



MYLLYKOSKEN TAVOITEVERKKOSUUNNITELMA

Antti Kokko

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2015
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

KOKKO, ANTTI:
Myllykosken tavoiteverkkosuunnitelma

Opinnäytetyö 103 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Huhtikuu 2015

Työn tavoite oli suunnitella KSS Verkko Oy:lle tavoiteverkkosuunnitelma Myllykosken alueelle. Tavoiteverkkosuunnitelma antaa alueen sähköverkon suunnittelulle suuntaviivat. Myllykosken alueen sähköjakeluverkko on käyttöikänsä vanhaa ja näin ollen alueen sähköjakeluverkon saneeraustarve on välttämätön. Alueen sähköverkolle on tehtävä huomattavia muutoksia ennen vuotta 2028, jotta alueen sähköjakeluverkosta saadaan säävarma. Tavoiteverkon suunnittelussa käytettiin Power Grid -verkkotietojärjestelmää, johon suunniteltiin keskijännitelinjat ja muuntamot.

Tavoiteverkon suunnittelussa selvitettiin alueen sähköverkon kunto ja kehitystarpeet, joiden perusteella tavoiteverkkosuunnitelmaa lähdettiin tekemään. Työssä huomioitiin muuntamoiden sijoittuminen tavoiteverkkoon asemakaava-alueella sekä mahdolliset kasvumahdollisuudet muuntamoiden ympäristössä. Muuntamoiden sijoituksen perusteella tarkasteltiin keskijännitekaapelointireitit. Tavoiteverkon suunnittelussa pääpaino oli asemakaava-alueen keskijänniteverkon säätömiöille alttiiden johto-osuuksien säävarmojen ratkaisujen suunnittelussa. Tavoitteena oli saada kaikki asemakaava-alueella olevat muuntopiirit osaksi rengasverkkoa. Suunnittelussa huomioitiin alueen tulevaisuudennäkymiä, jotta suunniteltu tavoiteverkko pystyy vastaamaan tulevaisuuden haasteisiin.

Suunniteltu tavoiteverkko jaettiin hankealueisiin niin, että tavoiteverkko pystytään rakentamaan vaiheittain kohtuullisin kustannuksin. Suunnitelman mukaan vuonna 2028 Myllykosken asemakaava-alueen keskijänniteverkko on säävarma, jolloin alueen sähköjakeluvarmuutta pystytään kasvattamaan. Tällöin Myllykosken alueen sähköjakeluverkko pystyy toimimaan uuden lakiesityksen asettamien keskeytysaikojen puitteissa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Option of Electrical Power Engineering

KOKKO, ANTTI:
Target Network Plan of Myllykoski

Bachelor's thesis 103 pages, appendices 7 pages
April 2015

The goal of this thesis was to design a target network plan of Myllykoski area to KSS Verkko Ltd. The target network plan gives guidelines for power-distribution network designing. Power-distribution network of Myllykoski area is becoming to the end of its useful life and therefore rebuilding of power network is necessary in the area. In order to ensure that the power-distribution network will be weatherproof by 2028, some substantial changes must be made. Medium voltage network and transformers were designed in the target network planning with Power Grid program.

When designing the target network the condition of distribution networks and the development targets were clarified. The locations of transformers in the zoned area as well as the potential increase were taken into account in the vicinity of every transformer. The design of medium voltage cable routings was based on the location of the transformers. The main focus in target network designing was to plan weatherproof solutions to medium voltage networks which are vulnerable to weather conditions. The goal was to connect all transformers to ring distribution network. Future challenges were also noticed while designing distribution network so the target network can respond to them.

Designed target network was divided into project areas so that they can be built in stages to keep costs reasonable. With this design the medium voltage network in Myllykoski zoned areas will be weatherproof in 2028 when power distribution reliability in the area can be improved. In that case power-distribution network of Myllykoski can function within the new law proposal which set new down-time rules.

Key words: target network, medium voltage, weatherproof

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	KSS ENERGIA OY	8
	2.1 KSS Energia Oy	8
	2.2 KSS Verkko Oy	9
3	KEHITTÄMISPERUSTEET	10
	3.1 Sähkönjakelujärjestelmä	10
	3.2 Maakaapeliverkko.....	11
	3.3 Säävarma verkko.....	13
	3.4 20 kV:n kehittämisperusteet	13
	3.5 Pienjänniteverkon kehittämisperusteet	14
	3.6 Noudatettavat ohjeet ja standardit.....	15
4	VERKON NYKYTILANNE.....	16
	4.1 Myllykosken alue.....	16
	4.2 Myllykoski	18
5	KURKIMÄEN TAVOITEVERKKO.....	20
	5.1 Kur 1 : Kaapeloinnin haasteet.....	21
	5.2 Kur 2 : Muuntopiirien yhdistäminen.....	23
	5.3 Kur 3 - 4 : Jakorajamuutokset ja kaukokäyttö	26
	5.4 Kur 5 : Kuormitustilanteen muutos.....	31
	5.5 Kur 6 : Sähkönjakelun varmuus.....	33
	5.6 Kur 7 - 8: Lähdön vaihto.....	34
	5.7 Kur 9 - 10 : Muuntopiirien uudelleensijoitus.....	37
	5.8 Kur 11 - 12 : Säävarma runkoyhteys	39
	5.9 Lopputulos	42
6	KESKUSTAN TAVOITEVERKKO	44
	6.1 Kes 1 : Säävarma keskustan lähtö.....	45
	6.2 Lopputulos	46
7	KELTAKANKAAN TAVOITEVERKKO.....	47
	7.1 Kel 1 - 3 : Varastoympyrä säävarmaksi	48
	7.2 Kel 4 - 5 : Säävarma rengasverkko	52
	7.3 Kel 6 - 7 : Varasyöttöyhteys ja pj-kaapelointi	56
	7.4 Kel 8 ja 10 : Säävarma ilmajohtoverkko.....	59
	7.5 Kel 9 : Varayhteys Kurkimäen lähtöön	62
	7.6 Lopputulos	63
8	UMMELJOEN TAVOITEVERKKO	65
	8.1 Um 1 - 2 : Uusi runkoyhteys.....	67

8.2 Um 3 - 4 : Muuntamoiden sijoitus	71
8.3 Um 5 : Runkoyhteyden risteämäkohta.....	74
8.4 Um 6 - 7 : Runkoyhteys osaksi sähköverkkoa.....	78
8.5 Um 8 : Säteittäisen haaran kaapelointi.....	81
8.6 Lopputulos	83
9 UOTILANMÄEN TAVOITEVERKKO.....	85
9.1 Uo 1 - 2 : Haja-asutusalueen sähköverkko säävarmaksi.....	86
9.2 Lopputulos	88
10 YHTEENVETO	90
LÄHTEET	95
LIITTEET	97
Liite 1. Yleisnäkymä hankealueiden sijoittumisesta	97
Liite 2. Kurkimäen lähdön tavoiteverkko.....	98
Liite 3. Keskustan lähdön tavoiteverkko	99
Liite 4. Keltakankaan lähdön tavoiteverkko.....	100
Liite 5. Ummeljoen lähdön tavoiteverkko	101
Liite 6. Uotilanmäen lähdön tavoiteverkko	102
Liite 7. Tavoiteverkko lähdöittäin	103

LYHENTEET JA TERMIT

V	voltti
kV	kilovoltti
kj	keskijännite
pj	pienjännite
kW	kilowatti
kWh	kilowattitunti
MWh	megawattitunti

1 JOHDANTO

Tämän työn tavoitteena on suunnitella KSS Verkko Oy:lle Kouvolan Myllykosken kaupunginosan alueelle tavoiteverkkosuunnitelma koskien Myllykosken sähköjakeluverkkoa. Tavoiteverkon suunnittelussa tarkastelujakso ulottuu vuoteen 2028. Työn päätavoite on suunnitella säävarmoja ratkaisuja hyväksikäyttäen Myllykosken taajama-alueelle säävarma keskijänniteverkko, jonka pohjalta sähköjakelun varmuutta pystytään kasvattamaan Myllykosken alueella. Alueen sähköjakeluverkko on käyttöikänsä vanhaa ja näin ollen alueen sähköjakeluverkon saneeraustarve on välttämätön. Sähköverkolle on tehtävä huomattavia muutoksia ennen vuotta 2028, jotta alueen sähköjakeluvarkosta saadaan säävarma. Työssä tarkastellaan muuntamoiden sijoittumista tavoiteverkkoon asemakaava-alueella ja huomioidaan muuntamoiden sijoittamisessa asemakaava-alueen kasvumahdollisuudet. Muuntamoiden sijoituksen perusteella suunnitellaan keskijännitekaapelointireitit, jotka ovat yleisten suunnittelutavoitteiden mukaiset. Muuntamotarastelun yhteydessä tarkastellaan myös pienjänniteverkon kehityskohteet jokaisen muuntopiirin kohdalla. Työn tavoitteena on saada asemakaava-alueen keskijänniteverkossa olevat muuntopiirit rengasverkkoon, jotta muuntopiirien toimintavarmuus vikatilanteissa pystyttäisiin maksimoimaan.

Lopullinen suunnitelma noudattaa tämänhetkisiä standardeja ja verkkoyhtiön verkkovisiota. Tehtävistä kehityskohdista laaditaan hankealueet (liite 1), joiden pohjalta laaditaan investointiohjelma ja alustava aikataulu. Investointiohjelmassa huomioidaan uuden rakennettavan verkon kustannukset, sähköverkon häviökustannukset sekä kunnossapitokustannukset. Työn toteuttamisessa päätyökaluna käytetään Power Grid -verkkotietojärjestelmää, johon suunnitellaan tavoiteverkon keskijännitelinjat ja muuntamot. Muuntamoiden sijoitusta huomioidaan myös pienjänniteverkon kaapeloinnin näkökulmasta.

2 KSS ENERGIA OY

2.1 KSS Energia Oy

KSS Energia Oy on energia-alan yritys, joka toimii Kouvolan alueella ja jolla on asiakkaita myös ympäri Suomea. KSS Energia Oy:n palveluksessa on 132 työntekijää ja sen liikevaihto oli vuonna 2013 117,1 miljoonaa euroa. KSS Energia Oy -konserniin kuuluu itse emoyhtiö, KSS Verkko Oy, KSS Lämpö Oy ja KSS Rakennus. KSS Energia Oy harjoittaa sähkön ja kaukolämmön tuotantoa. KSS Lämpö Oy myy kaukolämpöä ja maakaasua. KSS Rakennus Oy tarjoaa verkonrakennusta ja siihen liittyviä palveluita. (KSS Energia 2014.)



Kuva 1. KSS Verkko Oy:n jakelualue ja Energia Oy:n voimalaitokset. (KSS Energia 2015c)

KSS Energia Oy:llä on kahdeksan voimalaitosta, joista viisi on vesivoimalaitoksia ja kaksi maakaasulla toimivia. Uusin voimalaitos on Kymin Voiman, joka tuottaa energiaa biopolttoaineilla. Lisäksi KSS Energia Oy:llä on tuotanto-osuus norjalaisessa Ranan vesivoimalaitoksessa ja Kemin Ajoksen tuulivoimapuistohankkeessa. (KSS Energia 2015a) KSS Energia Oy:n voimalaitosten maantieteellinen sijainti on esitetty kuvassa 1.

2.2 KSS Verkko Oy

KSS Verkko Oy harjoittaa sähköverkkoliiketoimintaa Kouvolan alueella. KSS Verkko Oy toimii osana KSS Energia Oy:n konsernia. KSS Verkko Oy:n jakelualue kattaa Kouvolan ja Iitin alueet, kuvassa 1. KSS Verkko Oy:llä oli vuonna 2013 sähkön siirtoasiakkaita 50 863 kappaletta, uusia sähköliittymiä rakennettiin 111 kappaletta.

Verkon alueella sähkön käyttö oli 668 GWh ja keskeytysaika asiakasta kohden oli 1 h 51 min. Toimintavarmuuden parantamiseksi KSS Verkko Oy investoi vuonna 2014 sähköverkkoon 4,9 miljoonaa euroa. (KSS Energia 2015b) Taulukossa 1 on esitetty KSS Verkko Oy:n sähköverkoston sähköasemien ja jakelumuuntamoiden määrät sekä sähköverkkojen pituudet.

Taulukko 1. KSS Verkko Oy, Sähköverkosto 2013. (KSS Energia 2014)

Sähköasemat 110/20 kV (kpl)	11
Jakelumuuntamot (kpl)	1 537
Siirtojohdot 110 kV (km)	48
Keskijännitejohdot 20 kV (km)	1 378
Pienjännitejohdot 0,4 kV (km)	2 970

3 KEHITTÄMISPERUSTEET

Tässä luvussa käsitellään sähköjakeluverkon rakentamista ja kehittämisperusteita. KSS Verkko Oy:llä on käytössä verkkovisio, verkostosuunnittelun periaatteet, kehittämissuunnitelma ja pitkän tähtäimen suunnitelma sekä verkkoyhtiön on noudatettava Energiaviraston määräyksiä.

3.1 Sähköjakelujärjestelmä

Teknisesti sähköjakelujärjestelmän tehtävä on siirtää sähkövoimansiirtojärjestelmän kautta tulevaa tai sähköjakeluverkkoon liitettyjen voimalaitosten tuottamaa sähköä sähkön loppukäyttäjille. Sähköjakelujärjestelmä muodostuu osista, jotka ovat alueverkko (110 kV ja 45 kV), sähköasemat (110/20 kV, 45/20 kV), keskijänniteverkko (20 kV), jakelumuuntamot (20/0,4 kV) sekä pienjänniteverkko (0,4 kV). (Lakervi & Partanen 2008, 11.)

Yleissuunnittelu on keskeinen osa sähköjakeluverkon pitkän aikavälin suunnittelua. Yleissuunnittelulla pyritään selvittämään pääpiirteittäin, millainen sähköjakeluverkon tulisi olla suunnitteluajavälin lopussa ja kuinka suuria investointeja on tarve toteuttaa vuositasolla, jotta sähköverkko täyttäisi koko tarkastelujaksolla sille asetetut vaatimukset. (Lakervi 1996, 9.)

Sähköverkon suunnittelussa tavoitteena on löytää teknisesti toimiva ratkaisu, jonka kokonaiskustannukset ovat pitkällä aikavälillä mahdollisimman pienet. Kun sähköverkon suunnittelussa tavoitellaan mahdollisimman pieniä kustannuksia, on suunnittelu tehtävä kuitenkin suunnitteluun liittyvien rajaehtojen puitteissa. (Lakervi & Partanen 2008, 64.)

Sähköverkon suunnittelun tärkeimmät päätavoitteet ovat se, että sähkönsiirron ja -jakelun verkkoon investoidaan vain tarpeellinen määrä ja verkon häviöt olisivat mahdollisimman pienet. Sähköverkossa esiintyvät tavallisimmat viat eivät saa aiheuttaa katkoksia sähkötoimituksessa. Verkossa käytettävien komponenttien tulee olla pitkäikäisiä ja luotettavia sekä niiden tulee kestää verkossa esiintyvät sähköiset ja mekaaniset rasitukset. Lisäksi sähköverkko ei saa aiheuttaa vaaraa ihmisille eikä omaisuudelle tai

aiheuttaa kohtuuttomasti häiriötä ympäristöön. (Elovaara & Haarla 2011a, 73.) Jännitteenalenema ei saa ylittää annettuja raja-arvoja eikä johtojen terminen kestoisuus ei saa ylittyä. Johtojen tulee kestää oikosulkutilanteet ja suojauksen toimivuudelle asetetut määräykset tulee täyttyä sekä sähköturvallisuuteen liittyvät määräykset tulee täyttyä. (Lakervi & Partanen 2008, 64.)

Keskijänniteverkko rakennetaan pääsääntöisesti silmukoiduksi asemakaava-alueilla, mutta sitä käytetään lähes aina säteittäisenä. Rakennuskustannusten osalta keskijänniteverkko on edullisinta rakentaa säteittäisenä myös haja-asutusalueille. Säteittäisesti rakennetussa keskijänniteverkossa on paljon etuja, sillä verkossa syntyneet häiriöt pystytään rajoittamaan helposti, oikosulkuvirrat ovat pienemmät ja jännitteensäätö sekä verkon suojauksen toteuttaminen on yksinkertaisempaa. Jos keskijänniteverkkoa käytettäisiin rengaskäytöllä, olisi verkon jännitteenalenema ja energiahäviöt pienemmät. (Lakervi 1996, 29.)

Sähköverkon rakentamiskustannusten lisäksi häviöt ja keskeytyskustannukset pystytään mittaamaan rahassa. Sähköverkon suunnittelussa on siis tärkeä kiinnittää huomiota verkon muotoon ja verkossa oleviin varayhteyksiin, kun tarkastellaan asiaa keskeytyskustannusten osalta. (Lakervi 1996, 29.)

3.2 Maakaapeliverkko

Asemakaava-alueilla rakennetaan pääsääntöisesti aina maakaapeliverkkoja. Kaapeliverkot ovat yleisiä tiheään rakennetuilla alueilla, koska ilmajohtoverkon rakentamiseen esteenä ovat ympäristötekijät ja johtokatuongelmat (E. Lakervi 1996, 59). Maakaapeliverkon vikataajuus on ilmajohtoverkkoa huomattavasti parempi, noin 20 – 50 % ilmajohtoverkon vikataajuudesta. Erilaiset sääilmiöt kuten myrskyt ja lumikuormat eivät vaikuta maakaapeliverkon sähkönjakelu varmuuteen. (Tompuri 2012.)

Keskijännitemaakaapeli poikkeaa ilmajohtoista ominaisuuksiltaan paljon. Kaapelissa vaihejohtimet on eristetty koko johdon pituudelta kiinteillä eristysaineilla. Maakaapeli on huomattavasti kalliimpaa kuin avojohto. Lisäksi maakaapeliverkon kaapeliojien ja -jatkosten sekä päätteiden kustannukset ovat suuremmat kuin ilmajohtoverkon vastaavat kustannukset. Maakaapeliverkon hyvä puoli on sen pieni vikatiheys. Maakaapeliverkos-

sa vikojen paikantaminen ja korjaaminen on hitaampaa kuin ilmajohtoverkossa. (Lakervi 1996, 58.)

Keskijännitemaakaapeliverkon suunnittelussa keskeisiä huomioitavia asioita ovat maakaapeliverkon muoto ja maksimikuormitusasteet, lisäksi on huomioitava lähtöjen ja sähköasemien korvattavuuskysymykset. Peruseriaate lähdön varasyötön osalta on, että varasyöttö pystytään toteuttamaan samalta sähköasemalta tulevan lähdön kautta. Tällaisessa tilanteessa lähdöt pystytään tarvittaessa kytkemään lyhytaikaisesti silmukkaan esimerkiksi jakorajamuutoksen yhteydessä. Kytkeämuutos pystytään tekemään ilman katkoa. (Lakervi 1996, 125.)

Maakaapeliverkon etuina avojohtoverkkoon on maakaapelin pieni tilantarve ja sähköverkon ympäristölle aiheuttamat häiriöt ovat pienemmät. Maakaapeliverkko on säävarma, jolloin maakaapeliverkon käyttövarmuus on suurempi esimerkiksi myrskyjen aikana. Maakaapelilla jännitteiset osat on kosketussuojattu, maakaapelilla on myös hyvä reduktiokerroin. Reduktiokertoimella tarkoitetaan, että osa maasulkuvirrasta palaa pitkien kaapelien metallista paluujohdinta pitkin syöttöpisteeseen. Maakaapelin jännitealenema on pienempi termiseltä siirtokyvyltään vastaavaan avojohtoon. Maakaapeli voidaan myös ylikuormittaa lyhytaikaisesti enemmän kuin avojohtoa, koska kaapelia ympäröivä maa viilentää kaapelia. (Elovaara & Haarla 2011b, 304–305.)

Avojohtoon verrattuna maakaapeliverkon rakentaminen on kalliimpaa, maakaapelilla on huonommat jäähtymisominaisuudet kuin avojohdolla. Lisäksi maakaapelin pitkäaikaisyllikuormitettavuus on huonompi kuin avojohdolla. Maakaapelin reaktanssi on pienempi kuin avojohdoilla, jolloin kaapelilla on huonompi oikosulkuvirtojen rajoituskyky. Maakaapelien asentaminen on avojohtoja hankalampaa, lisäksi jo asennettujen maakaapelien paikantaminen ilman tarkkoja karttoja on hankalaa. Vian sattuessa maakaapelien vika paikan löytäminen on vaikeampaa ja korjausaika pidempi. Maakaapelit ovat alttiita vahingoittumisille kaivuutöissä sekä kaapelit rajoittavat maa- ja vesialueiden käyttöä muuhun rakennustoimintaan. Maakaapeli lämmittää ja kuivattaa myös ympäröivää maaperää. (Elovaara & Haarla 2011b, 305–306.) KSS Verkko Oy:n keskijänniteverkon kaapelointiaste on 18 % ja pienjänniteverkon 42 %. Keskijänniteverkon osalta tavoite on, että kaapelointiaste on 1.1.2029 65 % ja pienjänniteverkon osalta tavoite on 80 % (KSS Verkko Oy 2014).

3.3 Säävarma verkko

Verkkoyhtiöille asetetut vaatimukset sähkönjakelun varmuudesta ovat nostaneet jakeluverkon säävarmuuden merkittäväksi kriteeriksi sähköverkon suunnittelussa. Sähköverkkoa rakennettaessa huomioidaan ympäristön mahdollinen vaikutus sähköverkkoon, kuten onko sähköverkon lähellä puustoa, joka mahdollisesti myrskyn seurauksena voi kaatua sähkölinjojen päälle. Säävarma verkko tarkoittaa käytännössä sähköverkkoa, joka on rakennettu maakaapeloituna tai ilmajohtoverkkona aukealle paikalle. Säävarma verkko voi myös olla niin sanottua puuvarmaa verkkoa, jossa metsässä tai tien laidassa kulkevan sähkölinjan lähialueen puusto pidetään lyhyenä, jolloin puustolla ei ole mahdollisuutta kaatuessa vahingoittaa sähkölinjaa.

Suunnittelussa voi osoittautua, että jokin keski- tai pienjänniteverkon osa on jätettävä sääilmiöille alttiiksi asemakaava-alueella tai asemakaava-alueen ulkopuolella syöttävässä verkonosassa. Merkittävänä suunnittelukriteerinä ovat sähkömarkkinalain keskeytysaika-vaatimukset, jotka ovat asemakaava-alueella 6 tuntia ja asemakaava-alueen ulkopuolella 36 tuntia. Tapauksissa, joissa sähköverkko joudutaan jättämään sääilmiölle alttiiksi, verkon vikapartiointi priorisoidaan niin, että vika pystytään korjaamaan sallitun keskeytysajan puitteissa. Vuonna 2014 KSS Verkko Oy:n keskijänniteverkosta 48 % ja pienjänniteverkosta 55 % oli säävarmaa (KSS Verkko Oy 2014).

3.4 20 kV:n kehittämisperusteet

KSS Verkko Oy:n jakeluverkon alueella rakennetaan kaapeliverkostoa asemakaava- ja taajama-alueilla sekä alueilla, joissa sen käyttö teknillisistä, taloudellisista tai maisemallisista syistä on perusteltua. 20 kV:n ilmajohtoverkkoa rakennetaan pääsääntöisesti ainoastaan taajama-alueiden ulkopuolelle, ilmajohtoverkkoa rakennettaessa huomioidaan uuden rakentuvan verkon säävarmuus. Ilmajohtoverkossa käytetään PAS -rakenteita, mikäli se on teknisesti ja taloudellisesti perusteltua, käyttö- ja kunnossapitoasiat huomioiden. (Rämä 2012.)

Uusissa puisto- ja kiinteistömuuntamoissa käytetään ensisijaisesti ilmaeristettyjä rakenteita. SF₆-kaasueristeisten rakenteiden käyttö tarkastellaan tapauskohtaisesti. Puistomuuntamoihin liitettävissä 20 kV kaapeleissa tulee käyttää ulkopäätteitä. Keskijännite-

kaapelit suojataan molemmista päistä ylijännitesuojin pois lukien lyhyet kaapelit esimerkiksi satelliittimuuntamoiden syötöt maksimissaan 50 metriä. (Rämä 2012.)

