putkien kustannuksella. Tässä tapauksessa tarkastelu kuitenkin osoittaa, että putket ovat vanhoja ja runsaalla käytöllä mutta eivät sijaitse asutuksen lähellä, mistä prioriteetin puutus johtuu.

Taulukko 16 Luokitusarvot, joista prioriteetti muodostuu

Rakennusvuosi	Putki tyyppi	Putki koko	Ikä [v]	Vikaantumismahdollisuus	Kerääntyvä asmäär. luokitus	Kohteiden tärkeys luokitus	Seisauksen kesto	Ympäristö riskien luokitus	Prioriteetti
1982	F	125	36	3	4	4	3	1	36

### 5.3 Prioriteettitaulukon hyödyntäminen perusparantamisen suunnittelussa

Prioriteettitaulukkoa ei pidä noudattaa sokeasti. Prioriteettilukujen on tarkoitus ohjata verkon tarkastelua riskialttiisiin ja tärkeisiin putkiosuuksiin. Taulukkoa tulisi ajatella enemmänkin riskikartoituksena, kuin ehdottomana ohjeistuksena. Ensin tulee korjata vuotavat putket ja kun vuotoja ei ole tiedossa voidaan siirtyä uudistavaan toimintaan. Korkean prioriteetin osuuksia on tarkkailtava säännöllisesti ja vanhimmista alkaen uudistettava, budjetin salliessa.

Vuotoja etsittäessä, prioriteettiluvut kertovat todennäköisyyden sille onko putkiosuus vaurioitunut. Näin ollen paikantamattoman vuodon etsintä kannattaa aloittaa tarkastamalla ne kaivot, joihin laskee korkean prioriteetin putkia. Taulukko ei ole kokemuksen tuomaa tietoa tärkeämpi, vaan kun tiedetään esimerkiksi lähialueen maaperän olevan huonoa putkien kannalta, kannattaa tällaiset alueet tarkistaa ensin.

### 5.4 Vuotuinen perusparantamisen määrä

Vuonna 2016 KSS Lämpö teki kaukolämpöverkon runkoputkiin liittyviä rakennustöitä yhteensä 3 300 metrin edestä. 3 200 metriä tästä oli uuden runkoputkiston rakentamista ja vain noin 100 metriä oli korjaavaa ja perusparantavaa saneeraustoimintaa. Suurin osa rakentamisesta toteutettiin Korian alueella, jossa uutta runkoputkea rakennettiin 2 900 metriä. Vuonna 2016 uudistavan

rakentamisen osuus jäi tavallista pienemmäksi. Normaalina vuotena saneeratun putkiston määrä on joitain satoja metrejä, toteutuneen 100 metrin sijasta. (KSS Lämmön rakentamisen seurantataulukko vuodelle 2016. 2016.)

Suurin osa, melkein 100%, nykyisin rakennettavista kaukolämpöputkista ovat kiinnivaahdotettuja, joko 2Mpuk tai Mpuk, putkia. Energiateollisuuden julkaisemaan johtorakennuskustannustilastoon osallistui vuonna 2017 34 jäsenyri-tystä. Näistä 29 oli tehnyt rakennustyötä vuoden 2017 aikana. Kaikki putkikoot huomioon ottaen 2Mpuk putkea rakennettiin yhteensä 54 000 metriä ja Mpuk putkea 50 000 metriä. Yhteensä kaukolämpöputkea rakennettiin siis tilastoon osallistuneiden 29:n yrityksen kesken 104 000 metriä. Kun tämän jakaa keskiarvoksi, saadaan noin 3 600 rakennettua metriä yritystä kohti. (Maanalaisten kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset 2017. 2018.)

KSS Lämmön rakennetut 3 200 putkimetriä vuodessa on lähellä Energiateollisuuden tilastosta saatua, keskiarvoista, 3 600 metriä. Perusparantavan rakentamisen kannalta tarkasteltuna tilanne on toinen. KSS Lämmön tyypillisesti saneeraama 100 – 500 metriä vuodessa tarkoittaa sitä, että vaikka uudistettaisiin enimmäismäärä 500 metriä vuodessa, koko 230 000 metriä pitkän verkon uusimisaika lasketaan sadoissa vuosissa.

Mikäli perusparantavan rakentamisen määrää nostettaisiin 2000 metriin vuodessa, olisi koko verkon uusimisaika silti 115 vuotta. Tämäkin vaatisi huomattavaa lisäbudjetointia, sillä tämänhetkinen rakennushenkilöstö on kuormitettu nykyisellä rakennustoiminnalla, eikä uusien putkiosuuksien rakentamisesta voida realistisesti luopua. Jos perusparantavan rakentamisen osuus onnistutaisiin nostamaan tasolle 4000 metriä vuodessa, olisi perusparantavan toiminnan määrä kahdeksankertainen nykyiseen verrattuna. Silti tälläkin uudistamisen määrällä, koko verkon uudistamisessa kestäisi 57 vuotta.

Jos uudistaminen aloitetaan tahdilla 4 000 metriä vuodessa vuonna 2019, silloisista vanhimmista putkista, päästäisiin vuonna 2016 rakennettuja putkia uusimaan vasta vuonna 2076. Koska vuonna 2016 rakennettiin uutta putkea 3 100 metriä, päästään tällöin uudistamistoiminnassa ”plussan puolelle”. Tällöin

vanhimpien, ei vikaantuneiden, maassa olevien putkien ikää päästäisiin laskemaan 60 vuodesta. Tähän 60 vuoteen vaikuttaa tietenkin se kuinka paljon tänä aikana rakennetaan uusia putkia ja jos uudisrakentamista on enemmän kuin perusparantavaa, ei vanhenevien putkien määrää saada kiinni.

