



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Alexi Kuivasto

# Yleissuunnitelma Keravan sähkönjake- luverkon saneeraukselle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Opinnäytetyö

27.4.2019

Tekijä Otsikko	Aleksi Kuivasto Yleissuunnitelma Keravan sähköjakeluverkon saneeraukselle
Sivumäärä Aika	42 sivua + 3 liitettä 27.4.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	suunnittelupäällikkö Janne Kaarakainen lehtori Tuomo Heikkinen
<p>Insinööriä tehtiin Keravan Energia Oy:lle. Työn tavoitteena oli kirjoittaa sähköjakeluverkon saneerausta ohjaava pitkän tähtäimen yleissuunnitelma, joka kertoo missä ja milloin verkkoa kannattaa saneerata. Aihe on ajankohtainen, koska merkittävä osa Keravalla sijaitsevasta sähköjakeluverkosta on ikääntynyttä. Työssä verkon tutkimiseen käytettiin verkkotietojärjestelmää Trimble NIS, joka osoittautui tehokkaaksi työkaluksi. Sen sisältämien sovellusten avulla verkon analysointi eri tietojen perusteella onnistui käden käänteessä.</p> <p>Tästä syystä työn alussa on käyty lyhyesti läpi verkkotietojärjestelmän eri toimintoja ja miten niitä pystytään hyödyntämään saneerauksen suunnittelussa. Verkkotietojärjestelmiä ja sähköverkon rakennetta käsittelevien kappaleiden jälkeen työn painopiste siirtyi saneerauksen suunnittelussa huomioitaviin tekijöihin. Ennen tätä kuitenkin perehdyttiin lyhyesti saneeraukseen taloudellisesta näkökulmasta. Saneerauksessa huomioitavat tekijät pitävät sisällään muun muassa tietoja kuormitettavuudesta, kuntotarkastuksista ja kaupungin kaavahankkeista.</p> <p>Insinööriä tuloksena saatiin verkon primäärikomponenttien ikätietoihin perustuva yleissuunnitelma, joka osoittaa ne sähköjakeluverkon osat, joilla saneeraus kannattaa suorittaa. Suunnitelma pitää sisällään myös aikataulun ja kustannusarvion jokaisen alueen saneeraukselle. Työn lopputulos ei huomioi kaupungin kaavahankkeita suunnitelman pitkistä aikataulusta johtuen. Yleissuunnitelman tulisikin elää nykyisten ja tulevien kaavahankkeiden mukana.</p>	
Avainsanat	saneeraus, yleissuunnitelma, sähköjakeluverkko, sähkövoimatekniikka, kunnossapito

Author Title	Aleksi Kuivasto Principal Plan for Kerava's Electricity Distribution Network Renovation
Number of Pages Date	42 pages + 3 appendices 27 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Janne Kaarakainen, Design Manager Tuomo Heikkinen, Senior lecturer
<p>This thesis study was made for Keravan Energia. The aim of the work was to produce a long-term principal plan for the renovation of the electricity distribution network, which indicates where and when the network should be renovated. The topic of the thesis is relevant because a significant part of the electrical distribution network in Kerava is outdated. Trimble NIS, network information system used by Keravan Energia was used to study the network, which proved to be an effective tool. With its applications, the analysis of the network on the basis of many variables was done easily.</p> <p>The first part of the thesis discusses the various functions of the online information system and how they can be utilized in the principal plan. After the part on network information systems and the structure of distribution network, the focus of the study is shifted to the factors to be considered in the planning of renovations. Before that, however, a brief summary of the renovations from an economic point of view is given. Factors to be considered in the renovations include information on load capacity, condition and Kerava's zoning projects.</p> <p>The result of the work is a principal plan based on the age data of the primary components of the distribution network, which indicated those parts of Kerava where renovations are necessary. The finished plan also includes a timetable and a cost estimate for each area. The outcome of the plan does not take into account the city's long-term zoning projects due to the long-term nature of their schedule. The principal plan should therefore be updated with current and future zonings.</p>	
Keywords	renovation, principal plan, electricity distribution network, electrical power engineering, maintenance

## Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Keravan Energia Oy	1
2	Suunnitelman määrittäminen	2
2.1	Tarveselvitys	2
2.2	Työn tavoite	3
3	Verkkotietojärjestelmä	4
4	Sähköverkon rakenne	5
4.1	Keskijänniteverkon rakenne	5
4.2	Jakelumuuntamo	6
4.3	Pienjänniteverkon rakenne	7
5	Taloudelliset perusteet saneeraukselle	8
5.1	Energiaviraston regulaatiomalli	8
5.2	Investointikannustin	10
5.3	Pitoaika ja nykykäyttöarvo	11
6	Verkon saneerauksessa huomioitavia tekijöitä	12
6.1	Yhteisrakentaminen ja kaupungin kaavoitussuunnitelmat	12
6.2	Kuormitettavuus ja hätäkuormitus	13
6.3	Kunnossapito ja kuntotarkastukset	14
6.4	Tavoiteverkkosuunnitelma	16
6.5	Kaapeliputkien hyödyntäminen	16
6.6	Saneerattavat komponentit	17
7	Tulevaisuuden näkymät	24
8	Saneerauksen kohteiden määrittäminen	26
8.1	Verkon nykytila	26
8.2	Aluejako	28
8.3	Alueiden vertailu	31
8.4	Saneerauksen budjetti ja toteutusaikataulu	36
9	Yhteenveto	38
	Lähteet	40

## Liitteet

Liite 1. Energiaviraston määrittelemät pitoaikavälit ja yksikköhinnat

Liite 2. Keskijännitelähtöjen kuormitustiedot

Liite 3. Tiivistelmä alueesta 8. Kilta

## 1 Johdanto

Keravan Energia -konsernin verkot sijaitsevat Keravalla ja Sipoossa. Kerava on pieni tiheästi asuttu kaupunki, verrattuna Sipoon harvempaan asutukseen. Vuonna 2013 julkaistu sähkömarkkinalaki asetti selkeän tavoitteen sähkönjakelun varmuuden parantamiseksi. Lumikuormasta tai myrskystä johtuva sähkökatkos ei saa kestää asemakaava-alueella yli kuutta tuntia ja sen ulkopuolella yli 36 tuntia. Tämä tavoite on saavutettava portaittain vuoteen 2028 mennessä. Keravan Energia onkin tehnyt suuria investointeja Sipoon sähköverkon toimitusvarmuuden parantamiseksi. Yleisin tapa parantaa myrskyistä ja lumikuormituksista johtuvien katkosten kestoa on kaapeloida jakeluverkko. Kaapelointikaan ei kuitenkaan ole täydellinen ratkaisu, koska huolimattomat kaivuutyöt voivat johtaa verkon vikatiloihin.

Keravan jo valmiiksi korkea kaapelointiaste ja laadukas verkko on tehnyt investoinneista Sipoon verkkoon luonnollisen valinnan, mutta suuri osa Keravan sähköverkosta lähestyy elinkaarensa loppua, joka näkyy verkon arvossa. Tässä työssä käydään lyhyesti läpi saneerauksen suunnittelussa käytettäviä apuvälineitä, arvioidaan Keravan sähköverkon kuntoa ja laaditaan pitkän tähtäimen yleissuunnitelma verkon saneeraukselle.

### 1.1 Keravan Energia Oy

Tämä opinnäytetyö on tehty Keravan Energia –konserniin kuuluvan Keravan Energia Oy:n toimeksiannosta. Keravan Energia -konserni on energiayhtiö, joka toimii Keravalla ja Sipoossa. Konserni muodostuu Keravan Energia Oy:stä ja sen tytäryhtiöistä, Sipoon Energia Oy:stä ja Keravan Lämpövoima Oy:stä. Emoyhtiö Keravan Energia Oy on kuntaomistajiansa kautta asiakkaidensa omistama energiayhtiö. Sähkönjakelun lisäksi Keravan Energia Oy on mukana sähköntuotannossa, joka tuotetaan kotimaisella biopolttoaineella tai täysin päästöttömästi aurinkovoimalla. Sähkönjakelu konsernilla kohdistuu Keravalle ja Sipooseen, mutta sähköä myydään kaikkialla ympäri Suomen. Kuva 1 esittää miten Keravan energian liikevaihto jakaantuu konsernin eri osa-alueille. Vuonna 2017 Keravalla oli sähkön siirron käyttöpaikkoja noin 20 000 kappaletta. [1.]



Kuva 1. Keravan Energia -konsernin liikevaihdon jakauma. [1.]

## 2 Suunnitelman määrittäminen

### 2.1 Tarveselvitys

Vuoden 2013 sähkömarkkinalaki asetti sähkönsiirtoyhtiöille kovat tavoitteet sähköjakelun varmuuden parantamiselle. Myrskyn tai lumikuorman aiheuttamat keskeytykset sähköjakelussa eivät saa ylittää kuutta tuntia asemakaava-alueella tai 36 tuntia sen ulkopuolella. Tämä tavoite on täytettävä lain mukaan vuoteen 2028 mennessä. [2.]

Tarve Keravan sähköverkon saneeraukselle ei kuitenkaan tullut sähkömarkkinalain asettamista vaatimuksista. Keravan sähköverkon kaapeloiminen maan alle on ollut kannattavaa jo useiden vuosien ajan. Tämä näkyy Keravan korkeasta kaapelointiasteesta. Suurin osa Keravan Energian konsernin sähköverkoista sijaitsee Keravan ulkopuolella Sipossa. Sipoo on laajempi ja harvemmin asuttu alue, jossa maakaapelointi ei ole ollut yhtä kannattavaa kuin Keravalla. Sähkömarkkinalain tuomat tavoitteet sähkökatkokkien

vähentämiseksi vaikuttavat tästä syystä pääasiassa Sipoon sähköverkon alueella. Suurin osa konsernin paineesta parantaa toimitusvarmuutta onkin kohdistettu Sipoon sähköverkkoon. [1.]

Keravan puolella sijaitseva sähköverkko on laadukas, mutta lähenee pitoaikansa loppua, joka näkyy verkon nykykäyttöarvossa. Verkkoon investoitu pääoma nostaa jakeluverkkoyhtiölle sallittua kohtuullista tuottoa, joka kannustaa sijoittamaan verkkoon. Insinööritöiden tavoite on paikantaa alueet ja kohteet, joiden saneerauksella saadaan nostettua Keravan sähköverkon arvoa mahdollisimman kustannustehokkaasti. Saneerattavien alueiden valintaan vaikuttaa luonnollisesti muutkin tekijät kuin komponenttien ikä, esimerkiksi kuormitustiedot ja kaupungin kaavahankkeet ovat toinen valintaan vaikuttava tekijä, mutta vanhentunut sähköverkko on suurin yksittäinen syy saneerauksen tarpeelle. Vanhentuneesta maakaapelista johtuvan vian korjaaminen tiheästi asutetulla alueella on kohtuuttoman kallista, joten vanha sähköverkko pyritään saneeraamaan vikojen ehkäisemiseksi.

## 2.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on laatia pitkän tähtäimen yleissuunnitelma saneeraukselle, joka käsittelee 0,4 kV:n sekä 20 kV:n jakeluverkot. Lopputulos ei ole valmis kohdesuunnitelma, vaan yleissuunnitelma, joka ohjaa tulevaisuuden saneerausta. Yleissuunnitelmalla pyritään vastaamaan kysymyksiin missä ja milloin, jättäen kysymyksen miten auki. Tämä johtuu mm. sen pitkästä aikataulusta, tekniikan kehityksestä ja muiden alueen toimijoiden muuttuvista suunnitelmista.

Keravan verkon saneeraus päätettiin toteuttaa alueittain vuoteen 2050 mennessä. Alueet ja niiden saneerauksien toteutuksen järjestykseen vaikuttaa pääasiassa sähköverkon ikä, kunto, kuormitus ja muiden toimijoiden (mukaan lukien kaupungin) suunnitelmat.

Valmis saneerauksen suunnitelma pitää sisällään kirjallisen osion ja Trimble NIS finder-kyselyitä. Kirjallinen osio käsittelee verkon suunnittelussa huomioon otettavia tekijöitä ja määrittää saneerattavat alueet ja saneerauksen aikataulun. Finder-kyselyillä pystytään tuomaan esiin esimerkiksi ikä-, kunnossapito-, ja muita saneeraukselle tärkeitä tietoja. Haut toimivat hyvänä työkaluna suunnittelijoille saneerattavien kohteiden suunnittelussa.

### 3 Verkkotietojärjestelmä

Ensimmäiset sähköverkkojen tietojen hallintatehtävissä käytetyt verkkotietojärjestelmät olivat käytössä jo 1960-luvulla. Aluksi järjestelmiä käytettiin erilaisten laiterekisterien hallintaan, mutta kun tietoja täydennettiin verkon topologiaa koskevilla tiedoilla, joiden avulla pystyttiin suorittamaan tehonjako- ja oikosulkuvirtalaskelmia, olivat ensimmäiset verkkotietojärjestelmät syntyneet. Nämä ensimmäiset verkkotietojärjestelmät eivät vielä sisältäneet karttatietoja kuten nykyisin käytettävät modernit versiot. Tyypillisiä ominaisuuksia nykyisin käytetyillä verkkotietojärjestelmillä on karttapohjainen käyttöliittymä, kohteiden ominaisuuksien näyttäminen kursorilla ja tuloksien liittäminen verkkokuvaan. [3.]

Nykyaikaisilla verkkotietojärjestelmillä komponenttien tietojen kirjaaminen on helppoa. Keravan sähköverkko on kuitenkin osittain vanhaa, eikä kaikille komponenteille löydy tarvittavia ikä- tai sijaintitietoja. Tämä ongelma näkyy selvästi vanhojen pylväiden ja putkitusten puutteellisissa tiedoissa.

#### Trimble NIS

Trimble NIS on Keravan Energian käyttämä paikkatietopohjainen verkkotietojärjestelmä. Se on monipuolinen ohjelma, jonka avulla voidaan hallita sähköverkon kaikkia vaiheita suunnittelusta kunnossapitoon. Järjestelmän sisältämät kunnossapito- ja ominaisuustiedot tekevät siitä tehokkaan työkalun verkon analysoinnissa. Nämä tiedot pitävät sisällään tietoja kuten kuntotiedot, ikä, valmistaja, omistaja, ympäristö ja laitetyyppi. Tietoja voidaan hyödyntää saneerauksen suunnittelussa. Verkostolaskenta -sovelluksella voidaan tarkistaa sähköverkon mitoitus teknisten vaatimusten täyttymiseksi. [4.] Saneerauksen suunnittelussa tämän sovelluksen tärkeimmäksi tehtäväksi osoittautui tehonjakolaskenta, jonka avulla päätellään riittääkö kaapelien poikkipinnat ja muiden komponenttien mitoitus nykyisellä tai nousevalla kuormitusasteella. Trimble NIS onkin hyödyllisin työkalu saneerauksen suunnittelussa.

#### Finder-kyselyt

Finder-kyselyt ovat Trimble NIS -ohjelman työkalu, jonka avulla voidaan maalata verkosta halutut haetut komponentit. Kyselyillä voidaan korostaa ja paikantaa komponentteja esimerkiksi niiden ikätietojen tai poikkipintojen perusteella. Haetut tiedot voidaan

näin esittää visuaalisesti kartalla ja rajata ne alueet, joilla verkko alkaa olla vanhentunutta ja saneerauksen tarpeessa. Hauilla voidaan myös etsiä yksittäisiä saneerauksen tarpeessa olevia komponentteja niiden mallin mukaan.

## 4 Sähköverkon rakenne

### 4.1 Keskijänniteverkon rakenne

Keskijänniteverkko on jakeluverkkoyhtiön tärkein toimitusvarmuuteen vaikuttava verkon osa. Keskijänniteverkon jännitetaso on yleensä 20 kV, mutta joissain kaupungeissa on vielä käytössä 10 kV jännitetaso. Keravan keskijänniteverkossa on käytössä vain 20 kV:n jännitetaso. Noin 90 % toimituksen katkoksista asiakkaalla johtuu vioista keskijänniteverkossa. Tämä johtuu siitä, että yksittäinenkin vika KJ verkossa aiheuttaa keskeytyksen suurilla asiakasmäärillä. Keskijänniteverkon saneerausta voidaan tästä syystä pitää tärkeämpänä kuin pienjänniteverkon. [3.]