KSS Verkko Oy:lle on annettu strateginen tavoite, jonka mukaan keskeytysaika tulisi olla 0,5 tuntia vuodessa vuoteen 2020 mennessä (Rämä 2012). Tämä tekijä vaikuttaa keskijänniteverkkoa suunniteltaessa positiivisesti kaapeloinnin puolesta, jotta keskijänniteverkon säävarmuusaste kasvaisi. Näin ollen myös keskijänniteverkon vikaherkkyys pienenesi.

3.5 Pienjänniteverkon kehittämisperusteet

KSS Verkko Oy:n verkoston suunnitteluperiaatteet ohjeistaa, että pääsääntöisesti asemakaava-alueilla pienjänniteverkko rakennetaan maakaapeloituna. Liittymisjohdot rakennetaan maakaapeliratkaisulla aina kun se on teknisesti mahdollista. Kaikissa alle 63 A liittymissä käytetään liittymiskaapelina AMXMK 3x25Al+16Cu, mikäli kyseisen kaapelin käyttö on mahdollista oikosulkuvirtojen puolesta. Suuremmilla poikkipinnoilla on mahdollista käyttää 4-johdin kaapeleita. (Rämä 2012.)

Haja-asutusalueilla kaapeleiden aeraus toteutetaan erillisen tarkastelun perusteella. Tarkastelussa huomioidaan kyseessä olevan kohteen kustannukset ja ennustettavissa oleva sähkökäyttö alueella. Katujakokaappeja suunniteltaessa ja mitoitettaessa jakokaappien kokoa huomioidaan alueen tarpeet. Kalustus asennetaan jakokaappeihin tarpeen mukaisesti, mahdollisen verkoston lisäyksen yhteydessä jakokaappiin lisätään tarvittavat komponentit. (Rämä 2012.)

3.6 Noudatettavat ohjeet ja standardit

Tavoiteverkon sähköverkon suunnittelussa noudatetaan sähköalalla voimassa olevia standardeja ja verkkoyhtiössä voimassa olevia ohjeita sähköverkon suunnitteluun. Seuraavaksi on esitetty osa työssä noudatetuista standardeista ja ohjeista:

- SFS 6001
- SFS 6000-8-801 Pienjännitesähköasennukset ja -802 sähköasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustyöt.
- Energiäteollisuuden Verkostosuosituksia
- Valmistajien ohjeet.

4 VERKON NYKYTILANNE

Tässä luvussa käsitellään KSS Verkko Oy:n jakeluverkon nykytilannetta. Kappaleessa keskitytään erityisesti Myllykosken alueen sähköverkkoon. KSS Verkko Oy:n jakelualue sisältää kaupunki- ja maaseutuverkkoa. Kaupunkialueilla keskijänniteverkko on pääsääntöisesti maakaapeloitua ja haja-asutusalueilla ilmajohtoverkkoa. Haja-asutusalueilla sijaitseva keskijänniteverkko on huomattavasti vika-alttiimpaa verrattuna asemakaava-alueiden keskijänniteverkkoon, koska haja-asutusalueilla sähkölinjat sijaitsevat hyvin paljon sääilmiöille alttiilla alueilla, esimerkiksi keskellä metsää.

4.1 Myllykosken alue

Myllykosken alueen jakeluverkko syötetään normaalissa kytkentätilanteessa yhdeltä 110/20 kV sähköasemalta, jossa on viisi lähtöä. Viidestä lähdöstä yksi syöttää ainoastaan haja-asutusaluetta ja muut neljä lähtöä syöttävät sekä asemakaava-aluetta että haja-asutusaluetta. Myllykosken alueen keski- ja pienjänniteverkko on rakennettu pääsääntöisesti 70-luvun tuntumassa. Asemakaava-alueella keskijänniteverkko on pääsääntöisesti rakennettu rengasmaiseksi, mutta sitä käytetään säteittäisenä verkkona. Asemakaava-alueella löytyy myös muuntopiirejä, joiden sähkönsyöttö on toteutettu haaralla runkojohdosta. Sähkönjakelun varmuuden kannalta yksittäisissä haaroissa oleville muuntopiireille tulisi löytää ratkaisu, jossa muuntopiirille saataisiin vähintään kaksi vaihtoehtoa syöttöä. Varasyöttöyhteyden tärkeys korostuu asemakaava-alueella, koska tällöin keskeytysaika saa olla maksimissaan kuusi tuntia asiakasta kohden vuodessa. Asemakaava-alueen ulkopuolella keskijänniteverkko on rakennettu säteittäiseksi ja monet muuntopiirit ovat säteittäisten haarojen päässä.

KSS Verkko Oy on investoinut Myllykosken alueen keskijänniteverkon sähkönjakelun varmistamiseksi. Projektissa sähköasemalta Ummeljoen puolta syöttävä lähtö jaettiin Ummeljoen ja Uotilanmäen lähtöihin. Sähköasemalta lähtevän keskustan lähdön ilmajohto-osuuksien kaapelointi on myös suunnitteilla. Tavoiteverkon suunnittelun lähtökohtana toimii tilanne, jossa myös Keskustan lähtö on kaapeloitu.

Asemakaava-alueilla pieni osa muuntopiirien pienjänniteverkosta on maakaapeliverkkoa ja suurin osa vanhaa 70-luvulla rakennettua ilmajohtoverkkoa. Alueen ilmajohtoverkon ominaispiirteenä on, että ilmajohtot on rakennettu kulkemaan tonttien keskellä. Muuntopiirejä maakaapeloitaessa saattaakin tämän takia ryhmän syöttö olla järkevämpi toteuttaa eri kautta kuin se tähän asti on tullut tai siirtää kuluttajat eri muuntopiiriin konaan.

Taulukossa 2 on esitetty Myllykosken sähköaseman syöttävän sähköverkon verkkopituudet. Suurin osa alueen sähköverkosta on avojohtoverkkoa, maakaapeliverkon osuus on alueen sähköverkossa hyvin pieni. Avojohtoverkosta suurin osa sijaitsee asemakaava-alueen ulkopuolella, mutta osa sijaitsee myös asemakaava-alueella, josta suurin osa on sääilmiöille altista.

Taulukko 2. Myllykosken sähköaseman syöttävän verkon verkkopituudet.

Sähköasema	Kj-verkon pituus (km)	Avojohto (%)	PAS * (%)	Maakaapeli (%)
Myllykoski	110	76	4	20

* Sarake sisältää PAS ja ilmakaapelin pituudet.

Taulukossa 3 on esitetty Myllykosken sähköaseman syöttävän verkon verkkotiedot lähdeittäin. Taulukosta huomataan Keskustan lähdöllä olevan korkea kaapelointiaste. Kurkimäen lähdön osalta ilmajohtoverkkoa on hieman enemmän, kun huomioidaan avojohto ja PAS sekä ilmakaapeli verkot. Kun tarkastellaan Keltakankaan, Ummeljoen ja Uotilanmäen sähköverkkojen tilannetta, huomataan suurimman osan sähköverkosta olevan avojohtoverkkoa. Taulukossa esitetyt käyttöpaikat on pienjännitekäyttöpaikkoja ja teho on kyseisen lähdön syöttämä teho huippukuormituksen aikana.

Taulukko 3. Myllykosken sähköaseman syöttävän verkon verkkotiedot.

Sähköaseman lähde	Kj-verkon pituus (km)	Avojohto (%)	PAS * (%)	Maakaapeli (%)	Mmo (kpl)	Käyttöpaikkoja (kpl)	Teho (kW)
Kurkimäki	12,6	47	4	49	22	1 145	3 695
Keskusta	10,9	30	0	70	19	1 636	2 818
Keltakangas	26,2	84	4	12	34	527	1 593
Ummeljoki	35,3	85	3	12	36	535	1 250
Uotilanmäki	24,8	82	8	11	24	491	1 299

* Sarake sisältää PAS ja ilmakaapelin pituudet.

Tavoiteverkon suunnittelussa ei oteta kantaa asemakaava-alueen ulkopuolella oleviin ilmajohtoverkkoihin eikä ennestään säävarmoihin asemakaava-alueella sijaitseviin johto-osuuksiin. Pääperiaate jokaisen lähdön säävarmoihin johto-osuuksiin on, että ne uusi-taan entiseen paikkaan. Tavoiteverkon investointikustannuksissa ei ole huomioitu uusit-tavien johto-osuuksien kustannuksia.

4.2 Myllykoski

Kouvolan Myllykoski on taajama, joka sijaitsee Kymijoen rannalla. Myllykoskella asuu noin 5 000 ihmistä (Kouvola 2015a). Vuonna 2012 Myllykosken suurimmat ikäluokat ovat olleet 50 vuoden molemmin puolin ja 7 – 14-vuotiaita. Muutoin alueen ikäjakauma on hyvin tasainen. (Kouvola 2015c.) Ikäjakauman osalta voidaan päätellä, että sähkön-kulutuksessa Myllykosken alueella ei tule suuria muutoksia lähi vuosina. Myllykosken alueella on vapaita omakotitontteja jokaisen sähköaseman lähdön alueella ja vapaita teollisuustontteja on Ummeljoen sekä Keltakankaan lähdön alueilla (Kouvola 2015b).

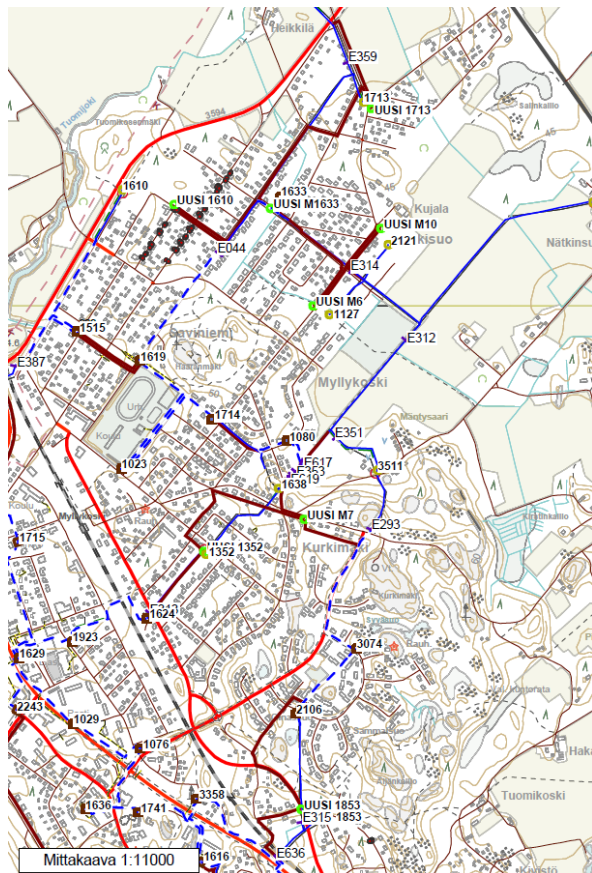
Omakotitonttien osalta mahdollista sähkönkulutuksen kasvua tulevaisuudessa voidaan pitää hyvin pienenä. Teollisuustonttien vaikutuksesta sähkönkulutus voi kasvaa äkilli-esti tulevaisuudessa Ummeljoen ja Keltakankaan lähdoissä. Kyseisissä tapauksissa Ummeljoen ja Keltakankaan keskijänniteverkon runkoyhteydet ovat riittävät kattamaan alueen mahdollisen kuormituksen kasvun. Keltakankaan lähdön sähkönkulutukseen pienentävästi tulevaisuudessa vaikuttaa alueella sijainneen ammattikoulun lakkautus. Ummeljoen alueelle on kaavoitettu uusia omakotitontteja ja urheilukenttä sekä Kur-kisuon alueelle on kaavoitettu myös uusia omakotitontteja (Kouvola 2015d). Näiden kaavoitusten toteutuessa alueiden muuntopiirien kuormitukset tulevat kasvamaan, mut-ta sähköaseman lähtöjen kuormitukseen kaavoituksilla ei ole suurta vaikutusta.

Myllykosken vanhalle tehdasalueelle on suunniteltu bioetanolilaitosta, jolle Työ- ja elinkeinoministeriö on myöntänyt 30 miljoonan euron energiatuen (Työ- ja elinkeino-ministeriö 2015). Hankkeen toteutuessa laitos tuo rakennus- ja tuotantovaiheessa Myl-lykosken alueelle välillisesti palveluita ja väestöä. Nämä seikat vaikuttavat alueen säh-könkulutuksen kasvuun uuden laitoksen sähkönkulutuksen rinnalla. Kokonaisuutena Myllykosken alueella uudisrakentamisesta tai väestön muutoksista johtuvat muutokset

ovat tulevaisuudessa pieniä. Voidaan siis olettaa alueella tapahtuvien muutoksien vaikutus sähköverkkoon pieneksi.

5 KURKIMÄEN TAVOITEVERKKO

Tässä luvussa käsitellään Kurkimäen lähdön sähköverkon kehityskohtia. Kurkimäen alue koostuu kokonaisuudessaan 70-luvun tuntumassa rakennetusta asutusalueesta. Kurkimäen lähdön kehityskohtat ovat tärkeitä koko Myllykosken sähköverkon osalta, koska Kurkimäen lähdön kautta alueen sähköverkkoa pystytään syöttämään Vahteronmäen sähköasemalta. Kurkimäen lähdön osalta tavoiteverkon suunnittelussa haasteita luo alueen tiheä asutus. Lähdön tavoiteverkon suunnittelussa on huomioitu mahdolliset vikatilanteet, jotta sähkönjakelu pystyttäisiin varmistamaan yksittäisten vikatilanteiden aikana tai tilanteessa, jossa Myllykosken sähköasema on pois käytöstä. Tavoiteverkon suunnittelussa huomioitiin Kurkimäen lähdön yhteinen rajapinta Keskustan lähdön kanssa. Kuvassa 2 on esitetty tavoiteverkkosuunnitelmaa koskeva osuus Kurkimäen lähdöstä. Uusi rakennettava maakaapeliverkko on esitetty kuvissa tummanpunaisella ja vanha keskijänniteverkko on kuvissa sinisellä.

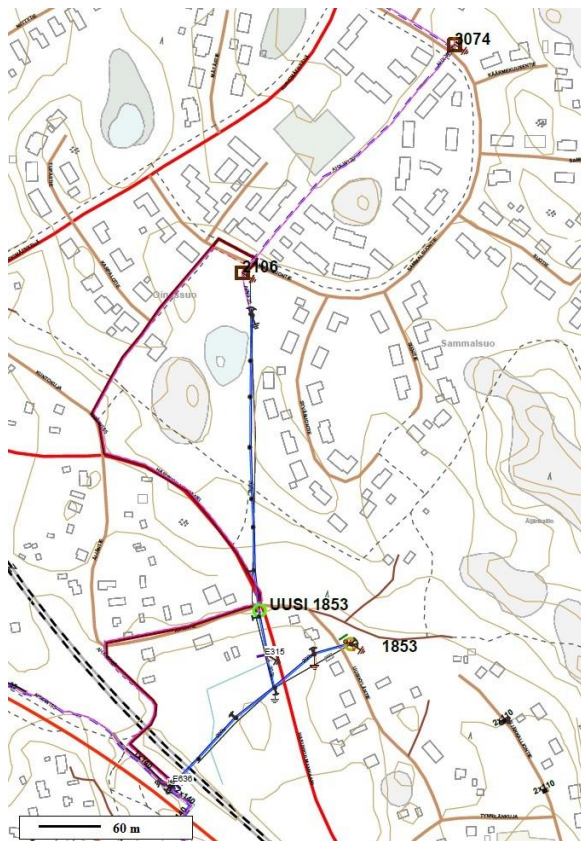


Kuva 2. Kurkimäen lähdön uusi ja vanha keskijänniteverkko päällekkäin.

5.1 Kur 1 : Kaapeloinnin haasteet

Kurkimäen lähdössä ensimmäinen kehityskohta löytyi junaradan vieressä erottimelle nousevasta ilmalinjasta, joka kulkee metsän keskellä muuntajalle M2106, tehden koko loppulähdön sähkönjakelusta sääilmiöille altista. Lisäksi M1853 on säteittäisen haaran päässä ja tavoiteverkon tavoitteena on saada kaikki asemakaava-alueella olevat muuntopiirit osaksi rengasverkkoa. M1853 muuntopiirin tehdään samalla pienjänniteverkon saneeraus, jossa kaikki ilmajohtdot kaapeloidaan.

Suunnittelussa päädyttiin ratkaisuun, jossa erottimelle nousevaan maakaapeliin jatketaan AHXAMK-W 3x185 keskijännitekaapeli, joka viedään radan ali suuntaporaamalla ja muuntamo M1853 saneerataan uuden maakaapelireitin varteen, jotta muuntopiiri saadaan rengasverkkoon. Radanalituksen yhteydessä täytyy ottaa huomioon junaradan varressa kulkevan kaasuputken kanssa risteäminen. Hankalaksi toteutuksen kannalta osoitautui muuntamolta M1853 muuntamolle M2106 tehtävä keskijännitemaakaapelointi. Kuvassa 3 on esitetty hankealueen kaapelointireitit sekä vanha keskijänniteverkko.



Kuva 3. Kurkimäen lähdön alku, hankealue Kur 1.

Muuntamoiden väliselle kaapelointireitille suunniteltiin kaksi vaihtoehtoista suunnitelmaa. Ensimmäisessä suunnitelmassa oli tavoite viedä kaapelireitti Niittykujan ja Kurkimäenkehän kautta, mutta kaapelointireitti osoittautui hankalaksi kaivaa pinnassa olevan kallion vuoksi. Toisessa suunnitelmassa etsittiin maastosta mahdollista maakaapelointireittiä metsässä menevän pururadan kautta, josta löydettiin pururataa leikkaava polku, johon kaapeli voitiin sijoittaa. Uuden reitin avulla maakaapelointireitin pituus lyheni noin 200 metrillä, mikä näkyi hankealueen investointi kustannuksissa merkittävästi. Taulukossa 4 on esitetty hankealuetta koskevat kj- ja pj-verkkoa koskevat muutokset.

Taulukko 4. Hankealue Kur 1 kj- ja pj-verkkoa koskevat muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säätelmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
1,00	0,64	0,00	1,00	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säätelmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
2,70	2,20	0,04	2,66	99

Muuntopiirin pj-kaapeloinnin yhteydessä huomataan muuntopiirin verkon häviöenergia pienenevän 44 % vuotta kohden verrattuna AMKA -verkkoon. Tällainen häviöenergian pieneneminen vaikuttaa muuntopiirin häviökustannuksiin merkittävästi muuntopiirin pitoaikana (40 vuotta). Häviökustannukset kyseiselle muuntopiiri maakaapeloinnin jälkeen ovat 36 327 euroa 40 vuotta kohden. Taulukossa 5 on esitetty hankealueen kustannukset.

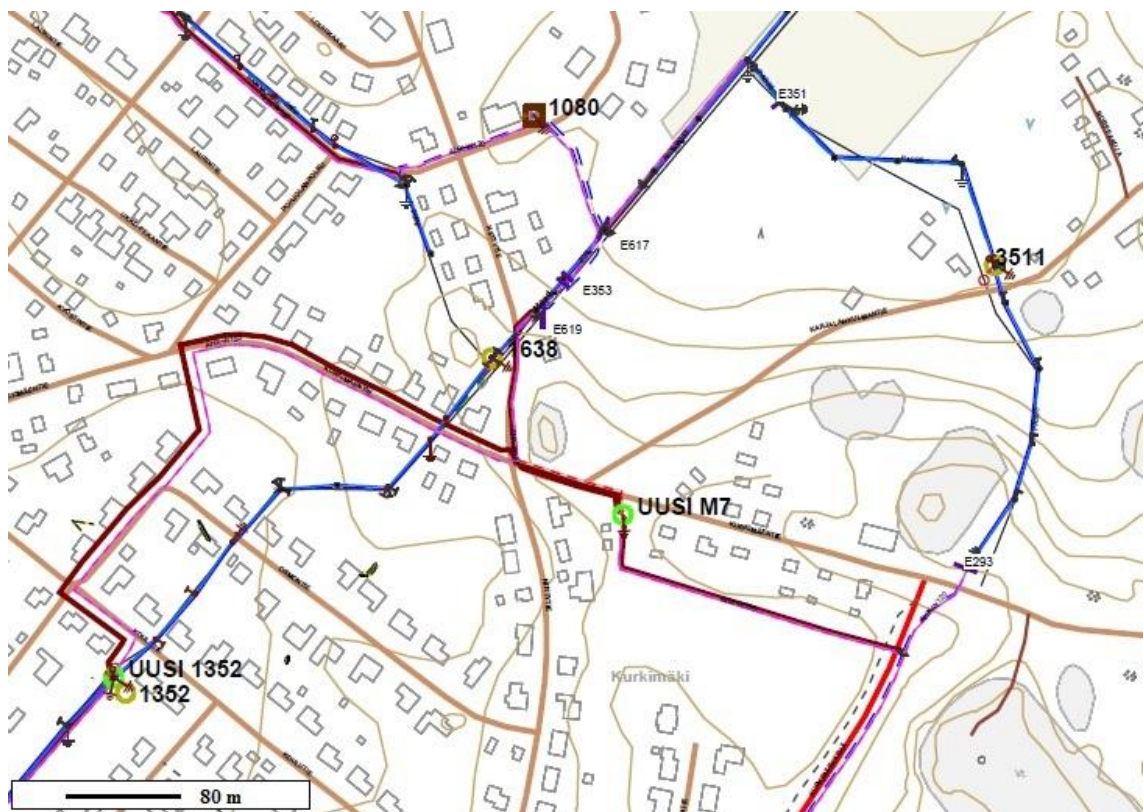
Taulukko 5. Hankealueen Kur 1 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
104 439	110 565	215 004	14 001	229 005

Taulukossa esitetty investointikustannus muodostuu kj- ja pj-verkon investointikustannuksista. Kokonaiskustannus muodostuu investointi- ja purkukustannuksista.

5.2 Kur 2 : Muuntopiirien yhdistäminen

Hankealueen Kur 2 tavoitteena oli löytää ratkaisu muuntamoiden M3511 ja M1638 saamiseksi osaksi säävarmaa verkkoa. Suunnittelussa lähdettiin hakemaan ratkaisua, jossa pystyttäisiin hylkäämään sääilmiöille alttiit keskijännitelinjat. Lopullisessa suunnitelmassa päädyttiin yhdistämään hankealueella olevat muuntopiirit (M3511 ja M1638) ja kaapeloimaan keskijännitekaapelit parasta mahdollista reittiä sekä kaapeloimaan muuntopiirien M3511 ja M1638 pienjänniteverkot. Uusi M7 muuntamo suunniteltiin mahdollisimman lähelle yhdistettävien muuntopiirien keskikohtaa, jotta kuormitus jakaantuisi mahdollisimman tasaisesti uuden muuntopiirin ympärille. Kuvassa 4 on esitetty muuntamon M7 sijoituspaikka.



Kuva 4. Uusi muuntamo M7 ja hankealueen Kur 2 keskijännitekaapelointi.

Muuntopiirien yhdistämiseen päädyttiin kyseisessä kohteessa, koska keskijännitekaapelien kaapelointikustannukset rengasverkon rakentamiseksi olisivat nousseet hyvin korkeiksi ja tässä tapauksessa muuntopiirien yhdistämisellä saatiin myös pienentettyä muuntamon aiheuttamia häviökustannuksia. Lisäksi päätökseen vaikutti ympäristö, joka rajoitti merkittävästi mahdollisia puistomuuntamoiden sijoituspaikkoja.