Ehdotetuista määristä suuremman, 4 000 vuotuisen metrin, toteutuessa, vuonna 2076 vanhimmat putket olisivat olleet maassa kauemmin kuin mitkään Kouvolan kunnan alueella sijaitsevat kaukolämpöputket ovat nyt olleet maassa. Nykyaikaisten rakennuskäytäntöjen ja putkityyppien odotetaan varmistavan, että modernit Mpuk-tyyppiset kaukolämpöputket pysyisivät pidempään hyvässä kunnossa kuin vanhemmat Mpul- ja Epu-tyyppiset putket.

Nykyaikaisista menetelmistä huolimatta 60 vuotta on pitkä aika. Energiategollisuus suosittelee, että normaalioloissa sijaitsevan ja 120 °C:ssa toimivan kaukolämpöverkon elementit ja valmisosat tulee rakentaa niin, että niiden tekninen käyttöikä on vähintään 30 vuotta. 4 000 vuotuisella uudistusmetrillä kaukolämpöputkien tulisi kestää kaksi kertaa tämän suositellun suunnitteluarvon mittainen aika. Jos vuosittaisen perusparantamisen määrää nostettaisiin vielä 1 000 metrillä, 5 000 metriin, laskisi uudistamisaika koko tämänhetkisellä verkolla 46 vuoteen. 5 000 metriä on kuitenkin jo kymmenen kertaa aiemmin toteutetun 500 metrin määrä. (Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamishjeet, Suositus L11/2013. 2013.)

## 5.5 Arvioidut kustannukset

[Luvussa 5.4](#) mietittiin perusparantamisen tahtia KSS Lämmön kaukolämpöverkolle. Mietinnän pohjalta on myös tarkoitus tehdä perusparantamiselle vuotuinen kustannusarvio, päätetyn uudistusmäärän mukaan. Kun käytetään [luvussa 5.4](#) kerrottua perusparantamisen määrää, 500 metriä, kuvaavana nykyisestä toiminnasta, kestää koko verkon uudistaminen 460 vuotta. Tämä on huomattavan pitkä aika, joka selvästi ylittää kovimmat toiveet käyttöiästä. Jos käytetään uudistavalle rakentamiselle 4 000 metriä vuodessa, saadaan koko verkon uudistamisajaksi 57 vuotta, joka on jo huomattavasti parempi, vaikkakin edelleen korkeahko. Tätä perusparannusmäärää, 4 000 metriä vuodessa, käytetään pääarvoisena vuositahdina kustannusarviota tehdessä.

Kustannusarvio perustuu KSS Lämmön omiin kaukolämpörakentamiskustannusten tilastoihin ja niitä verrataan Energiateollisuuden keräämiin tilastoihin valtakunnallisista kustannuksista. Kaikki tässä työssä käytetyt kustannustilastot on ilmoitettu muodossa €/m, joten tämä arviokin käyttää pääsääntöisesti samaa yksikkömuotoa. Lähdemateriaalin mukaisesti rakennuskustannukset on ilmoitettu verottomina.

Asuinkatusaneerauksien yhteydessä uusitaan myös talohaarat kaikilta kadun varrella olevilta rakennuksilta. Kouvolassa on ollut 80-luvulla tietyillä pientalo-alueilla, Ratamontie ja Kärsämöntie sekä alueita Lehtomäessä ja Mielakassa, kaukolämpöönliittymispakko. Tällaisilla alueilla talohaaran ja runkoputken, johon se liittyy, yhteiskustannukseksi muodostuu KSS Lämmön aikaisempien projektien mukaan keskimäärin 9 500 € taloa kohden.

Koska käytännössä kaikki uusi ja perusparantava kaukolämpörakentaminen toteutetaan joko Mpuk- tai 2Mpuk-putkilla, ei tässä arviossa tarkastella muita putkivaihtoehtoja. DN 200 ja suuremmilla putkiosuuksilla KSS Lämpö käyttää 2Mpuk-putkea ja tätä pienemmillä osuuksilla Mpuk-putkea. Taulukoissa 17 ja 18 on esitetty KSS Lämmön omien tilastojen kanssa Energiateollisuuden julkaisema tilasto rakennuskustannuksista vuonna 2017. (Maanalaisten kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset 2017. 2018.)

Taulukko 17 Tilasto kiinnivaahdotettujen kaksiputkisten (Mpuk) kaukolämpöjohtojen verottomista rakentamiskustannuksista vuonna 2017 ja KSS Lämmön keskimääräiset rakennuskustannukset johtokoittain

koko DN	ka. €/m	ylin €/m	alin €/m	KSSL €/m
40	157	266	84	181
50	196	404	109	185
65	179	364	92	200
80	225	409	126	239
100	251	499	165	250
125	326	552	323	300
150	314	637	197	389