Keskijänniteverkkoa syöttää sähköasema, joka useimmissa tapauksissa saa jännitteensä 110 kV suurjänniteverkosta. Sähköaseman koko ja sijainti määräävät johtolähtöjen pituudet ja niiden mitoitus. Se onkin tärkein yksittäinen komponentti jakeluverkoissa ja jakeluverkko tulisi mitoittaa siten, että sähköasema on korvattavissa toisilla syötöillä vikatilanteissa tai huoltotöiden yhteydessä. Jos tämä ei ole mahdollista, se tarkoittaa hyvin laajaa katkoa sähköjakelussa. Katkot voidaan välttää mitoittamalla Keskijänniteverkko ja läheiset sähköasemat tarpeeksi vahvoiksi syöttämään vioittuneen sähköaseman johtolähtöjä. Suurjännitekytkinlaitokseen voi yksittäisen johdon sijaan tulla useita johtoja, joilla voidaan suurjänniteverkon vikatilanteessa syöttää sähköaseman johtolähtöjä. Sähköaseman muodostaa suurjännitekytkinlaitos, keskijännitekytkinlaitos, päämuuntaja tai päämuuntajat ja apujännitejärjestelmä käytöntukitoimintoinen. [3.]

Sähkö tuodaan sähköasemalta mahdollisimman lähelle asiakkaiden kuormitusta keskijännitteellä pienempien häviöiden takia, josta se jaetaan asiakkaille jakelumuuntamon kautta. Kaupungissa sähköverkko pyritään aina rakentamaan rengasverkoksi välttämättä säteittäisiä lähtöjä. Sitä kuitenkin käytetään säteittäisenä. Vikatilanteissa tapahtuvat katkot sähköjakelussa saadaan rengasmaisessa verkossa rajattua mahdollisimman pienelle alueelle jakorajojen muutoksilla. Keskijänniteverkolla on myös tärkeä rooli varayhteyksien muodostamisessa pahoissa 110 kV:n johtojen ja sähköasemien vioissa. Kuvassa 2 näkyy tyypillinen keskijänniteverkon rakenne kaupungissa. [3.]



Kuva 2. Verkkotietojärjestelmästä otettu kuva renkaaksi rakennetun keskijänniteverkon rakenteesta Keravalla. Kuvan oikeassa alareunassa on johtolähtöjä syöttävä sähköasema.

#### 4.2 Jakelumuuntamo

Pienjänniteverkon jännitetaso Suomessa on 400 V. Sitä syöttää jakelumuuntamo, joka muuntaa keskijänniteverkon 20 kV:n jännitteen halutulle tasolle. Jakelumuuntamo koostuu keskijännitekiskostosta, jakelumuuntajasta, pienjännitelähdöistä ja joissain tapauksissa apujännitejärjestelmästä. Pienjänniteverkon suojaus tapahtuu jakelumuuntamalla ja jokainen lähtö on varustettu sulakkeilla. Jakelumuuntamo ja sen oikein mitoittaminen ovat oleellisen tärkeä seikka pienjänniteverkon toimivuudelle. Esimerkiksi liian suuri jännitteenalenema tai liian pieni vikavirta voivat johtua huonosti mitoitettusta muuntamosta. Ongelmat voidaan korjata muuntamon saneerauksella tai vaihtoehtoisesti kasvattamalla johtimien poikkipinta-alaa. [3.]

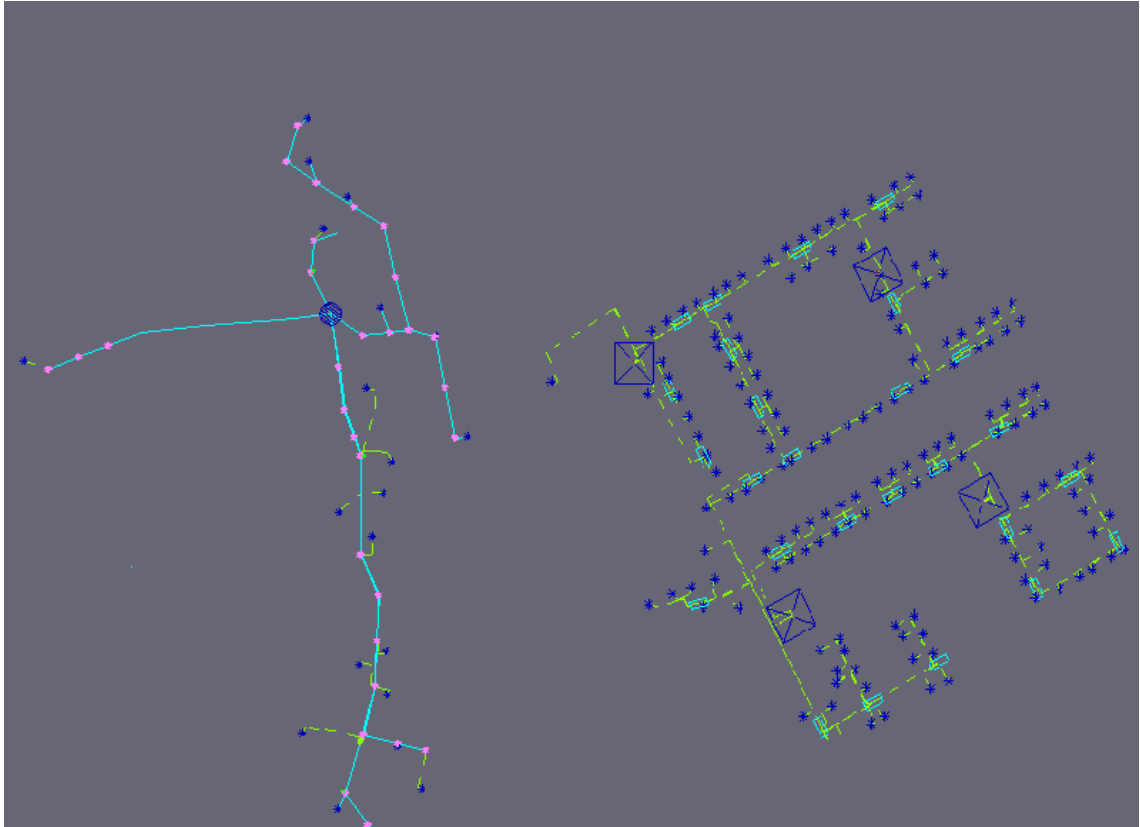
Muuntamoita on monenlaisia ja ne eroavat huomattavasti toisistaan. Taajamissa käytetyt kiinteistö- ja puistomuuntamot ovat tehonsa ja ympäristövaatimustensa takia huomattavasti kalliimpia kuin haja-asutusalueella käytetyt mallit. Pylväsmuuntamo on aiemmin yleisesti haja-asutusalueella käytetty muuntamotyyppi. Se on alttiimpi eläinten ja ympäristön aiheuttamille vioille, mutta investointikustannuksiltaan huomattavasti puisto- ja kiinteistömuuntamoita halvempi. Taajamissa pylväsmuuntamoita ei käytetä näistä syistä ja siksi että taajamien teho vaatimukset täyttävät muuntajat ovat liian suuria käytettäväksi pylväsmuuntamoissa. [3.]

#### 4.3 Pienjänniteverkon rakenne

Lähes kaikki sähkön kuluttajista saavat sähkönsä pienjänniteverkosta, jonka pääjännitteenä on Suomessa 400 V. Poikkeuksellisissa tilanteissa, kuten haja-asutusalueella voidaan käyttää 1000 V pääjännitettä pienempien häviöiden takia. Keskijänniteverkon tapaan pienjänniteverkkoa käytetään säteittäisenä. Verkoissa on siis yleensä vain yksi syöttöpiste. Tiheästi asutetuilla alueilla, kuten Keravalla, verkko kuitenkin pyritään rakentamaan renkaaksi, että vikatilanteessa keskeytykset jakelussa pystytään rajaamaan mahdollisimman pienelle määrälle asiakkaita. Haja-asutusalueilla pienjänniteverkko jätetään yleensä säteittäiseksi, rengasmaisen verkon korkeiden investointikustannuksen vuoksi. [3.]

Keskijännitteellä pystytään siirtämään huomattavasti suurempia tehoja pienemmillä häviöillä kuin pienjännitteellä. Keskijännitteellä tietynä ajanjaksona siirretty sähkön arvo on huomattavasti pienjännitteellä siirretyn sähkön arvoa suurempi, jonka vuoksi myös keskeytysten vähentämiseen käytetyt kustannukset tulee keskijänniteverkossa olla suuremmat. [3.]

Pienjänniteverkon rakenne vaihtelee suuresti alueittain. Tämä johtuu eri alueiden suuresti toisistaan poikkeavista kuormitustiheyksistä. Kuormitustiheys kaupungeissa voi olla megawatteja kilometriä kohti. Haja-asutusalueella kuormitus on yleensä enintään kymmeniä kilowatteja neliökilometriä kohti, joten taloudellisin pienjänniteverkon rakenne on myös näillä alueilla huomattavasti toisistaan poikkeava. [3.] Kuvassa 3 oikealla näkyy taajamissa ja vasemmalla haja-asutusalueilla käytetyt tyypilliset pienjänniteverkon rakenteet.



Kuva 3. Pienjänniteverkon alueesta riippuvat rakenteet. Vasemmalla haja-asutusalueilla ja oikealla taajamissa käytetyt tyypilliset pienjänniteverkon rakenteet.

## 5 Taloudelliset perusteet saneeraukselle

### 5.1 Energiaviraston regulaatiomalli

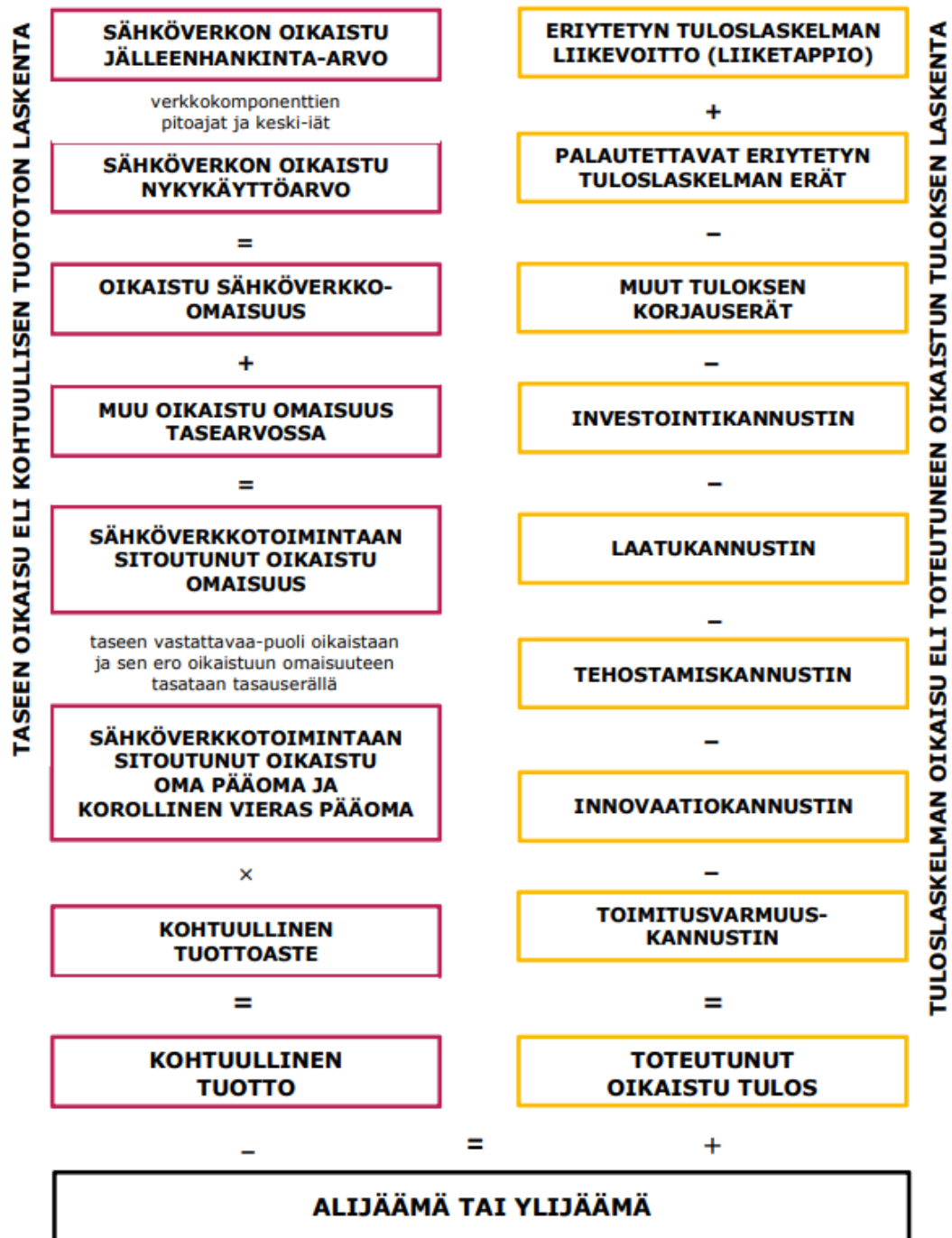
Jakeluverkkotoiminta Suomessa on erittäin tarkasti valvottua ja luvanvaraista liiketoimintaa. Sähköverkkotoimintaa saa harjoittaa Suomessa vain Energiaviraston myöntämällä luvalla, joka myönnetään toistaiseksi tai erityisyydestä määräajaksi. Verkkoyhtiön tulonmuodostus ja investointien kannattavuus määräytyvät suoraan viranomaissäätelystä. Saneerausstrategia on tästä syystä hyvinkin paljon kiinni voimassa olevasta valvontamallista. [2.]

Energiavirasto on sähköverkkoliiketoiminnan valvoja ja lupia myöntävä viranomaistaho. Sähkömarkkinalain mukaan Energiavirasto määrää millä menetelmillä sähköverkkoliiketoiminnan tuotto ja asiakkailta perittävät maksut pidetään kohtuullisina. [2.] Tuoton ja asiakkailta perittävien maksujen kohtuullisuuden takaamiseksi Energiavirastolla on oma

regulaatiomalli, jolla pyritään ohjaamaan verkkoyhtiöitä tehostamaan toimintaansa ja kehittämään verkkoaan. Nämä vaikutukset mahdollistavat regulaatiomallin sisältämät kannustimet. Nykyiselle valvontajaksolle kannustimiksi on valittu investointikannustin, laatu-kannustin, tehostamiskannustin ja innovaatiokannustin. Saneerauksen kannalta näistä tärkein on kuitenkin investointikannustin, joka kannustaa verkkoyhtiötä toimimaan uusien investointien kanssa mahdollisimman tehokkaasti. [5.]

Valvontajakso on neljän vuoden mittainen. Käyttämällä verkkoyhtiön ilmoittamia arvoja, energiavirasto laskee sen avulla vuosittain jokaiselle verkkoyhtiölle yksilöllisesti kohtuullisen tuoton määrän. Jos valvontajakson aikana tuotettu neljän vuoden summa ylittää Energiaviraston ilmoittaman määrän, voi verkkoyhtiö olla velvoitettu pudottamaan siirtotariffien hintoja. Jos tuotto alittaa sallitun tuoton määrän, voidaan siirtotariffeja nostaa alituoton kattamiseksi. [5.]

Tämän hetkisessä mallissa kohtuullinen tuotto määritetään verkkoon sijoitetun pääoman (nykykäyttöarvon) ja WACC-kertoimen (Weighted Average Cost of Capital) avulla. WACC on oman ja vieraan pääoman arvioimismenetelmä, joka huomioi niiden tuotto-odotukset, riskit sekä yhtiön rahoitusrakenteen, eli velan ja pääoman suhteen. Tätä kohtuullista tuottoa verrataan oikaistusta tulokseen, josta jäävä tulo on ali- tai ylijäämäinen. Kuvassa 4 on havainnollistettu regulaatiomallia visuaalisesti. [5.]



Kuva 4. Valvontajaksojen 2016–2019 ja 2020–2023 valvontamenetelmät [5].

## 5.2 Investointikannustin

Investointikannustin ohjaa verkonhaltijaa investoimaan verkkoonsa mahdollisimman kustannustehokkaasti. Se tekee tarvittavien korjausinvestointien, sähköverkon kehittämisen ja ennenaikaiset korjausinvestoinnit mahdollisiksi. [5.]

Investointikannustimen muodostaa Energiaviraston määrittämien yksikköhintojen aiheuttama kannustinvaikutus, sekä oikaistusta jälleenhankinta-arvosta tehdyt tasapoistot. Sillä seurataan verkkoon tehtyjä korvausinvestointeja, eli verkon ylläpitoa ja kehittämistä. Tämä saadaan toteutettua vertaamalla verkkoon tehtyjä investointeja vuosittaisiin tasapoistoihin. [5.]