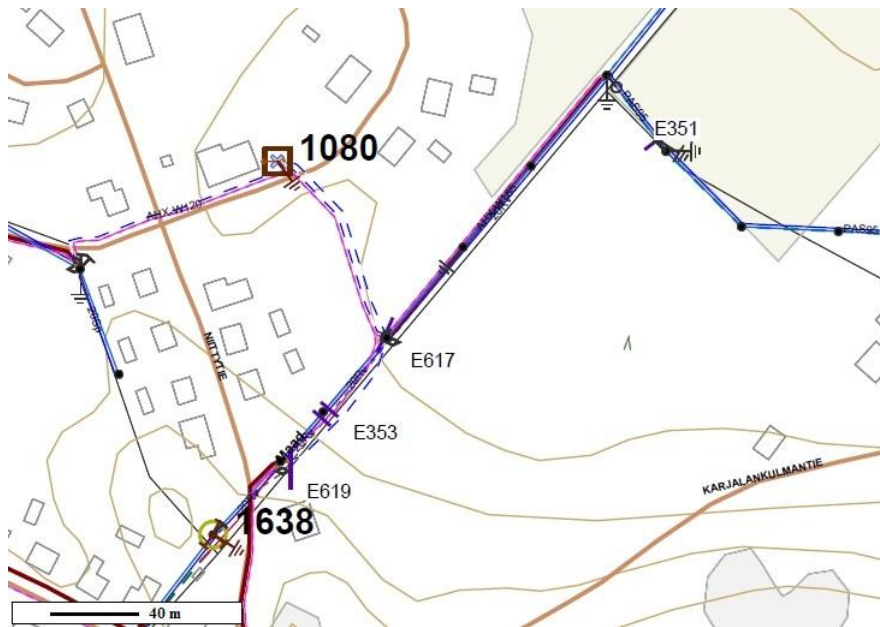
Uudelle M7 muuntamolle sähköasemalta syöttävän keskijännitekaapelinreittiä suunniteltaessa tarkoitus oli viedä kaapeli Kurkimäentien varressa ja jatkaa erottimelle E293 nousevaan AHXAMK-W 3x120 -maakaapeliin, esitetty kuvassa 4. Kurkimäentie osoittautui kaapeloitavalta osuudelta hyvin kallioiseksi, joten uuden keskijännitekaapelin sijoittaminen tienlaitaan kohtuullisilla kustannuksilla osoittautui mahdolliseksi. Tämä voidaan perustella vertaamalla kallion louhintakustannuksia ja kaapelin sijoittamista kaivamalla. Aiemmin toteutuneiden verkostohankkeiden perusteella oletetaan kallion louhinta kustannusten olevan noin 100 euroa metriä kohden, tällöin 100 metrin louhinta maksaa noin 10 000 euroa. Vastaavan etäisyyden kaapeliojan kaivaminen normaaleissa olosuhteissa maksaa noin 2 300 euroa. Verrattaessa kustannuksia, päästään johtopäätökseen, että louhintakohteet tulee olla hyvin perusteltuja. Tätä perustelua on käytetty myös pohjana muissa tavoiteverkkosuunnitelman kallioisten osuuksien suunnittelussa.

Muuntamolle M7 etsittiin uusi kaapelireitti ja paras mahdollinen kaapelireitti löytyi Kurkimäentien varressa olevien tonttien takana olevan metsän laidasta. Kaapelin sijoituspaikka metsään ei ole ideaalisin ratkaisu, koska metsään sijoitetun kaapelin johtokatu täytyy pitää käytettävissä huolto- ja vikatilanteissa. Lisäksi erinäiset metsänhoitotoimenpiteet saattavat vahingoittaa kaapelia. Tässä tapauksessa kaapelin sijoittamisille metsän laitaa oli perusteltua. Kaapelin sijoitusympäristöä voidaan perustella esimerkiksi maakaapelointi etäisyyden pysymisenä kohtuullisena. Uudelta M7 muuntamolta kaapeloidaan keskijännitekaapeli erottimelle E619, jolloin uusi sähköverkko saadaan kiinni olemassa olevaan ilmalinjaan.

Hankealueessa Kur 2 kaapeloidaan myös erottimien E617 – E351 välinen ilmalinja vanhaan johtoaukkoon, jotta Kurkimäen lähdön loppuosan sähkönjakelua saadaan varmennettua. Uuden maakaapelin ja vanhan ilmajohtoverkon sijainti on esitetty kuvassa 5. Kaapeli nostetaan ilmalinjaan pellon laidassa, jossa keskijänniteverkko on säävarmaa. Hankealueen Kur 2 kustannukset on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Hankealueen Kur 2 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
107 389	273 449	380 838	18 441	399 279



Kuva 5. Erottimien E617 - E351 ilmalinjan kaapelointi.

Taulukossa 7 on esitetty hankealueen Kur 2 kj-verkon muutokset. Poistuva säävarma verkko on AHXAMK-W 3x120 maakaapelia.

Taulukko 7. Hankealueen Kur 2 kj-verkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säätimöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,46	0,46	0,09	0,37	80

Hankealueessa muuntopiirin yhdistämistä yhdeksi muuntopiiriksi voidaan perustella myös vertaamalla muuntopiirien häviöenergioita keskenään. Taulukossa 8 on esitetty muuntamoiden häviökustannusvertailu. Pj-verkon ja pj-maakaapeliverkon energiahäviöillä osoitetaan taulukossa energiahäviöiden pieneneminen pj-verkossa maakaapeloinnin myötä. Häviökustannukset on laskettu tyhjäkäynnin energiahäviöiden, energiahäviön ja pj-maakaapeliverkon energiahäviön summasta. Energiahäviöt on laskettu yhden vuoden ajalta.

Taulukko 8. Muuntajien häviökustannukset.

Muuntamo	Tyhjäkäynnin energiahäviö (kWh)	Energiahäviö (kWh)	Pj-verkon energiahäviö (kWh)	Pj-maakaapeliverkon energiahäviö (kWh)	Häviökustannus 50 €/a (MWh)	Häviökustannus 40 a/€
M1638	6 044	1 171	6 764	2 949	508	20 328
M3511	2 146	1 973	7 219	3 147	363	14 533
Yhteensä	8 190	3 144	13 983	6 097	872	34 861
UUSI M7	4 555	2 421	19 080	8 319	765	30 590
Erotus	3 635	723	-5 097	-2 222	107	4 271

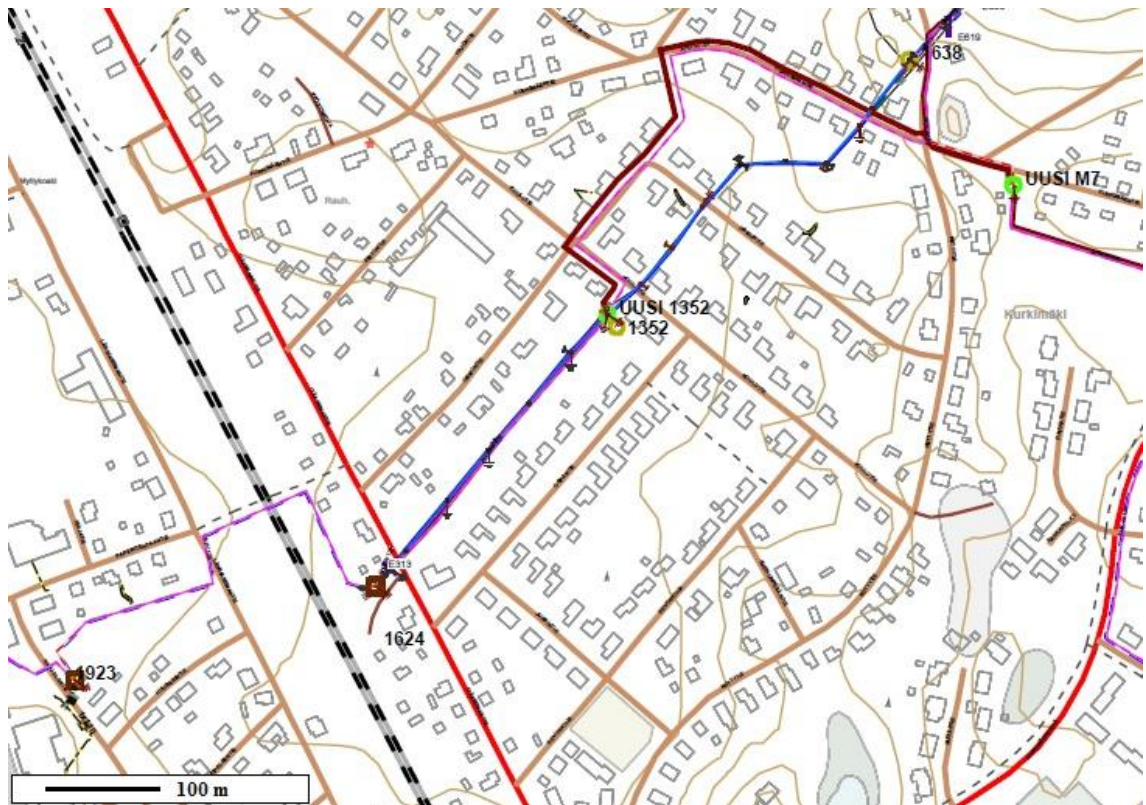
Muuntamon energiahäviöissä on nähtävissä huomattava lasku, mikä on selitettävissä muuntajien lukumäärän vähentymisellä ja muuntajakoneiden hyötysuhteiden parantumisella. Muuntamoiden M1638 (1973) ja M7 muuntajat ovat nimellisteholtaan 315 kVA, josta huomataan muuntajien hyötysuhteen parantuminen. Uusi muuntamo on häviökustannuksiltaan 107 euroa edullisempi vuositasolla. Häviökustannuksia laskettaessa työssä ei ole huomioitu korkokannan vaikutusta kustannuksiin.

Energiahäviöllä tarkoitetaan muuntajalla tapahtuvaa energiahäviötä vuoden aikana. Verkon energiahäviöllä tarkoitetaan sähköjohdoissa syntyviä häviöitä, joita ovat kuormitushäviö, vuotohäviö ja koronahäviöt. (Elovaara & Haarla 2011a, 411.) Kun häviökustannus lasketaan muuntamon kokonaispitoajalle 40 vuodelle, on se 4271 euroa edullisempi verrattuna kahteen erilliseen muuntamoon. Taulukossa 8 esitetyt miinusmerkkiset verkkojen energiahäviöt johtuvat siitä, että uuden muuntopiirin verkon energiahäviö on suurempi kuin yhdistettävien muuntopiirien yhteensä. Häviöenergiasta maksettava korvaus 50 €/MWh kohden on oletettu keskiarvo häviöenergian hinnaksi muuntamoiden pitoajalle.

5.3 Kur 3 - 4 : Jakorajamuutokset ja kaukokäyttö

Suunnittelun lähtökohtana hankealue Kur 3 kohdalla oli, että hankealueessa Kur 2 suunnitellulta muuntajalta M7 kaapeloitaisiin uusi keskijännitekaapeli AHXAMK-W 3x185 saneerattavalle muuntamolle M1352.

Suunnittelussa lähdettiin hakemaan sopivia reittejä keskijännitekaapelin sijoittamiselle reitin pituuden ja ympäristön kannalta. Ensimmäisessä suunnitelmassa keskijännitekaapelille suunniteltiin lyhyin mahdollinen reitti, jotta kaapelointikustannukset olisivat mahdollisimman alhaiset. Suunniteltu reitti osoittautui maastossa hyvin tiiviisti rakennetuksi ja tällöin myös hyvin hankalaksi kaivaa sekä sijoittaa keskijännitekaapeli. Keskijännitekaapelille löydettiin uusi reitti muuntajalta M7 muuntajalle M1352, joka on esitetty kuvassa 6. Uudessa kaapelireitissä kaapeli sijoitetaan osittain tien laitaan ja osan matkasta kaapeli viedään metsäkaistaleen läpi, minkä avulla kaapelointimatka saatiin kohtuulliseksi. Metsäkaistaleen jälkeen, tultaessa Osmontielle keskijännitekaapeloinnissa täytyy huomioida risteäminen kaasuputken kanssa sekä myös alueen jo kaapeloitu pienjänniteverkko.



Kuva 6. Uusi AHXAMK-W 3x185 muuntamolta M7 muuntamolle M1352.

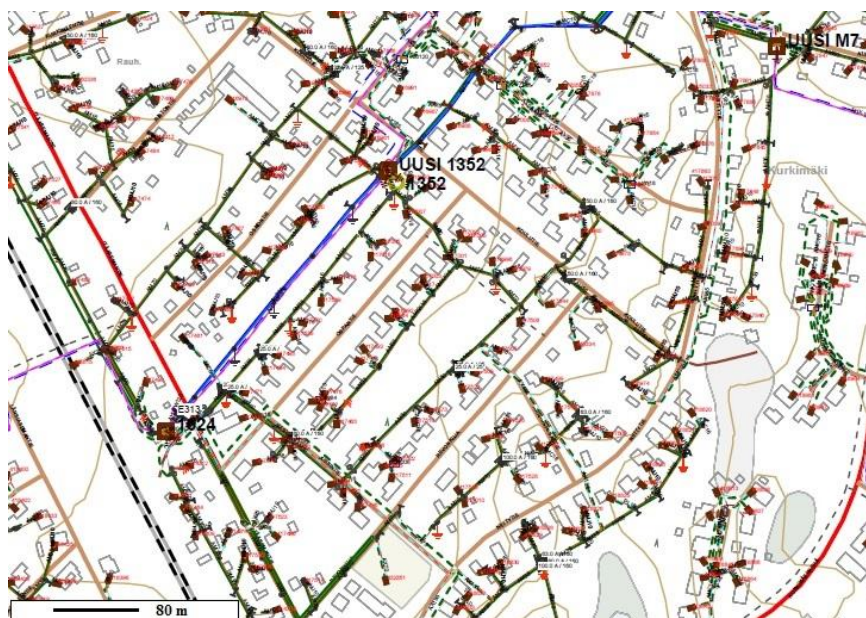
Hankealueen Kur 3 yhteydessä kaapeloidaan myös muuntamon M1352 pienjänniteverkko, muuntopiirin kaapeloinnissa huomioidaan muuttuvat jakorajat viereisen muuntopiiriin M1624 kanssa. Tässä tapauksessa ilmajohtoverkkoa kaapeloitaessa on toteutuksen ja paremman sähkönlaadun saavuttamiseksi perusteltua asettaa muuntopiirien jakoraja puoliväliin molemmista muuntopiireistä nähden. Tarkasteltaessa muuntopiirien jakorajojen muutoksia saadaan lyhennettyä pienjänniterunkokaapelin kaapelointietäisyyksiä. M1352 pj-verkkoa kaapeloitaessa huomioidaan jakorajan muutokset ja tehdään tarvittavat muutokset ilmajohtoverkkoon, jotta ilmajohtoverkon piiriin jäävät liittymät voidaan ottaa hetkellisesti M1624 ilmajohtoverkkoon, ennen kyseisen muuntopiirin kaapelointia.

Kaapeloinnissa huomioidaan muuntopiiriin M2106 osan Niittytien varressa olevien liittymien kaapeloinnista muuntopiiriin M1352 ja osa muuntopiiriin M1624 hankealueen Kur 4 yhteydessä. Kyseisten liittymien ilmajohtoverkko kulkee tonttien takana, jolloin ilmajohtoverkolle toteutettavan kaapeloinnin yhteydessä liittymille syöttävä muuntopiiri vaihtuu, jotta kaapelointi etäisyydet pysyvät kohtuullisina. M1352 saneerataan puistomuuntamoksi entisen pylväsmuuntamon viereen.

syötetään sähkö Kurkimäen lähtöön, mikäli Kurkimäen lähdön alkuosassa on käynyt keskijänniteverkonvika.

Asiakkaille vioista aiheutuviin keskeytysten pituuteen pystytään vaikuttamaan kaukokäyttö erottimien avulla. Keskeytysten määrään kauko-ohjattavilla erottimilla ei pystytä vaikuttamaan. Kaukokäytettävien erottimien avulla pystytään häiriötilanteissa nopeasti toteuttamaan vaativia varayhteysjärjestelyitä, kauko-ohjauksen avulla verkkoon saadaan lisää siirtokapasiteettia. Kaukokäytettävien erottimien ja varayhteyksien avulla pystytään hyödyntämään sähköverkon kapasiteetti mahdollisimman tehokkaasti, lisäksi näin vähennetään investointitarpeita. (Lakervi 1996, 151.)

Sähköverkonkäytön kannalta muuntamolle M1624 tutkittiin kaukokäytön mahdollisuuksia. Muuntamo on vuonna 2002 rakennettu SF6 eristeinen puistomuuntamo, jossa kaukokäyttölaitteiston lisäämiselle vaadittavat tilat on olemassa muuntamokopin sisällä. Kaukokäyttölaitteiston asennuskustannuksiin ja tarvittaviin muutostöihin SF6-kojeistoon tulee perehtyä, mikäli kaukokäyttölaitteisto lisätään kyseiseen muuntamoon. Moottoriohjatun kojeiston kustannus SF6-kojeistoon on noin 10 000 euroa, kaukokäyttölaitteiston hintaa ei huomioitu hankealueen Kur 4 investointikustannuksia laskiessa. Tähän päädyttiin siksi, että kaukokäytön tarvetta tulee tarkastella hankealuetta tehtäessä. Lisäksi tulee huomioida hankealueen tekoheikellä SF6-kojeiston hinta tilatessa ja asennuskustannukset verrattuna uuteen ilmaeristeiseen puistomuuntamoon, jossa on valmiina tilatessa kaukokäyttölaitteisto.



Kuva 8. Hankealueiden Kur 3 ja Kur 4 pj-verkko.

Muuntamon M1624 osalta pienjänniteverkko kaapeloidaan hankealueessa Kur 3 määritettyjen jakorajojen mukaisesti. Kaapeloinnissa huomioidaan hankealueessa Kur 3 mainitun muuntopiirin M2106 Niittytien varressa olevien liittymien kaapelointi muuntopiiriin M1624. Muuntopiirin pj-verkko on esitetty kuvassa 8. Taulukoissa 9 ja 10 on esitetty hankealueen Kur 3 ja Kur 4 sähköverkkojen johtopituuksien ja tyyppien muutokset.

Taulukko 9. Hankealueen Kur 3 kj- ja pj-verkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,65	0,40	0,00	0,65	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
2,30	2,20	0,07	2,23	97

Taulukko 10. Hankealueen Kur 4 kj- ja pj-verkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,31	0,30	0,00	0,31	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
5,16	4,00	0,30	4,86	94

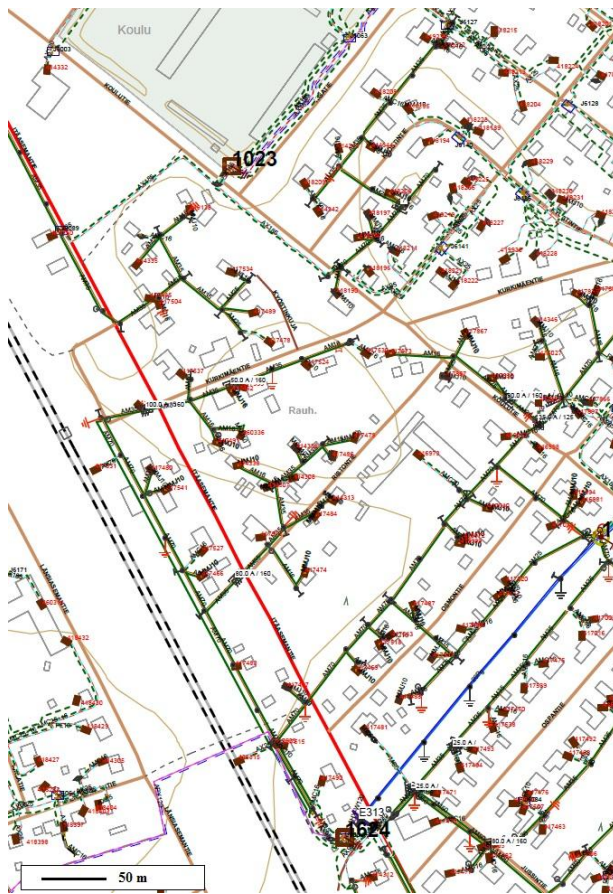
Taulukossa 11 on esitetty hankealueiden kustannukset eriteltyinä. Kokonaiskustannusten ero selittyy muuntamon M1624 suuremmalla muuntopiirillä, jolloin pj-kaapelointia on enemmän.

Taulukko 11. Hankealueiden Kur 3 ja 4 kustannukset.

Hankealue	Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
Kur 3	76 903	110 834	187 737	12 344	200 081
Kur 4	53 626	232 173	285 799	19 953	305 752

5.4 Kur 5 : Kuormitustilanteen muutos

Muuntamo M1023 syöttävä keskijänniteverkko on jo maakaapeloitu ja muuntamolle on mahdollista syöttää sähköä joko muuntamolta M1714 tai M1619. Kyseisessä tilanteessa hankealueen Kur 5 kehityskohteet rajoittuivat muuntopiirin pj-verkon saneeraukseen ja muuntamon muuntajan vaihtoon. Muuntopiiriin M1624 pj-verkon saneerausta suunniteltaessa ilmeni muuntopiiriin M1624 kuuluvien Kurkimäentien liittymien haasteellisuus pj-verkkoa kaapeloitaessa. Suunniteltaessa ilmeni liittymien olevan hyvin kaukana muuntamosta M1624, jolloin sähkötekniisesti tarkasteltuna paremmaksi vaihtoehdoksi osoittautui liittymien siirtäminen kaapeloinnin yhteydessä muuntopiiriin M1023. Kuvassa 9 on esitetty muuntopiiriin M1624 pj-liittymien sijainti.



Kuva 9. Muuntopiiriin M1023 kaapeloitavat liittymät.

Liittymien siirtämisen myötä täytyy muuntamon muuntaja vaihtaa nimellisteholtaan 500 kVA muuntajasta 800 kVA muuntajaan. Taulukota 12 nähdään muuntamon kuormitus pj-liittymien siirron myötä.

Taulukko 12. Muuntamon M1023 kuormitustilanteet.

Kone (kVA)	Päteteho (kW)	Kuormitusaste (%)	Tyhjäkäynnin energiahäviö (kWh)	Häviöenergia (kWh)	Häviökustannus 40 a/€
500	353,7	86,7	7 709	12 538	51 654
800	419,3	54,1	8 935	5 996	40 697

Muuntamon koneen vaihdon seurauksena muuntamon häviökustannukset ovat 10 957 euroa pienemmät muuntajan pitoajalla verrattuna nimellisteholtaan 500 kVA muuntajaan. Häviöenergian arvoista nähdään 800 kVA muuntajan tuottavan huomattavasti vähemmän häviöenergiaa kuin 500 kVA muuntajan. Tässä vertailussa on myös tärkeä huomioida muuntajakoneiden hintaero, joka on noin 4 000 euroa. Nimellisteholtaan 500 kVA muuntajan vaihto 800 kVA muuntajaan on perusteltua, silloin kun 500 kVA muuntajan kuormitus on 320 kW eli muuntaja kuormitusaste on 64 %. Taulukosta 12 pystytään tulkitsemaan kyseisten raja-arvojen täyttyvän.

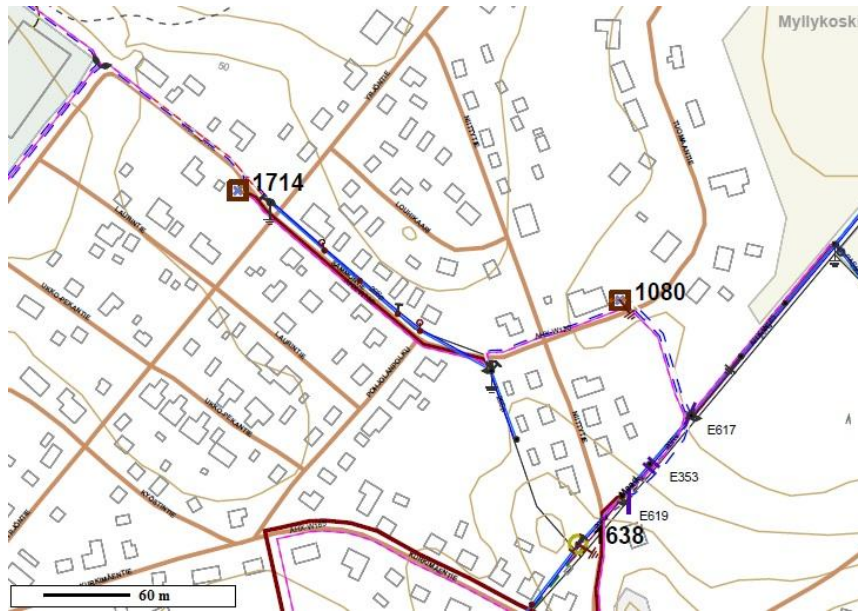
Taulukossa 13 on esitetty hankealueen kustannukset. Hankealueen kj-verkon kustannukset sisältävät ainoastaan uuden muuntajan, koska hankealueen kj-verkko on jo ennestään maakaapeloitu.

Taulukko 13. Hankealueen Kur 5 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
14 430	69 991	84 421	4 796	89 217

5.5 Kur 6 : Sähkönjakelun varmuus

Hankealueessa Kur 6 suunniteltiin M1080 ja M1714 välillä olevalle säätelmiöille alttiille ilmaliinjalla säävarma ratkaisu. Suunnittelussa päädyttiin ratkaisuun, jossa keskijännite-kaapeli sijoitetaan tien laitaan ja jatketaan muuntamolta M1080 tulevaan vuonna 2006 asennettuun AHXAMK-W 3x120 kaapeliin, joka on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Hankealueen Kur 6 kj-kaapelointi.