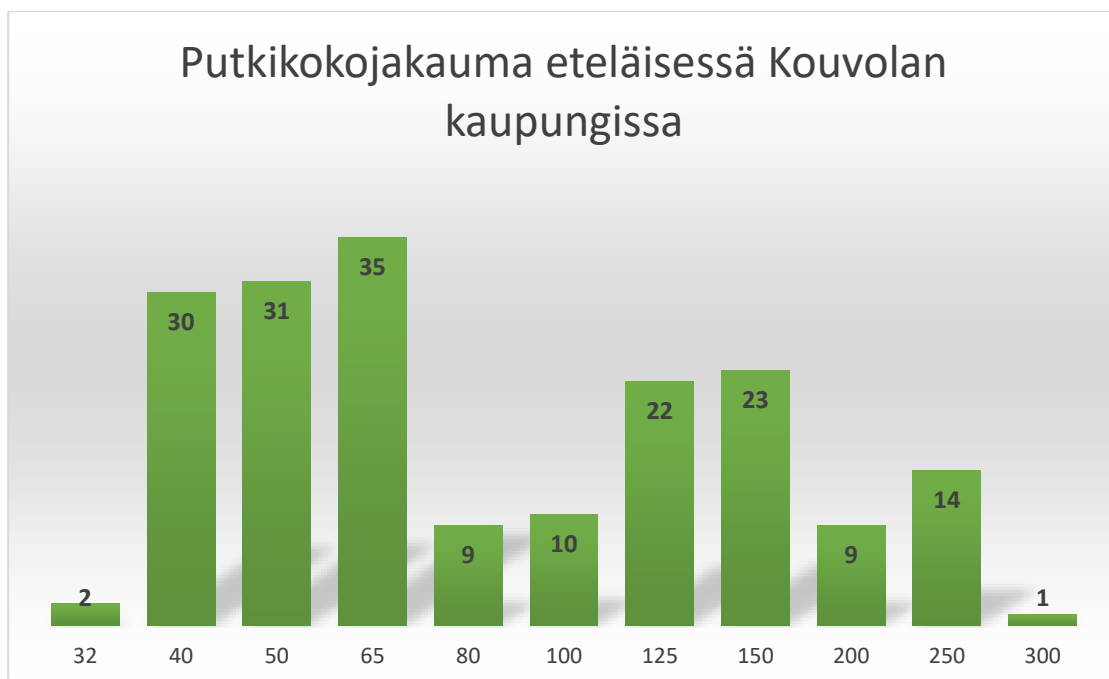
Taulukko 18 Tilasto kiinnivaahdotettujen yksiputkisten (2Mpuk) kaukolämpöjohtojen verottomista rakentamiskustannuksista vuonna 2017 ja KSS Lämmön keskimääräiset rakennuskustannukset johtokoittain

koko DN	ka. €/m	ylin €/m	alin €/m	KSSL €/m
200	427	640	228	580
250	404	865	298	620
300	677	891	417	700
400	999	1250	821	1000

Yllä olevista taulukoista nähdään, että KSS Lämmön keskimääräiset rakennuskustannukset ovat pääosin Energiateollisuuden tilastossa esitettyä keskiarvoa korkeammat. Kustannukset eivät kuitenkaan ole Energiateollisuuden ylimpien arvojen tasolla ja joillain putkikoilla kustannukset ovat keskiarvoa alemmat.

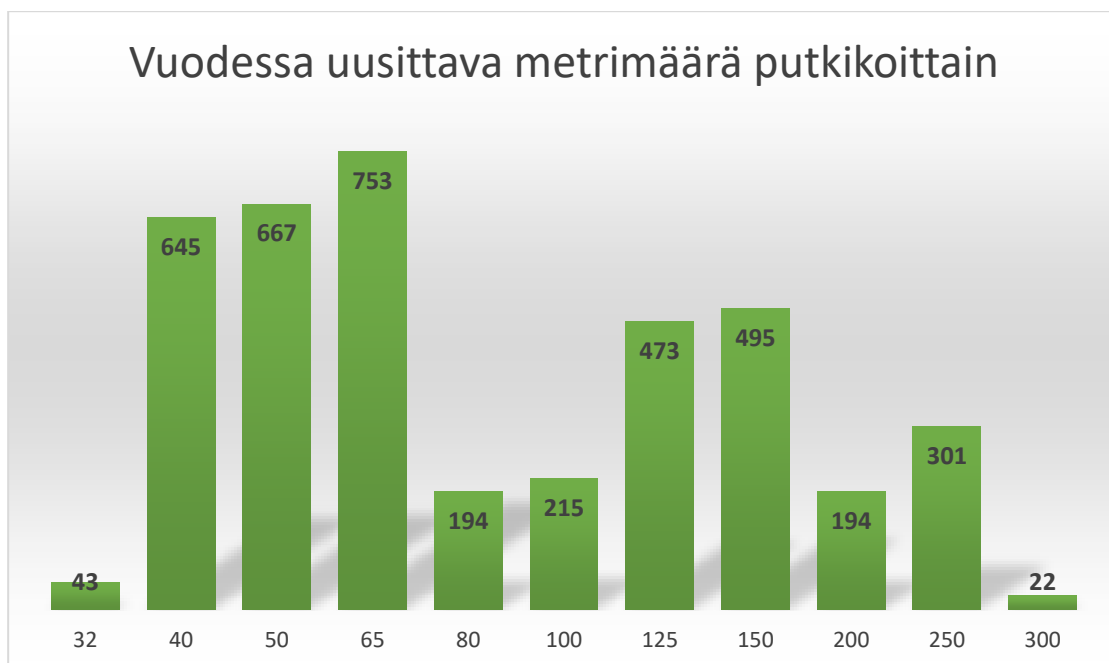
Tässä työssä vertailutietona käytetyn eteläisen Kouvolan kaupungin kaukolämpöverkko muodostuu 199:stä eri putkiosuudesta, joiden tietoihin prioriteetitaulukon mallikin perustuu. Tämä ote KSS Lämmön 230 km pitkstä kokonaisverkosta käsittää 31,4 km runkoputkistoa ja 11,0 km talohaaroja. 36% eteläisen Kouvolan kaupungin 42,4 km pitkstä putkistosta voidaan siis lukea talohaaroiksi ja loput 64% runkoverkoksi. Koko KSS Lämmön verkolla vastaavat osuudet ovat 74% runkoverkkoa ja 26% talohaaroja. Eteläinen Kouvolan kaupunki on siis keskivertaista aluetta tiheimmin asuttu, koska talohaarojen osuus on suurempi kuin koko verkostolla. Kokonaisverkon pituudesta eteläinen Kouvolan kaupunki on 18,4%, eli hieman alle viidennes.