Yksikköhintojen luoma kannustinvaikutus lasketaan toteutuneiden investointikustannusten ja Energiaviraston määrittämien yksikköhintojen mukaisten investointikustannusten erotuksena. Käytännössä tämä kannustaa verkonhaltijaa toimimaan mahdollisimman tehokkaasti verkon investointien suunnittelussa, sillä kustannustehokkaat investoinnit antavat verkolle todellisia investointeja suuremman oikaistun jälleenhankinta-arvon. [5.]

### 5.3 Pitoaika ja nykykäyttöarvo

Sähköverkon komponenttien ikätiedot ovat tärkein yksittäinen tieto saneerattavien kohteiden valinnassa. Jotta sähköverkolle saataisiin lisää arvoa mahdollisimman kustannustehokkaasti, on kannattavaa käyttää korvausinvestoinnit verkon osiin, jotka ovat pitoaikansa lopussa. Pitoaikaväli vaihtelee riippuen komponentin tyypistä. Pitoaikavälit ja yksikköhinnat komponenteille määrittelee Energiavirasto kustannuskyselyjen perusteella. [5.]

Liite 1 sisältää energiaviraston määrittämät pitoaikavälit, Keravan Energian valitsemat pitoajat sekä yksikköhinnat eri komponenttityypeille. Tarkan pitoajan arvioi itse sähköverkkoyhtiö omien analyysien perusteella. Keravalla pitoajoiksi on valittu pisimmät vaihtoehdot lähes joka verkon komponentille. Pitoaikojen tulee vastata todellisia keskimääräisiä teknistaloudellisia pitoaikoja, jotka huomioivat käytetyt kunnossapito- ja investointistrategiat. Sähköverkon nykykäyttöarvon perustuessa lineaarisiin tasapoistoihin, on verkon nykykäyttöarvo helposti laskettavissa kaavalla 1, kun pitoajat ja komponenttien iät ovat tiedossa. Saneeraus toteutetaan alueittain, joten eri alueiden nykykäyttöarvojen vertailu on hyvä tapa verrata alueita toisiinsa. [5.]

$$NKA = \left(1 - \frac{\text{keski-ikä}}{\text{pitoaika}}\right) * JHA \quad (1)$$

NKA on verkkokomponentin oikaistu nykykäyttöarvo

pitoaika on laskettavan komponenttityypin pitoaika

keski-ikä on laskettavien verkkokomponenttien keski-ikä

JHA on laskettavien komponenttien jälleenhankinta-arvo.

Verkon nykykäyttöarvon eli verkkoyhtiön verkkoon sijoitetun pääoman kasvaminen vaikuttaa kohtuullisen tuoton määrään positiivisesti. Mikäli komponenteille ei ole tiedossa niiden todellista ikää, käytetään neljännellä valvontajaksolla ikätietona 90 % ja viidennellä valvontajaksolla 100 % verkkoyhtiön valitsemista pitoajoista. [5.]

## 6 Verkon saneerausessa huomioitavia tekijöitä

### 6.1 Yhteisrakentaminen ja kaupungin kaavoitussuunnitelmat

Suunniteltaessa uutta verkkoa kustannustehokkaasti, yhteistyö muiden alueen toimijoiden kanssa on erittäin tärkeää. Rakentamiseen ja uusimiseen käytettävät resurssit yhteisrakentamisessa ovat merkittävästi edullisemmat kuin kaikkien osapuolien rakentaessa verkkonsa itsenäisesti. Vaikka sähköverkolle ei tehtäisi muiden toimijoiden töiden yhteydessä muita toimenpiteitä, voidaan niitä hyödyntää esimerkiksi asentamalla kaapeliputkea tulevaisuuden asennuksia varten. Kuinka kannattavaa yhteisrakentaminen riippuu toisesta rakentamiseen osallistuvasta toimijasta. Konzernin sisäisesti toteutettava yhteisrakentaminen on luonnollisesti tehokkain vaihtoehto, mutta myös kaupunki on hyvä yhteistyökumppani rakennushankkeissa.

Traficom ylläpitää ja kehittää verkkotietopiste.fi-palvelua, joka on hyvä työkalu muiden verkon toimijoiden suunnitelmien selvittämiseen, josta löytyy tietoa viestintä-, sähkö-, kaukolämpö-, kaukojäähdytys-, vesihuolto-, kaasu-, ja liikenneverkkojen suunnitelmista. [6.] Sivulta ei kuitenkaan löydy kaikkea tietoa tai pitkän tähtäimen suunnitelmia, joten on hyvä olla myös yhteydessä muihin alueen toimijoihin.

Yhteisrakentamislaki tuli voimaan 1.7.2016. Laissa säädetään viestintä-, energia-, liikenne- ja vesihuoltoverkkojen yhteisrakentamisesta ja yhteiskäytöstä. [7.] Laki velvoittaa kaikkia verkkotoimijoita luovuttamaan käyttöoikeuden infrastruktuuriinsa ja suostumaan kohtuullisin ja oikeudenmukaisin syin tehtyyn yhteisrakentamispyyntöön. Pyyntöä voi kieltäytyä lain sallimissa puitteissa. [6.]

Suunnittelussa voidaan hyödyntää kaupungin vuosittain tehtävää kaavoituskatsausta, josta nähdään Keravan kaupungin suunnittelemat merkittävät kaavahankkeet. [8] Kaavahankkeet ovatkin yksi merkittävimmistä verkon saneeraukseen vaikuttavista tekijöistä. Hankkeiden rakennuttamisvaiheessa voidaan sähköverkon saneeraus tai rakentaminen toteuttaa yhteisrakentamisena. Kaupungin kaavahankkeet voivat myös ohjata verkon saneerausta toisella tapaa. Jos kaupungin suunnitelmana on rakennuttaa alue tulevaisuudessa, ei jo olemassa olevan verkon saneeraus ole kannattavaa. Kaavoitussuunnitelmat elävät huomattavasti, joten luotettavan tiedon löytäminen on hankalaa, eikä sen takia pitkän tähtäimen saneeraussuunnitelmaa pystytä toteuttamaan niiden pohjalta. Suunnitelmaa tuleekin päivittää uusien kaavahankkeiden mukaan. Tarkempaa tietoa kaavoituksesta etsittäessä tulee olla yhteydessä kaupungin yhteyshenkilöihin.

## 6.2 Kuormitettavuus ja hätäkuormitus

Sähköturvallisuutta koskevissa määräyksissä on ohjeet kaapeleiden suurimmille sallituille kuormitettavuusrajoille eri asennusolosuhteissa. Ohjeita tulee noudattaa tarkasti, sillä etenkin liian suuri kuormitettavuus sisäasennuksissa voi aiheuttaa tulipalovaaran. Pelkästään taloudellisesta näkökulmasta määräysten noudattaminen on kannattavaa, koska liian suuri kuormitusaste lyhentää kaapelin teknistä käyttöaikaa, joka johtaa kaapelin ennaikaiseen saneeraukseen. [3.]

Kaapelin termisen kuormitettavuuden määrää sille suurin sallittu lämpötila. Tämä vaihtelee suuresti kaapelin materiaalin, eristyksen ja ympäristön mukaan. Oikosulun aiheuttama korkein sallittu lämpötila on lyhyemmän kestonsa vuoksi suurempi kuin kuormitusvirralla laskettu arvo. Keravan kaltaisessa rengasmaisessa maakaapeliverkossa kuormitukset voivat olla poikkeuksellisilla jakorajoilla kaksinkertaiset normaalitilanteeseen verrattuna, jolloin taloudellisesti mitoitettu kaapeli ei olisi riittävä. Saneerauksessa oikein mitoitetuista kaapeleista saadaan hyödynnettyä niiden koko käyttöaika ja vältetään ennaikaisilta korvausinvestoinneilta. [3.]

Keskijänniteverkossa ja pienjänniteverkon runkokaapeleille on palonkestävässä asennuksessa määrätty erilliset arvot kaapeleiden hätäkuormitukselle poikkeuksellisissa tilanteissa. Runkoverkon muodostavat ne pienjänniteverkon kaapelit, jotka lähtevät muuntamolta ja syöttävät jakokaappeja tai päättyvät jakokaappiin. Pienjänniteverkon hätäkuormituskertoimina voidaan pitää PEX-eristetyille kaapeleille 1,15 maa-asennuksissa ja 1,19 muuntamoasennuksissa. Paperieristetyille kaapeleille kerroin maa-asennuksissa on 1,12 ja muuntamoasennuksissa 1,15. Keskijänniteverkon hätäkuormituskertoimet on havainnollistettu taulukossa 1. Hätäkuormitus johtaa kaapelin eristyksen normaalia nopeampaan vanhenemiseen, joten niiden kestoja ja määrää tulisi rajoittaa mahdollisimman paljon. Raja-arvoina hätäkuormitukselle voidaan pitää: korkeintaan 50 tuntia kerrallaan ja enintään 500 tuntia koko kaapelin pitoaikana. [9; 10.]

Taulukko 1. Keskijännitekaapelien hätäkuormituskertoimet suhteutettuna normaaliin maksimikuormitettavuuteen [9].

Kaapelityyppi	Johtimen maksimilämpötila hätäkuormituksella (°C)	Hätäkuormitettavuuskerroin	
		Kaapeli ilmassa +25 °C	Kaapeli maassa +15 °C
12-24 kV paperieristeinen	95	1,26	1,20
1-24 kV PEX-eristeinen	130	1,20	1,30

Muuntajien ylikuormitus aiheuttaa samoja ongelmia, kun kaapeleiden ylikuormitus. Liian suuri käämien lämpötila vanhentaa muuntajan eristysrakennetta nopeammin kuin normaalissa kuormituksessa, ja voi johtaa jopa muuntajan tuhoutumiseen. Ulkona sijaitsevaa muuntajaa voi kuitenkin ylikuormittaa hieman yli sen nimellistehon pakkasella tai jos muuntajalla on tuuletin. Kiinteistömuuntajilla ympäristön lämpötila on korkeampi ja sallittu kuormitus on siten myös alhaisempi. Vaikka muuntajaa pystytään ylikuormittamaan, ei niitä tulisi kuitenkaan mitoitaa liian tarkasti häiriötilanteista johtuvien poikkeuksellisten kytkentätilanteiden johdosta. [3.]

### 6.3 Kunnossapito ja kuntotarkastukset

Sähköverkon kunnossapidon tarkoitus on saada verkon kokonaiskustannukset mahdollisimman alhaisiksi pitkällä aikavälillä. Nämä kustannukset pitävät sisällään investoinnit, keskeytykset, käytön ja kunnossapidon. Kunnossapito voidaan toteuttaa ehkäisevällä tai

korjaavalla kunnossapidolla. Ehkäisevä kunnossapito voidaan toteuttaa aikaan tai kuntotilaan perustuvalla kunnossapidolla. Nykyään suosittu vaihtoehto on kuntotilan perusteella toteutettu kunnossapito. [3.]

Sähköturvallisuuslaki edellyttää verkonhaltijaa pitämään kunnossapitosuunnitelmaa verkon komponenteille ja suorittamaan määräaikaistarkastuksia viiden vuoden välein [11]. Tämän lisäksi Keravan Energialla sähköverkko on jaettu kuuteen kunnossapitoalueeseen, joista yhdelle tehdään verkon kuntotarkastuksia vuoden aikana. Yksi näistä kuudesta alueesta on Kerava. Vuodesta 2012 lähtien tiedot kuntotarkastuksista on tallennettu laitekohtaisesti suoraan verkkotietokantaan, josta ne ovat näkyvissä kaikille tietoja tarvitseville (kuva 5).

Yleistiedot		Tekniset tiedot		Maadoitukset		Sijainti		Vapaat attribuutit +		Vapaat attribuutit -lista	
Liitteet +		Huomautus		Kunnossapitotiedot +		Mittauserä +					
<b>Havainnot</b>											
	Liite	Tehty	Havainto	Arvo	Tekijä	Tärkeys					
	6d	04.09.2015	Mittarien kunto U/A	Epäkunnossa	Ismo Lempiäinen	Erytistarkkailuun					
	6d	04.09.2015	Siivoustarve	Siivous tarpeen	Ismo Lempiäinen	Erytistarkkailuun					
	6d	04.09.2015	Pääkaavio	Vanhentunut	Ismo Lempiäinen	Ei toimenpiteitä					
	6d	04.09.2015	Ensiapuohjeet ja -välineet	Puutteelliset / vanhentu...	Ismo Lempiäinen	Ei toimenpiteitä					
<input type="button" value="Lisää..."/> <input type="button" value="Muuta..."/> <input type="button" value="Poista"/> <input checked="" type="checkbox"/> Näytä vain viat											
<b>Toimenpiteet</b>											
	Liite	Määräpäivä	Tehty	Toimenpide	Tila	Tekijä					
		31.12.2019		Muuntamon jt-puhdistus	Mobiililaitteessa						
<input type="button" value="Lisää..."/> <input type="button" value="Muuta..."/> <input type="button" value="Poista"/> <input type="button" value="Merkitse suoritetuksi"/> <input type="button" value="Avaa kunnossapitotyö..."/>											
<input type="checkbox"/> Näytä selitteet <input type="button" value="Historia..."/> <input type="button" value="Kuntoindeksien arvot..."/>											
Keskeytyskriittisyys <input type="text" value="Ei määritely"/>											
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Hyväksy"/> <input type="button" value="Peruuta"/> <input type="button" value="Ohje"/>											

Kuva 5. Kuva muuntamolle kuntotarkastuksissa tehdyistä havainnoista, ja sille tilatuista kunnossapitotoimenpiteistä.

Saneerauksen yleissuunnittelu tehdään pääosin sähköverkon ikä ja kuormitustietojen pohjalta, mutta tietoja kuntotarkastuksista voidaan käyttää yksittäisten huonokuntoisten komponenttien saneerauksen tarpeellisuuden määrittämisessä. Alueiden saneerauksen tärkeysastetta voidaan nostaa, jos suuri osa sen verkon sisältämistä komponenteista ovat huonokuntoisia.

#### 6.4 Tavoiteverkkosuunnitelma

Keravan tavoiteverkkosuunnitelma on toteutettu Trimble NIS -sovelluksella. Se on hyvä tapa laatia tavoiteverkkosuunnitelma, sillä ohjelmaan saadaan kirjattua uusittavien verkkokomponenttien tarkat sijainti- ja mitoitus tiedot helposti. Suunnitelma sisältää myös muita tärkeitä tietoja, kuten uusien komponenttien asennusvuodet. Näin suunnitelma on myös helposti näkyvillä ja tarkasteltavissa kaikille sitä tarvitseville. Verkostolaskenta-sovelluksella voidaan varmistaa helposti suunnitellun sähköverkon komponenttien tekninen mitoitus vaatimusten täyttymiseksi.

Koska Keravan sähköverkko vastaa jo energiaviraston vaatimuksia sähkönjakelun varmuudelle, suunnitelma on suppea ja käsittelee pääosin vain keskijänniteverkkoa. Suurin osa asiakkaiden sähkönjakelun keskeytyksistä aiheutuvat keskijänniteverkon vioista. Yksittäinenkin vika vaikuttaa suuriin asiakasmääriin, joten keskijänniteverkon saneerausta priorisoidaan. Sen muutokset koskevat lähinnä ilmajohtoja ja pylväsmuuntajia, jotka korvataan toimintavarmuudeltaan paremmilla maakaapeleilla ja puistomuuntamoilla. Tavoiteverkkosuunnitelma tässä muodossa tehostaa saneerauksen suunnittelua. Kun tiedetään jo työn alla olevat alueet, voidaan saneeraussuunnittelu keskittää alueille, joiden uusimista ei ole vielä suunniteltu.

#### 6.5 Kaapeliputkien hyödyntäminen

Keravan kaapeliverkko on putkitettu elinkaarikustannusten pienentämiseksi. Energiaviraston yksikköhintojen perustuessa eri sähköverkkoyhtiöille lähetettyihin kustannuskyseilyihin, on tällä menetelmällä vaikea saada kaapeliverkolle investointikustannusten mukainen jälleenhankinta-arvo. Suuremmissa sähköverkkoyhtiöissä suuri osa kaapeloinnista suoritetaan auraamalla ja ilman putkitusta, mikä alentaa Energiaviraston maakaapeleille osoitettuja yksikköhintoja. Putkeen sijoitetulla kaapelilla voidaan kuitenkin tehdä säästöjä pienentämällä sen kunnossapitovaatimuksia ja helpottamalla muutostöiden suorittamista. [12.]