Taulukossa 14 on esitetty hankealueen sähköverkkoa koskevat muutokset ja taulukossa 15 on esitetty hankealueen kustannukset. Sähköverkon osalta muutokset eivät ole suuria, mutta vaikuttavat loppulähdön sähkönjakelun varmuuteen.

Taulukko 14. Hankealueen Kur 6 sähköverkkoa koskevat muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säätelmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,25	0,20	0,00	0,25	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säätelmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
0,48	0,40	0,00	0,48	100

Taulukko 15. Hankealueen Kur 6 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
15 263	28 004	43 267	1 011	44 278

Hankealueen keskijännitekaapeloinnin suorittaminen on hyvin tärkeä tekijä Kurkimäen lähdön sähköjakelun varmuuden parantamiseksi. Hankealueen Kur 6 jälkeen olevaa sähköverkkoa on mahdollista syöttää, joko muuntamoiden M1080 ja M1714 kautta tai hankealueessa Kur 2 rakennetun muuntamon M7 kautta Aatuntielle. Tämän vuoksi on tärkeää turvata sähkönsyöttö lopulle Kurkimäen lähdölle, jotta sähköjakelu voidaan turvata myös myrskyn sattuessa.

5.6 Kur 7 - 8: Lähdön vaihto

Hankealueessa Kur 7 oli tarkoitus löytää ratkaisu, jolla muuntamo M1610 sijoitetaan osaksi rengasverkkoa. Muuntamo sijaitsee säteittäisessä haarassa keskustan lähdössä. Suunnittelussa lähdettiin hakemaan ratkaisua, jossa muuntopiiri pystyttäisiin siirtämään osaksi Kurkimäen lähtöä. Muuntamolle tuleva syöttö on myös osittain altis sääilmiöille.



Kuva 11. Muuntamon M1610 sijoitus.

Muuntamolle M1610 lähdettiin suunnittelemaan mahdollista sijoituspaikkaa keskemällä muuntopiirin kuormitusta sekä mahdollista reittiä kahdelle keskijännitekaapelille. Muuntamon sijoituksessa huomioitiin myös muuntopiirin läheisyydessä olevat tyhjat tontit. Kuvassa 11 näkyy muuntamon vanha ja uusi sijainti sekä uudelle muuntamolle tulevat kaapelit. Muuntamolle tuotavista kaapeleista toinen jatketaan erottimelle E044 nousevaan AHXAMK-W 3x120 kaapeliin, joka on asennettu vuonna 1996. Kaarlontielle lähtevä kj-kaapeli nostetaan sopivassa kohdassa olemassa olevaan ilmalinjaan, kunnes Kaarlontien keskijännitelinja kaapeloidaan. Muuntopiirin pj-verkon kaapeloinnin yhteydessä hyödynnetään Rautakorven- ja Saviniementiellä olevia putkia.

Muuntamon M1515 syöttö tuli keskustan lähdöstä ja muuntamon kautta kulki syöttö muuntamolle M1610, joka saneerattiin osaksi Kurkimäen lähtöä. Kuten myös muuntamo M1610 myös muuntamo M1515 on säteittäisessä haarassa keskustan lähdössä, joten hakealueessa Kur 8 lähtökohdaksi tuli löytää ratkaisu muuntopiirin sähkönjakelun varmentamiseksi ja saada muuntopiiri osaksi rengasverkkoa.

Muuntamon sähköjakelua lähdettiin tarkastelemaan mahdollisilla varayhteyksillä, jotta muuntopiiriä pystyttäisiin vikatilanteissa syöttämään vaihtoehtoista reittiä pitkin. Tarkoituksena oli suunnitella reitti keskijännitekaapelille muuntamolta M1515 lähimmälle muuntamolle, joka on muuntamo M1619. Muuntamolle suunniteltiin kaksi vaihtoehtoista suunnitelmaa, jossa toisessa muuntamolta kaapeloidaan varayhteys Kurkimäen lähtöön tai toisessa muuntamo liitettäisiin osaksi Kurkimäen lähtöä.

Keskustan lähdön kautta tuleva syöttö ylittää junaradan juuri ennen muuntamo M1515, syöttö on osittain altis sääilmiöille. Syötölle suunniteltiin säävarma ratkaisu, jossa sääilmiöille alttiit johto-osuudet kaapeloidaan ja junaradan ylitys suuntaporataan. Toisena vaihtoehtona suunniteltiin ratkaisu, jossa muuntamolta M1515 kaapeloidaan kaksi keskijännitekaapelia muuntamolle M1619, esitetty kuvassa 12. Tällöin muuntopiiri siirretäisiin Kurkimäen lähdön perään. Vaihtoehtojen vertailussa muuntopiirin siirtäminen Kurkimäen lähtöön, osoittautui investointikustannuksiltaan edullisemmaksi ratkaisuksi.



Kuva 12. Muuntamoiden M1515 ja M1619 keskijännitekaapelointi.

Keskijännitekaapeloinnin suunnittelun yhteydessä tutkittiin mahdollisia kytkentöjä, millä pystyttäisiin turvaamaan muuntamoiden M1515 ja M1619 sähkönjakelu. Suunnittelussa verrattiin muuntamon M1515 jättämistä säteittäisen haaran päähän muuntamolta M1619 tai ratkaisua, jossa muuntamo M1515 kaapeloidaan osaksi rengasverkkoa. Sähkönjakelun varmuuden kannalta päädyttiin ratkaisuun, jossa muuntamolta M1515 kaapeloidaan kaksi keskijännitekaapelia, jolloin muuntamo saadaan rengasverkkoon ja viikatilanteissa pystytään takamaan varmemmin jokaisen muuntamon sähkönjakelu jotakin vaihtoehtoista reittiä pitkin.

Investointikustannuksiltaan kahden kaapelin vaihtoehto on kalliimpi, koska kaapelia kuluu kaksinkertainen määrä. Lisäksi muuntamolla M1619 joudutaan tekemään kytkentämuutoksia. Muuntamoita M1515 ja M1619 ei saneerata, koska muuntamoiden muuntajat ja kopit ovat hyvässä kunnossa. Taulukossa 16 on esitetty hankealueiden Kur 7 ja 8 kustannukset.

Taulukko 16. Hankealueiden Kur 7 ja Kur 8 kustannukset.

Hankealue	Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
Kur 7	65 515	189 773	255 288	19 003	274 291
Kur 8	42 420	74 400	116 820	4 397	121 217

5.7 Kur 9 - 10 : Muuntopiirien uudelleensijoitus

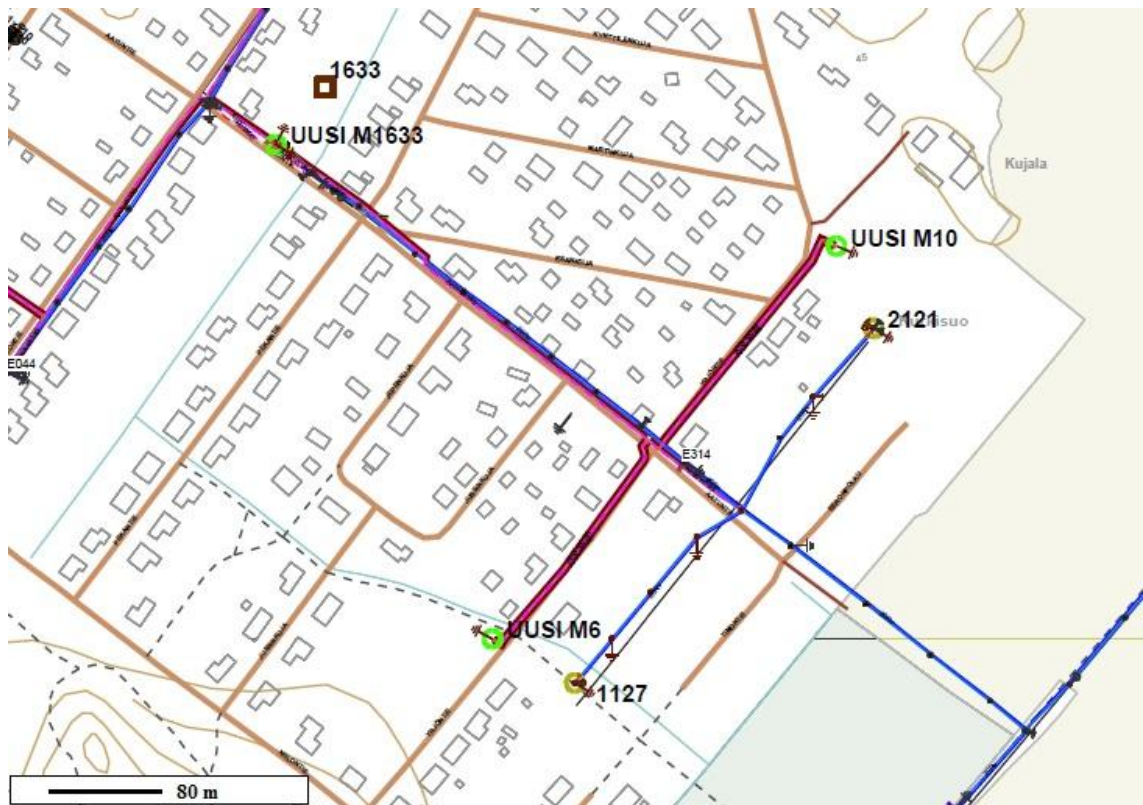
Hankealueessa Kur 9 sijaitsevalle muuntamolle M1127 oli tavoite suunnitella säävarma sähkönsyöttö ja saada muuntamo osaksi rengasverkkoa sekä löytää muuntamolle parempi sijoituspaikka kuormituksiin nähden. Suunnittelussa perehdyttiin kaavoitukseen alueella ja sen pohjalta tarkasteltiin paras mahdollinen paikka uudelle puistomuuntamolle, joka löytyi puistoalueen reunalta, kuvassa 13.

Muuntamolle M6 suunniteltiin keskijännitekaapelireitit, jotka sijoittuivat teiden laitaan. Keskijännitekaapelointi tehdään muuntamolta M1633 alkaen ja muuntamolta lähtevä keskijännitekaapeli nostetaan olemassa olevaan ilmalinjaan Aatuntiellä. Muuntamolta M1633 tuleva kaapeli voidaan myös toteuttaa hankealueessa Kur 11 Yrjöntien risteykseen asti. Hankealueen yhteydessä muuntopiirin pj-verkko kaapeloidaan. Hankealueiden järjestys on erittäin tärkeä pienjänniteverkon kaapeloinnin kannalta, jotta kaikki liittymät alueella saadaan vaiheittain säävarman verkon piiriin. Lisäksi pienjänniteverkon kaapelointiin haastetta luo pj-verkkojen sijainti tonttien välissä, jolloin maakaapeloinnin yhteydessä joudutaan muuttamaan liittymiä syöttävää muuntopiiriä.

Muuntamoon M6 asennetaan nimellisteholtaan 500 kVA muuntaja, jolloin muuntajan kuormitus on 52,5 %. Taulukossa 17 on esitetty Kur 9 hankealueen sähköverkon muutokset.

Taulukko 17. Hankealueen Kur 9 kj- ja pj-verkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,73	0,30	0,18	0,55	75
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
3,77	2,80	0,34	3,43	91



Kuva 13. Muuntamon M6 ja M10 sijoitus.

Hankealueessa Kur 10 tavoitteena oli löytää ratkaisu muuntamon M2121 sähkönjakelun varmentamiseksi vikatilanteissa sekä löytää muuntamolle paras mahdollinen sijoituspaikka muuntopiirin kuormitukseen nähden. Tavoitteena oli myös suunnitella sähkön-syöttö muuntamolle niin, että muuntamo saadaan rengasverkkoon. Muuntamon sijoitus ei ollut mahdollista keskelle kuormitusta asutusalueen tiheään rakennetun asutuksen vuoksi. Muuntamo sijoitettiin niin keskelle kuin mahdollista, esitetty kuvassa 13. Muuntamon sijoittamisessa huomioitiin alueen kaavoitus mahdollisena kuormituksen lisääntymisenä tulevaisuudessa. Muuntamolle M10 tuotava keskijännitekaapeli jatketaan hankealueessa Kur 9 Aatuntielle kaapeloituun keskijännitekaapeliin ja muuntamolta lähtevä kaapeli nostetaan olemassa olevaan ilmalinjaan erottimen E314 jälkeen. Tällöin hankealueen Kur 10 verkko saadaan kiinni säävarmaan verkkoon.

Uuden muuntamon M10 muuntajaksi valitaan nimellisteholtaan 315 kVA muuntaja, jolloin muuntajan kuormitusaste on 59 %. Taulukossa 18 on esitetty hankealueen Kur 10 sähköverkon muutokset ja taulukossa 19 on esitetty hankealueiden Kur 9 ja 10 kustannukset.

Taulukko 18. Hankealueen Kur 10 kj- ja pj-verkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säätimöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,47	0,04	0,15	0,32	68
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säätimöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
2,66	1,70	0,52	2,14	81

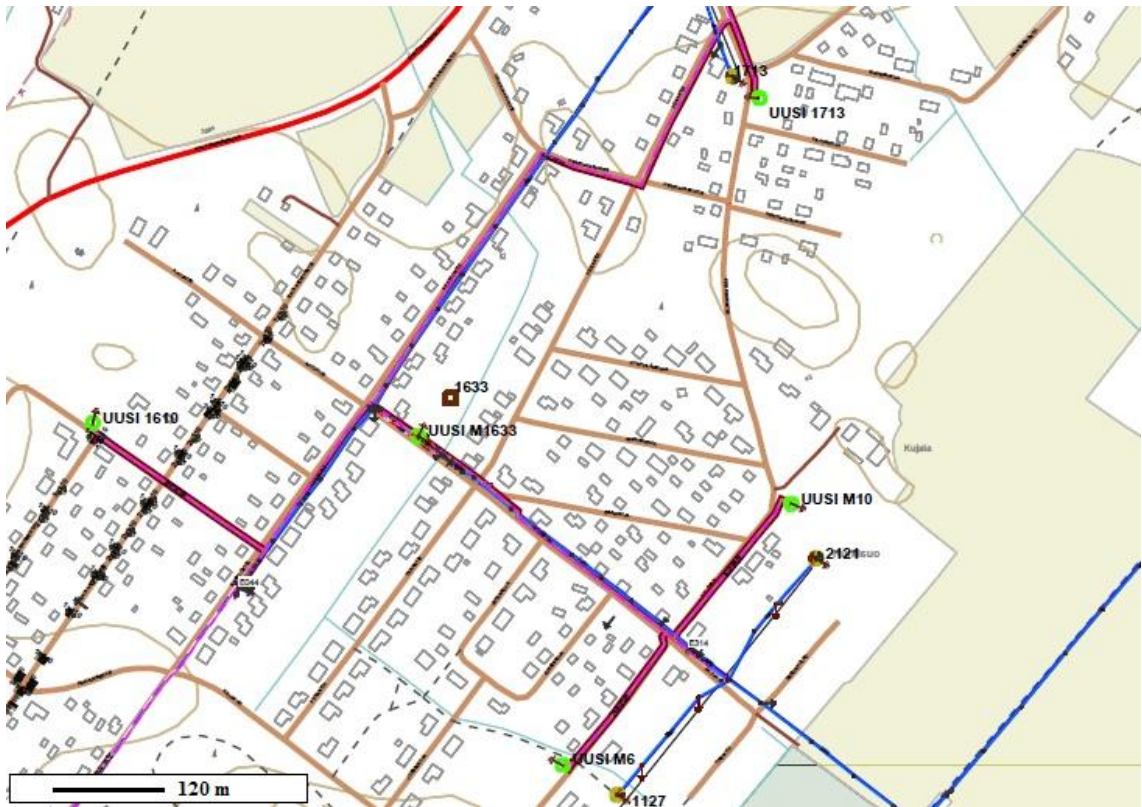
Taulukko 19. Hankealueiden Kur 9 ja 10 kustannukset.

Hankealue	Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
Kur 9	81 787	181 449	263 236	13 447	276 683
Kur 10	63 684	133 543	197 227	10 710	207 937

5.8 Kur 11 - 12 : Säävarma runkoyhteys

Hankealueessa Kur 11 keskityttiin suunnittelemaan ratkaisut keskijännitekaapeloinnille muutamolta M1633 Kaarlontien ilmalinjaan muuntamoille M1610 ja M1713. Hankealueen yhteydessä on myös mahdollista toteuttaa Aatuntien kj-kaapelointi muuntamoille M6 ja M10 Yrjöntien risteykseen asti, mikäli osuutta ei kaapeloida hankealueen Kur 9 yhteydessä. Edellä mainitussa tapauksessa tulee huomioida kj-kaapeloinnista aiheutuva lisäkustannus hankealueen investointikustannuksiin. Kj-kaapeloinnin yhteydessä suunniteltiin muuntopiirin pj-verkon kaapelointi huomioiden samalla hankealueiden Kur 10 ja 9 pj-verkon kaapeloinnit.

Keskijännitekaapelointia suunniteltaessa huomioitiin tarve saneerata SF6-eristeinen muuntamo M1633, koska muuntamossa ei ole kuin kaksi kennoa. Jos muuntamo ei saneerattaisi, ei uuden kytkentäjärjestyksen toteuttaminen olisi mahdollista silloin kun keskijänniteverkko maakaapeloidaan. Sähköverkon suunnittelussa päädyttiin ratkaisuun, jossa hankealue Kur 11 sisältää keskijännitekaapelointia 1,05 km, mikä on Kurkimäen lähdön tavoiteverkon rakentamisessa suurin pituus. Kaarlontien keskijännitekaapelointi sisällytettiin kyseiseen hankealueeseen, koska Kaarlontien varressa olevat liittymät ovat osamuuntopiiriä M1633. Tällöin pystytään minimoimaan kaivamisen tarve. Hankealueen keskijännitekaapelien sijoitus on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. Muuntamon M1633 yhteydessä tehtävä kj-kaapelointi.

Taulukossa 20 on esitetty hankealueen Kur 11 sähköverkon muutokset. Taulukosta huomataan hankealueen kj- ja pj-verkon olevan alkutilanteessa lähes kokonaan sääilmiöille altista.

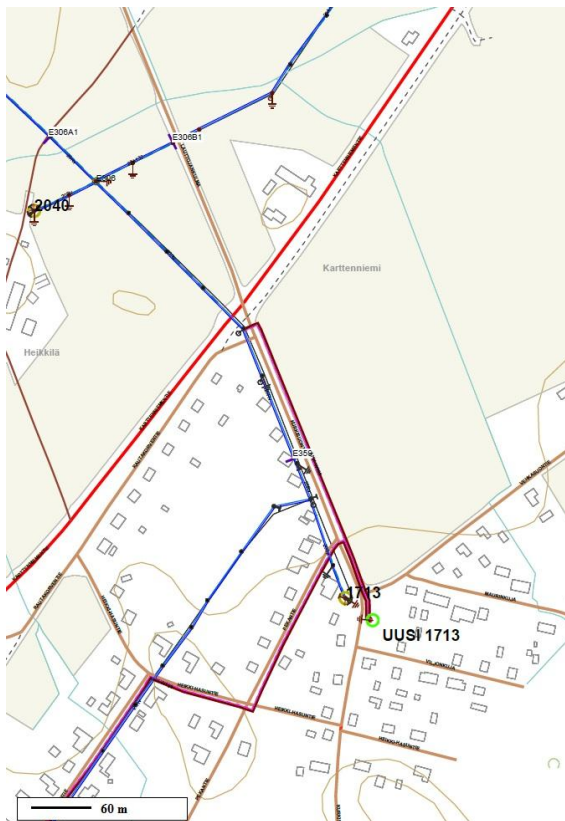
Taulukko 20. Hankealueen Kur 11 kj- ja pj-verkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava sääilmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
1,05	0,72	0,00	1,05	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava sääilmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
4,00	3,20	0,13	3,87	97

Keskijänniteverkon osalta investointikustannus sisältää kohteessa käytettävät kaapelit ja kaivuun, muuntamot sekä jatkot ja päätteet. Pienjänniteverkkojen osalta investointikustannukset sisältävät käytettävät kaapelit ja kaivuun sekä tarvittavat jakokaapit ja sulakkeet.

Hankealueessa Kur 12 keskityttiin suunnittelemaan ratkaisu muuntamolle M1713, sen sijoittamisesta ympäristöön, jotta muuntamo voidaan saneerata puistomuuntamoksi.

Muuntamo ei ole mielekästä saneerata entiseen paikkaan, koska pylväsmuuntamon läheisyydessä ei ole tilaa puistomuuntamolle sekä muuntamo sijaitsee yksityishenkilön tontilla. Puistomuuntamon sijoittaminen pylväsmuuntamon läheisyyteen aiheuttaisi tontin omistajalle ylimääräistä haittaa. Lisäksi suunniteltiin ratkaisu keskijännitekaapeloinnille erottimelle E306, jotta Kurkimäen alueen keskijänniteverkko saadaan säävarmaksi. Kurkimäen sähkönjakelun kannalta muuntamon ja erottimen välinen kaapelointi on erittäin merkittävä, jotta vikatilanteissa on mahdollista syöttää Kurkimäen alueelle sähköä Kouvolan suunnasta. Muuntamolle M1713 muuntamolta M1633 tuleva keskijännitekaapeli jatketaan ja kaapeloidaan muuntamon M1713 uuteen sijoituspaikkaan, esitetty kuvassa 15. Muuntopiirin pj-verkko kaapeloidaan kj-verkon kaapeloinnin yhteydessä.



Kuva 15. Muuntamo M1713 koskeva kj-kaapelointi.

Taulukossa 21 on esitetty hankealueen Kur 12 sähköverkon muutokset ja taulukossa 22 on esitetty hankealueiden Kur 11 ja 12 kustannukset. Kokonaiskustannuksiltaan hankealueet ovat suuria, mutta hankealueiden vaikutus myös Kurkimäen lähdön sähkönjakelun varmuuteen ovat merkittävät.

Taulukko 21. Hankealueen Kur 12 kj- ja pj-verkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säätimiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,36	0,20	0,00	0,36	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säätimiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
5,90	4,60	0,32	5,58	95

Taulukko 22. Hankealueiden Kur 11 ja 12 kustannukset.

Hankealue	Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
Kur 11	88 756	202 050	290 806	18 211	309 017
Kur 12	59 198	265 148	324 346	21 553	345 899

5.9 Lopputulos

Kokonaisuutena Kurkimäen lähdön saneeraaminen tavoiteverkoksi on erittäin suuri kokonaisuus. Kurkimäen asutusalueen sähköjakelun varmentamisen kannalta kaikki edellä esitetyt muutostoimenpiteet ovat kriittisiä, jotta alueen sähköjakelu pystytään varmentamaan myös erilaisissa vikatilanteissa. Alueen sähköverkon toimintakyky on myös hyvin tärkeässä osassa Myllykosken keskustan sähköjakelun kannalta, mikäli sähköä joudutaan syöttämään Kouvolan suunnalta. Taulukossa 23 on esitetty Kurkimäen lähdön sähköverkon muutokset.

Taulukko 23. Kurkimäen lähdön kj- ja pj-verkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säätimiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
6,55	3,84	1,27	5,28	81
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säätimiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
39,08	30,07	2,23	36,85	94

Koko tavoiteverkon osalta Kurkimäen lähdön muutostyöt ovat suurimmat (liite 2). Koko Kurkimäen lähdön alueelle tulee yhdeksän uutta muuntamoita ja säävarman verkon piiriin tulevia käyttöpaikkoja on 955 kappaletta. Taulukossa 24 on esitetty Kurkimäen lähdön kokonaiskustannukset.

Taulukko 24. Kurkimäen lähdön tavoiteverkon kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
758 980	1 885 809	2 644 789	160 613	2 805 402

Taulukossa 25 on esitetty Kurkimäen lähdön keskijänniteverkon verkkopituuksien muutokset. Taulukosta huomataan verkkonpituuden kasvavan kahdella kilometrillä ja kaapelointiasteen nousevan 36 %. Avojohtoverkon 15 % osuus koostuu haja-asutusalueilla sijaitsevasta verkosta.