Kuvassa 16 on esitetty kuinka putkikoot jakautuvat eteläisen Kouvolan kaupungin putkiosuuksilla. Yhteensä osuuksia on 199 mutta 13:a niistä, ei ole tiedettyä putkikokoa. Suurin osa, 52%, osuuksista on putkikooltaan DN 40 – 65. Kun käytetään tätä kokojakaumaa kuvaavana koko putkistosta, voidaan laskea kokonaiskustannus tämän hetkisen verkon perusparantamiselle. Koko verkon perusparantamisen kustannukseksi saadaan kuvan 8 sekä taulukoiden 17 ja 18 mukaisilla tiedoilla 65,49 miljoonaa euroa.



Kuva 8. Putkikokojen jakauma eteläisen Kouvolan kaupungin kaukolämpöverkostossa.

Asiakkaita eteläisessä Kouvolan kaupungissa on Trimble Webmapista lasket-  
tujen talohaarojen mukaan yhteensä 880. 880:lle jaettuna talohaarojen koko-  
naispituus 11 000 metriä tarkoittaa 12,5 metriä talohaaran keskimääräiseksi  
pituudeksi. Kun jaetaan kaikki 31 400 metriä runkoputkistoa tasan putkiosuuk-  
sien kesken, saadaan putkiosuuden keskimääräiseksi pituudeksi 157,8 metriä.  
Todellisuudessa osuudet eivät ole yhtä pitkiä keskenään ja todennäköisesti  
putkikoon kasvaessa, myös osuuden pituus kasvaa. Tässä työssä kuitenkin  
osuuksia tarkastellaan keskimääräisen pituuden mukaan. Koska pieniä putki-  
kokoja, jotka ovat halvempia rakentaa ja ovat todellisuudessa mitä luultavim-  
min lyhyempiä kuin suuret koot, on enemmän, niin kustannusarvio suuntautuu  
hieman alakanttiin todellisuudesta.



Kuva 9. Vuodessa uusittavat putkimetrit putkikoittain jaettuna.

Kuvassa 9 on esitetty kuinka monta metriä kutakin putkikokoa tulisi vuosittain uudistaa perusparannuksen yhteydessä, jos suhteutetaan eteläisen Kouvolan kaupungin verkosta saatuja määriä koko verkkoon. Näiden metrimäärien ja taulukoista 17 ja 18 saatujen kustannustietojen avulla voidaan laskea, kuinka paljon perusparantaminen maksaa vuodessa. Kun perusparannusmääränä käytetään 4 000 metriä, jonka kokonaisuudistusaika on 57 vuotta, tulee hinnaksi 1,14 miljoonaa euroa vuodessa. 2 000 metrillä, jonka kokonaisuudistusaika on 115 vuotta, vuosihinnaksi muodostuu 0,57 miljoonaa euroa. Tällä tavalla laskettuna, aikaisemmin toteutetulla 100 – 500 vuotuisella metrillä perusparannuskustannus olisi 28 – 142 tuhatta euroa.

Vaikka muut tarkastellut vuosimäärät ovat kustannuksiltaan halvempia, kannattaa perusparantamisen tavoitteeksi asettaa vähintään 4 000 metriä. Jos uudistamismääräksi otetaan selvästi vähemmän kuin 4 000 metriä, kasvaa koko verkon uudistusaika niin suureksi, että vanhimpien putkiosuuksien toimintaa ei voi taata. Esimerkiksi 3 500 metrillä kokonaisuika nousee jo 65 vuoteen. Mikäli halutaan asettaa tavoitteeksi 4 000:a metriä korkeampi määrä, uusimisajan vähentämiseksi, esimerkiksi 5 000 metriä vuodessa kustantaisi 1,42 miljoonaa euroa.

## 6 YHTEENVETO

Tällä työllä oli tavoitteena laatia kaukolämpöverkon perusparannusstrategia KSS Lämmölle. KSS Lämmön on tarkoitus käyttää tulevassa perusparantamistoiminnassaan sovelletusti tässä työssä löydettyjä tuloksia ja kehitettyjä malleja. Tarkastelu- ja mallialueena toimi eteläinen osa Kouvolan kaupungin kaukolämpöverkosta. Tarkastellun alueen putkien yhteispituus on 42,4km, joka on hieman alle viidennes KSS Lämmön 230km pituisesta kokonaisverkostosta.

Tarkastelualueelle tehtiin Energiategollisuuden suosituksen, L7/2016, pohjalta prioriteetin määrittelytaulukko. Taulukon tarkoituksena on selventää eri putkiosuuksien laskennallista kuntoa ja tuoda esille mitkä putkiosuudet ovat todennäköisimmin vaarassa vikaantua. Kaukolämpöverkon putkiosuudet myös sijoitettiin, osuuksien tunnistamisen helpottamiseksi. Taulukkomallin pohjalta on tarkoitus jatkaa muun verkoston sijoitointia ja prioriteetin määrittelyä.

Oleellisimmaksi tekijäksi putkiston kunnan kannalta osoittautui putken ikä. Tähän perustuen, perusparantamisen vuotuista määrää alettiin selvittämään uusimisajan pohjalta. Selvityksen tulosten vertailu osoittaa, että vuotuinen perusparannusmäärä kannattaa nostaa noin 4 000 metriin. Tällöin koko verkon uusimisaika pysyy alle 60 vuodessa ja vuosittainen perusparannuskustannus on hieman yli miljoona euroa. Kokonaisuudessaan KSS Lämmön kaukolämpöverkon perusparantaminen maksaisi tiedettyjen tilastojen mukaan 65,5 miljoonaa euroa. Kumpikaan summa ei sisällä tarvittavaa lisärekrytointia, jota 4 000 metrin vuositähti luultavasti tarvitsee.