Käyttämällä putkitusta saadaan hyödynnettyä kaapelin koko tekninen käyttöaika. Ura-koitsijat eivät aina laita asennushiekkaa kaapeliojaan, joka voi vaurioittaa kaapelia normaalia aikaisemmin. Esimerkiksi kivi kaapelin kohdalla, kun vanha maa tampataan kaapeliojan päälle voi johtaa häiriöön hyvinkin nopeasti asennuksen jälkeen. Putkitus suojaa myös kaivutöistä johtuvilta vioilta paremmin kuin pelkkä varoitusnauha kaapelin päällä. [12.]

Keravan Energialla aiemmin käytössä ollut verkkotietojärjestelmä ABB Integra ei sisältänyt sovellusta putkitusten suunnittelulle, joten putkitukset jouduttiin suunnittelemaan muilla ohjelmilla. Verkkotietojärjestelmän vaihto Trimbleen tapahtui vuonna 2010, mutta vasta vuonna 2013 otettiin käyttöön sijaintikarttasovellus, joka mahdollisti putkitusten merkitsemisen verkkotietojärjestelmään. Ongelmaksi nousikin puutteelliset tiedot vanhoista ja vapaista putkista. Putkia on pyritty ja pyritään rakentamaan Keravalla omien ja muiden toimijoiden asennusten yhteydessä varalle. Näiden valmiiksi asennettujen putkien kartoittaminen tulevaisuudessa onkin oleellisen tärkeää muutostöiden ja saneerauksen toteuttamiselle mahdollisimman kustannustehokkaasti. [12.]

## 6.6 Saneerattavat komponentit

Verkon komponenteilla on pitkät käyttöiät. Tässä suunnitelmassa käsiteltävien verkon primäärikomponenttien teknistaloudelliset pitoaikavälit ovat 30–50 vuotta. Tänäpäin asennettavat verkot ovat siis käytössä mekaanisen kestoisuutensa puolesta vielä 50 vuoden kuluttua, joten oikeiden komponenttien valitseminen on tärkeää. Toisilaitteiden pitoajat ovat huomattavasti lyhyempiä, yleensä 10–20 vuoden luokkaa. Ne ovat yleensä elektroniikkaa sisältäviä laitteita, kuten mittareita ja suojaileita. [3.]

Yleissuunnitelma käsittelee pääosin vain primäärikomponenttien saneerausta. Keravan Energian valitsemat pitoajat näille verkon primäärikomponenteille ovat yleisesti pisin valittavana oleva vaihtoehto, jonka takia oikein valitut komponentit ovat erittäin tärkeä osa suunnittelua. Yleissuunnitelman tarkastelemat primäärikomponentit ovat maakaapelit, ilmajohdot, muuntamot, muuntajat ja jakokaapit.

## Maakaapelit

Sähköverkon rakentamisessa käytetyt kaapelityypit ja kaapeleiden ikätiedot kulkevat käsi kädessä. Suunnittelun aloituspalaverissa todettiin, että Keravan kaapeloinnissa käytetyt paperieristetyt kaapelit lähestyvät tai ovat jo elinkaarensa lopussa. Kuvassa 6 on havainnollistettu vielä käytössä olevien paperieristettyjen kaapeleiden asennusvuosia pienjänniteverkossa. Ongelmaksi näiden kaapeleiden käytössä on todettu myös puutteellinen tekninen osaaminen.



Kuva 6. Keravalla käytössä olevat paperieristeiset pienjännitekaapelit asennusvuosittain. Määrät kilometreissä.

80-luvulta asti Keravan verkon kaapeloinnissa on käytetty uudempia PEX-eristeisiä kaapeleita, mistä johtuen paperieristetyn kaapelin asentaminen ja jatkaminen ovat katoavia taitoja. Kuvassa 7 on esitetty käytössä olevat kaapelityypit ja niiden määrät vuosikymmenittäin.



Kuva 7. Keravalla käytössä olevat pienkaapelityypit asennusvuosittain. Punaisen sävyt kuvaavat paperieristeisiä kaapeleita, kun taas vihreän sävyt PEX-eristeisiä kaapeleita.

Nykyään käytettävien kaapeleiden poikkipinnoissa on paljon vaihtelua 16:sta aina 300:an neliömillimetriin asti. Verkko-yhtiölle ei ole kuitenkaan optimaalinen ratkaisu mittaava taloudellisesti kaikista vaihtoehdoista tilanteeseen juuri sopiva kaapeli. Järkevää on valita muutama kaapelikoko, joista paras vaihtoehto valitaan tilanteen mukaan. Liian suuri käytössä olevien kaapeleiden määrä johtaa lisääntyneisiin työ- ja varastointikustannuksiin. [3.]

Keravan Energian keskijänniteverkon rakentamisessa käytetyt kaapelit nykyisellä valvontajaksolla ovat (AHX95), AHX150, AHX185 ja AHX240. Pienjänniteverkossa käytetyt kaapelit ovat AX35, (AX95), AX150, AX185 ja AX240. Suluissa listatut kaapelit eivät ole yleisesti käytössä, mutta niitä voidaan käyttää tilanteen sitä vaatiessa. Jokainen verkko-yhtiö määrittelee itselleen kustannuksiltaan sopivimmat poikkipinnat.

Suppea kaapelivalikoima johtaa monissa tilanteissa verkon ylimitoitukseen. Säästöjä tehdään näissä tapauksissa alentuneilla häviö- ja suunnittelukustannuksilla. Rengasmaisessa maakaapeliverkossa kuormitukset voivat olla poikkeuksellisilla jakorajoilla kaksinkertaiset normaalitilanteeseen verrattuna. Ylimitoitettu verkko mahdollistaa siten syötön

korvaamisen muista suunnista, mikä parantaa verkon toimitusvarmuutta häiriötilanteissa. [3.]

Keravan Energian saamat säästöt työ-, varastointi-, suunnittelu- ja häviökustannuksista ovat kuitenkin pienet. Käytettyjen poikkipintojen valintaan vaikuttaa eniten Energiaviraston ilmoittamat yksikköhinnat eri komponenttityypeille, ks. liite 1. Nykyisellä valvontajaksolla valituilla poikkipinnoilla verkolle saadun arvon ja investointikustannusten välinen suhde on paras. Näin verkolle saadaan mahdollisimman paljon arvoa mahdollisimman pienillä investointikustannuksilla.

Taajamissa suuri osa kaapeliverkkojen vioista johtuu kaivuutöistä. Näiden vikojen vähentämiseksi tulee kaapeleiden sijainnit selvittää ennen töiden aloittamista. Verkkoyhtiö tai kaapeleiden omistaja on veloitettu tarjoamaan tarkat kaapeleiden sijaintitiedot, tai tarvittaessa menemään paikan päälle selvittämään kaapeleiden sijainnit, jotta kaivuutyöt voidaan suorittaa ilman riskiä vian aiheuttamisesta. [3.]

#### Ilmalinjojen kaapelointi

Ilmajohdon saneeraus maakaapeliksi on yleisin tapa parantaa toimitusvarmuutta. Suunnitelman aloituspalaverissa todettiin pienjänniteverkon ilmajohtojen kaapelointi tärkeäksi saneerausta ohjaavaksi tekijäksi. Asemakaava-alueella säästä johtuvat keskeytykset eivät saa ylittää sähkömarkkinalain mukaan kuutta tuntia. Vastaava luku haja-asutusalueilla on 36 tuntia. [2.] Tästä johtuen tulisi asemakaava-alueella sijaitsevat huonokuntoiset ilmajohdot saneerata mahdollisimman nopeasti.

Ilmajohdojen nykykäyttöarvon laskennassa pylväät määrittävät suoraan ilmalinjan kunnan ja iän [13]. Keravalla sijaitsevien pylväiden kunto ja niiden ikätiedot ovat todettu riittämättömiksi, joten ilmalinjoista pyritään luopumaan korvaamalla ne maakaapeleilla.

Keskijänniteverkon ilmajohtojen saneerauksia on jo suunniteltu tavoiteverkkosuunnitelmassa. Kohdevalinnassa ne otetaan kuitenkin huomioon. Esimerkiksi tilanteet, joissa samalla kaivulla saadaan pienjänniteverkon ja keskijänniteverkon ilmajohdot kaapeloitua, tekevät kohteesta otollisen kustannustehokkaalle saneeraukselle.

## Muuntamo

Taajamissa ja haja-asutusalueella käytetyt muuntamotyypit poikkeavat merkittävästi toisistaan. Taajamissa tehovaatimukset ovat suuremmat ja niissä käytetäänkin puisto- ja kiinteistömuuntamoita riippuen asennukseen käytössä olevasta tilasta. Keravan jakeluverkossa on käytössä molempia muuntamotyyppejä, mutta kiinteistömuuntamot pyritään korvaamaan puistomuuntamoilla saneerauksen yhteydessä. Kiinteistömuuntamalla ympäristön lämpötila on korkeampi ja sallittu kuormitus on siten myös alhaisempi. [3.] Sallittua kuormitusta pienentää myös kaapeleille tehdyt läpiviennit, jotka voivat aiheuttaa tulipaloriskin ylikuormitustilanteessa. Poikkeustilanteissa käytetyt jakorajat voivat nostaa näiden kaapeleiden kuormituksen kaksinkertaiseksi aiheuttaen lisääntyvää lämpenemistä. Puistomuuntamoiden huoltotyöt ovat myös huomattavasti kiinteistömuuntamoiden huoltotöitä helpommin hoidettavissa. Esimerkiksi muuntajan vaihto kiinteistömuuntamalla on työläs prosessi, joka vaatii erikoiskalustoa ja -osaamista. Puistomuuntamalla tämä tapahtuu nopeasti irrottamalla muuntamokopin katto ja nostamalla uusi muuntaja vanhan tilalle. Kiinteistömuuntamoiden vuokrasopimusten ylläpitäminen ja hallitseminen ovat myös puistomuuntamoa työläämpiä, miksi uusien kiinteistömuuntamoiden rakentamista pyritään välttämään tilan salliessa. [12.]

Haja-asutusalueilla yleisessä käytössä olevat pylväsmuuntamot ovat toinen muuntamotyyppi, joka korvataan saneerauksen yhteydessä. Ne ovat alttiimpia eläinten ja ympäristön aiheuttamille vioille, mutta investointikustannuksiltaan huomattavasti puisto- ja kiinteistömuuntamoita halvempia. Hyvä vaihtoehtoinen muuntamotyyppi pylväsmuuntamolle on satelliittimuuntamo, jota voidaan rakenteeltaan pitää yksinkertaistettuna puistomuuntamona. Sen liittäminen keskijänniteverkkoon tapahtuu helppokäyttöisillä elbowliittimillä ja kytkinlaitteet sijaitsevat haaraa syöttävällä suuremmalla muuntamalla. [3.] Näitä muuntamoita käytetään etäisillä haja-asutusalueilla, jossa kuormitus on vähäistä, mutta toimitusvarmuutta halutaan parantaa. Keravalla sijaitsevat pylväsmuuntamot sijaitsevat alueilla, joissa satelliittimuuntamon rakentaminen ei ole kannattavaa. Saneeraus toteutetaan korvaamalla kaksi pylväsmuuntamoa, niiden väliin sijoitetulla, isomman muuntajan sisältävällä puistomuuntamalla. Kuvassa 8 on yleiskuvat puistomuuntamosta ja pylväsmuuntamosta. [12.]



Kuva 8. Kuvassa vasemmalla on yleiskuva Keravalle sijaitsevasta puistomuuntamosta ja oikealla pylväsmuuntamosta.

Vanhemmat muuntamot sisältävät komponentteja, joiden saneerauksen tärkeyttä halutaan korostaa niiden käytön turvallisuuden parantamiseksi. Muuntamoiden ”uuninluukkukytkimet” ja kosketukselle alttiit jännitteiset osat tulisi korvata uudemmillä ja turvallisemmilla vaihtoehdoilla jo ennen pitoajan loppumista. Kuvassa 9 on Keravalla sijaitseva puistomuuntamo uuninluukkukytkimillä. Uuninluukkukytkimellä tarkoitetaan varokeykintä, jonka kahvasulakkeet ovat asennettu uuninluukkumaiseen pitimeen. Virtapiiri katkaistaan avaamalla luukku. Näiden kytkinten avaaminen toteutetaan noudattamalla erillistä työohjetta ja määrätietoisella asenteella. Kytkimen avaavalla henkilöllä tulee olla käytössä valokaarelta suojaava vaatetus, kasvosuojain ja käsine. Uuninluukku kytkimet

ovat kokemuksen mukaan erityisen alttiita valokaarilla ja niitä saa operoida vain sähköalan ammattihenkilöt. [14.]



Kuva 9. Uuninluukku tyyppiset kytkimet puistomuuntamolla.

Uusille muuntamoille tulee jättää laajennusvaraa tulevaisuuden lisääntyvälle kuormitukselle ja uusille lähdöille. Niiden hankinnassa voidaan harkita kaukokäyttöominaisuuden lisäämistä. Kaukokäyttötoiminnon sisältävät muuntamot on varustettu moottoriohjauk-

silla, joiden ohjaus tapahtuu esimerkiksi GSM-liitännällä. Muuntamon kaukokäytöllä voidaan muuttaa jakorajoja nopeasti uudelleenkytkentätilanteissa, mikä vähentää asiakkaiden verkon keskeytysten pituutta vikatilanteessa. [15.]

## Jakokaappi

Jakokaapilla tarkoitetaan kaappia, jossa sijaitsee sähköjakeluverkon haaroituskohta. Ne ovat teknistaloudelliselta pitoajaltaan lyhytikäisempiä ja investointikustannuksiltaan halvempia komponentteja kuin esimerkiksi muuntamot, mutta saneeraustarve määritellään samalla tavalla, eli ikätietojen, kuormitustietojen ja kunnossapitotietojen pohjalta. Muuntamoiden tapaan jakokaapit, joissa on kosketukselle alttiita jännitteisiä osia, tulee korvata uudemmilla ja turvallisemmilla malleilla.

## 7 Tulevaisuuden näkymät

Kuormitusten kasvu vaihtelee suuresti riippuen verkon maantieteellisestä sijainnista. Kasvavissa taajamissa vuotuinen kuormitusten kasvu voi olla jopa viiden prosentin luokkaa. Viiden prosentin kasvulla tämä tarkoittaa kymmenessä vuodessa 50 % korkeampaa kuormitusta. Tilanteissa, jossa verkon kuormitus kasvaa näin nopeasti, on verkkoon tehtävä jatkuvasti uusinvestointeja siirtokapasiteetin lisäämiseksi. Suuri osa Suomessa sijaitsevista jakeluverkoista sijaitsee kuitenkin alueilla, jossa kasvu on erittäin pientä tai jopa laskevaa. Näissä tilanteissa kannattavinta on käyttövarmuuden ylläpitäminen ja ikääntymisen takia suoritettavat korvausinvestoinnit. [3.]

Keravan pohjoinen puoli on rakennettu hyvin tiiviisti ja lisääntyvä kuormitus johtuu lähes kokonaan sähkön kulutuksen kasvamisesta. Eteläisen puolen teollisuusalueilla on vielä tilaa rakentamiselle ja kuormitus voi kasvaa huomattavasti riippuen kaupungin kaava-hankkeista. Suuret tehonkasvut näillä alueilla voi johtaa uusinvestointeihin siirtokapasiteetin lisäämiseksi aina sähköasemalla asti. Kulutuksia ei ole mahdollista ennustaa tarkasti pitkälle aikavälillä. Tiiviisti rakennetuilla alueilla pyritään jakeluverkko suunnittelemaan siten, että kulutuksella on ainakin 30 %:n kasvuvara. Näin mitoitetusta verkosta saadaan hyödynnettyä sen koko teknistaloudellinen pitoaika.

Sähkön tuotantorakenne on uusiutuvan energian tarpeen lisääntyessä muutoksen edessä. Lisääntyvän tuuli- ja aurinkovoiman tuottama sähkö vaihtelee suuresti ajallisesti, koska sähköä on saatavilla vain kuin tuulee tai paistaa aurinko. Tämä kehitys johtaa vielä

suurempiin hintaheilahteluihin sähkön hinnoissa, ja kulutuksen on kannattavaa mukautua tuotannon vaihteluihin. [16.]

Tätä mukautuvaa kulutusta kutsutaan kulutusjoustoksi. Suomessa sähkölämmitteisten asuntojen omistajat ovat jo tottuneet ohjaamaan kulutustaan edullisemmille tunneille. Tämä on toteutettu esimerkiksi yöaikaan automaatiolla toimivalla lämminvesivaraajalla. Sähkölämmiteinen talo ja lämminvesivaraaja ovat luonnollisesti helppoja kohteita kulutuksen ajoittamiselle edullisille tunneille. Vastaavasti sähkön tuotannon vähentyessä, voidaan lämmitys ja ilmanvaihto säätää pienemmälle. [16.]