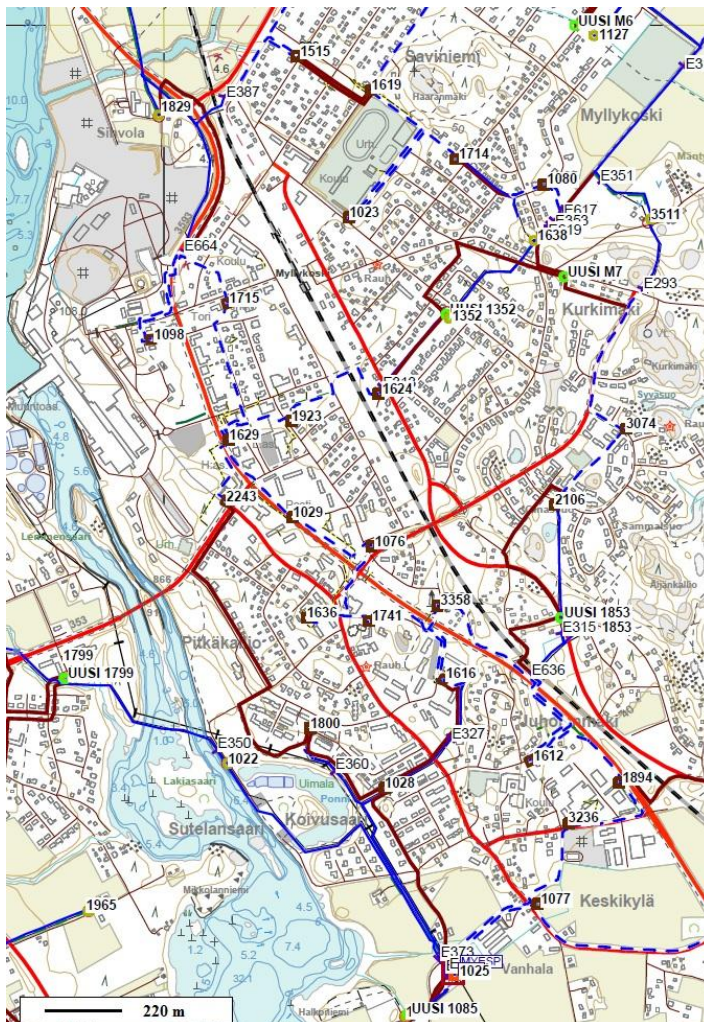
Taulukko 25. Kurkimäen lähdön syöttävän verkon verkkopituuksien vertailu.

Sähköaseman lähtö	Verkontila	Kj-verkon pituus (km)	Avojohto (%)	PAS* (%)	Maakaapeli (%)
Kurkimäki	Alkutilanne	12,6	47	4	49
Kurkimäki	Tavoiteverkko	14,6	15	0	85

* Sarake sisältää PAS ja ilmakaapelin pituudet.

6 KESKUSTAN TAVOITEVERKKO

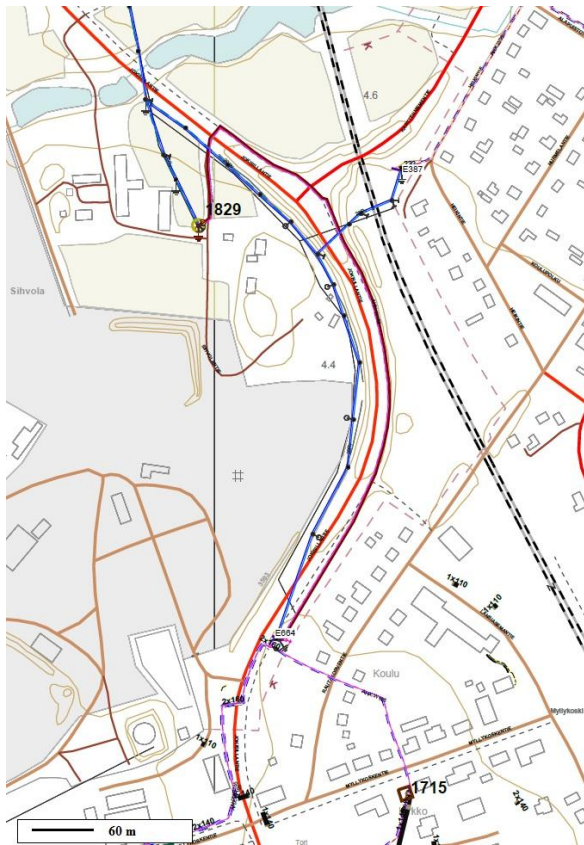
Tässä luvussa käsitellään Myllykosken sähköasemalta lähtevän keskustan lähtöä koskevia muutoksia. Tavoiteverkkosuunnitelman alkutilanteena käytettävässä verkossa on parannettu keskustan alueen sähköverkkoa kaapeloimalla kriittisimpiä sääilmiöille alttiita ilmajohto-osuuksia. Kuvassa 16 on esitetty asemakaava-alueella oleva keskustan sähköverkko.



Kuva 16. Keskustan lähtö.

6.1 Kes 1 : Säävarma keskustan lähtö

Keskustan lähdön hankealueessa tavoite oli suunnitella säävarma ratkaisu Jokisillantien laidassa kulkevalle keskijännitelinjalle, mikä kulkee erottimen E664 ja M1829 sekä erottimen E387 välillä. Suunnittelussa huomioitiin Kurkimäen lähdössä tehdyt muutokset koskien muuntopiirejä M1610 ja M1515, joille syötettiin sähkö Jokisillantien varresta lähtevästä ilmalinjasta. Muuntopiirien siirryttyä osaksi Kurkimäen lähtöä voitiin suunnitella Jokisillantien varressa kulkeva keskijännitereitti erottimen E664 ja muuntamon M1829 välille.



Kuva 17. Keskustan lähdön hankealue Kes 1.

Suunnittelussa päädyttiin ratkaisuun, jossa keskijännitekaapeli sijoitetaan Jokisillantien varressa kulkevaan pyörätien laitaan, esitetty kuvassa 17. Kaapelin sijoituspaikka määräytyi hankalan maaston ja vilkkaasti liikennöidyn tien vuoksi, kun huomioidaan investointikustannukset ja mahdolliset huoltotoimenpiteet. Muuntamo M1829 ei tässä suunnitelmassa saneerata, koska muuntamo on hyvässä kunnossa ja se sijaitsee säävarmalla alueella.

Taulukossa 26 on esitetty hankealueen keskijänniteverkon muutokset ja taulukossa 27 on esitetty hankealueen kustannukset. Hankealueella ei tehdä pj-verkon kaapelointi, koska kaikki liittymät saadaan säävarman verkon piiriin, kun kj-verkon kaapeloidaan.

Taulukko 26. Hankealueen Kes 1 kj-verkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säätimöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,74	0,77	0,00	0,74	100

Taulukko 27. Hankealueen Kes 1 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
50 232	-	50 232	4 353	54 585

6.2 Lopputulos

Kokonaisuutena keskustan lähdön muutokset ovat pienet, mutta merkittävät ja niillä pystytään takaamaan sähköjakelun varmuus Kouvolan suuntaan tai Kouvolasta Myllykosken sähköaseman suuntaan (liite 3). Investointikustannuksilta keskustan lähdön muutokset eivät ole suuret.

Taulukossa 28 on esitetty keskustan lähdön keskijänniteverkon verkkopituuksien muutokset. Taulukosta huomataan keskijänniteverkon pituuden vähentyvän, mikä selittyy Kurkimäen lähdön yhteydessä poistuvasta ilmajohto- ja maakaapeliverkosta.

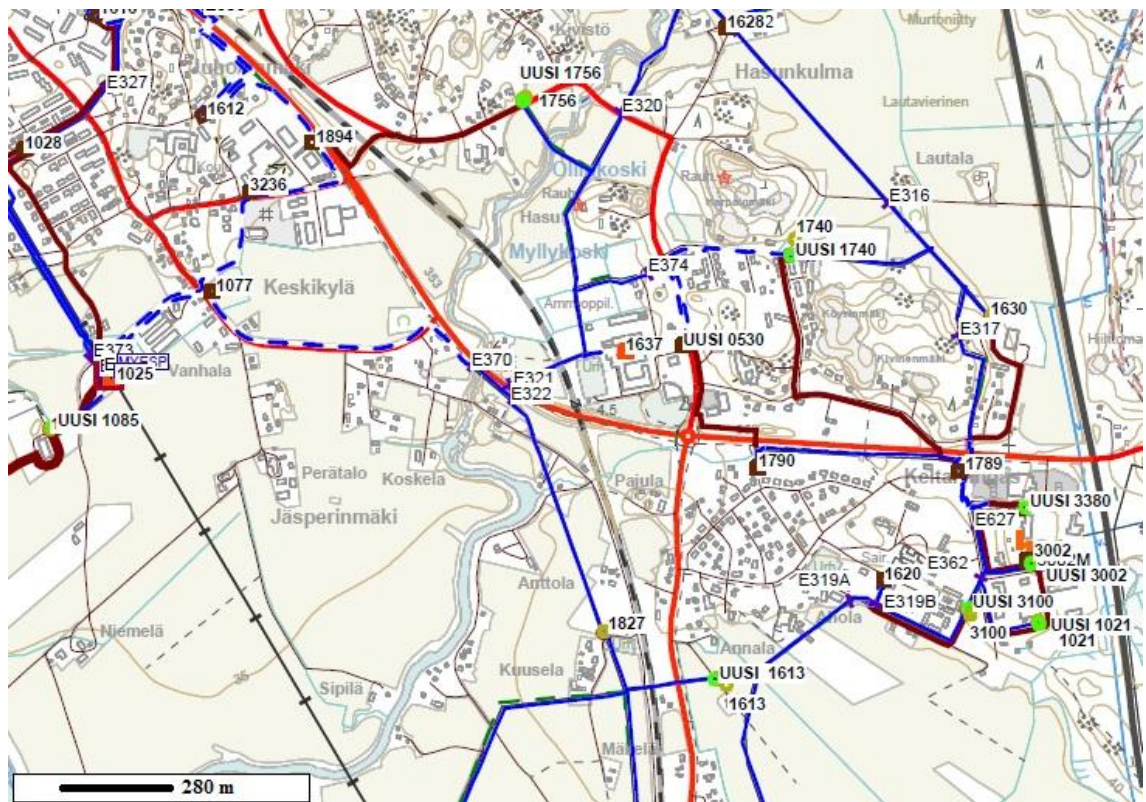
Taulukko 28. Keskustan lähdön syöttävän verkon verkkopituuksien vertailu.

Sähköaseman lähtö	Verkontila	Kj-verkon pituus (km)	Avojohto (%)	PAS* (%)	Maakaapeli (%)
Keskusta	Alkutilanne	10,9	30	0	70
Keskusta	Tavoiteverkko	9,8	23	0	76

* Sarake sisältää PAS ja ilmakaapelin pituudet.

7 KELTAKANKAAN TAVOITEVERKKO

Tässä luvussa käsitellään Keltakankaan lähdön sähköverkkoa koskevia muutoksia. Keltakankaan lähdön merkittävimmät kuluttajat ovat teollisuuskiinteistöjä ja terveysasema sekä ABC-liikennemyymälä. Keltakankaan lähdön sähköverkko rajoittuu 15-tiehen. Lähdön osalta tavoiteverkon suunnittelussa lähdettiin etsimään ratkaisuja, joiden avulla pystytään parantamaan lähdön sähköjakelun varmuutta. Sähköasemalta päin tarkasteltuna lähdön alkuosa on jo säävarmaa maakaapeliverkkoa, mikä on kaapeloitu vuonna 2004. Suunnittelun tavoitteena oli saada myös asemakaava-alueella verkko säävarmaksi. Asemakaava-alueen ulkopuolella keskijänniteverkko on pääsääntöisesti säävarmaa, mutta käyttöiltään verkko on vanhaa. Kuvassa 18 on esitetty Keltakankaan lähdön asemakaava-alueella sijaitseva keskijänniteverkko.



Kuva 18. Keltakankaan lähtö.

Kustannukset koskevat ainoastaan keskijänniteverkkoa, koska hankealueella ei tehdä muutoksia pienjänniteverkkoon. Muuntamossa M1620 on kaukokäytettävä erotinlaitteisto, jonka avulla pystytään takamaan parempi sähkönjakelun varmuus terveysasemalle. Jotta sähkönjakelun varmuus pystyttäisiin maksimoimaan, täytyy Keltakankaan lähdön keskijänniteverkko olla säävarma. Taulukossa 30 on esitetty säävarman verkon muutokset.

Taulukko 30. Hankealueen Kel 1 sähköverkon muutokset.

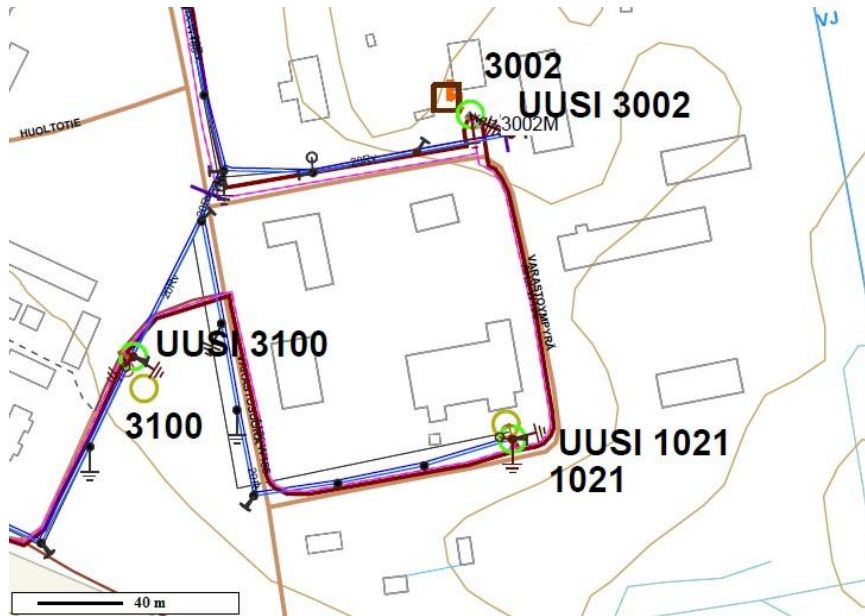
Kj-kaapelointi (km)	Purettava sääilmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,33	0,31	0,00	0,33	100

Hankealueessa Kel 2 keskityttiin suunnittelemaan ratkaisut muuntopiirien M1021 ja M3002 sähkönjakelun varmentamiseksi. Muuntopiirit ovat sähkönjakelun kannalta säteittäisissä haaroissa, jolloin vikatilanteissa sähkönsyötölle ei ole vaihtoehtoja reittiä. Lisäksi ilmalinjat ovat sääilmiöille alttiita läheisen puuston vuoksi. Sähkönjakelun varmentaminen kyseisille muuntopiireille on hyvin tärkeää, koska muuntopiirien asiakkaat ovat suuria teollisuuskiinteistöjä ja kiinteistöt sijaitsevat asemakaava-alueen sisällä.

Suunnittelussa lähdettiin tarkastelemaan muuntamoiden kuormituksia, jotka osoittautuivat hyvin mataliksi. Kuormituksen perusteella muuntopiirit olisi voitu yhdistää, jolloin investointikustannukset ja muuntamon aiheuttamat häviökustannukset olisivat olleet pienemmät. Koska kyseessä on teollisuuskiinteistöjä syöttävät muuntamot, muuntopiirien yhdistäminen ei tässä tapauksessa tullut kyseeseen. Teollisuusalueella sähkönverkon suunnittelussa täytyy huomioida paljon suurempi mahdollinen tehon kasvu kuin esimerkiksi asutusalueella. Kyseisellä alueella on myös tyhjiä tontteja, jolloin muuntopiirien kuormitukset voivat kasvaa nopeastikin, mikäli teollisuusasiakkaiden määrä kasvaisi.

Edellä mainittujen syiden vuoksi hankealueella suunniteltiin keskijänniteverkko, jolla pystyttäisiin parantamaan sähkönjakelun varmuutta ja saamaan muuntopiirit osaksi renkasverkkoa. Kaapeloinnissa suunniteltiin erilaisia mahdollisia reittejä, mutta yksinkertaisimmaksi ja lyhyimmäksi vaihtoehdoksi osoittautui kuvassa 20 esitetty ratkaisu. Suunnittelussa päädyttiin ratkaisuun, jossa keskijännitekaapeli tuodaan muuntamolta M3100 muuntamolle M1021, joka saneerataan puistomuuntamoksi entisen pylväsmuuntamon läheisyyteen. Muuntamolta M1021 keskijänniteverkon kaapelointia jatketaan muuntamolle M3002, joka myös saneerataan puistomuuntamoksi vanhan satelliitti-

muuntamon läheisyyteen. Muuntamolta lähtevä ilmalinja kaapeloidaan hankealueessa Kel 3.



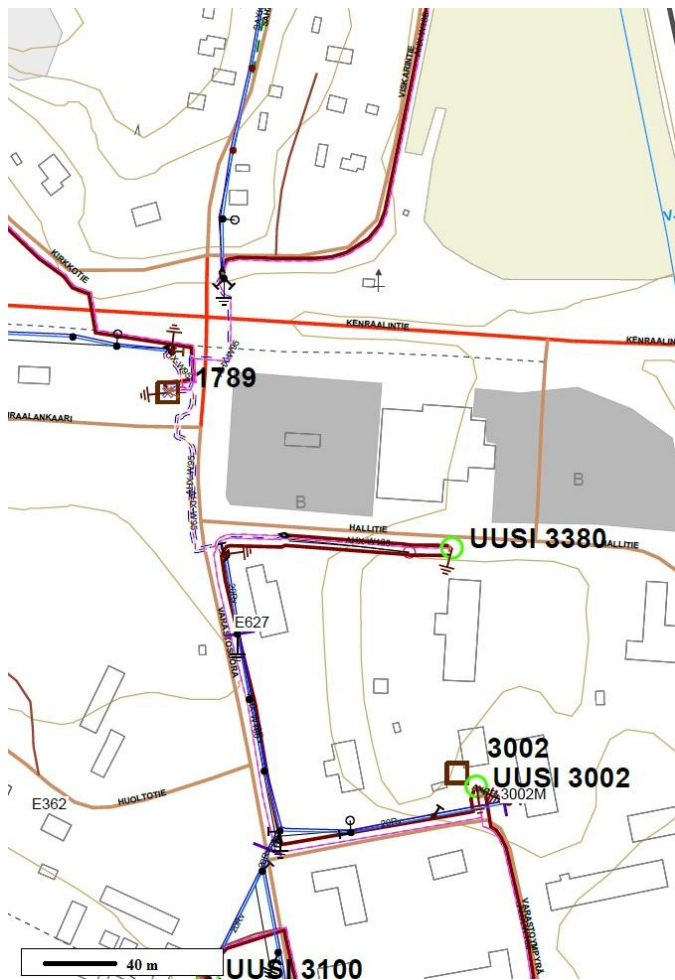
Kuva 20. Hankealueen Kel 2 keskijänniteverkko ja muuntamot.

Taulukossa 31 on esitetty hankealueen Kel 2 kustannukset. Investointikustannukset sisältävät kaksi puistomuuntamoaa. Uuden keskijänniteverkon kokonaispituus hankealueella on lähes puolet suurempi verrattuna ilmajohtoverkkoon. Tämä johtuu siitä, että kaapeloinnin yhteydessä muuntopiirit yhdistetään osaksi rengasverkkoa.

Taulukko 31. Hankealue Kel 2 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
101 225	-	101 255	3 605	104 860

Hankealueessa Kel 3 lähdettiin suunnittelemaan kaapelointireittiä muuntamolta M3002 muuntamolle M3380, jotta sähkönjakelu saadaan säävarmaksi sähköasemalta muuntamolle M1789 asti. Suunnittelussa keskityttiin löytämään ratkaisu muuntamolle M3380 tuleville kaapeleille sekä muuntamon uudelle sijoituspaikalle. Muuntamo sijaitsee tällä hetkellä teollisuusasiakkaan tontilla aitojen sisäpuolella. Muuntamolle etsittiin aidan ulkopuolelta sijoituspaikkaa, johon puistomuuntamo olisi mahdollista sijoittaa. Muuntamolle sijoituspaikka löytyi teollisuustontin liittymän toiselta puolelta, esitetty kuvassa 21.



Kuva 21. Hankealueen Kel 3 keskijänniteverkko ja muuntamot.

Muuntamon M3380 sijoittamisessa huomioitiin myös yksi teollisuusasiakas, jonka sähkönsyöttö siirretään maakaapeloinnin yhteydessä muuntopiiristä M3002 muuntopiiriin M3380. Tällä hetkellä syöttö asiakkaalle tulee ilmajohtoverkkoa pitkin, joka kulkee teollisuustonttien keskellä. Teollisuusasiakkaalle kaapeloidaan AXMK 4x185 -kaapeli Hallitien varteen, jotta kuluttaja saadaan osaksi säävarmaa verkkoa. Muuntamon M3380 siirron myötä täytyy olemassa olevalle asiakkaalle lähteviä kahta AXMK 4x185 -kaapelia jatkaa.

Keskijännitekaapeloinnin osalta muuntamolta M3002 lähtevä keskijännitekaapeli kaapeloidaan ilmalinjan kanssa samalle puolelle tietä. Kaapeli jatketaan erottimelle E627 tulevaan kaapeliin. Muuntamolte M3380 kaapeloidaan kaksi keskijännitekaapelia, joista toinen kaapeloidaan vanhan ilmalinjan alla muuntamolte M3002 ja toinen jatketaan muuntamolte M1789 tulevaan kaapeliin. Näin muuntamo M3380 saadaan osaksi renkasverkkoa ja muuntamolte M1789 vapautuu yksi kenno. Taulukossa 32 on esitetty hankealueen Kel 3 kj- ja pj-verkkoa koskevat muutokset. Taulukossa 33 on esitetty

hankealueen kustannukset, pj-verkon investointikustannukset sisältävät ainoastaan teollisuusasiakkaan syötön kaapeloinnin.

Taulukko 32. Hankealueen Kel 3 kj- ja pj-verkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava sääilmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,60	0,28	0,00	0,60	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava sääilmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
0,19	0,15	0,00	0,19	100

Taulukko 33. Hankealueen Kel 3 kustannukset.

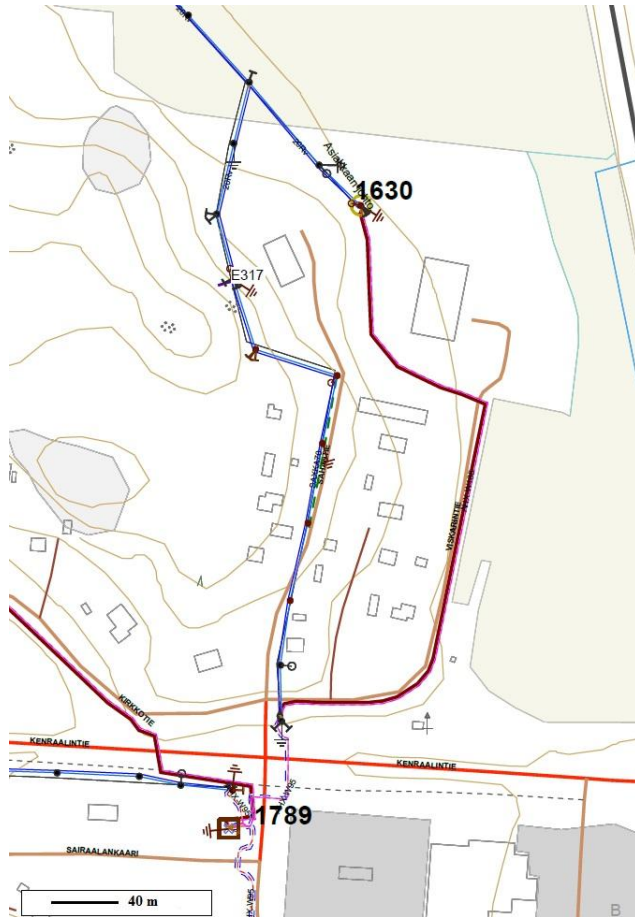
Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
73 630	9 087	82 717	2 881	85 598

7.2 Kel 4 - 5 : Säävarma rengasverkko

Hankealue Kel 4 oli säävarman jakeluverkon suunnittelun kannalta yksi haastavimmista kohteista Keltakankaan lähdön kohdalla. Suunnittelussa lähdettiin etsimään ratkaisua korvata muuntamolta M1789 lähtevälle ilmalinjalle, joka kulkee Sahantien kautta erotimelle E317. Ilmalinjan läheisyydessä kasvaa paljon puustoa, joka tekee ilmalinjasta sääilmiöille alttiin. Muuntamon M1630 muuntopiirin kuluttajat ovat teollisuuskiinteistöjä sekä Sahantien omakotitalot. Sahantiellä kulkeva ilmalinja on toteutettu yleiskeskijännitekaapelilla, koska ilmalinja kulkee pj-verkon kanssa samoissa pylväissä asuintalojen edestä.