Prioriteetin määrittelytaulukkoa kannattaa alkaa täydentämään muun verkoston osalta piakkoin. Tarkastelun yhteydessä selvinnyt verkoston nykyinen ikä huomioon ottaen, on todennäköistä, että jos pitäydytään enimmäkseen korjauksessa kunnossapidossa, verkoston vikaantumistiheys kasvaa jo lähitulevaisuudessa kestäättömälle tasolle. Yllättävien, usein päällekkäisten, vuotokorjausten hallinta ja etenkin ammattitaitoisen asentaja- ja hitsaajaresurssin ylläpitäminen on jo nykyisellään haastavaa. Koska tilanne on samankaltainen kaikilla kaukolämpöyhtiöillä, ei resursseja ole nopeasti saatavissa kauempaan.

Kaiken kaikkiaan voidaan sanoa, että työ pääsi tavoitteisiinsa. Lopputuloksena on selvä suunta, johon KSS Lämmön kannattaa muuttaa kunnossapito toimintaansa kaukolämpöverkon osalta. Työssä selvisi aikataulu, jonka puitteissa kaukolämpöputket tulisi uudistaa, sekä kustannusarvio tälle aikataululle. Lisäksi prioriteettitaulukko antaa tuleville perusparannustoimille suunnan kohti riskitekijöitä, joten niitä voidaan tarkastella jo suunnitteluvaiheessa.

## LÄHTEET

Ihalainen, H. 2017. Kaukolämpöasiantuntija. Haastattelut 16.1.2017 – 31.3.2017. KSS Lämpö.

Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet, Suositus L11/2013. 2013. Energiateollisuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://energia.fi/files/825/SuositusL11\\_2013\\_KI-johtojen\\_suunnittelu\\_ja\\_rakentamisohjeet.pdf](https://energia.fi/files/825/SuositusL11_2013_KI-johtojen_suunnittelu_ja_rakentamisohjeet.pdf) [viitattu 11.12.2018].

Kaukolämpötilasto 2017. 2018. Energiateollisuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://energia.fi/files/2949/Kaukolampotilasto\\_2017.pdf](https://energia.fi/files/2949/Kaukolampotilasto_2017.pdf) [viitattu 14.12.2018].

Kaukolämpöverkon suunnitelmallinen perusparantaminen, Suositus L7/2016. 2016. Energiateollisuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://energia.fi/files/1340/SuositusL7\\_2016\\_Kaukolampoverkon\\_suunnitelmallinen\\_perusparantaminen.pdf](https://energia.fi/files/1340/SuositusL7_2016_Kaukolampoverkon_suunnitelmallinen_perusparantaminen.pdf) [viitattu 20.10.2018].

Kaukolämpöverkon vaurioutilasto 2017. 2018. Energiateollisuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://energia.fi/files/3032/Vaurioutilasto\\_2017.pdf](https://energia.fi/files/3032/Vaurioutilasto_2017.pdf) [viitattu 30.11.2018].

Koskelainen, L., Saarela, R., Sipilä, K. & Nuorkivi, A. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus ry

KSS Energian yhtiöselostus. 2018. KSS Energia. WWW-sivusto. Saatavissa: <https://kssenergia.fi/avaintiedot> [viitattu 4.12.2018].

KSS Lämmön kaukolämpö- ja maakaasukartta. 2018. KSS Lämpö. WWW-kartta. Saatavissa: <https://ksslampo.fi/lampo-kartta> [viitattu 6.12.2018].

KSS Lämmön rakentamisen seurantataulukko vuodelle 2016. 2016. KSS Lämpö.

KSS Lämmön yhtiöselostus 2016. 2016. KSS Lämpö.

Maanalaisten kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset 2017. 2018. Energiateollisuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://energia.fi/files/3033/Johtorakennuskustannukset\\_2017.pdf](https://energia.fi/files/3033/Johtorakennuskustannukset_2017.pdf) [viitattu 09.12.2018].

Trimble Webmap kartasto-ohjelma. 2017. Kouvolan kunnan infrastruktuurille käyttämä karttaohjelma.

Vanhatalo, J. 2017a. Kaukolämpöasiantuntija. Haastattelut 16.1.2017 – 31.3.2017. KSS Lämpö.

Vanhatalo, J. 2017b. Kaukolämpöasiantuntija. Sähköpostiviestit 9.1.2017 – 12.12.2018. KSS Lämpö.

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Kaukolämmön tuotannon lämmönlähteet, vuosi 2016 vasemmalla ja 2017 oikealla. Kaukolämpötilasto 2017. 2018. Energiateollisuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://energia.fi/files/2949/Kaukolampotilasto\\_2017.pdf](https://energia.fi/files/2949/Kaukolampotilasto_2017.pdf) [viitattu 14.12.2018].

Kuva 2. Kaukolämmön jakelussa käytetyt johtotyypit ja niiden nimilyhenteet. Kaukolämpöverkon vaurioutilasto 2017. 2018. Energiateollisuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://energia.fi/files/3032/Vaurioutilasto\\_2017.pdf](https://energia.fi/files/3032/Vaurioutilasto_2017.pdf) [viitattu 30.11.2018].

Kuva 3. Kaukolämpöverkkojen perusparannustoiminnan jaottelu. Kaukolämpöverkon suunnitelmallinen perusparantaminen, Suositus L7/2016. 2016. Energiateollisuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://energia.fi/files/1340/SuositusL7\\_2016\\_Kaukolampoverkon\\_suunnitelmallinen\\_perusparantaminen.pdf](https://energia.fi/files/1340/SuositusL7_2016_Kaukolampoverkon_suunnitelmallinen_perusparantaminen.pdf) [viitattu 20.10.2018].

Kuva 4. Kuvaaja lämmön tuotannon jakautumisesta Kouvolan seudulla vuosina 2010 – 2015. Kuvankaappaus KSS Lämmön yhtiöselostuksesta 2016. 2016. KSS Lämpö.