Kulutuksen painottaminen edullisimmille tunneille on kannattavaa sekä verkkoyhtiölle että asiakkaalle, koska korkea sähkön hinta ja verkon kuormitusaste ovat suorassa yhteydessä toisiinsa. Kun asiakkaat ohjaavat kulutustaan edullisimmille tunneille, jakeluverkon kokonaiskuormitus tasaantuu, jolloin myös verkon mitoituksessa käytettävä huipputeho pienenee.

Pientuotanto on hyvä tapa asiakkaille osallistua kulutusjousto. Edellytyksenä tälle on, että se reagoi markkinatilanteeseen ja sillä pienennetään sähkön ostoa verkosta. Tuuli- ja aurinkovoiman huonona puolena voidaan pitää kuitenkin sen joustamatonta luonnetta. Koska pientuotanto ei ole joustavaa, kulutuksen on oltava. Sähkön varastoiminen akkuihin on luonnollinen ratkaisu tälle, koska näin tuotettu energia voidaan varastoida ja käyttää asiakkaalle sopivimpaan aikaan. Näin kuluttajalle tarjotaan entistä paremmat mahdollisuudet kulutusjoustoille, ja osallistumiselle sähkömarkkinoille. [17.] Akkuun investointi pientuotannon lisäämisen yhteydessä mahdollistaa asiakkaan jakeluverkosta ottaman sähkön ajoittamisen pois suurimmilta kuormitustunneilta, joka parantaa verkon tehotasapainoa. Akut ovat tällä hetkellä melko suuri investointi, mutta uusiutuvan energian ja sähköautojen suosion kasvaessa on niiden kehitystä viety jatkuvasti eteenpäin. Tämä johtaa parempiin akkuihin pienemmällä kustannuksella. Esimerkiksi Litium-ioni akkumoduulien hinnat ovat pudonneet huomattavasti vuodesta 2010. Silloin ne maksoivat noin 860 €/kWh, kun tällä hetkellä niiden hinta on keskimäärin 179 €/kWh. [18.]

Akkuteknologian kehittyessä ja kustannusten pienentyessä tulee sähköautoista entistä parempi vaihtoehto perinteiselle polttomoottorilla toimivalle autolle. Sähköautojen kasvava suosio tulee näkymään sähkön kulutuksen kasvamisena. Akkujen älykkäällä latauksella ne kuitenkin parantavat verkon tehotasapainoa ja asiakkaan mahdollisuutta

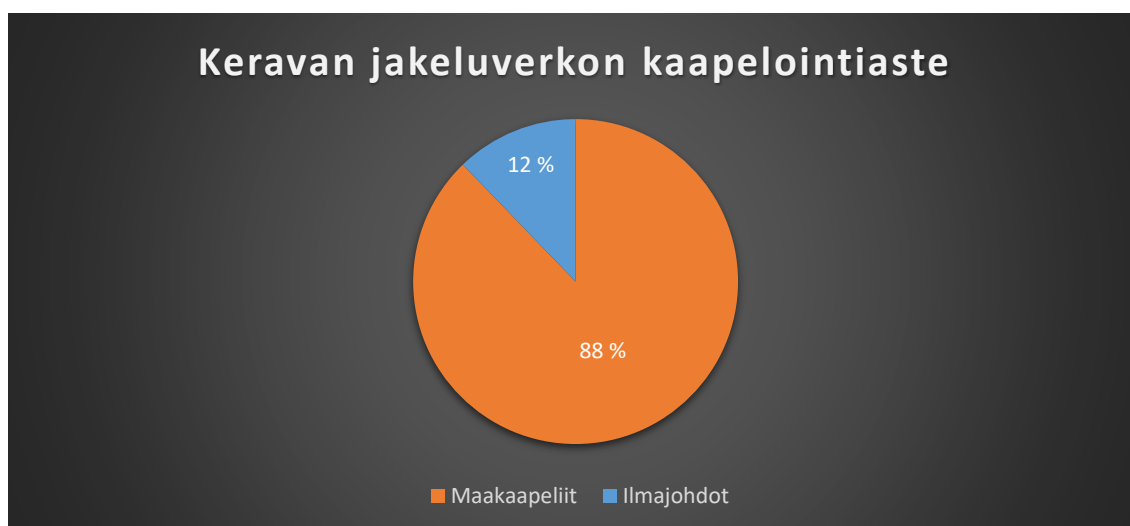
osallistua kulutusjousto. [16.] Huonosti toteutettuna akkujen lataaminen ajoittuu juuri suurimmille tehopiikeille, kasvattaen niitä entisestään.

## 8 Saneerauksen kohteiden määrittäminen

### 8.1 Verkon nykytila

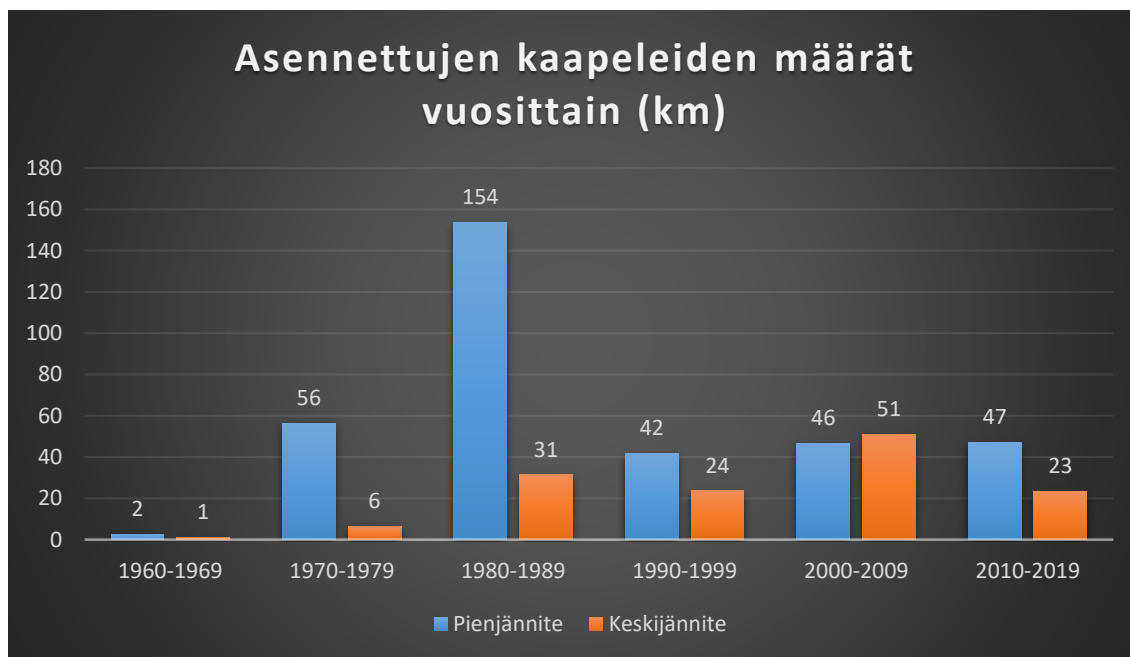
Sähköverkon nykytilan perusteellinen tietämys helpottaa verkon kehittämistä monin tavoin. Numeerisilla laskenta- ja mittaustuloksilla voidaan saada tietoa verkon suorituskyvystä ja esimerkiksi kuormituksen kasvun vaikutukset voidaan laskea helposti. Saneeraus suunnitelman kannalta tärkeimmät nykytilaa kuvaavat suureet ovat verkon ikä, kuormitettavuus ja kunnossapitotiedot. [3.]

Kerava on tiiviisti rakennettu pieni kaupunki, jossa kaapelointi maan alle on ollut kannattavaa jo vuosikymmeniä [1]. Siirtotehot taajamissa ovat niin suuret, että huono käyttövarmuus nostaisi keskeytyskustannukset todella suuriksi. Toinen syy kaapeloinnille on tilan puute. Koska tilaa ei ole riittävästi ilmajohdoille, jää kaapelointi ainoaksi toteutettavaksi ratkaisuksi. [19.] Tätä kuvastaa hyvin Keravan korkea, lähes 90 prosentin kaapelointiaste (kuva 10). Keravan itäisellä puolella sijaitsevilla haja-asutusalueilla on ilmajohdot käytössä enemmän, mikä vaikuttaa kaapelointiasteeseen negatiivisesti. Asemakaava-alueet ovat kuitenkin kaapeloitu lähes kokonaan. Korkea kaapelointiaste tekee Keravalla sijaitsevasta jakeluverkosta lähes säävarman.



Kuva 10. Keravan sähköverkon kaapelointiaste verkkotietojärjestelmästä haetuilla tiedoilla.

Keravan sähköverkko on laadukas, mutta suuri osa verkosta on iäkästä ja saneeraustarpeessa seuraavan 20 vuoden aikana. Keski- ja pienjänniteverkkojen saneeraus katsotaan säteittäisen pienjänniteverkon saneerausta tärkeämmäksi, sillä keskeytykset näissä vaikuttavat määrällisesti suuriin määriin asiakkaita. Iäkäs verkko onkin ongelma niin pienjännite- kuin keski- ja pienjänniteverkossa, mutta ongelma korostuu pienjänniteverkossa. Kuvassa 11 nähdään hyvin keski- ja pienjänniteverkkojen ikäjakauma. Valitut pitoajat maakaapeille pienjännite- ja keski- ja pienjänniteverkossa ovat 50 vuotta. Tämä tarkoittaa, että 61 % Keravan pienjänniteverkosta tulisi saneerata seuraavan 20 vuoden aikana. Keski- ja pienjänniteverkossa vastaavasti tämä luku on 28 %. Todellisuudessa kaupungin tulevat kaavahankkeet mahdollistavat uuden verkon rakentamisen, joten 20 vuoden päästä saneerattavan verkon osuus kokonaisverkosta on pienempi kuin tällä hetkellä.



Kuva 11. Verkkotietojärjestelmästä haettujen käytössä olevien kaapeleiden määrät keski- ja pienjänniteverkkoissa asennusvuosittain.

Verkon nykytilan selvittäminen ja laskentojen suorittaminen ennusteiden mukaisella kuormituksella antavat suunnittelijoille tietoa missä kohtaa verkkoa mahdolliset pullonkaulat sijaitsevat ja miten verkkoa kannattaa parantaa [3]. Pullonkauloilla tarkoitetaan tämän työn yhteydessä johtimia tai komponentteja, joiden kuormitettavuus ei ole riittävä nyt, tulevaisuudessa tai poikkeuksellisissa kytkentätilanteissa. Keravan sähköverkon

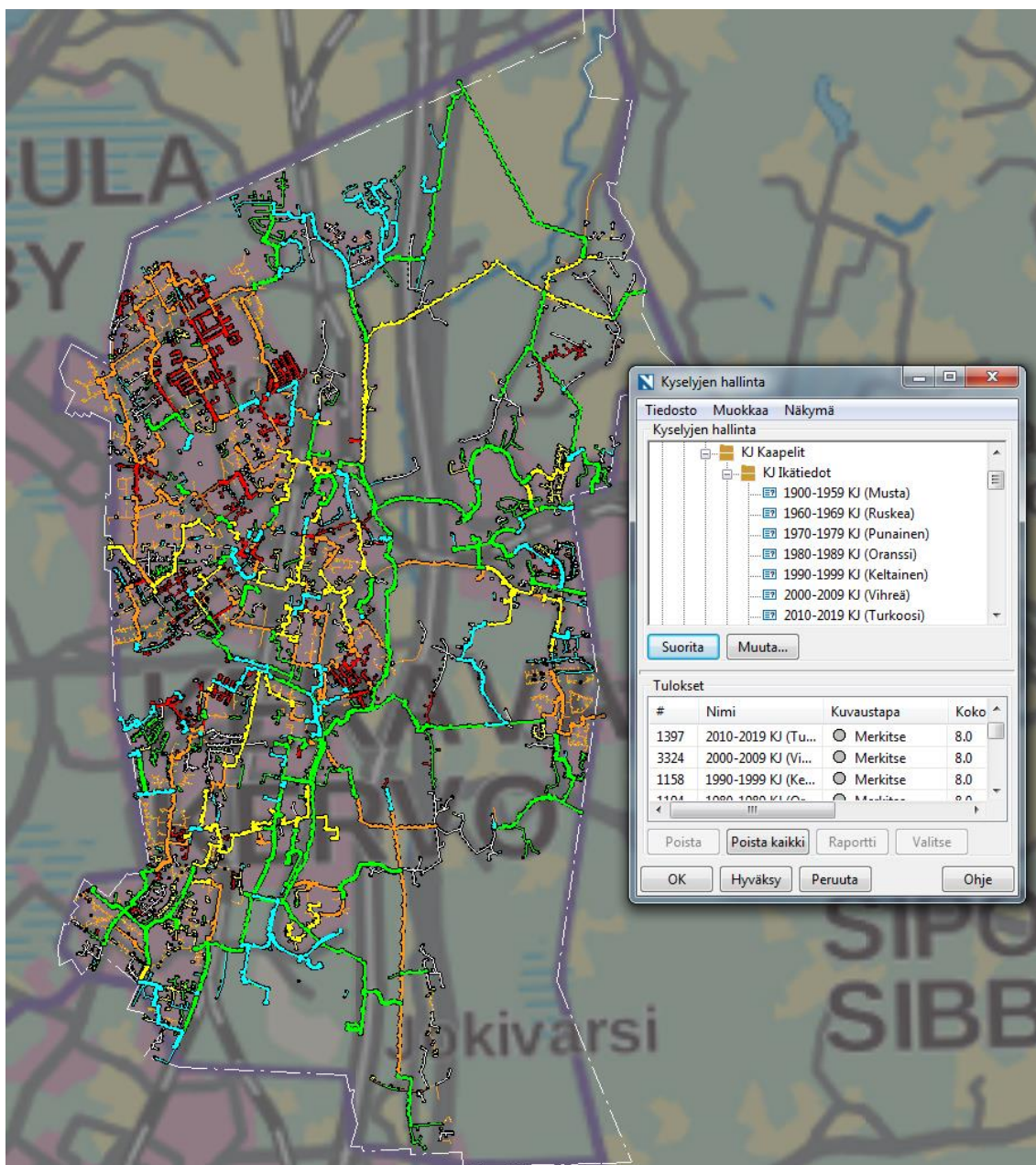
tilanne on hyvä nykyisillä jakorajoilla, mutta poikkeuksellisessa korvauskytkennässä tai kuormituksen kasvaessa pienimmät kaapeleiden poikkipinnat voivat aiheuttaa ongelmia. Nykyiset asennuksissa käytetyt kaapelit ovat poikkipinnaltaan käytössä olevia suurempia. Pienimmät poikkipinnat omaavat kaapelit ovat myös useimmissa tapauksissa asennusvuosiltaan vanhimpia, joten verkon vahvistus tapahtuu luonnollisesti ikätietojen mukaan suoritettavien korvausinvestointien yhteydessä. Liitteessä 2 on esitetty Keravan keskijännitelähtöjen korkeimmat kuormitusasteet ja merkitty lähtöjen pienimmät poikkipinnat omaavat kaapelit.

## 8.2 Aluejako

Keravan sähköverkon saneeraus päätettiin toteuttaa jakamalla verkko alueisiin ja vertaamalla niiden primäärikomponenttien ikä-, kuormitus- ja kuntotietoja keskenään. Vertailun pohjalta alueet laitetaan tärkeysjärjestykseen, jossa heikkokuntoisimmat ovat ensimmäisinä listalla saneeraukselle.

Keravan sähköverkko on jaettu 12 kunnossapitoalueeseen, mutta niin suurten alueiden vertailu keskenään ei ole kannattavaa, sillä jokaiselle alueelle tulisi silloin paljon hyvä- ja huonokuntoista verkkoa, eikä alueita voitaisi verrata toisiinsa järkevästi. Saneerauskohteiden vertailu muuntopiireittäin on toinen vaihtoehto, mutta muuntopiirien suuri lukumäärä tekisi siitä liian työlästä. Alueet tuleekin määrittää siten, että niistä saadaan järkevän kokoisia kokonaisuuksia.