Ensimmäisenä vaihtoehtona säävarmaksi ratkaisuksi suunnittelussa lähdettiin tutkimaan ratkaisua, jossa muuntamolta M1789 olisi viety maakaapeli pellonlaitaan ja jatkettu ilmalinjana muuntajalle M1630 15-tien varressa. Alueen kaavoitusta tutkiessa ilmeni teollisuustonttien mahdollinen laajeneminen 15-tielle päin. Lisäksi tulevaisuudessa on mahdollista, että Kouvolasta päin tuleville rakennetaan kääntyvien kaista Myllykosken suuntaan. Näiden perusteiden pohjalta ilmalinjan rakentaminen pellolle hylättiin ja ryhdyttiin suunnittelemaan maakaapelireittiä, joka ei olisi edelle mainittujen suunnitelmien haittana. Vaihtoehtoisia kaapelireittejä suunniteltaessa Sahantie osoittautui hyvin kalliiseksi, lisäksi tien läheisyydessä korkeuserot olivat suuria. Keskijännitekaapelin sijoit-

taminen tien läheisyyteen olisi nostanut hankealueen investointikustannuksia huomattavasti.



Kuva 22. Hankealue Kel 4 keskijänniteverkko ja muuntamot.

Sahantien osoittauduttua hankalaksi kaapelointikohteeksi, vaihtoehtoista kaapelireittiä etsittiin ensisijaisesti läheisistä teistä. Paras mahdollinen kaapelireitti löytyi Viskarin-tiestä, jossa kaapeli sijoitetaan tienlaitaan ja loppumatkasta kaapeli sijoitetaan teollisuuskiinteistön tontilla olevaan penkkaan. Kuvassa 22 on esitetty kaapelireitti ja kuvassa näkyy myös vanha ilmalinja. Tässä tulee huomioida se, että kaapelista koituu rasite yksityiselle tontin omistajalle. Tätä reittiä käytettäessä uusi kaapeli saadaan vietyä muuntamolle, jolloin muuntamo saadaan osaksi rengasverkkoa. Sahantien pj-verkko kaapeloidaan muun verkonrakentamisen yhteydessä.

Taulukossa 34 on esitetty hankealue Kel 4 koskevat kaapelointimäärät ja purettavat ilmajohtoverkon pituudet. Hankealueella ei ole säävarmaa purettavaa kj- tai pj-verkkoa.

Taulukko 34. Hankealuetta Kel 4 koskeva sähköverkon muutos.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava sääilmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,46	0,43	0,00	0,46	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava sääilmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
1,00	0,83	0,00	1,00	100

Taulukossa 35 on esitetty hankealueen Kel 4 kustannukset. Kj-verkon investointikustannukset sisältävät kj-kaapeloinnin ja kaapelin sekä jatkon ja päätteen. Pj-verkon investointikustannukset sisältävät ilmajohtoverkon kaapeloinnin.

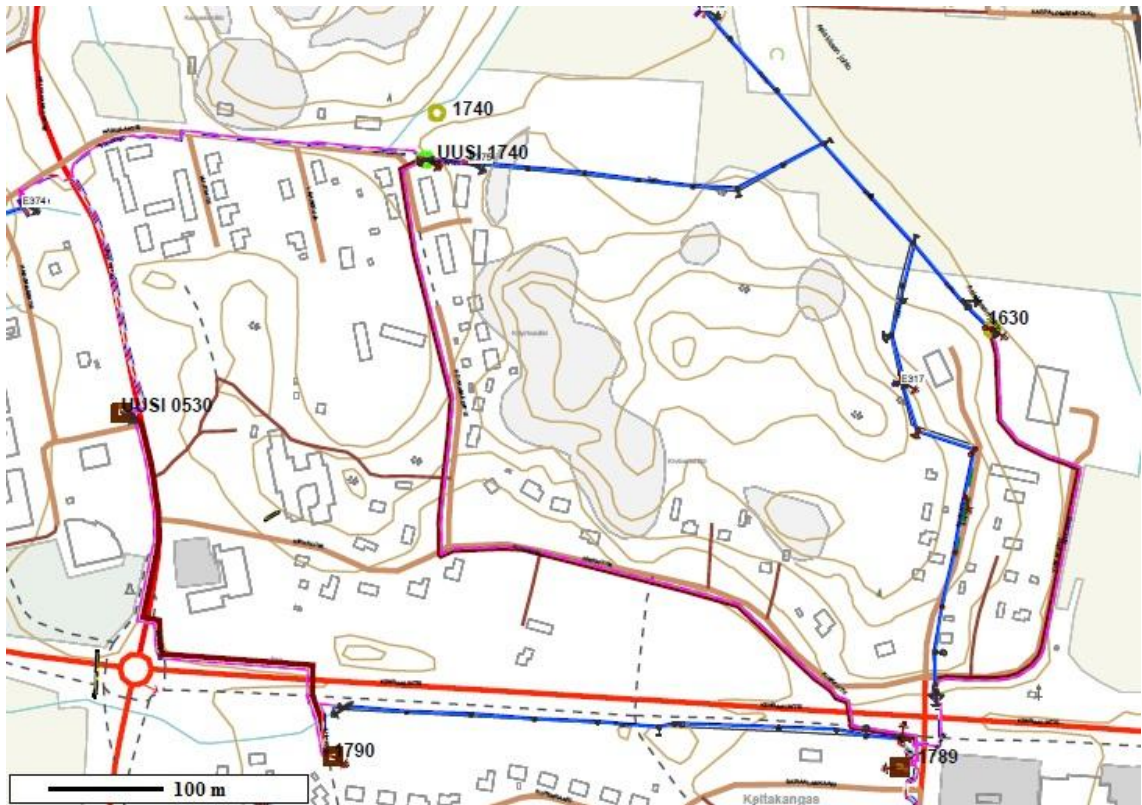
Taulukko 35. Hankealueen Kel 4 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
32 463	37 223	69 686	5 490	75 176

Hankealueessa Kel 5 tavoitteena oli löytää ratkaisu muuntajalta M1630 lähtevästä ilmalinjasta lähtevälle ilmalinjalle, joka kulkee metsän läpi muuntamolle M1740. Muuntamolle M1740 tulee maakaapeliyhteys erottimelta E374, mutta sääilmiöille alttiille ilmalinjalle lähdettiin suunnittelemaan vaihtoehtoista reittiä, jotta muuntopiiri saadaan osaksi säävarmaa rengasverkkoa.

Suunnittelussa lähdettiin etsimään mahdollista maakaapelireittiä olemassa olevasta johtoaukosta, mutta johtoaukko osoittautui hyvin kallioiseksi, minkä vuoksi maakaapelireitin toteuttaminen ei ole kannattavaa. Yhtenä reittivaihtoehtona tutkittiin myös muuntamon läheisyydestä lähtevää polkua, joka johtaa pellon laitaa. Kuitenkin tämäkin vaihtoehto osoittautui kallioiseksi. Tässä kohteessa käytettiin suunnittelussa kallioisten osuuksien välttämiseksi samaa kustannusnäkemystä kuin Kurkimäen lähdön kohdalla. Lisäksi tässä tapauksessa kaapelin sijoittaminen metsään louhimalla ei ole mielekästä.

Viimeisenä kaapelireittivaihtoehtona suunniteltiin reitti, jossa uusi kaapeli tuodaan muuntamolta M1789 ja kaapeloidaan Kirkkotien ja Köyrimäentien varteen, kaapelireitti on esitetty kuvassa 23. Kj-kaapeloinnin yhteydessä kaapeloidaan myös muuntopiirin pj-verkko Köyrimäentien ja Kirkkotien varresta. Kaapelointien yhteydessä myös muuntamo saneerataan puistomuuntamoksi entisen pylväsmuuntamon läheisyyteen.



Kuva 23. Hankealue Kel 5 keskijänniteverkko ja muuntamot.

Taulukossa 36 on esitetty hankealueen Kel 5 koskevat kaapelointi määrät koskien kj- ja pj-verkkoa. Taulukossa on lisäksi esitetty purettavien kj- ja pj-verkkojen pituudet. Keski-jännitekaapelointi etäisyys moninkertaistui verrattuna purettavaan ilmajohtoverkkoon, koska vaihtoehtoisia lyhempiä reittejä ei ollut. Taulukossa 37 on esitetty hankealueen Kel 5 kokonaisinvestointikustannukset.

Taulukko 36. Hankealuetta Kel 5 koskevat sähköverkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,91	0,33	0,00	0,91	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
1,40	0,80	0,37	1,03	74

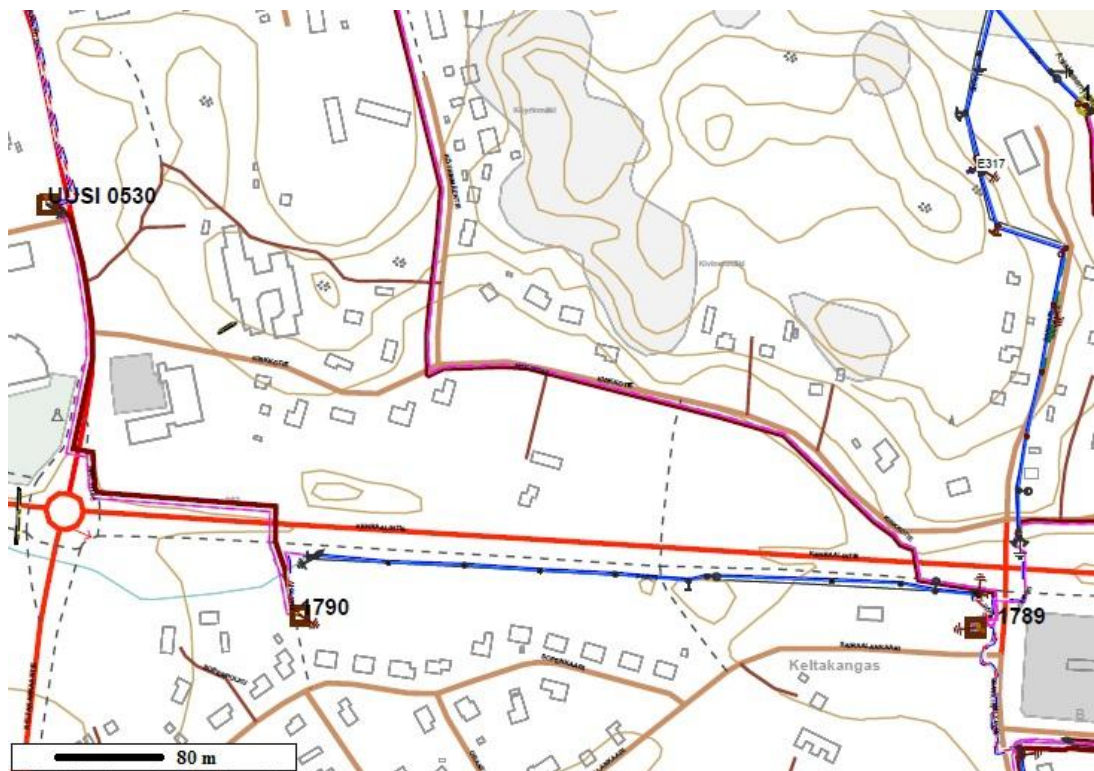
Taulukko 37. Hankealuetta Kel 5 koskevat kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
100 812	71 488	172 300	7 221	179 521

7.3 Kel 6 - 7 : Varasyöttöyhteys ja pj-kaapelointi

Hankealueessa Kel 6 suunnittelun tavoitteena oli löytää varasyöttöyhteys muuntamolle M1790. Muuntamolle tulee syöttö muuntamolta M1789 ilmajohtoa pitkin, joka on säävarmaa. Kuitenkin vikatilanteiden kannalta suunnittelussa lähdettiin etsimään ratkaisua varayhteydelle.

Muuntamo M1790 on SF6 -kaasueristeinen puistomuuntamo, jossa toinen kj-kennoista on tyhjänä. Tämä mahdollistaa uuden kaapelin tuomisen muuntamolle ilman, että muuntamoa tarvitsee saneerata. Kaapelireittejä suunniteltaessa osoittautui, että ainut mahdollinen muuntamo, josta varasyöttö on mahdollista toteuttaa, on muuntamo M0530. Muuntamo M0530 on myös SF6 -eristeinen ja sen kj-kojeistossa on kaksi kennoa, jotka ovat jo käytössä. Varayhteyden rakentamisen vuoksi täytyy muuntamo M0530 uusia 3+1 malliseksi, jotta uusi varayhteys voidaan kytkeä osaksi verkkoa.



Kuva 24. Hankealue Kel 6 uusi varayhteys.

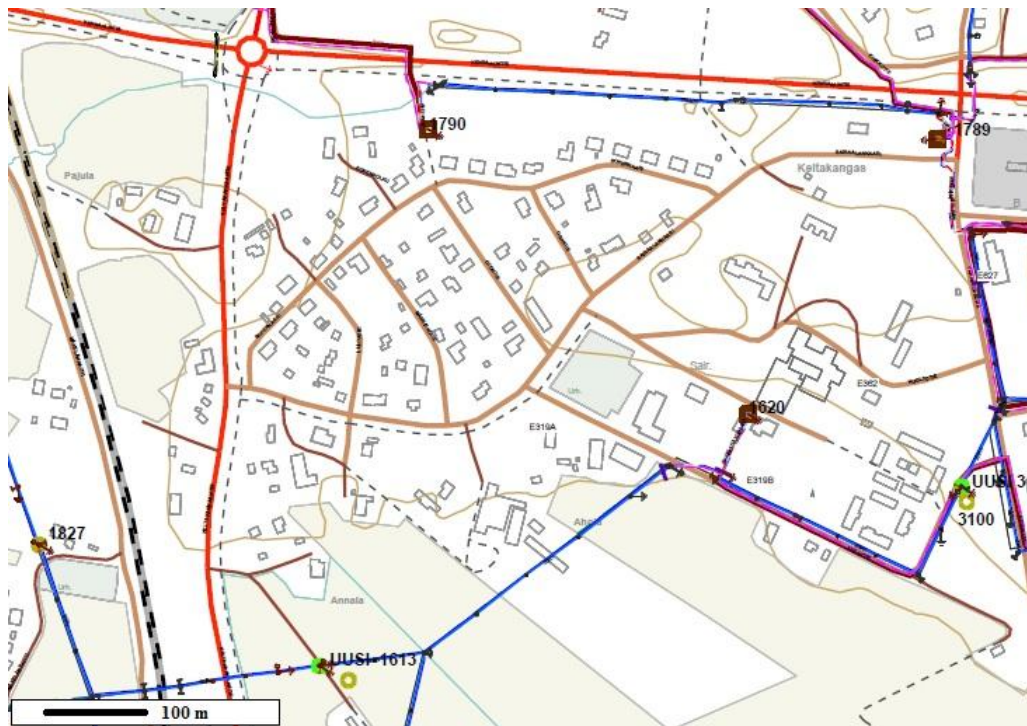
Reitti uudelle keskijännitekaapelille löytyy Keltakankaantien ja Kenraalintien varresta. Kenraalintien alitus tehdään suuntaporaamalla, koska kyseessä on hyvin vilkkaasti liikennöity väylä. Lisäksi Kenraalintien varressa huomioidaan kaapelisijoituksessa tien suuntaisesti kulkeva kaasuputki. Kaapelointi etäisyys muuntamolta M0530 muuntamol-

le M1790 on 0,50 km, kuvassa 24 on esitetty uusi varayhteys. Taulukossa 38 on esitetty hankealueen Kel 6 kustannukset. Purkukustannukset sisältävät puistomuuntamon purun.

Taulukko 38. Hankealueen Kel 6 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
66 775	-	66 775	1 250	68 025

Hankealueessa Kel 7 suunnittelussa keskityttiin muuntopiiriin M1790 pienjänniteverkon kaapelointiin. Muuntopiiri sijoittuu pääsääntöisesti Sairaalankaaren ja muuntamon M1790 väliin. Osa asutusalueen liittymistä syötetään muuntamolta M1620. Pienjänniteverkon kaapeloinnin yhteydessä nämä liittymät kaapeloidaan osaksi muuntopiiriä M1790. Kuvassa 25 on esitetty muuntopiirien maantieteellinen sijainti toisiinsa nähden.



Kuva 25. Muuntopiiri M1790.

Pj-verkon kaapeloinnin yhteydessä kaapeloidaan osaksi muuntopiiriä myös osa muuntopiiriin M1613 liittymistä, jotka ovat Sairaalankaaren varrella. Tähän ratkaisuun päädyttiin suunnittelussa, koska kaapeloitaessa muuntopiiriä M1613, kaapelointi etäisyydet olisivat hyvin pitkät, jos liittymät kaapeloitaisiin osaksi muuntopiiriä M1613. Liittymien siirrossa toiseen muuntopiiriin tulee huomioida viereisten muuntopiirien kaapelointijärjestys, jotta kaikki liittymät saadaan siirrettyä toiseen muuntopiiriin mahdollisimman

pienin kustannuksin. Taulukossa 39 on esitetty pj-verkon kaapelointi määrät ja purettavan ilmajohtoverkon pituudet.

Taulukko 39. Hankealueen Kel 7 pj-verkkoa koskevat muutokset.

Pj-kaapelointi (km)	Purettava säätelmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
2,88	2,40	0,00	2,88	100

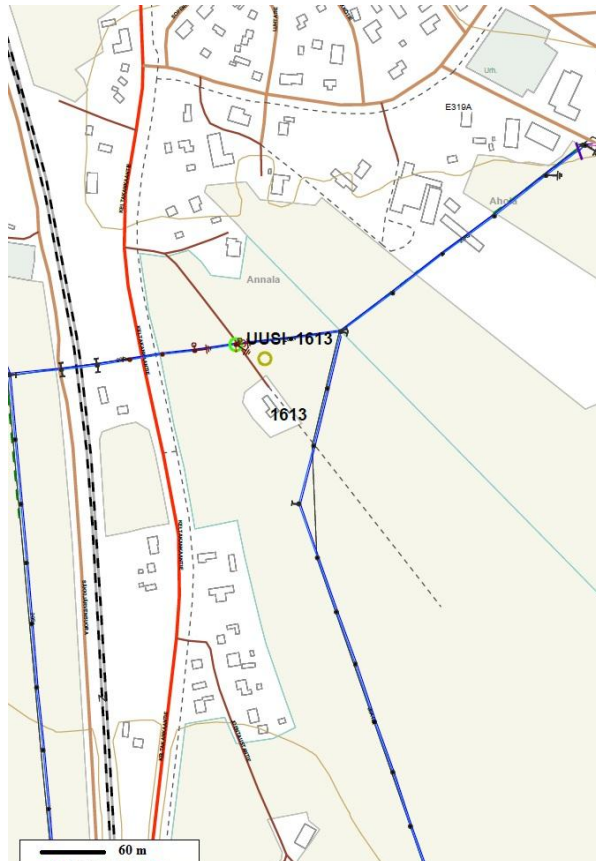
Taulukossa 40 on esitetty hankealuetta koskevat kustannukset. Hankealueessa ei tehdä muutoksia keskijänniteverkkoon, tämän vuoksi kj-verkon investointikustannuksia ei ole.

Taulukko 40. Hankealueen Kel 7 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
-	142 681	142 681	9 593	152 274

7.4 Kel 8 ja 10 : Sävarma ilmajohtoverkko

Hankealueessa Kel 8 suunniteltiin muuntopiirin pienjänniteverkon kaapelointi ja pylväsmuuntamon saneeraus. Hankealueen pylväsmuuntamo on asennettu 1970-luvulla, joten muuntamon käyttöikä on täynnä. Vaikka muuntamo sijaitsee säävarmalla alueella keskijännitelinjan alla, on osa pj-verkosta sääilmiöille altista. Muuntamon sijainti on esitetty kuvassa 26.



Kuva 26. Muuntamo M1613.

Osa muuntopiirin pj-verkosta kaapeloidaan osaksi M1790 muuntopiiriä hankealueessa Kel 7. Loput M1613 muuntopiiristä kaapeloidaan muuntamon uusimisen yhteydessä. Taulukossa 41 on esitetty hankealuetta koskevat kaapelointi pituudet ja purettavien ilmajohtoverkkojen pituudet.

Taulukko 41. Hankealueen Kel 8 pj-verkon muutokset.

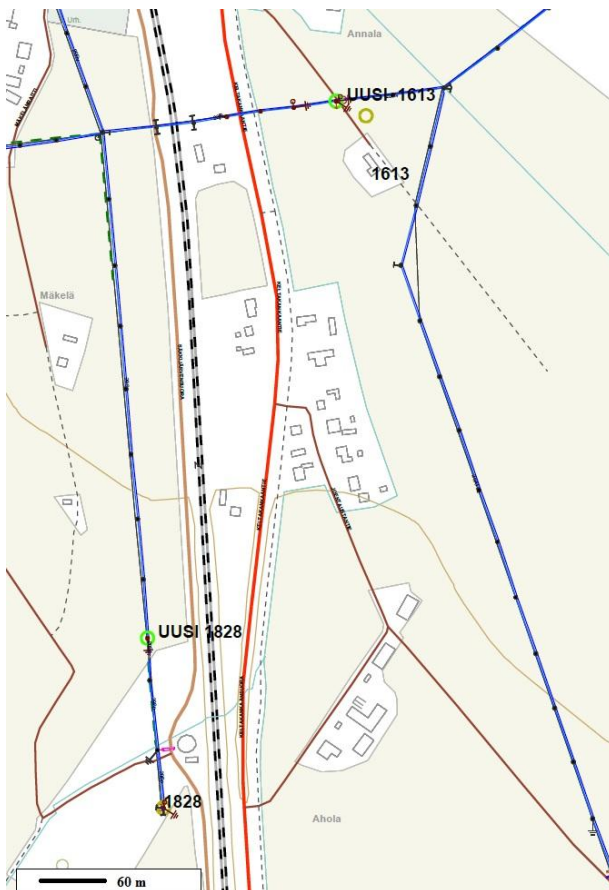
Pj-kaapelointi (km)	Purettava sääilmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
1,50	0,52	0,73	0,77	51

Taulukossa 42 on esitetty hankealuetta koskevat kustannukset. Hankealueen kj-verkon kustannukset sisältävät ainoastaan uuden pylväsmuuntamon.

Taulukko 42. Hankealueen Kel 8 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
13 150	68 727	81 877	4 996	86 873

Tavoiteverkon suunnittelussa keskityttiin pääsääntöisesti suunnittelemaan säävarmoja ratkaisuja koskien keskijänniteverkkoa asemakaava-alueen sisällä. Hankealue Kel 10 sijaitsee asemakaava-alueen ulkopuolella. Hankealue otettiin osaksi tavoiteverkkoa, koska pienillä muutostoimenpiteillä hankealueen sähköverkko saadaan säävarmaksi.



Kuva 27. Hankealue Kel 10.

Kuvasta 27 nähdään vanhalle muuntamolle M1828 tulevan syötön kulkevan metsäkais-taleen läpi, tehden muuntamolle tulevasta syötöstä sääilmiöille alttiin. Suunnittelussa päädyttiin ratkaisuun, jossa uusi pylväsmuuntamo sijoitetaan pellon laidalle ennen met-säkaistaletta. Näin pystytään purkamaan pois metsässä kulkeva kj-ilmalinja. Investoin-

tikustannuksiltaan ratkaisu on myös edullinen, koska uutta keskijänniteverkkoa ei rakenneta. Muuntamolta lähtee yksi ryhmä, joka maakaapeloidaan samalla. Taulukossa 43 on esitetty hankealuetta koskevat muutokset kj- ja pj-verkkojen pituuksiin.