Kuva 5. Riskin suuruuden määrittämistaulukko. Kaukolämpöverkon suunnitelmallinen perusparantaminen, Suositus L7/2016. 2016. Energiateollisuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://energia.fi/files/1340/SuositusL7\\_2016\\_Kaukolampoverkon\\_suunnitelmallinen\\_perusparantaminen.pdf](https://energia.fi/files/1340/SuositusL7_2016_Kaukolampoverkon_suunnitelmallinen_perusparantaminen.pdf) [viitattu 20.10.2018].

Kuva 6. Energiateollisuuden jäsenyritysten raportoimien vaurioiden esiintymistiheys johdon käyttöiän suhteen keskimäärin vuosina 1987 – 2017. Kaukolämpöverkon vaurioutilasto 2017. 2018. Energiateollisuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://energia.fi/files/3032/Vaurioutilasto\\_2017.pdf](https://energia.fi/files/3032/Vaurioutilasto_2017.pdf) [viitattu 30.11.2018].

Kuva 7. Prioriteettilukujen jakauma eteläisen Kouvolan kaupungin kaukolämpöverkostossa.

Kuva 8. Putkikokojen jakauma eteläisen Kouvolan kaupungin kaukolämpöverkostossa.

Kuva 9. Vuodessa uusittavat putkimetrit putkikoittain jaettuna.

**TAULUKKOLUETTELO**

Taulukko 1 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Alue-saraketta

Taulukko 2 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Kaupunginosa-saraketta

Taulukko 3 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Putkiosuuden nimi-saraketta

Taulukko 4 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Positio nro-saraketta

Taulukko 5 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Osoite-saraketta

Taulukko 6 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Rakennusvuosi ja Ikä-sarakkeita

Taulukko 7 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Putkityyppi ja Putkikoko-sarakkeita

Taulukko 8 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Vikaantumismahdollisuus-saraketta

Taulukko 9 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu erilaisten rakennustyyppien-sarakkeita

Taulukko 10 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Asiakkaat ja Ihmiset -sarakkeita

Taulukko 11 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Kerääntyvien asiakkaiden ja ihmisten -sarakkeita

Taulukko 12 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Kerääntyvien ja ei kerääntyvien asiakkaiden luokituksia

Taulukko 13 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Kohteiden tärkeysluokitusta

Taulukko 14 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Seisauksen kestoa

Taulukko 15 Ote prioriteettitaulukosta, jossa korostettu Ympäristöriskien luokitusta

Taulukko 16 Luokitusarvot, joista prioriteetti muodostuu

Taulukko 17 Tilasto kiinnivaahdotettujen kaksiputkisten (Mpuk)

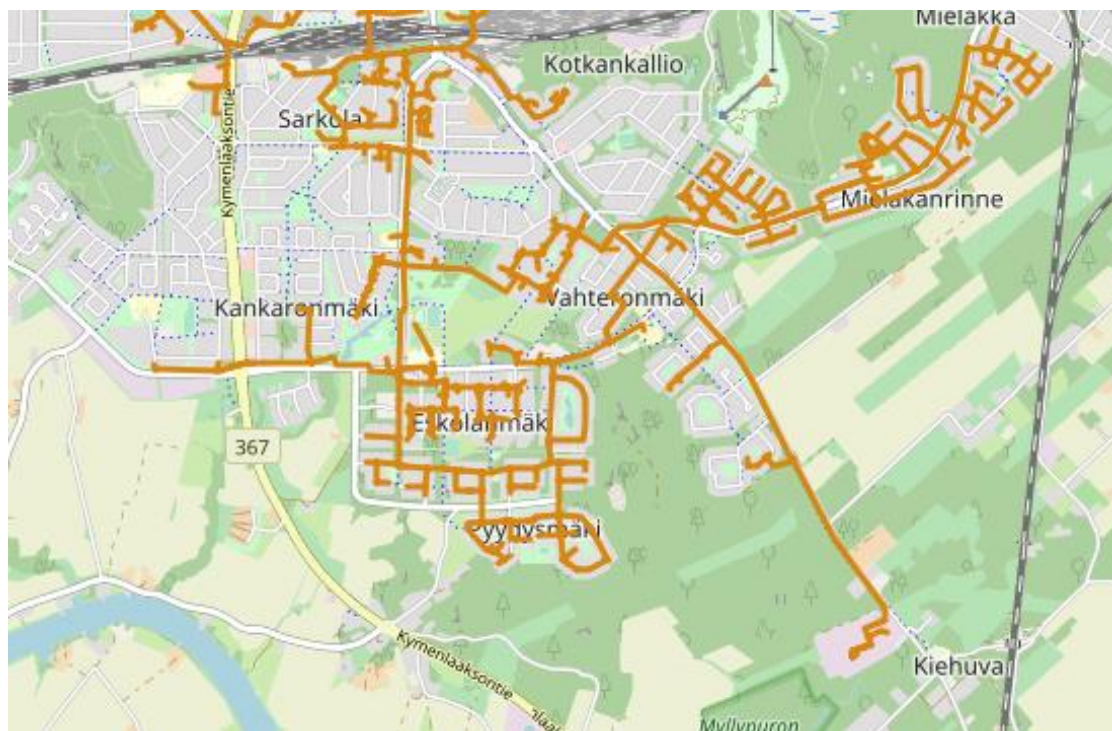
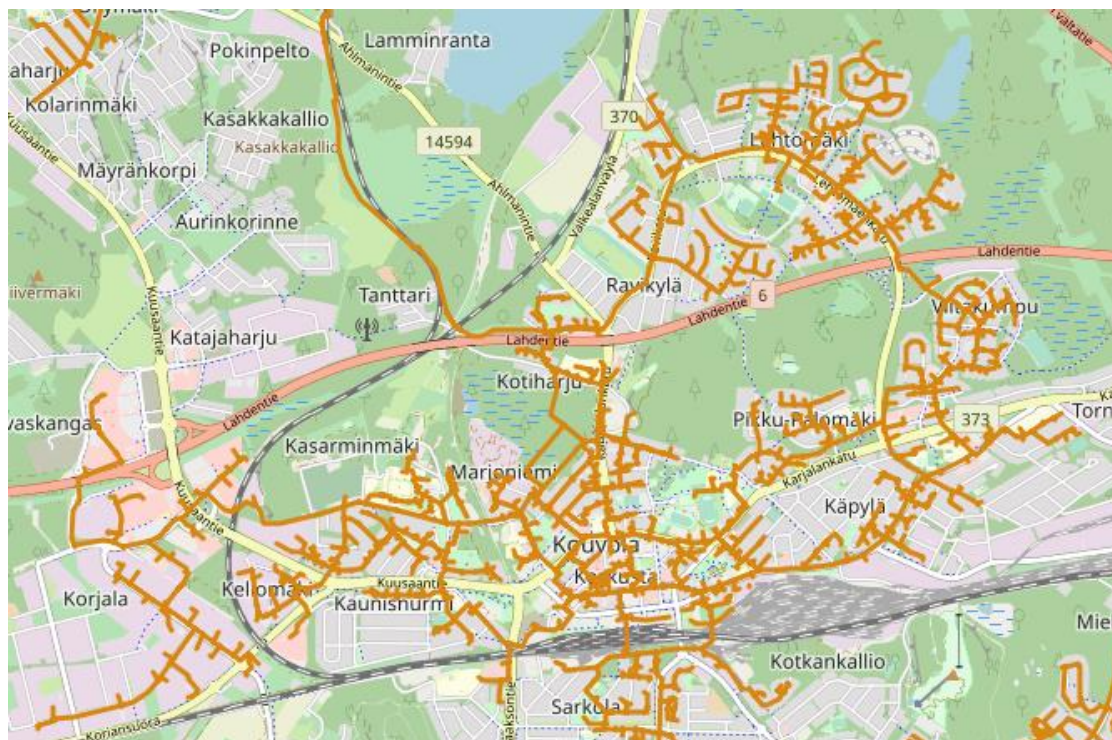
kaukolämpöjohtojen verottomista rakentamiskustannuksista vuonna 2017 ja KSS Lämmön keskimääräiset rakennuskustannukset johtokoittain