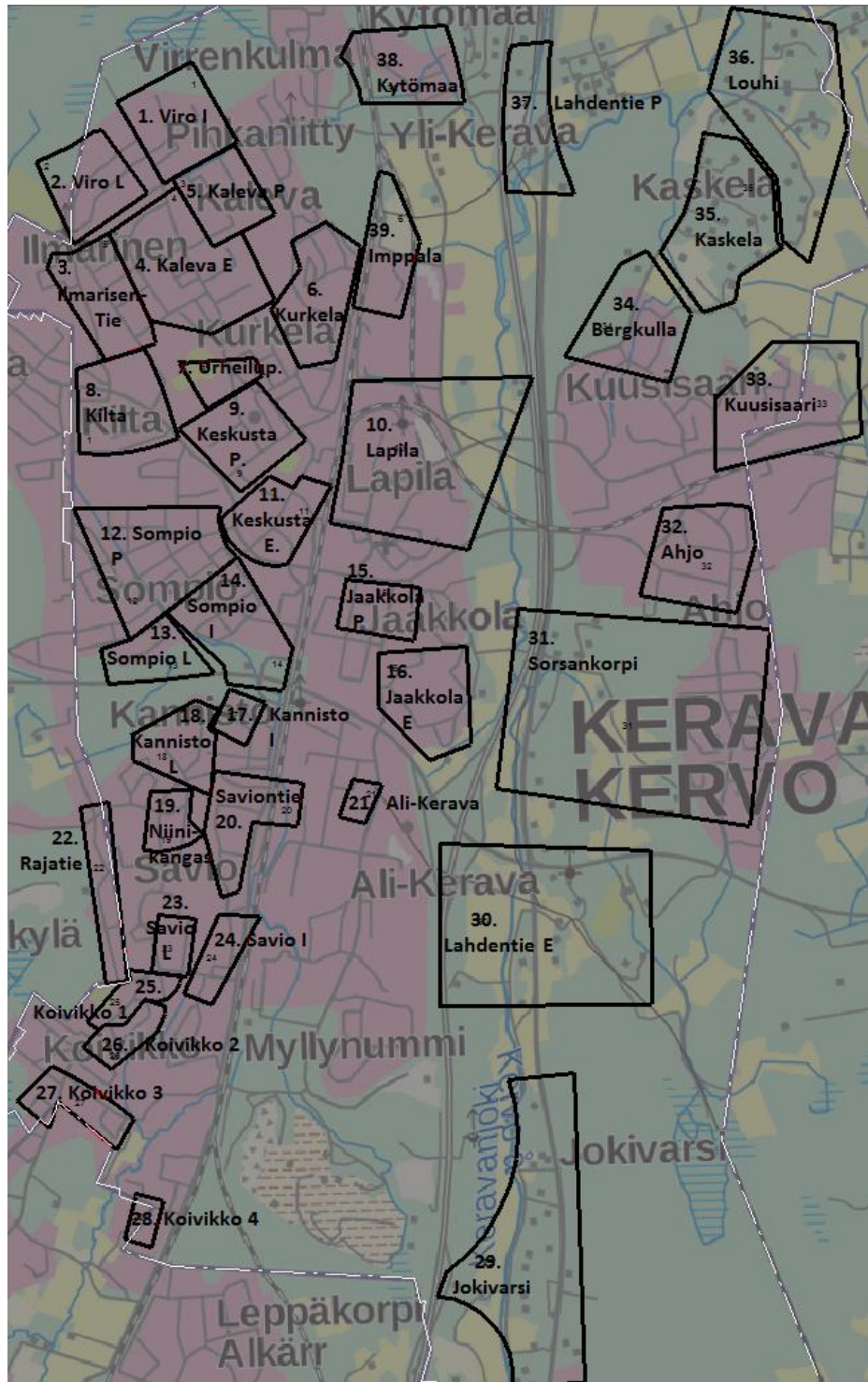
Koska Keravan sähköverkon kuormitettavuus on riittävä, ovat ikätiedot tärkein saneerausta ohjaava tekijä. Komponenttien ikätiedot saadaan havainnollistettua helposti kartalla Trimble NIS -sovelluksen kyselyillä. Kuvassa 12 näkyy Keravan keski- ja pienjänniteverkkojen eri ikäluokkien kaapelit korostettuna eri väreillä. Kuva havainnollistaa hyvin, miten Keravan jakeluverkon eri ikäluokat ovat sijoittuneet kartalle.



Kuva 12. Keski- ja pienjänniteverkkojen eri ikäluokat korostettuna väreillä verkkotietojärjestelmässä. Keski-jänniteverkko maalattu paksummalla viivalla.

Ikätietojen pohjalta verkko voidaan jakaa sopivan kokoiisiin alueisiin. Taajamissa jakeluverkko on rakennettu tiiviimmin, joten siellä alueiden tulee olla pinta-alaltaan pienempiä kuin haja-asutusalueilla. Haja-asutusalueella taas alue voi olla pinta-alaltaan huomattavasti suurempi, koska verkko on rakennettu väljemmin. Hyvin rajattu alue sisältää jonkin selkeän osan verkkoa ja pysyy saneeraukselle määrätyn vuotuisen budjetin alapuolella.

Jaossa Keravan sähköverkosta rajattiin 39 eri saneeraustarpeessa olevaa aluetta. Alueet, joita ei ole rajattu, eivät ole suunnitelmalle ajankohtaisia saneerauskohteita. Valmiit alueet näkyvät kuvassa 13.



Kuva 13. Keravan sähköverkon saneeraustarpeessa olevat osat rajattuina.

### 8.3 Alueiden vertailu

Jotta alueita voitaisiin vertailla keskenään, on niiden sisältämien komponenttien tiedot selvitettävä perusteellisesti. Tämän mahdollistaa Trimble NIS -sovellus, jolla alueen sisältämien komponenttien tiedot voidaan tulostaa Excel-taulukoihin. Suora Excel-tuloste on vaikeasti luettava, eikä sisällä esimerkiksi komponenttien kuormitusasteita tai kuntotietoja. On siis tärkeää tehdä tiivistelmä alueen sisältämistä komponenteista, jonne lisätään niiden kuormitustiedot ja kuntotiedot verkkotietojärjestelmästä, sekä kaupungin kaavoitussuunnitelmat. Kuormitustiedot saadaan laskettua verkostolaskentasovelluksella, mutta kuntotiedot ja kaupungin kaavoitussuunnitelmat pitää hakea jokaiselle alueelle erikseen manuaalisesti. Taulukossa 2 on esimerkki alueen 9 keskijännitekaapeleiden tiivistelmästä.

Taulukko 2. Tiivistelmä alueen 9 keskijännitekaapelityypeistä, ikätiedoista ja määristä.

Keskijännitekaapelit					
Kaapelityypit (m)					
Asennusvuosi	PYL50	APY70	APY120	AHXW120	Summa
1966		551,4			551,4
1979	495,8				495,8
1981			9,3		9,3
1987			160,1		160,1
1988			97,2		97,2
1989				59,6	59,6
1997			156,6		156,6
2005				69,5	69,5
2007				153,5	153,5
Summa	495,8	551,4	423,2	282,7	1 753,1

Alustavasti tarkoituksena oli verrata alueita niiden keski-ikä tietojen perusteella, mutta koska saneerauksessa halutaan priorisoida ikääntyneitä komponentteja, joiden viat vaikuttavat suuriin asiakasmääriin, kuten muuntamoita ja keskijännitekaapeleita, tästä tavasta päätettiin luopua. Alueiden vertailu niiden sisältämien komponenttien arvon perusteella on luonnoltaan parempi vaihtoehto, koska suuriin asiakasmääriin vaikuttavat komponentit ovat myös investointikustannuksiltaan suuremmat. Käytännössä tämä toteutuu vertaamalla verkon jälleenhankinta-arvoa ja nykykäyttöarvoa keskenään, joka mahdollistaa myös kooltaan toisistaan poikkeavien alueiden vertailun, kun verrattava suure on suhdeluku. Verkon nykykäyttö- ja jälleenhankinta-arvon vertailussa päätettiin seurata

vain 2000-lukua aikaisemmin asennettuja komponentteja, sillä sitä uudemmat asennukset eivät ole oleellisia saneeraussuunnitelmalle. Verkon jälleenhankinta-arvo on laskettavissa helposti kaavalla 2.

$$JHA = \text{yksikköhinta} * \text{määrä} \quad (2)$$

JHA on oikaistu jälleenhankinta-arvo tietyille verkkokomponenteille

yksikköhinta on liitteen 1 mukainen Energiaviraston määrittämä yksikköhinta laskettavalle komponenttityypille

määrä on laskettavien verkkokomponenttien lukumäärä.

Nykykäyttöarvon laskennassa käytetty kaava 1 on esitetty luvussa 5.3. Taulukossa 3 on aikaisemmin mainitun alueen 9 jälleenhankinta-arvot (JHA) ja nykykäyttöarvot (NKA) laskettuna energiaviraston ilmoittamilla yksikköhinnoilla, sekä Keravan Energian valitsemilla pitoajoilla. (Liite 1.)

Taulukko 3. Tiivistelmä alueen keskijännitekaapelityypeistä, ikätiedoista ja määristä, jossa niiden lisäksi laskettuna verkon nykykäyttöarvo ja jälleenhankinta-arvo.

Keskijännitekaapelit							
Kaapelityypit (m)							
Asennusvuosi	PYL50	APY70	APY120	AHXW120	Summa	JHA	NKA
1966		551,4			551,4	13 399,2	
1979	495,8				495,8	12 047,1	2 409,4
1981			9,3		9,3	274,4	65,8
1987			160,1		160,1	4 738,2	1 705,7
1988			97,2		97,2	2 878,2	1 093,7
1989				59,6	59,6	1 765,2	706,1
1997			156,6		156,6	4 636,6	2 596,5
2005				69,5	69,5		
2007				153,5	153,5		
Summa	495,8	551,4	423,2	282,7	1 753,1	39 738,9	8 577,3

Kun kaikille alueiden sisältäville komponenttityypeille on laskettu jälleenhankinta- ja nykykäyttöarvo, voidaan aloittaa niiden vertailu keskenään. Vertailuun käytetään kustannukset huomioivaa pitoajan käytettyä osuutta (KHPKO), joka lasketaan kaavalla 3. Mitä

korkeampi KHPKO-luku on, sitä tärkeämpänä sen saneerausta voidaan pitää. 100 % KHPKO-luku tarkoittaa alueen verkon olevan täysin arvotonta, kun taas 0 % tarkoittaa verkon olevan täysin uutta. Saneeraussuunnitelmassa ei kuitenkaan huomioida vuonna 2000 tai sen jälkeen asennettuja verkkokomponentteja, joten KHPKO-luvut ovat sen seurauksena todellista tilannetta korkeampia.

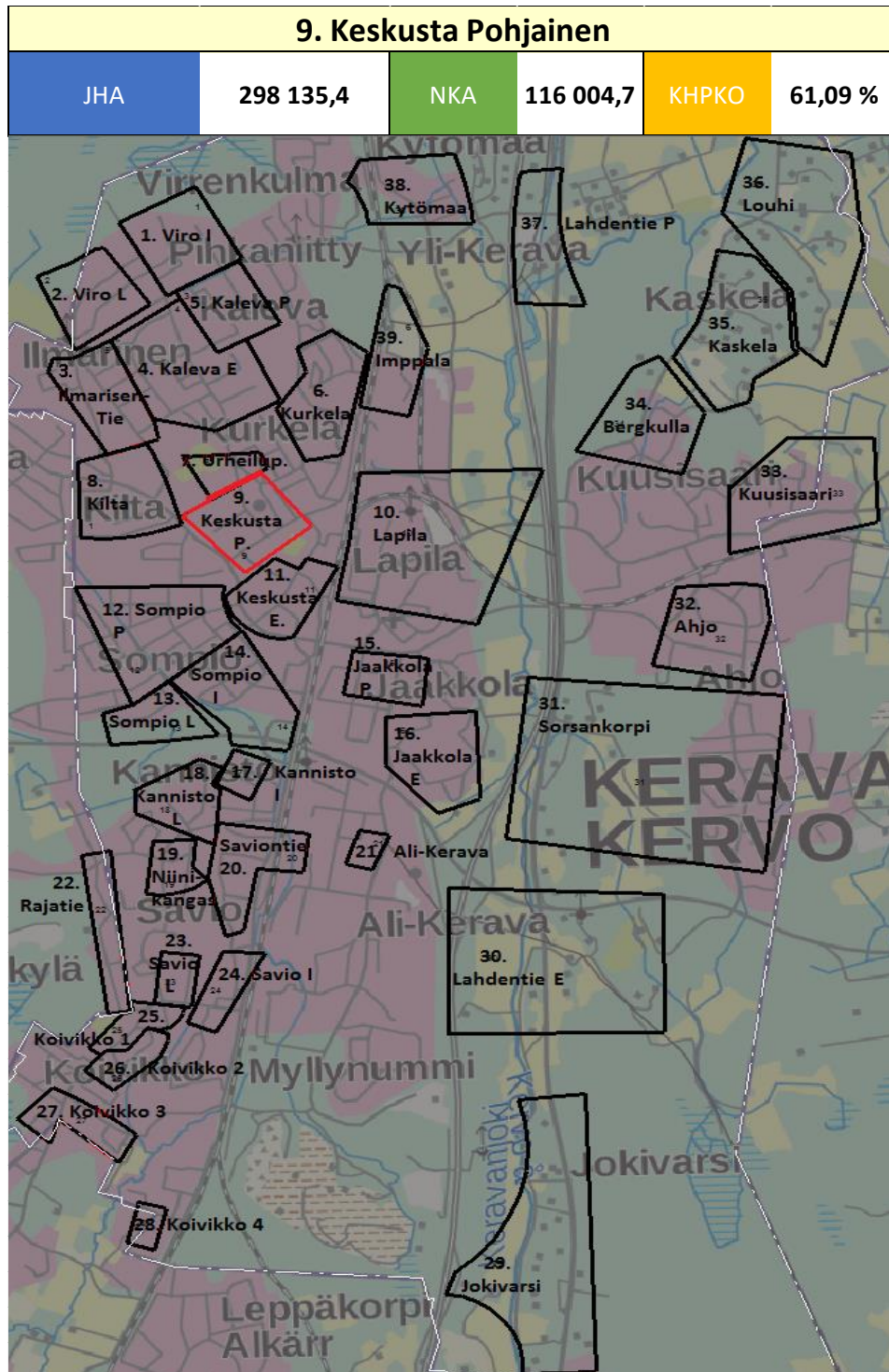
$$KHPKO = \frac{JHA - NKA}{JHA} \quad (3)$$

KHPKO on kustannukset huomioiva pitoajan käytetty osuus

JHA on oikaistu jälleenhankinta-arvo alueen komponenteille

NKA on oikaistu nykykäyttöarvo alueen komponenteille.

Kuvassa 14 on aikaisemmin käsitellyn alueen 9 kaikkien primäärikomponenttien jälleenhankinta- ja nykykäyttöarvot summattuna, sekä KHPKO-luku esitettynä, joka tässä tapauksessa on 61,09 %. Luku on alhaisimmasta päästä ja voidaankin olettaa, että alue ei ole kriittisessä saneeraustarpeessa, vaikka se sisältää vanhentunutta keskijänniteverkkoa. Tämä johtuu alueen muiden primäärikomponenttien suhteellisen hyvästä kunnosta. Liitteessä 3 on esimerkkinä alueen 8 kaikkien primäärikomponenttien nykykäyttö- ja jälleenhankinta-arvot, sekä KHPKO-luku. Liite pitää sisällään myös alueen 8 muuntamoiden kuormitukset, kaupungin kaavahankkeet sekä komponenttien kuntotietoja.



Kuva 14. Alueen nykykäyttö- ja jälleenhankinta-arvo laskettuna, sekä niiden välinen KHPKO-luku näkyvillä. Alue on korostettu kartalla punaisella värillä.

Taulukossa 4 alueet on järjestetty suurimman KHPKO-luvun mukaan. Taulukkoa tarkasteltaessa huomataan, että suurin osa korkeista KHPKO-luvuista löytyy Keravan läntisiltä taajama-alueilta, joiden saneeraustarve on itäisen puolen haja-asutusalueita suurempi.

Taajama-alueiden saneerausta priorisoidaan, koska esimerkiksi yksittäisen vioittuneen maakaapelin paikantaminen ja korjaaminen tiheästi asutetussa taajamassa on kohtuuttoman kallista.

Taulukko 4. Saneerattavat alueet järjestettynä KHPKO-luvun mukaan.