Taulukko 43. Hankealueen Kel 10 kj- ja pj-verkkoa koskevat muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,00	0,17	0,00	0,00	-
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
0,17	0,06	0,00	0,17	100

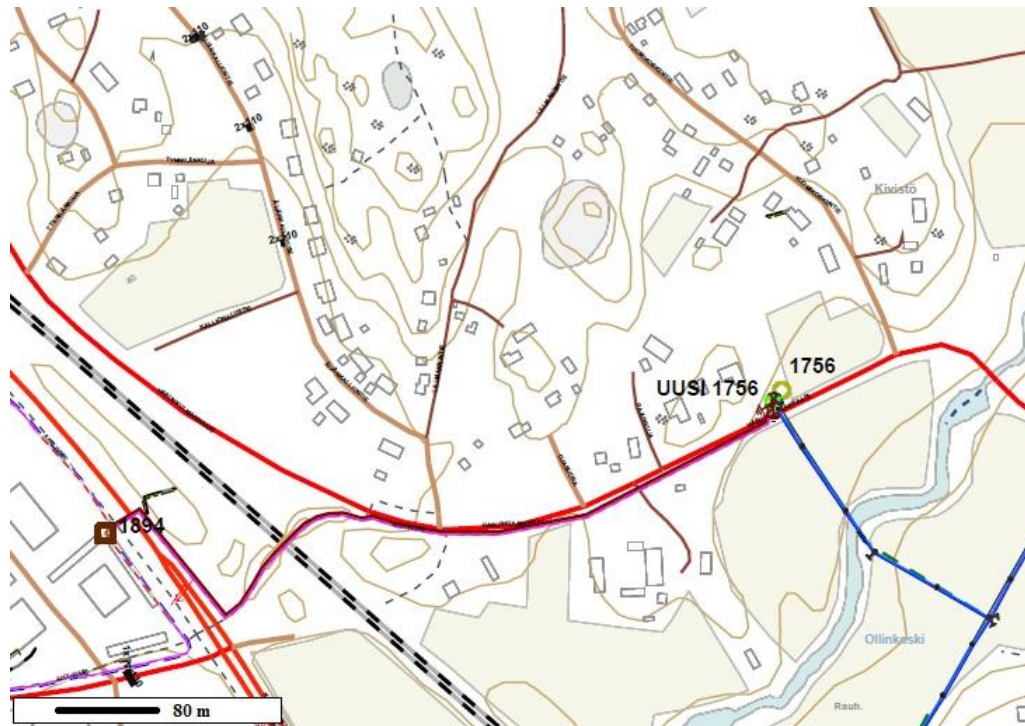
Taulukossa 44 on esitetty hankealuetta koskevat kustannukset. Kj-verkon investointikustannukset sisältävät uuden pylväsmuuntamon rakentamisen.

Taulukko 44. Hankealueen Kel 10 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
11 620	9 536	21 156	1 964	23 120

7.5 Kel 9 : Varayhteys Kurkimäen lähtöön

Hankealueessa Kel 9 keskityttiin suunnittelemaan varayhteys muuntamolle M1756. Muuntamon syöttö tulee säävarmasta ilmalinjasta, kuitenkin muuntamo on yksittäisen haaran päässä. Varayhteyden suunnittelussa tutkittiin sähköverkon rakennetta muuntamon lähellä. Huomattavissa oli, että varayhteyttä ei ole mahdollista toteuttaa Keltakan-kaan lähdön sisällä, sillä lähin muuntamo on osa Kurkimäen lähtöä.



Kuva 28. Hankealue Kel 9.

Suunnittelussa etsittiin sopivaa kaapelointireittiä, joka löytyi Hasunkulmankaaren varresta. Kaapelointireitti risteää junaradan kanssa, joka alitetaan suuntaporaamalla. Kuvassa 28 on esitetty uuden keskijännitekaapelin sijainti. Muuntamolla M1894 on yksi tyhjä kenno, johon asennetaan erotin ja kytketään uusi keskijännitekaapeli. Lisäksi muuntamoon asennetaan kaukokäyttö erotinlaitteisto, jotta vikatilanteissa, jossa Myllykosken sähköasema ei ole käytössä voidaan Kouvolasta päin syöttää Keltakan-kaan lähdön kautta osaa Kurkimäen lähdestä.

Muuntamo M1756 saneerataan puistomuuntamoksi vanhan pylväsmuuntamon läheisyyteen, lisäksi muuntopiirin pj-verkko kaapeloidaan. Taulukossa 45 on esitetty hankealuetta koskevat pj-verkon pituudet ja niiden muutokset ilmajohtoverkosta maakaapeliver-

koksi. Kj-verkon osalta säävarman verkon osuus kasvaa Keltakankaan lähdössä 0,66 km.

Taulukko 45. Hankealueen Kel 9 pj-verkon muutokset.

Pj-kaapelointi (km)	Purettava säätelmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
2,60	2,20	0,00	2,60	100

Taulukossa 46 on esitetty hankealueen kustannukset. Investointikustannuksissa on otettu huomioon kaukokäyttö erotinlaitteiston hinta.

Taulukko 46. Hankealueen Kel 9 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
89 133	120 843	209 976	9 683	219 659

7.6 Lopputulos

Kokonaisuutena Keltakankaan lähtöä koskevat muutokset ovat tärkeitä, jotta pystytään takamaan teollisuusasiakkaiden sähkönsyöttö myös vikatilanteissa. Lisäksi merkittävä parannus on uuden varayhteyden rakentaminen Keltakankaan ja Kurkimäen lähdön väliin, jota pystytään hyödyntämään monenlaisissa vikatilanteissa. Hankealueiden toteuttamisen myötä koko Keltakankaan lähdön keskijänniteverkko on säävarmaa (liite 4).

Taulukossa 47 on esitetty Keltakankaan lähdön kokonaiskaapelointipituudet pien- ja keskijänniteverkon osalta. Taulukosta nähdään pienjänniteverkon kaapelointi pituuden olevan huomattavasti pienempi verrattuna esimerkiksi Kurkimäen lähdön kaapelointi pituuteen. Tämä selittyy Keltakankaan lähdössä olevan vähäisen asutuksen vuoksi.

Taulukko 47. Keltakankaan lähdön sähköverkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säätelmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
3,96	1,80	0,00	3,96	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säätelmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
9,74	6,96	1,10	8,64	89

Taulukossa 48 on esitetty koko Keltakankaan lähdön investointi- ja purkukustannukset. Koska pienjänniteverkon muutostöitä on suhteessa vähän, painottuvat myös kustannukset enemmän keskijänniteverkon kehittämiseen.

Taulukko 48. Keltakankaan lähdön tavoiteverkon kokonaiskustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
544 475	459 585	1 004 090	49 140	1 053 230

Taulukossa 49 on esitetty Keltakankaan lähdön keskijänniteverkon verkkopituuksien muutokset. Maakaapeliverkon osuus Keltakankaan lähdössä on suhteessa pieni, koska pieniosa keskijänniteverkosta sijaitsee asemakaava-alueella.

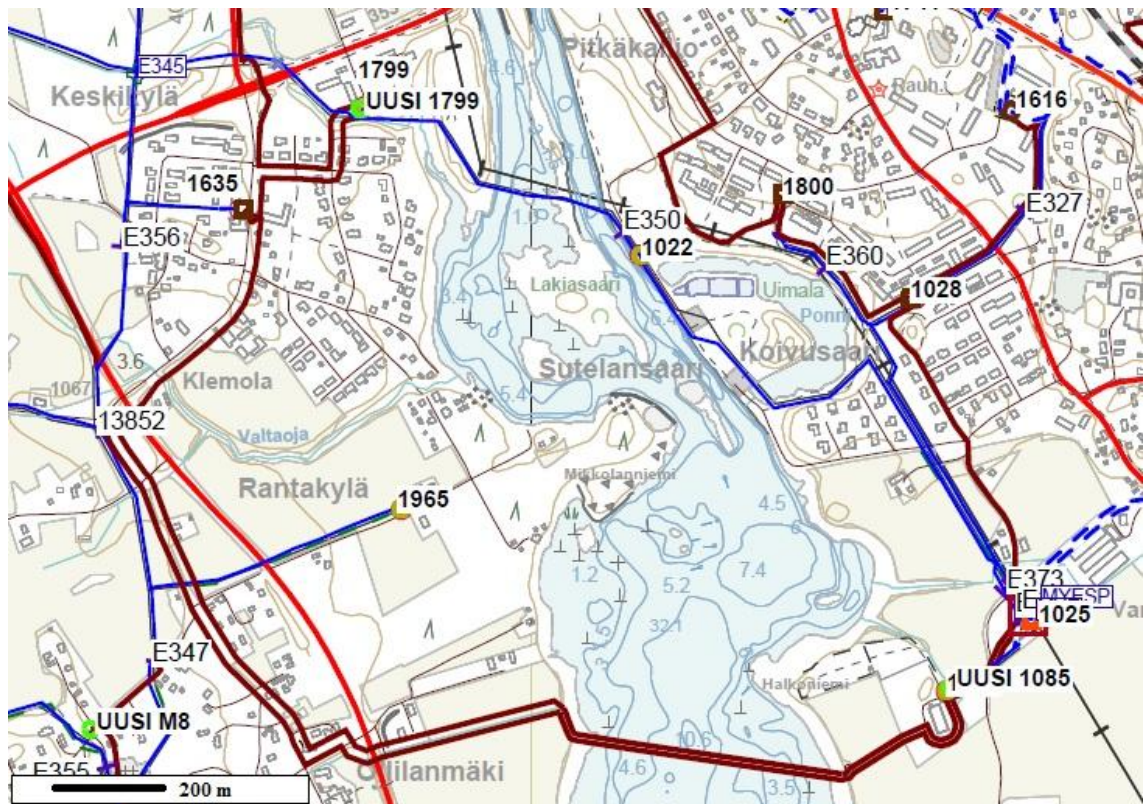
Taulukko 49. Keltakankaan lähdön syöttävän verkon verkkopituuksien vertailu.

Sähköaseman lähtö	Verkontila	Kj-verkon pituus (km)	Avojohto (%)	PAS* (%)	Maakaapeli (%)
Keltakangas	Alkutilanne	26,2	84	4	12
Keltakangas	Tavoiteverkko	27,9	73	2	24

* Sarake sisältää PAS ja ilmakaapelin pituudet.

8 UMMELJOEN TAVOITEVERKKO

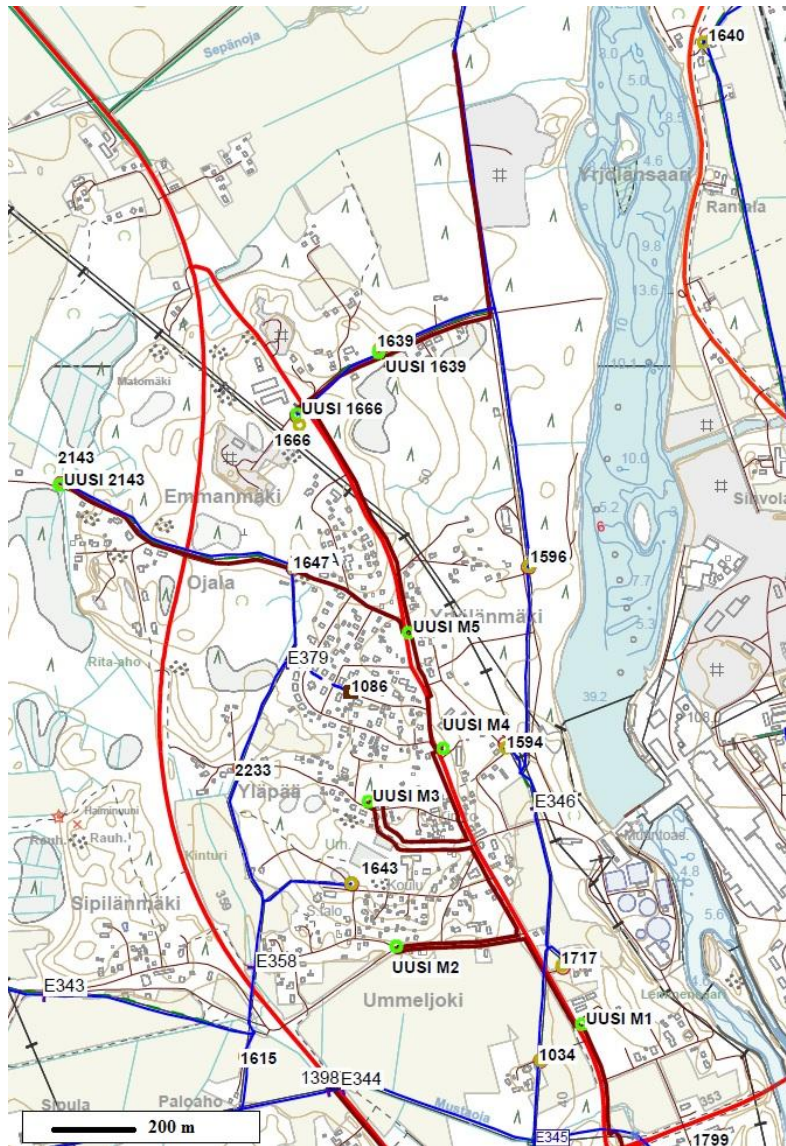
Tässä luvussa käsitellään Ummeljoen lähdön sähköverkkoa koskevia muutoksia. Ummeljoen lähdön asiakkaan ovat pääsääntöisesti yksityisasiakkaita ja suurin osa Ummeljoen lähdössä sijaitsevista kehityskohdista sijaitsee asemakaava-alueen sisäpuolella. Tavoiteverkon suunnittelussa huomioitiin Ummeljoen alueelle jo tehdyt kehitystoimenpiteet keskijänniteverkkoon. Syksyn 2014 aikana Ummeljoelle syöttävä lähtö jaettiin kahteen erilliseen lähtöön Ummeljokeen ja Uotilanmäkeen. Kuvassa 29 on esitetty Ummeljoen lähdönjaon jälkeinen tilanne, jossa Ummeljoen lähtö on kaapeloitu sähköasemalta erottimelle E345 asti. Uotilanmäen lähtö on kaapeloitu sähköasemalta erottimelle E673 (13852) asti. Kuvassa näkyy taustalla myös vanha Ummeljoen puolta syöttänyt ilmajohtoverkko, joka kulkee muuntamon M1022 kautta ja ylittää Kymijoen erottimelle E345.



Kuva 29. Ummeljoen lähdönjako.

Kuvassa 30 on esitetty asemakaava-alue, johon tavoiteverkon suunnittelussa keskityttiin. Tavoiteverkon suunnittelussa lähdettiin etsimään säävarmoja ratkaisuja erottimelta E345 lähteville ilmajohtoille, jotka kulkevat Anjalantien ja Ummeljoentien suuntaisesti

etelästä pohjoiseen. Kumpikin ilmalinjoista syöttää asemakaava-alueella sijaitsevia asutusalueita ja kulkevat pääsääntöisesti keskellä metsää. Tavoiteverkon suunnittelu lopetettiin kuvan ylälaidassa näkyvän pellon laitaan, sillä loppu ilmajohtoverkko on säävarmaa.



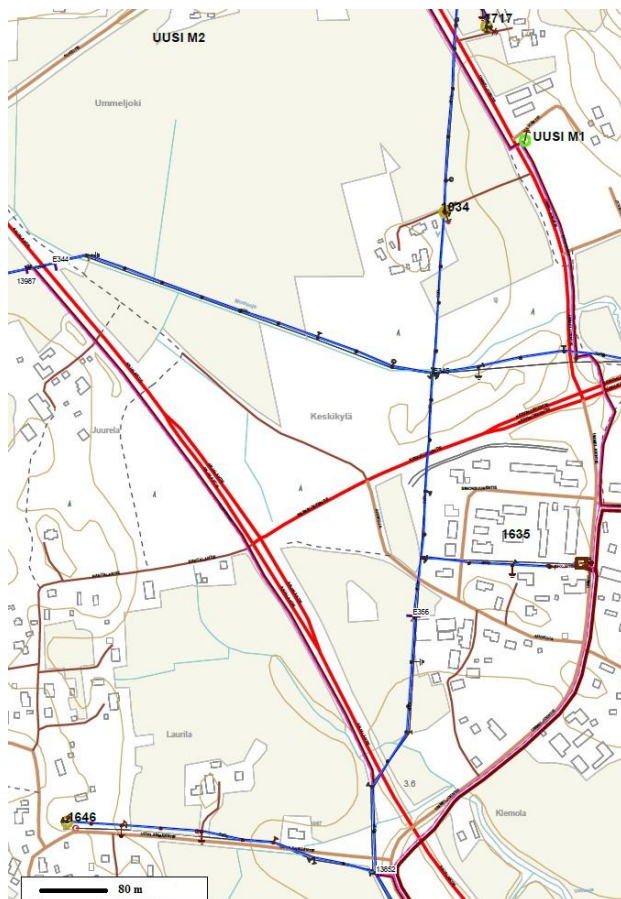
Kuva 30. Tavoiteverkon suunnittelua koskeva alue.

8.1 Um 1 - 2 : Uusi runkoyhteys

Ummeljoen puolen ensimmäisessä hankealueessa suunnittelun lähtökohtana oli löytää ratkaisu jatkaa parhaalla mahdollisella tavalla lähdonjaossa kaapeloitua keskijänniteverkkoa. Alueella myös perehdyttiin alueen kaavoitukseen, joka osoitti alueella olevan paljon kasvumahdollisuutta.

Ensimmäisen hankealueen myötä keskijänniteverkon suunnittelussa lähdettiin suunnittelemaan verkkoa, joka koostuisi yhdestä runkoyhteydestä. Runkoyhteys täytyisi saada kulkemaan parasta mahdollista reittiä Ummeljoentien ja Keskikoskentie risteyksestä aina koko asutusalueen läpi, kunnes keskijänniteverkko on säävarmalla alueella.

Hankealueessa tutkittiin muuntopiirejä M1034 ja M1717 sekä olemassa olevan kaavoituksen vaikutusta muuntopiirien sijoitukseen ja mahdolliseen kasvavaan kuormitukseen. Yhtenäisen runkoyhteyden ja säävarman verkon tavoittelun myötä päädyttiin ratkaisuun, jossa muuntopiirit yhdistetään yhdeksi muuntopiiriksi ja uusi puistomuuntamo sijoitetaan Ummeljoentien ja Visatien risteykseen, esitetty kuvassa 31.



Kuva 31. Hankealueen Um 1 keskijänniteverkko.

Puistomuuntamon sijoituksessa huomioitiin muuntamon sijoittuminen mahdollisimman keskelle kuormitusta myös mahdollisen kuormituksen lisääntymisen myötä. Uuteen puistomuuntamoon asennetaan nimellisteholtaan 315 kVA muuntaja, jolloin uuden muuntajan kuormitusaste on 30,2 % kun muuntajan pätöteho on 90,3 kW. Muuntajan kuormitusaste on alhainen, mutta käytetyn muuntajan koko voidaan perustella tulevaisuudessa mahdollisella kuormituksen kasvamisella, jopa hyvin lyhyellä aikavälillä. Lisäksi häviökustannusten kannalta 200 kVA muuntaja täytyisi vaihtaa 315 kVA muuntajaan, kun muuntajan pätöteho on 107 kW. Tämän pisteen jälkeen nimellisteholtaan 200 kVA muuntajan häviökustannukset ovat suuremmat kuin 315 kVA muuntajalla.

Puistomuuntamon rakentamisen yhteydessä kaapeloidaan muuntopiirin pj-verkko. Uudelta M1 muuntajalta lähtevä keskijännitekaapeli nostetaan olemassa olevaan ilmalinjaan kohdassa, jossa se risteää Ummeljoentien kanssa. Näin uusi muuntopiiri saadaan osaksi olemassa olevaa verkkoa.

Ummeljoentien varressa tehtävien muutoksien yhteydessä kaapeloidaan erottimelta E673 (13852) Anjalantien varressa erottimelle E344 (13987) keskijännitekaapeli, jolloin erottimelta E345 asemakaava-alueen ulkopuolelle lähtevä haara saadaan osaksi Uutilanmäen lähtöä. Tämän myötä erotin E345 puretaan pois ja sähköaseman lähdöt jakaantuvat niin, että Ummeljoen lähtö syöttää pääasiassa asemakaava-aluetta ja Uutilanmäen lähtö syöttää asemakaava-alueen ulkoisia alueita.

Taulukossa 50 on esitetty hankealuetta Um 1 koskevat kaapeloitavan pj- ja kj-verkon ja purettavien verkkojen pituudet. Keskijänniteverkon osalta säävarman verkon kasvu on hyvin pieni, koska suurin osa purettavasta ilmajohtoverkosta on säävarmaa. Ilmajohtoverkko joudutaan purkamaan, koska tavoiteverkon mukaista keskijänniteverkkoa ei ole mahdollista toteuttaa käyttäen vanhaa ilmajohtoverkkoa. Keskijänniteverkon osalta juuri kriittiset pisteet ovat sääilmiöille alttiita.

Taulukko 50. Hankealueen Um 1 kj- ja pj-verkkoa koskevat muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava sääilmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,81	0,22	0,80	0,01	2
Pj-kaapelointi (km)	Purettava sääilmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
1,30	1,10	0,00	1,30	100

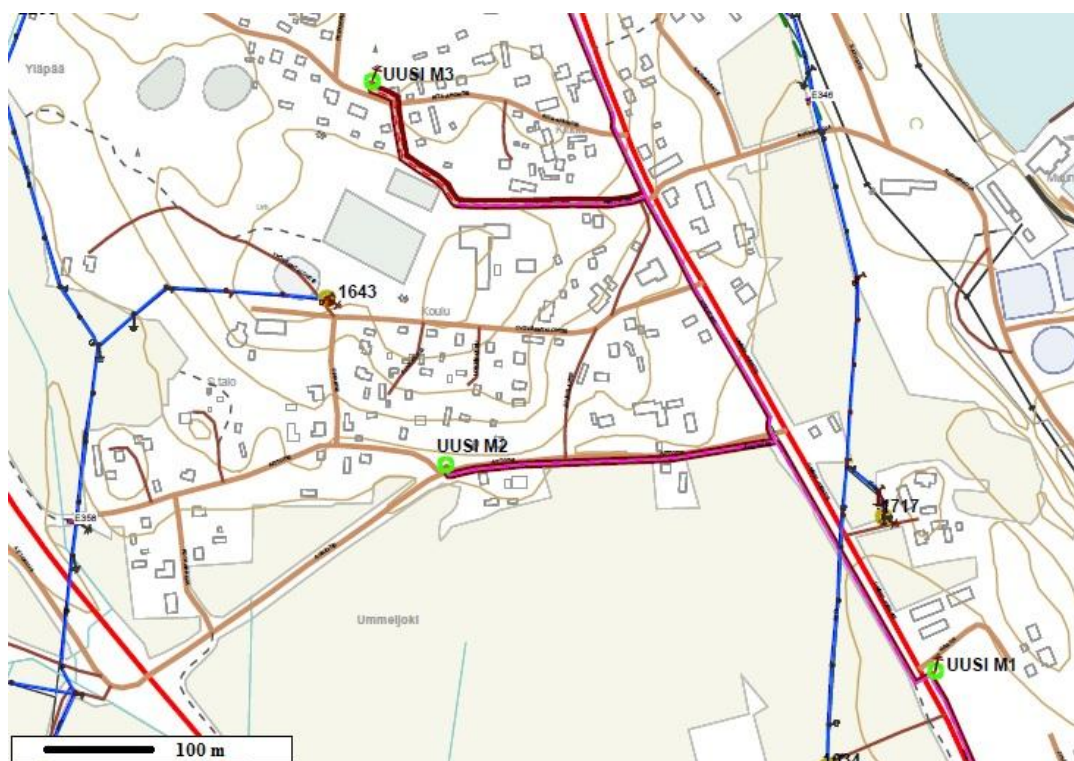
Taulukossa 51 on esitetty hankealuetta koskevat kustannukset kj- ja pj-verkon osalta. Keskiänniteverkon kustannuksiin on myös laskettu erottimien välinen kaapelointi.

Taulukko 51. Hankealueen Um 1 koskevat kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
86 451	72 145	158 596	11 316	169 912

Hankealueessa Um 2 lähdettiin suunnittelemaan ratkaisua, jonka avulla muuntamo M1643 pystyttäisiin saamaan osaksi uutta säävarmaa verkkoa. Suunnittelussa lähdettiin suunnittelemaan kaapelireittiä muuntamolle M1643, jolloin muuntamo olisi saneerattu puistomuuntamoksi vanhan pylväsmuuntamon läheisyyteen. Maastosuunnittelun yhteydessä Työväentalontien ympäristö osoittautui hyvin kallioiseksi, jolloin keskiännitekaapelin sijoittaminen kohtuullisilla kustannuksilla ei ollut mahdollista.