Taulukko 18 Tilasto kiinnivaahdotettujen yksiputkisten (2Mpuk)

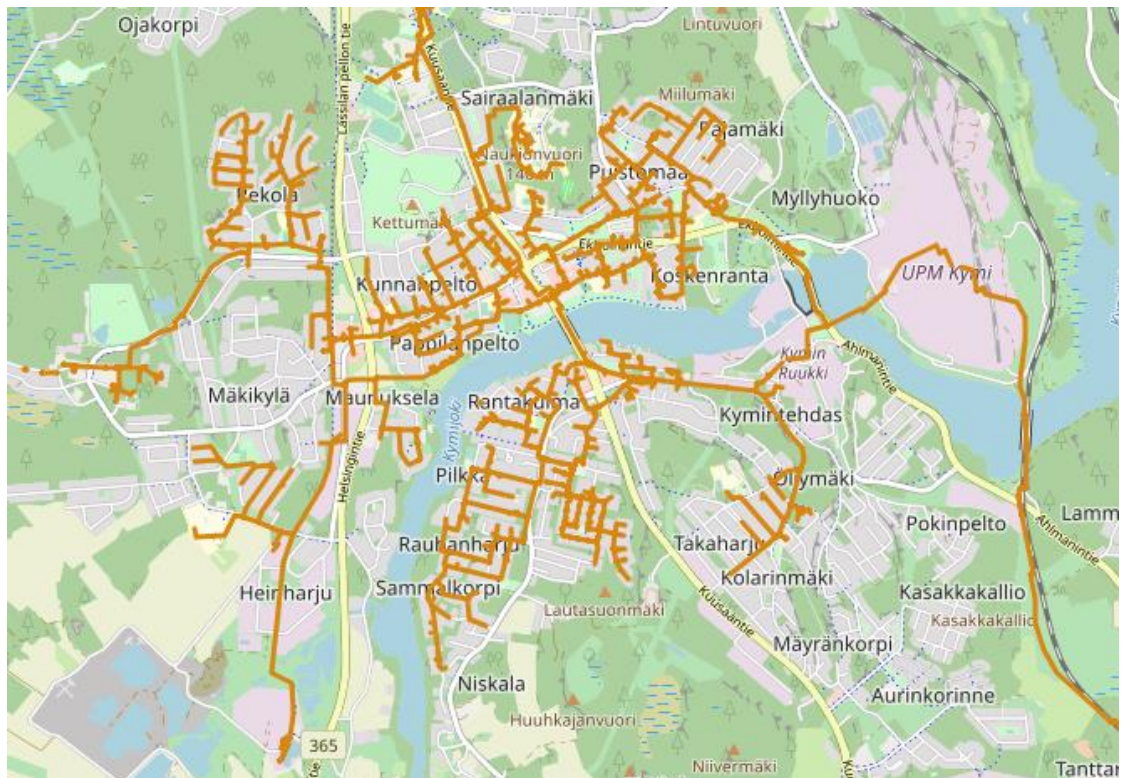
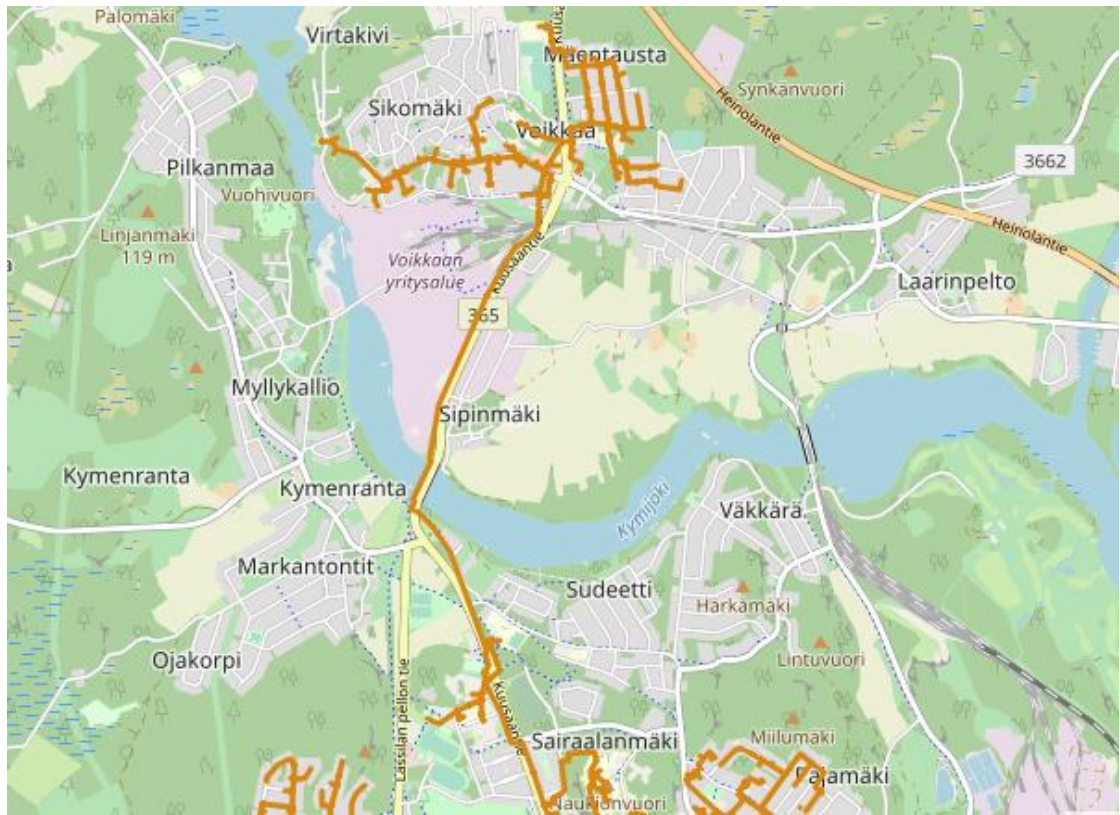
kaukolämpöjohtojen verottomista rakentamiskustannuksista vuonna 2017 ja KSS Lämmön keskimääräiset rakennuskustannukset johtokoittain