Alue nro	KHPKO (%)	JHA (€)	NKA (€)
5	88,26	238 586	28 005
6	88,25	236 418	27 781
23	84,24	138 272	21 789
16	82,67	251 838	43 640
18	79,11	84 767	17 711
8	78,65	269 887	57 622
4	78,28	461 055	100 124
19	76,1	76 437	18 267
29	76,03	72 072	17 277
21	75,85	45 048	10 880
10	74,72	599 787	151 613
2	74,56	133 892	34 058
12	74,09	394 508	102 209
30	74,03	93 240	24 216
20	72,42	166 336	45 871
13	72,17	67 030	18 658
22	71,82	42 825	12 068
14	71,67	246 534	69 853
25	71,58	38 493	10 940
35	71,18	87 401	25 191
11	70,95	342 254	99 427
38	70,75	33 637	9 839
37	70,68	36 532	10 712
17	70,37	68 944	20 426
34	70,13	40 501	12 098
1	70,08	279 850	83 734
39	69,22	34 738	10 692
3	68,8	271 426	84 675
28	68,57	12 025	3 779
36	68,08	103 749	33 121
27	66,2	129 235	43 677
7	66,11	140 294	47 548
15	65,51	167 968	57 933
31	63,52	380 878	138 944
26	61,97	59 372	22 577
9	61,09	298 135	116 005
32	58,65	207 858	85 948
33	58,02	103 287	43 359
24	57,9	264 096	111 193

#### 8.4 Saneerauksen budjetti ja toteutusaikataulu

Keravan Energian vuotuinen budjetti saneeraukselle on tyypillisesti 500 000 euron luokkaa. Alueista tulisikin muodostaa suunnilleen tämän arvioidun budjetin mukaisia kokonaisuuksia. Esimerkiksi pieniä alueita, joiden jälleenhankinta-arvo vanhoille komponenteille on alle 100 000 euron, mahtuisi tähän vuotuisen arvioon viisi kappaletta. Puolestaan alueet, jotka yksin ylittävät vuotuisen arvioidun budjetin rajan, tulee saneerata hakemalla lisärahoitusta mieluummin kuin jakamalla alueen saneerauksen usealle vuodelle. Alueen saneeraukseen kuluvia kustannuksia ei voida kuitenkaan suoraan katsoa vanhojen komponenttien jälleenhankinta-arvon mukaan, sillä uudet poikkipinnaltaan tai nimellisteholtaan suuremmat verkkokomponentit ovat investointikustannuksiltaan huomattavasti vanhoja kalliimpia. Liitteen 1 yksikköhintoja tarkastellessa on kuitenkin havaittavissa, että joissain tapauksissa, kuten ilmalinjojen saneerauksessa on maakaapeleiden yksikköhinnat huomattavasti ilmalinjoja pienemmät. On siis tehtävä herkkyystarkastelua, jonka perusteella määritellään korjauskertoimen alueen jälleenhankinta-arvolle. Korjauskertoimen ja jälleenhankinta-arvon tulon katsotaan olevan lähellä todenmukaisten kustannusten määrää. Verratessa tällä valvontajaksolla käytössä olevia sekä vanhoja verkon komponentteja todettiin todellista tilannetta hyvin kuvaavaksi korjauskertoimeksi 1,5. Taulukossa 5 on aiemmin esitetyn taulukon 4 jälleenhankinta-arvot kerrottuna korjauskertoimella. Taulukon järjestys on vielä suurimman KHPKO-arvon mukainen.

Taulukko 5. Alueet järjestettynä korkeimman KHPKO-luvun mukaan. Jälleenhankinta-arvo on kerrottu korjauskertoimella 1,5, joka kuvastaa paremmin todellisten investointien suuruutta.

Alue nro	KHPKO (%)	JHA (€) Kertoimella
5	88,26	357 879
6	88,25	354 626
23	84,24	207 408
16	82,67	377 756
18	79,11	127 151
8	78,65	404 831
4	78,28	691 583
19	76,1	114 655
29	76,03	108 108
21	75,85	67 573
10	74,72	899 681
2	74,56	200 839
12	74,09	591 762
30	74,03	139 861
20	72,42	249 504
13	72,17	100 546
22	71,82	64 238
14	71,67	369 801
25	71,58	57 739
35	71,18	131 102
11	70,95	513 380
38	70,75	50 455
37	70,68	54 797
17	70,37	103 416
34	70,13	60 752
1	70,08	419 776
39	69,22	52 107
3	68,8	407 139
28	68,57	18 037
36	68,08	155 624
27	66,2	193 853
7	66,11	210 441
15	65,51	251 952
31	63,52	571 317
26	61,97	89 058
9	61,09	447 203
32	58,65	311 788
33	58,02	154 931
24	57,9	396 144

Näistä alueista kootaan vuotuisen saneerausbudjetin kokoisia kokonaisuuksia, aloittamalla alueista, joilla on korkeimmat KHPKO-luvut. Suunnitelmalla ei ole asetettu tarkkaa aikataulua, vaan vuotuinen budjetti ja alueiden saneeraukseen kuluvat kustannukset

määrittävät kuinka kauan suunnitelman toteutus kestää. Taulukossa 6 on esitetty alueiden saneerausaikataulu ja vuotuinen kustannusarvio. Keravan Energian vuotuisella budjetilla tämän suunnitelman käsittelemien alueiden saneeraus olisi valmis vuoteen 2039 mennessä.

Taulukko 6. Alueiden saneerauksen toteutusaikataulu ja vuotuinen kustannusarvio

Saneerausvuosi	Kustannusarvio (€)	Saneerattavat alueet
2020	565 286	5, 23
2021	481 778	6, 18
2022	492 411	16, 19
2023	512 939	8, 29
2024	691 583	4
2025	517 915	2, 20, 21
2026	899 681	10
2027	591 762	12
2028	493 485	30, 13, 22, 25, 35
2029	475 053	14, 37, 38
2030	513 380	11
2031	523 191	1, 17
2032	519 997	3, 34, 39
2033	456 572	26, 27, 28, 36
2034	462 393	7, 15
2035	571 317	31
2036	447 203	9
2037	466 718	32, 33
2038	396 144	24

## 9 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoitus oli suunnitella alueittain toteutettava saneerausta ohjaava pitkän tähtäimen yleissuunnitelma. Työ on ajankohtainen, sillä suuri osa Keravan sähköverkosta lähenee pitoaikansa loppua. Verkon analysoinnissa käytettiin Keravan Energian käyttämää verkkotietojärjestelmää, joka osoittautui tehokkaimmaksi suunnittelun työkaluksi. Työn alussa onkin käsitelty verkkotietojärjestelmää ja sen eri sovelluksia, joita käytettiin yleissuunnitelman laatimisessa.

Verkkoyhtiön tulonmuodostus ja investointien kannattavuus määräytyvät suoraan viranomaissäätelystä. Saneerausstrategia on tästä syystä hyvinkin paljon kiinni voimassa ole-

vasta valvontamallista. Insinööriyössä käytiin lyhyesti läpi, miten verkkoyhtiön tulo muodostuu ja mitkä taloudelliset seikat tulee huomioida saneerauksen yleissuunnitelmassa. Kannustimista eniten saneeraukseen vaikuttavana voidaan pitää investointikannustinta, joka ohjaa verkkoyhtiötä toimimaan mahdollisimman kustannustehokkaasti saneerausten toteuttamisessa.

Kaupungin kaavahankkeet vaikuttavat voimakkaasti saneerauksen yleissuunnitelmaan, mutta työn aikana todettiin, että niiden epävarma luonne tekee kaavahankkeiden käytöstä vaikeaa. Yleissuunnitelman lopputulos ei ota huomioon kaupungin kaavahankkeita ja sitä tuleekin päivittää niiden mukaan. Insinööriyön keskiosassa käsitelläänkin saneerauksen suunnittelussa huomioitavia tekijöitä. Saneerattavien alueiden määrittämiseen päätettiin käyttää pääasiassa verkon ikätietoja, mahdollisesti nostaten joidenkin alueiden tärkeyttä saneeraukselle kuntotietojen, komponenttityyppien ja kuormitustietojen perusteella.

Kun kaikki saneerauksen suunnittelussa huomioitavat tekijät oli käyty läpi, pystyttiin jakeluverkko rajaamaan saneeraustarpeessa oleviin alueisiin ikätietojen perusteella. Insinööriyön loppuosa käsittelee aluerajauksia ja rajattujen alueiden vertailua keskenään. Lopputulos insinööriyöstä on ikätietoihin perustuvan saneerauksen toteutusaikataulu ja saneerattavien alueiden kustannusarviot.

## Lähteet

- 1 Keravan Energian -yhtiösivut. Verkkoaineisto. <<https://www.keravanenergia.fi/>>. Luettu 12.12.2018.
- 2 Sähkömarkkinalaki. 9.8.2013/588. Verkkoaineisto. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>>. Luettu 3.1.2019.
- 3 Lakervi, E. & Partanen. J. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatieto, 2008.
- 4 Trimble Oy verkkosivut. Verkkoaineisto. <<https://utilities.trimble.fi/trimble-nis-sahko-verkoille.html>>. Luettu 3.1.2019.
- 5 Energiavirasto. valvontamenetelmät vuosille 2016-2023. Verkkoaineisto. <<https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12766832/Valvontamene-telm%C3%A4t-s%C3%A4hk%C3%B6njakelu-2016-2023.pdf/72eac45f-4fe0-6b0a-d5f7-e89ee97b89fc/Valvontamene-telm%C3%A4t-s%C3%A4hk%C3%B6njakelu-2016-2023.pdf.pdf>>. Luettu 18.1.2019.
- 6 Traficom. Verkkojen yhteisrakentaminen säästää resursseja. Verkkoaineisto. <<https://www.traficom.fi/fi/viestinta/viestintaverkot/verkkojen-rakentaminen/yhteisra-kentaminen>>. Luettu 25.1.2019.
- 7 Laki verkkoinfrastruktuurin yhteisrakentamisesta ja -käytöstä. 22.4.2016/276. Verkkoaineisto. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20160276>>. Luettu 1.2.2019.
- 8 Keravan kaupunki. Kaavoituskatsaus. Verkkoaineisto. <[https://www.kerava.fi/Documents/Asuinymp%C3%A4rist%C3%B6%20ja%20rakentaminen/Kaavoitus/Kaavoituskatsaus\\_2019\\_web.pdf](https://www.kerava.fi/Documents/Asuinymp%C3%A4rist%C3%B6%20ja%20rakentaminen/Kaavoitus/Kaavoituskatsaus_2019_web.pdf)>. Luettu 8.2.2019.
- 9 Verkostosuositus SA 5:94. Keskijänniteverkon sähköinen mitoittaminen. Adato Energia Oy.
- 10 Verkostosuositus SA 2:08. Pienjänniteverkon ja jakelumuuntajan sähköinen mitoittaminen. Adato Energia Oy.
- 11 Sähköturvallisuuslaki. 16.12.2016/1135. Verkkoaineisto. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161135>>. Luettu 1.3.2019.
- 12 Kaarakainen, Janne. Suunnittelupäällikkö, Keravan Energia -yhtiöt. Haastattelu 8.3.2019.
- 13 Energiavirasto. Keski-ian huomiointi sähköverkon nykykäyttöarvon laskennassa. Verkkoaineisto. <<https://docplayer.fi/28941447-Keski-ian-huomiointi-sahkoverkon-nykykayttoarvon-laskennassa.html>>. Luettu 15.3.2019.

- 14 Sesko. Työskentely jännitteettömänä. Verkkoaineisto. <[https://www.sesko.fi/files/871/SFS\\_6002\\_Tyoskentely\\_jannitteettomana\\_17.pdf](https://www.sesko.fi/files/871/SFS_6002_Tyoskentely_jannitteettomana_17.pdf)>. Luettu 22.3.2019.
- 15 Norelco. Puistomuuntamot. Verkkoaineisto. <[https://www.norelco.fi/wp-content/uploads/2016/03/NPM\\_puistomuuntamoosite\\_2009\\_web.pdf](https://www.norelco.fi/wp-content/uploads/2016/03/NPM_puistomuuntamoosite_2009_web.pdf)>. Luettu 22.3.2019
- 16 Energiateollisuus. Sähköä kannattaa käyttää joustavasti. Verkkoaineisto. <[https://energia.fi/perustietoa\\_energia-alasta/energiamarkkinat/sahkomarkkinat/kulutusjousto](https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiamarkkinat/sahkomarkkinat/kulutusjousto)>. Luettu 28.3.2019.
- 17 Motiva. Valmistaudu kulutusjousto. Verkkoaineisto. <[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/valmistaudu\\_sahkon\\_kulutusjousto](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/valmistaudu_sahkon_kulutusjousto)>. Luettu 28.3.2019.
- 18 Bloomberg. The Latest Bull Case For Electric Cars: the Cheapest Batteries Ever. Verkkoaineisto. <<https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-12-05/latest-bull-case-for-electric-cars-the-cheapest-batteries-ever>>. Luettu 3.4.2019
- 19 Eskelinen. J. Diplomityö. Sähkönjakeluverkon käyttövarmuuden kehittäminen. Verkkoaineisto. <<http://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/42784/nbnfi-fe200811212111.pdf?sequence=3&isAllowed=y>>. Luettu 5.4.2019.

## Liite 1. Energiaviraston määrittelemät pitoaikavälit ja yksikköhinnat [5]

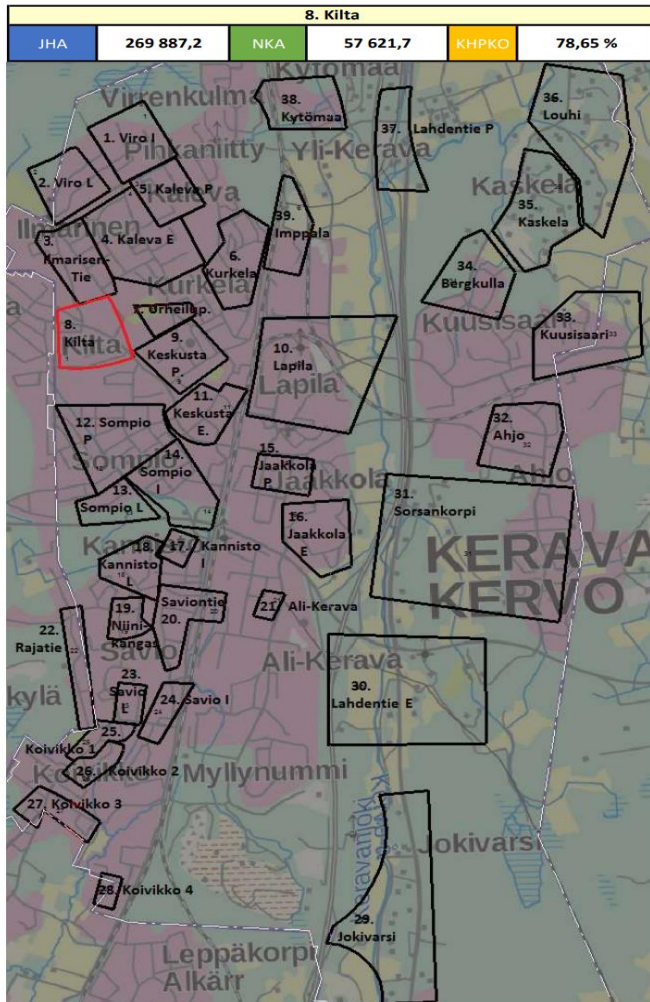
<b>Jakeluverkon verkkokomponenttien yksikköhinnat ja pitoajat</b>				
<b>0,4 kV ILMAJOHDOT</b>				
Verkkokomponentti	Yksikkö	Yksikköhinta, euroa	Pitoaikaväli, vuotta	Pitoaika
AMKA 16 -25 mm <sup>2</sup>	km	16 600	35 - 45	45
AMKA 35 - 50 mm <sup>2</sup>	km	17 300	35 - 45	45
AMKA 70 mm <sup>2</sup>	km	19 600	35 - 45	45
AMKA 95 mm <sup>2</sup>	km	21 500	35 - 45	45
AMKA 120 mm <sup>2</sup>	km	23 300	35 - 45	45
<b>20 kV ILMAJOHDOT</b>				
Sparrow tai pienempi	km	21 800	40 - 50	50
Raven	km	25 100	40 - 50	50
Pigeon	km	29 100	40 - 50	50
Al 132 mm <sup>2</sup> tai suurempi	km	30 800	40 - 50	50
Päällystetty avojohto 35 - 70 mm <sup>2</sup>	km	31 300	40 - 50	50
Päällystetty avojohto 95 - 120 mm <sup>2</sup>	km	35 100	40 - 50	50
Päällystetty avojohto yli 120 mm <sup>2</sup>	km	36 500	40 - 50	50
Yleiskaapeli 70 mm <sup>2</sup> tai pienempi	km	45 900	40 - 50	50
Yleiskaapeli 95 mm <sup>2</sup> tai suurempi	km	52 100	40 - 50	50
<b>20 / 0,4 kV ILMAJOHTOVERKON JAKELUMUUNTAMOT</b>				
1-pylväsmuuntamo	kpl	5 100	35 - 45	45
2-pylväsmuuntamo	kpl	6 400	35 - 45	45
4-pylväsmuuntamo	kpl	7 700	35 - 45	45
<b>0,4 kV MAAKAAPELIT</b>				
Maakaapeli 25 mm <sup>2</sup> tai alle	km	8 500	35 - 50	50
Maakaapeli 25 mm <sup>2</sup> tai alle	km	8 500	35 - 50	50
Maakaapeli 35 mm <sup>2</sup>	km	9 100	35 - 50	50
Maakaapeli 50 mm <sup>2</sup>	km	10 000	35 - 50	50
Maakaapeli 70 mm <sup>2</sup>	km	10 900	35 - 50	50
Maakaapeli 95 mm <sup>2</sup>	km	12 100	35 - 50	50
Maakaapeli 120 mm <sup>2</sup>	km	14 300	35 - 50	50
Maakaapeli 150 mm <sup>2</sup>	km	16 500	35 - 50	50
Maakaapeli 185 mm <sup>2</sup>	km	18 100	35 - 50	50
Maakaapeli 240 mm <sup>2</sup>	km	20 300	35 - 50	50
Maakaapeli 300 mm <sup>2</sup>	km	25 500	35 - 50	50

<b>0,4 kV MAAKAPELIVERKON JAKOKAAPIT JA HAAROITUSKAAPIT</b>				
<b>0,4 kV kaapelijakokaappi: enintään 400 A</b>	<b>kpl</b>	<b>1 400</b>	<b>30 – 45</b>	<b>45</b>
<b>0,4 kV kaapelijakokaappi: vähintään 630 A</b>	<b>kpl</b>	<b>1 800</b>	<b>30 – 45</b>	<b>45</b>
<b>20 kV MAAKAPELIT</b>				
<b>Maakaapeli 70 mm<sup>2</sup> tai alle</b>	<b>km</b>	<b>24 300</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>Maakaapeli 95 mm<sup>2</sup></b>	<b>km</b>	<b>28 300</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>Maakaapeli 120 mm<sup>2</sup></b>	<b>km</b>	<b>29 600</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>Maakaapeli 150 mm<sup>2</sup></b>	<b>km</b>	<b>31 000</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>Maakaapeli 185 mm<sup>2</sup></b>	<b>km</b>	<b>36 200</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>Maakaapeli 240 mm<sup>2</sup></b>	<b>km</b>	<b>39 000</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>Maakaapeli 300 mm<sup>2</sup></b>	<b>km</b>	<b>44 500</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>Maakaapeli 400 mm<sup>2</sup></b>	<b>km</b>	<b>52 800</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>Maakaapeli 500 mm<sup>2</sup></b>	<b>km</b>	<b>61 100</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>Maakaapeli 630 mm<sup>2</sup></b>	<b>km</b>	<b>71 900</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>Maakaapeli 800 mm<sup>2</sup></b>	<b>km</b>	<b>86 100</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>20 / 0,4 kV MAAKAPELIVERKON JAKELUMUUNTAMOT</b>				
<b>Puistomuuntamo: kevyt</b>	<b>kpl</b>	<b>8 600</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>Puistomuuntamo: ulkoa hoidettava, PJ-keskuk- sen nimellisvirta max 630 A</b>	<b>kpl</b>	<b>22 900</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>Puistomuuntamo: ulkoa hoidettava, PJ-keskuk- sen nimellisvirta yli 630 A</b>	<b>kpl</b>	<b>28 700</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>Puistomuuntamo: sisältä hoidettava</b>	<b>kpl</b>	<b>43 900</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>Kiinteistömuuntamo</b>	<b>kpl</b>	<b>58 300</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>
<b>Kaksoismuuntamo</b>	<b>kpl</b>	<b>82 900</b>	<b>40 – 50</b>	<b>50</b>

## Liite 2. Keskijännitelähtöjen kuormitustiedot

Tunnus	Aseman nimi	Suurin Kuormitusaste (%)	Suurin kuormitusvirta (A)	Suurimman kuormituksen solmupiste	Suurimman kuormituskohdan kaapelityyppi	Pienin poikkipinta	Pienimmän poikkipinnan kuormitus %	Pienimmän poikkipinnan kuormitus (A)
SVO_15 Ellos	SVO	15,1	40,1	3	AHXL120	AHXL120		
SVO_20 HYKS pesula KA12	SVO	5,5	14,6	15	AHXL120	APY120		
SVO_12 Juurakkokatu KM191	SVO	37	83,4	1	APY120	APY120		
SVO_09 Sementtitehtaankatu	SVO	10,8	32,3	26	AHXL150	APY120		
SVO_18 IFI	SVO	13,8	31,2	4	APY120	APY120		
Tunnus	Aseman nimi	Suurin Kuormitusaste (%)	Suurin kuormitusvirta (A)	Suurimman kuormituksen solmupiste	Suurimman kuormituskohdan kaapelityyppi	Pienin poikkipinta	Pienimmän poikkipinnan kuormitus %	Pienimmän poikkipinnan kuormitus (A)
ALI_12 Lapila	ALI	20,5	46,1	5	APY120	APY120		
ALI_16 Jäspilänpiha	ALI	10,6	23,8	5	APY120	APY120		
ALI_09 Sampola	ALI	10,7	22,4	1	APY95	APY95		
ALI_15 Keskusta	ALI	22,8	47	1	APY95	APY95		
ALI_11 Kannisto	ALI	29,5	66,7	1	APY120	APY120		
ALI_18 Kilta	ALI	32,4	72,9	8	APY120	APY70	8,3	14,2
ALI_06 Palokaivonk	ALI	10,1	33,3	5	AHXL185	AHXL120	5,5	14,5
ALI_17 Peltomäenkatu	ALI	19,4	43,6	1	APY120	APY95	9,7	20
ALI_05 Nybacka	ALI	3,6	7,4	1	APY95	APY95		
ALI_10 Nissilä	ALI	11	29,3	7	AHXL120	APY120	6,8	15,3
ALI_08 Sorsakorpi	ALI	12	31,9	4	AHXL120	APY120	9,1	20,6
ALI_07 Savio	ALI	5	11,2	3	APY120	APY120		
Tunnus	Aseman nimi	Suurin Kuormitusaste (%)	Suurin kuormitusvirta (A)	Suurimman kuormituksen alkusolmu	Suurimman kuormituskohdan kaapelityyppi	Pienin poikkipinta	Pienimmän poikkipinnan kuormitus %	Pienimmän poikkipinnan kuormitus (A)
YLI_18 Sampola	YLI	10,7	28,3	1	AHXL120	AHXL120		
YLI_16 Keskusta	YLI	17,9	40,3	4	APY120	APY120		
YLI_14 Untola	YLI	18,1	38,4	21	PYL50	PYL50		
YLI_12 Metsola	YLI	44,7	91,7	4	APY95	APY95		
YLI_08 Lämpökeskus Imppala	YLI	53	119,4	1	APY120	APY95	33,4	68,4
YLI_10 Otsola Porvoonkatu	YLI	16	52,8	1	AHXL185	APY120	11,8	26,7
YLI_13 Terhikintie	YLI	58	133,7	13	APY120	APY95	2,9	5,9
YLI_17 Lapila	YLI	5,4	19,5	4	AHXL240	AHXL120	4,5	11,9
YLI_09 Kytömaa	YLI	8,5	19,2	1	APY120	APY120		
YLI_15 Ahjo	YLI	26,7	64	13	APY120	APY120		
YLI_20 Päivölälaakso	YLI	20,7	54,9	3	AHXL120	AHXL120		

## Liite 3. Tiivistelmä alueesta 8. Kilta



**Kaavoitus**

**SUUNNITTELUN ARVIOITU AIKATAULU**

**Aloituvaihe: syksy 2017**  
Asemakaavamuutoksen vireilletulosta ja osallistumis- ja arviointisuunnitelman (OAS) nähtävilläolosta tiedotetaan, ja OAS asetetaan nähtäville mielipiteiden esittämistä varten kolmen viikon ajaksi. Mahdolliset mielipiteet osallistumis- ja arviointisuunnitelmasta tulee jättää nähtävilläolon aikana.

**Valmisteluvaihe: loppuvuosi 2017**  
Asemakaavamuutoksen luonnosta laadittaessa huomioidaan mahdollisuuksien mukaan osallistumis- ja arviointisuunnitelmasta saadut mielipiteet. Asemakaavan ja asemakaavamuutoksen luonnoksen nähtävilläolosta tiedotetaan, ja luonnos asetetaan nähtäville mielipiteiden esittämistä varten 30 päivän ajaksi. Mahdolliset mielipiteet luonnoksesta tulee jättää nähtävilläolon aikana.

**Ehdotusvaihe: kevät 2018**  
Osallistumis- ja arviointisuunnitelmasta ja luonnoksesta saadut mielipiteet mahdollisuuksien mukaan huomioidaan laadittaessa asemakaavamuutoksen ehdotus, jonka kaupunkikehitysjaosto hyväksyy ja asettaa julkisesti nähtäville 30 päivän ajaksi.

**Asemakaava:2339, Aloitusvaiheessa**

**Tavoitteena on muuttaa asemakaavaa siten, että liikerakennuksille tarkoitettun korttelialueen paikalle on mahdollista rakentaa asuinkerrostaloja**

**Asemakaavamuutoksen ehdotuksen nähtävilläolosta tiedotetaan.** Mahdolliset muistutukset ehdotuksesta tulee jättää kirjallisesti nähtävilläolon aikana. Samaan aikaan ehdotuksesta pyydetään viralliset lausunnot. Annetut lausunnot ja mahdolliset muistutukset käsitellään kaupunkikehitysjaostossa ja mikäli mahdollista, ne pyritään ottamaan huomioon laadittaessa lopullista ehdotusta. Kaikille muistutuksen tehneille, jotka ovat antaneet yhteystietonsa, lähetetään kaupungin perusteltu kannanotto kaupunkikehitysjaoston käsittelyn jälkeen.

**Hyväksymisvaihe: kesä-syksy 2018**  
Koska kyseessä ei ole vaikutuksiltaan merkittävä kaava, niin asemakaavamuutoksen hyväksyy kaupunginhallitus.

Kaavan hyväksymispäätöksestä tiedotetaan kuuluttamalla kaupungin ilmoitustaululla, lehtikuulutuksella Viikkouutiset Keski-Uusimaa -lehdessä sekä kaupungin kotisivuilla internetissä [www.kerava.fi](http://www.kerava.fi). Hyväksytty asemakaavaehdotus on nähtävillä Keravan kaupungin kaupunkikehityspalveluiden kotisivuilla.

Hyväksymisestä tiedotetaan kirjeellä vain niille, jotka ovat sitä erikseen ehdotuksen nähtävilläolon aikana pyytäneet ja antaneet yhteystietonsa. Kaavan hyväksymistä koskevasta päätöksestä on mahdollisuus valittaa Helsingin hallinto-oikeuteen.

**Päätöksen voimaantulo: syksy 2018**  
Asemakaavamuutoksen hyväksymispäätös saa lainvoiman noin kuuden viikon kuluttua hyväksymisestä, mikäli hyväksymispäätöksestä ei valiteta.

Pienjännitekaapelit																												
Kaapelityypit (m)																												
Asennusvuosi	AM16	AM50	AM70	AMC16	AMC35	AMC70	AMC95	AMC120	AMC185	AP70	AP95	AP120	AP150	AP185	AX16	AX25	AX35	AX120	AX185	AX240	AX300	AXC70	AXC120	AXC185	MMJK6	Summa	JHA	NKA
1975				702,9				78,4	93,3	31,8	55,8	66,0	266,6	600,9												1 895,6	26 023,4	3 122,8
1977																					7,3					7,3	187,0	29,9
1980				5,1		151,0	140,9	118,8				64,7		375,1								17,7				873,3	13 060,9	2 873,4
1983				218,3	30,6	129,4		120,1	59,0			105,4		150,1												812,9	10 553,7	2 955,0
1985			514,9	195,8				12,5				94,9	32,8	45,6									78,3	78,3		1 053,0	17 194,8	4 739,8
1986				60,7		55,0								82,0												235,5	3 140,5	1 067,8
1987				119,9																						119,9	1 018,7	366,7
1987	165,4	65,6	53,1	74,5					1,1			14,5		0,6		24,5	10,9									443,8	6 098,9	1 845,7
1989				84,8																						849,9	12 647,4	5 059,0
1994																							364,9	259,5		92,4	1 321,3	660,7
1995															45,6											45,6	387,4	201,4
2004																										113,7		
2005																										13,9		
2010														154,8												154,8		
2015																										67,3		
2017																										3,6		
Summa	165,4	65,6	567,9	1 461,9	30,6	335,4	140,9	329,8	153,3	31,8	55,8	345,4	299,4	1 409,1	45,6	138,3	10,9	288,7	13,9	17,7	7,3	53,2	443,2	337,8	33,7	6 782,5	91 634,1	22 922,3

## Muuntamo

Tunnus	Tyyppi	Kpvm.	Kuormitus	Kunnossapitotiedot	Huomio	AV	PA jäännös	JHA	NKA
KM91	Puisto max 630	28.4.1975	63 %	Rakennuksen kunto tarkkailuun, ovi rasvattava, työmaadoitus vain kennossa 2	Uuninluokka	1975	6	22 900,0	2 748,0
KM51	Kiinteistö	1.8.1975	40 %	Ilmanvaihto epäkunnossa		1975	6	58 300,0	6 996,0
KM126	Puisto yli 630	30.8.1983	39 %	Selvitettävä mihin öljynkeräysaltaan putki menee		1983	14	28 700,0	8 036,0
KM201	Puisto yli 630	30.9.2005	30 %					109 900,0	17 780,0

## Jakokaappi

Tunnus	Tyyppi	Kpvm.	Mitoitus (A)	Kunnossapitotiedot	Huom	AV	PA jäännös	JHA	NKA
KJ2003	MJS KOK	4.6.1980	630	Merkinnoisissä puutteita, PJ-kaavio vanhentunut		1980	6	1 800,0	240,0
KJ2004	MJS KOK	4.6.1980	630	Töhritty, PJ-kaavio puuttuu, merkinnoisissä puutteita		1980	6	1 800,0	240,0
KJ2002	MJK 220203	4.6.1980	630	Maadoitusjohdin puuttuu, sormisuoja puuttuu,		1980	6	1 800,0	240,0
KJ2016	MJK 11 A2	2.6.1981	630	Lukko viallinen, ovi epäkunnossa, töhritty,		1981	7	1 800,0	280,0
KJ2007	MJK 12 A2	1.10.1983	630	Merkinnoisissä puutteita, PJ-kaavio vanhentunut		1983	9	1 800,0	360,0
KJ1192	MJS KOK	5.5.1984	630	Tunnus puuttuu, merkinnoisissä puutteita, PJ-kaavio		1984	10	1 800,0	400,0
KJ1225	MJK 21 J4/E	11.3.1985	630	Merkinnoisissä puutteita, kallistunut, PJ-kaavio puuttuu		1985	11	1 800,0	440,0
KJ1226	MJK 11 A3	28.3.1985	630	Merkinnoisissä puutteita, PJ-kaavio vanhentunut, töhritty		1985	11	1 800,0	440,0
KJ2017	MJK 11 A3	1.11.1986	630			1986	12	1 800,0	480,0
KJ1227	MJK 11 A3	9.6.1987	630	Merkinnoisissä puutteita, PJ-kaavio vanhentunut, töhritty		1987	13	1 800,0	520,0
KJ2039	MJK 11 A3	24.4.1989	630	Lukitus viallinen, merkinnoisissä puutteita,		1989	15	1 800,0	600,0
KJ1193	MJK 10 A3	14.8.1989	630	Merkinnoisissä puutteita, PJ-kaavio puuttuu, kallistunut,		1989	15	1 800,0	600,0
KJ2005	MJS K1K	26.3.2010	630	Tunnus puuttuu, merkinnoisissä puutteita					
KJ2001	MJS KOK	11.6.2010	630						
KJ2012	MJS KOK	30.9.2010	630	Töhritty					
KJ2048	Ei määritelty	25.11.2015	630					21 600,0	4 840,0

Keski-jännitekaapelit					
Kaapelityypit (m)					
Asennusvuosi	APY120	AHXW120	Summa	JHA	NKA
1975	363,0		363,0	10 745,4	1 289,5
1978	123,4		123,4	3 652,4	657,4
1983	371,0		371,0	10 981,3	3 074,8
1984	321,5		321,5	9 515,6	2 854,7
1985	228,2		228,2	6 754,1	2 161,3
1989		172,4	172,4	5 104,2	2 041,7
2005		21,6	21,6		
Summa	1 407,1	194,0	1 601,1	46 753,1	12 079,3