## KUVAKOOSTE KSS LÄMMÖN KAUKOLÄMPÖVERKOSTA

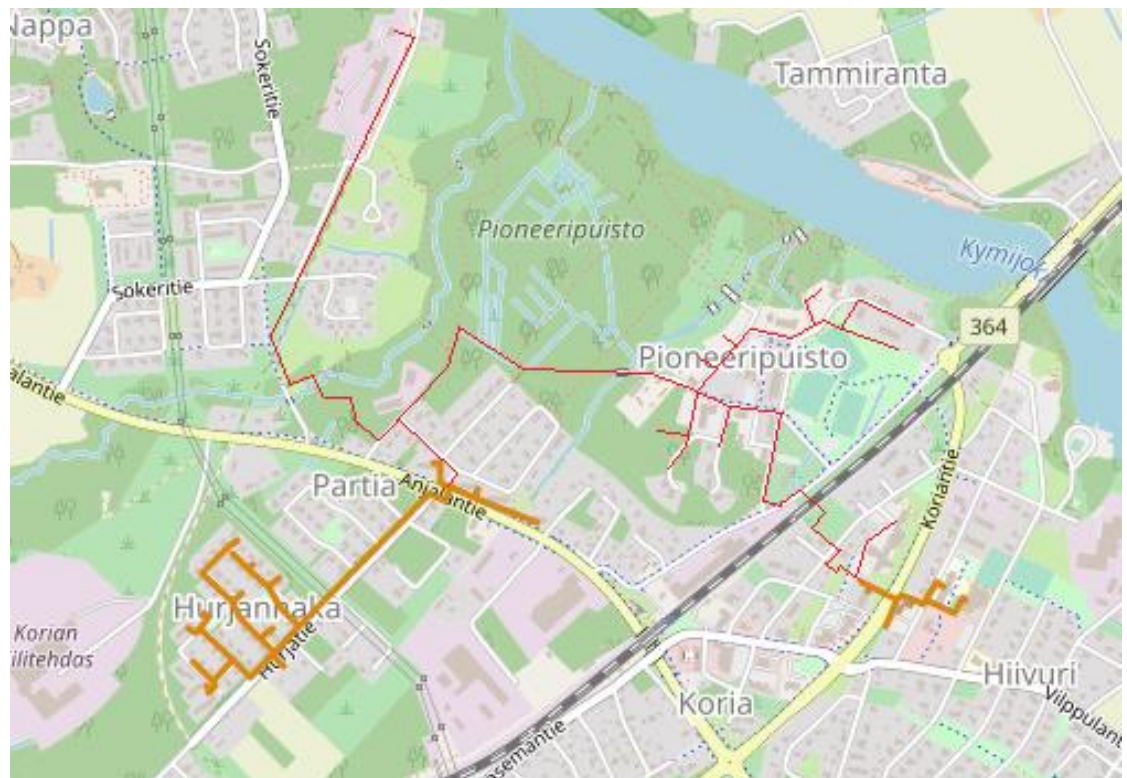
### Kouvolan kaukolämpöverkko



Kuusankosken kaukolämpöverkko



## Korian ja Myllykosken kaukolämpöverkot



Keltakankaan ja Inkeröisen kaukolämpöverkot