Muuntamolle etsittiin vaihtoehtoista sijoituspaikkaa, joka löytyi asutusalueen laidalta pellon läheisyydestä. Sijoituspaikan valintaan vaikuttivat tiheään rakennettu ympäristö ja kallion läheisyys. Uuden muuntamon sijoituksessa huomioitiin myös alueen kaavoitus, jolloin muuntamo sijoittuu keskelle kuormitusta. Uuden ja vanhan muuntamon sijainnit on esitetty kuvassa 32.



Kuva 32. Hankealue Um 2.

Muuntamon siirtämisen seurauksena Ummeljoen koulun liittymä siirretään osaksi toista muuntopiiriä, koska koulun läheisyydessä ympäristö on hyvin kallioinen muuntamon M2 suuntaan ja näin myös liittymän oikosulkuvirrat pysyvät entisellä tasolla. Uusi keskijännitekaapeli jatketaan hankealueessa Um 1 kaapeloituun kaapeliin. Muuntamolta M2 lähtevä keskijännitekaapeli kaapeloidaan Kansakouluntien risteykseen, josta hankealue Um 3 alkaa. Puistomuuntamon rakentamisen yhteydessä muuntopiirin pj-verkko kaapeloidaan. Taulukossa 52 on esitetty hankealueen kj- ja pj-verkkoa koskevat kaapelointi määrät.

Taulukko 52. Hankealueen Um 2 kj- ja pj-verkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säätimöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
1,00	0,30	0,65	0,35	35
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säätimöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
3,80	3,20	0,00	3,80	100

Hankealueessa Um 2 rakennettua keskijänniteverkkoa ei ole mahdollista yhdistää osaksi olemassa olevaa verkkoa ilman väliaikaisen yhteyden rakentamista. Tämän vuoksi hankealueella olevaa ilmajohtoverkkoa ei voida purkaa ennen kuin koko Ummeljoen puolen keskijänniteverkko on rakennettu tavoiteverkon mukaiseksi. Tämä huomioidaan kaikissa Ummeljoen lähdön hankealueiden purkukustannuksissa ja verkon rakentamisessa. Taulukossa 53 on esitetty hankealueen kustannukset.

Taulukko 53. Hankealueen Um 2 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
98 270	166 930	265 200	18 481	283 681

8.2 Um 3 - 4 : Muuntamoiden sijoitus

Hankealueessa Um 3 suunnittelussa jatkettiin uuden keskijänniteverkon suunnittelussa samoilla periaatteilla kuin hankealueissa Um 1 ja 2. Suunnittelun tavoitteena oli löytää ratkaisu sijoittaa muuntamo M2233 keskeemmälle kuormitusta ja löytää ratkaisu keskijännitekaapelien sijoittamiseen uudelle muuntamolle, jotta muuntamo saadaan osaksi uutta runkoyhteyttä ja näin ollen myös osaksi säävarmaa verkkoa. Muuntamo M2233 sijaitsee sivussa muuntopiirin kuormituksesta ja sen keskijänniteverkon syöttö on sääilmiöille altista.



Kuva 33. Hankealueen Um 3 keskijänniteverkko.

Hankealueessa Um 2 kaapeloitiin keskijännitekaapeli Kansakouluntien risteykseen, josta tässä hankealueessa kaapelointia jatketaan Kansakouluntietä pitkin muuntamon M3 sijoituspaikalle, kuvassa 33. Samassa kaivannossa tuodaan koululle tuleva AXMK 4x185 -kaapeli, jolloin liittymä siirretään muuntamon M3 perään. Ensimmäisenä versioina muuntamolle M3 tulevat kaapelit oli tarkoitus kaapeloida Rita-ahontietä pitkin, mutta maastosuunnittelun yhteydessä kyseinen reittivaihtoehto osoittautui kallioiseksi ja näin ollen keskijännitekaapeleiden sijoittaminen kustannustehokkaasti ei olisi ollut mahdollista. Lisäksi versiossa, jossa kaapelit sijoitetaan Kansakouluntien varteen, pysytään kaivantoa hyödyntämään koulun liittymän siirrossä.

Taulukossa 54 on esitetty hankealueen pj- ja kj-verkkoa koskevat kaapelointi määrät ja purettavan sähköverkon pituudet. Taulukossa 55 on esitetty hankealuetta Um 3 koskevat kustannukset.

Taulukko 54. Hankealueen Um 3 kj- ja pj-verkkoa koskevat muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,99	0,40	0,00	0,99	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
1,79	1,50	0,00	1,79	100

Taulukko 55. Hankealueen Um 3 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
95 430	88 684	184 114	8 907	193 021

Hankealueessa Um 4 suunnittelun tavoitteena oli löytää ratkaisu sijoittaa muuntamot M1086 ja M1594 osaksi säävarmaa verkkoa. Keskijänniteverkon osalta lähdettiin suunnittelemaan ratkaisua, jonka avulla muuntamot pystyttäisiin sijoittamaan mahdollisimman lähelle Ummeljoentietä.

Tiheään rakennetun ympäristön ja kustannustehokkaiden ratkaisujen myötä päädyttiin ratkaisuun, jossa muuntopiirin M1086 eteläpuoleinen osa ja muuntopiirin M1594 pienjänniteverkot yhdistetään yhdeksi muuntopiiriksi. Muuntamolle lähdettiin etsimään sijoituspaikkaa läheltä Ummeljoentietä. Muuntamolle M4 löytyi sijoituspaikka tien laidasta, jolloin muuntamo pystyttiin sijoittamaan mahdollisimman keskelle muuntopiirin kuormitusta, muuntamon uusi sijainti on esitetty kuvassa 34. Lisäksi sijoituspaikan myötä keskijänniteverkon kaapelointikustannukset pystyttiin pitämään mahdollisimman alhaisina. Uudelta M4 muuntamolta kaapeloidaan keskijännitekaapeli hankealueen Um 5 muuntamon sijoituspaikalle.



Kuva 34. Hankealueen Um 4 muuntopiirit.

Uuden muuntamon muuntajaksi valittiin nimellisteholtaan 315 kVA, jolloin uuden muuntajan kuormitusaste on 52,7 %. Jos muuntajaksi olisi valittu nimellisteholtaan 500 kVA, olisi 315 kVA muuntajan kuormitusaste oltava yli 67 %, jotta 500 kVA muuntaja olisi edullisempi häviökustannuksia tarkasteltaessa. Muuntamon kuormituksia tarkasteltaessa huomioitiin myös, että ympäristö on jo hyvin tiheään rakennettua aluetta ja tehon kasvu alueella on tulevaisuudessa hyvin pientä. Taulukossa 56 on esitetty hankealueen pj- ja kj-verkon kaapelointi etäisyydet ja purettavien ilmajohtojen etäisyydet.

Taulukko 56. Hankealueen Um 4 kj- ja pj-verkkoa koskevat muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,34	0,31	0,00	0,34	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
2,58	2,20	0,00	2,58	100

Taulukossa 57 on esitetty hankealueen kustannukset. Kj-verkon investointikustannuksista huomataan muuntajan sijoituksen vaikuttavan huomattavasti kustannuksiin, jolloin kaapelointi etäisyydet pystytään minimoimaan.

Taulukko 57. Hankealueen Um 4 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
55 747	117 797	173 544	11 250	184 794

8.3 Um 5 : Runkoyhteyden risteämäkohta

Hankealueessa Um 5 suunnittelun tavoitteena oli löytää ratkaisu, kuinka saada muuntamot M1647, M1596 ja puolet muuntopiiristä M1086 osaksi säävarmaa verkkoa. Muuntopiireistä muuntamo M1647 sijaitsee kuormitukseen nähden muuntopiirin laidalla. Tavoitteena oli löytää myös ratkaisu sijoittaa uusi muuntamo mahdollisimman keskelle muuntopiirin kuormitusta.

Hankealueessa Um 4 kaapelointiin uusi keskijännitekaapeli muuntamon M5 sijoituspaikalle. Uuden muuntamon M5 sijoituspaikka suunniteltiin Ummeljoentien laitaan, koska muuntamon ympäristö on tiheään rakennettua, jolloin sijoituspaikkoja on vähän. Lisäksi kyseisen sijoituspaikan avulla pystytään minimoimaan keskijännitekaapelin kaapelointietäisyydet ja uusi muuntamo pystyttiin sijoittamaan mahdollisimman keskelle kuormitusta, kuvassa 35 on esitetty muuntamon maantieteellinen sijainti. Muuntamolta M5 lähtee myös keskijännitekaapeli asemakaava-alueen ulkopuolella olevalle muuntamolle, johon keskitytään hankealueessa Um 8. Kyseisen kaapeliyhteyden pituus pystyttiin minimoimaan sijoittamalla muuntamo mahdollisimman lähelle Ummeljoentien ja Peräsäärentien risteystä. Muuntamolta M5 kaapeloidaan keskijännitekaapeli muuntamolle M1666, jossa uusi verkko saadaan osaksi olemassa olevaa sähköverkkoa.



Kuva 35. Hankealue Um 5.

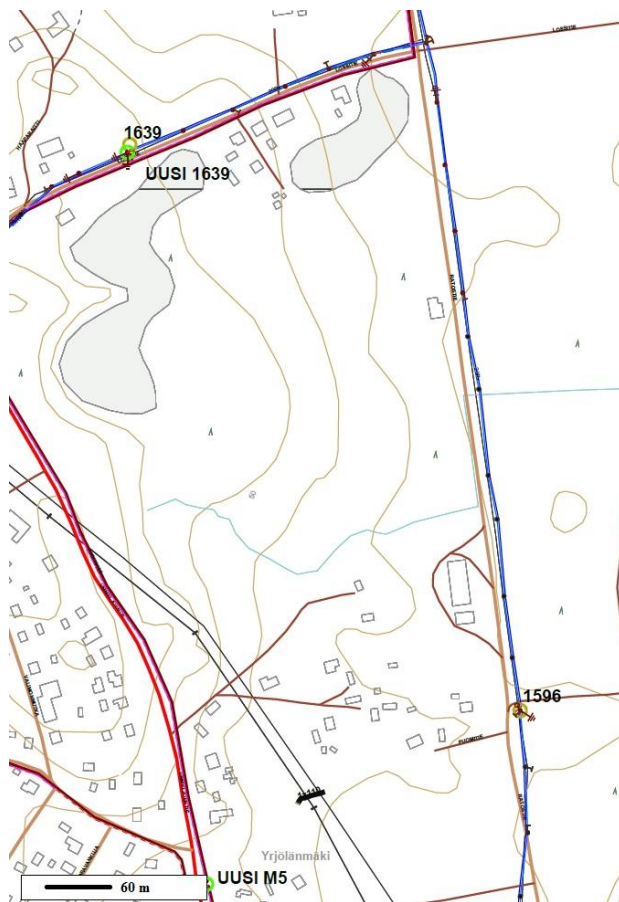
Hankealueen suunnittelussa suurimmat ongelmat olivat löytää ratkaisu osan muuntopiirin M1596 pienjänniteverkon liittämistä muuntamoon M5. Suurin osa muuntopiirin M1596 liittymistä sijaitsee Ummeljoentien varressa, jotka on mahdollista kaapeloida osaksi muuntopiiriä M5. Muuntamoiden M5 ja M1596 välissä on tiheä metsikkö ja mahdolliset kaapelointireitit ovat etäisyyksiltään hyvin pitkiä. Pienjänniteverkon osalta kaapelointietäisyydet muuntamolta M5 muuntamolle M1596 ovat liian pitkät, jolloin kaapelointikustannusten vuoksi se ei ollut vaihtoehtoinen ratkaisu. Vaihtoehtoinen ratkaisu muuntamon M1596 yhdistämiseksi osaksi uutta muuntopiiriä on toteuttaa sähköjakelu olemassa olevaa ilmalinjaa pitkin metsäkaistaleen läpi ja priorisoida tämän johto-osuuden vikapartiointia tarvittaessa. Suunnittelussa tutkittiin myös 20 kV ja 1 kV ratkaisujen käyttö. Muuntamo M1596 sijaitsee vanhan 20 kV runkoyhteyden yhteydessä.

20 kV:n haarajohtojen korvaamisessa voidaan käyttää 1 kV:n järjestelmää, 1 kV:n käyttö tulee tarkastella tapauskohtaisesti. 1 kV:n käyttö voi olla perusteltua esimerkiksi tilanteissa, joissa voidaan hyödyntää vanhoja pylväsrakenteita. Usein keskijänniteverkon haarajohtojen kuormitus on pieni ja siirtomatkat lyhyitä. Kuormitus voi olla muutamia kymmeniä kilowatteja ja siirtoetäisyys muutamia kilometrejä. Pienjänniteverkolle edellä mainitut tehot ja siirtomatkat ovat liian pitkiä. 1 kV luokitellaan pienjännitteeksi, mutta sillä pystytään siirtämään muutaman kymmenen kilowatin tehoa kilometrejä. Koska 1 kV luokitellaan pienjännitteeksi, on sen johtorakenne myös edullisempi verrattuna 20 kV ratkaisuun. Taloudellisesti 1 kV:lle paras käyttökohde on haarajohto, jossa siirrettävä teho on 10 - 50 kW ja siirtomatka 1 - 5 km. 1 kV:n ratkaisussa lisäkustannuksia aiheutuu lisämuuntajasta ja suurentuneista häviöistä, tällöin 1 kV:n käyttö ei ole mielekästä lyhyissä haarajohdoissa. Lisäksi 1 kV:n käyttö ei ole suotavaa haarajohdoissa, joiden kuorma on yli 100 kW. (Lakervi & Partanen 2008, 71.)

Etäisyys muuntamolta M1639 muuntamolle M1596 on 950 metriä, josta kaapeloitava osuus olisi noin 300 metriä. Etäisyyden ja siirrettävän tehon puolesta muuntamon M1596 syöttö olisi mahdollista toteuttaa 1 kV ratkaisulla, kun muuntamon päteho on 29,1 kW. Ratostiellä olemassa olevan keskijännitelinjan vuoksi 1 kV ratkaisu ei ole mielekäs. Kuvassa 36 Ratostie on etelästä pohjoiseen kulkeva tie, jonka varrella keskijännitelinja kulkee. Sähkönsyöttö muuntamolle M1596 voidaan toteuttaa keskijännitelinjan kautta pienemmillä investointikustannuksilla. Muuntamon M1596 syöttö pystytään toteuttamaan, joko 20 kV tai 0,4 kV ratkaisulla. 20 kV ratkaisussa täytyy muuntamo M1639 saneerata 3+1 puistomuuntamoksi, jotta syöttö muuntamolle M1596 on mahdollista toteuttaa. Lisäksi ratkaisussa kaapeloidaan uusi keskijännitekaapeli Lossitien varteen, joka nostetaan Ratostien ilmalinjaan. Mikäli liittymien syöttö toteutetaan 20 kV ratkaisulla, täytyy Ratostien varressa olevan ilmalinjan vikapartiointia priorisoida. Sähkön laadullisesti ja sähkönjakelu varmuuden osalta 20 kV ratkaisu on kyseisessä tapauksessa parempi. Kustannukset koostuvat M1639 saneeruksesta ja kaapeloitavasta 300 metrin etäisyydestä. Edellä mainitut kustannukset sisällytetään Um 6 hankealueen kustannuksiin.

Edelle esitettyjen perusteluiden osalta voidaan todeta, ettei kustannussyistä ole mielekästä toteuttaa muuntamolle M1596 tulevaa syöttöä 1 kV:n ratkaisulla. Syöttö voitaisiin toteuttaa käyttäen olemassa olevaa 20 kV verkkoa hyödyksi niin, että kaapeloitaisiin Ratostien ja Lossitien risteyksestä uusi maakaapeli muuntamolle M1639 hankealueessa

Um 6. Kuvassa 36 on esitetty muuntamoiden sijainnit ja Ratostien kj-linja. Muuntamolle M1596 syöttävä 20 kV ilmajohtoverkon osuuden vikapriorisointia tulisi lisätä vikatilanteissa.



Kuva 36. Ratostien kj-reitti.

Taulukossa 58 on esitetty hankealueen kj- ja pj-verkkoa koskevat maakaapelointi etäisyydet ja purettavien ilmajohtoverkkojen määrät. Muuntopiirin suuren koon vuoksi pienjänniteverkon kaapelointietäisyys on Ummeljoen lähdön suurin. Taulukosta nähdään, kuinka muuntamon hyvä sijoituspaikka vaikuttaa keskijännitekaapeloinnin etäisyyteen.

Taulukko 58. Hankealueen Um 5 kj- ja pj-verkkoa koskevat muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,67	0,78	0,00	0,67	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
4,34	3,60	0,02	4,32	100

Taulukossa 59 on esitetty hankealueen kustannukset. Pienjänniteverkon investointikustannus on Ummeljoen lähdön suurin, tämä johtuu hankealueen suuresta pj-verkon kaapelointimäärästä.

Taulukko 59. Hankealueen Um 5 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
78 264	210 019	288 283	21 361	309 644

8.4 Um 6 - 7 : Runkoyhteys osaksi sähköverkkoa

Hankealueessa Um 6 suunnittelun tavoitteena saada pylväsmuuntamot M1666 ja M1639 osaksi säävarmaa verkkoa. Muuntamolta M1666 lähtevä ilmalinja kulkee Lossitien varressa, mutta on läheisen puuston vuoksi on sääilmiöille altista. M1639 pienjänniteverkko on maakaapeloitu 2014 ja muuntamon M1666 asiakkaat ovat teollisuuskiinteistöjä, joten tässä hankealueessa ei yhdistetty muuntopiirejä. Hankealueessa Um 5 kaapeloitiin uusi keskijännitekaapeli muuntajalle M1666 asti. Tavoiteverkon suunnittelussa päädyttiin ratkaisuun, jossa muuntamo M1666 saneerataan puistomuuntamoksi pylväsmuuntamon läheisyyteen. Puistomuuntamolta kaapeloidaan uusi keskijännitekaapeli muuntamolle M1639, joka myös saneerataan puistomuuntamoksi tien laitaan vanhan ilmalinjan alle.

Kuvassa 37 on esitetty saneerattavien muuntamoiden sijainnit sekä kaapelointireitti. Muuntamolta M1639 viedään keskijännitekaapeli Lossitien ja Ratostien risteykseen, jossa maakaapeli nostetaan olemassa olevaan ilmalinjaan. Mikäli hankealueen Um 5 yhteydessä olevan muuntamon M1596 syöttö päädytään toteuttamaan 20 kV ratkaisulla hyödyntäen olemassa olevaa runkoyhteyttä, täytyy muuntamo M1639 saneerata hankealueen Um 6 yhteydessä 3+1 puistomuuntamoksi.



Kuva 37. Hankealue Um 6.

Taulukossa 60 on esitetty hankealueen kj- ja pj-verkkoa koskevat muutokset. Pienjänniteverkon osalta kaapeloidaan muuntamolta M1666 teollisuuskiinteistölle lähtevä syöttö.

Taulukko 60. Hankealueen Um 6 kj- ja pj-verkkoa koskevat muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säätelmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,60	0,57	0,00	0,60	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säätelmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
0,16	0,13	0,00	0,16	100

Taulukossa 61 on esitetty hankealuetta koskevat kustannukset. Pj-verkon osalta investointikustannukset ovat pienet, koska muuntopiiriin M1639 pj-verkko on jo kaapeloitu.

Taulukko 61. Hankealueen Um 6 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
103 600	19 042	122 642	5 180	127 822

Hankealueessa Um 7 tavoitteena oli suunnitella säävarma ratkaisu Ratostien ilmalinjalle. Suunnittelussa päädyttiin ratkaisuun, jossa uusi keskijännitekaapeli sijoitetaan vanhan ilmalinjan läheisyyteen Ratostien varteen ja nostetaan säävarmaan ilmalinjaan pellon laidassa, esitetty kuvassa 38.



Kuva 38. Hankealue Um 7, Ratostien kj-linja.

Taulukossa 62 on esitetty hankealueen keskijännitekaapeloinnin etäisyydet. Taulukossa 63 on esitetty hankealueen keskijännitekaapeloinnin kustannukset.

Taulukko 62. Hankealueen Um 7 kj-verkkoa koskevat muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava sääilmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,70	0,70	0,00	0,70	100

Taulukko 63. Hankealueen Um 7 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
47 115	-	47 115	3 537	50 652

8.5 Um 8 : Säteittäisen haaran kaapelointi

Hankealue Um 8 sijaitsee asemakaava-alueen ulkopuolella ja tämän vuoksi hankealue on priorisoitu Ummeljoen lähdön osalta viimeiseksi, vaikka muuntamolle M2143 sähkönsyöttö tulee hankealueen Um 5 alueelta. Mikäli säätelmiöille altis keskijänniteverkko halutaan purkaa aikaisemmin, tulee hankealueen Um 8 toteuttaa ennen hankealueita Um 6 ja 7.



Kuva 39. Hankealue Um 8.

Suunnittelussa lähdettiin suunnittelemaan mahdollista maakaapelireittiä muuntamolta M5 muuntamolle M2143. Etäisyyksien puolesta paras mahdollinen reitti osoittautui olevan sijoittaa maakaapeli ilmalinjan läheisyyteen Peräsaarentien laitaan, esitetty kuvassa 39. Kaapelireitin ongelmakohdaksi osoittautui Anjalantie risteäminen, Anjalantie on vilkasliikenteinen valtatie, jolloin tien ylittäminen kaivamalla ei ole vaihtoehto. Risteämiskohdassa maaperä on hyvin kalliainen, jolloin valtatie alitus suuntaporaamalla ei ollut myöskään vaihtoehto. Kun kaapelointi toteutetaan AHXAMK-W 3x185 maakaapelilla ja ylitys esimerkiksi PAS-johtimella on johto-osuus huomattavasti alttiimpi vikakeskeytyksille verrattuna jos yhteys toteutetaan yleiskaapelilla. Tällöin säästytään ylimääräisiltä päätteiltä, jotka voivat vaurioitua. Kokonaisuutena yleiskaapeliratkaisu on

investointikustannuksiltaan 11 000 euroa kalliimpi, mutta käyttövarmuudeltaan parempi, jolloin suunnittelussa päädyttiin käyttämään yleiskaapeliratkaisua.

Yleiskaapeliratkaisun valintaa voidaan perustella keskeytyskustannusten avulla, jos esimerkiksi oletetaan vikakeskeytyksen kestävän noin viisi tuntia, mikäli pylväspäät vikaantuu. Muuntopiirissä M2143 on 18 käyttöpaikkaa, jotka voidaan luokitella kotitalousasiakkaiksi, jolloin vikakeskeytyksen kustannus tuntia kohden on 42,90 euroa (Lakervi & Partanen 2008, 49). Tällöin voidaan arvioida vikakeskeytyksestä aiheutuvan kustannuksen olevan noin 4 000 euroa plus uuden päätteen rakentaminen. Viasta aiheutuvien kustannusten arvioinnissa ei ole huomioitu mahdollisen varavoiman tarvetta. Vikakeskeytyksestä aiheutuvien kustannusten vuoksi voidaan perustella yleiskaapelin käyttöä, kun huomioidaan verkon käyttöikä ja investointikustannusten erotus. Mikäli edellä esitetty vikakeskeytyks toistuu verkon käyttöiän 40 vuoden aikana esimerkiksi kolme kertaa, on yleiskaapeliratkaisun investointikustannusten erotus katettu.

Muuntamo M2143 saneerataan satelliittimuuntamoksi entisen pylväsmuuntamon läheisyyteen. Satelliittimuuntamossa voidaan muuntajana hyödyntää esimerkiksi hankealueessa Um 5 purettua muuntamon M1086 muuntajaa. Muuntamon saneerauksen yhteydessä kaapeloidaan pj-verkko. Taulukossa 64 on esitetty hankealueen kj- ja pj-verkkoa koskevat muutokset.

Taulukko 64. Hankealueen Um 8 kj- ja pj-verkkoa koskevat muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säätelmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
1,00	0,66	0,00	1,00	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säätelmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
1,80	1,50	0,00	1,80	100

Taulukossa 65 on esitetty hankealuetta koskevat kustannukset. Keskijänniteverkon investointikustannus on laskettu ratkaisulla, jossa käytetään yleiskaapelia.

Taulukko 65. Hankealueen Um 8 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
90 510	87 861	178 371	10 220	188 591

8.6 Lopputulos

Kokonaisuutena Ummeljoen lähdön muutokset ovat suurimmat koko tavoiteverkko-suunnitelmassa. Jotta Ummeljoen lähdön keskijänniteverkkoa saadaan säävarmaksi ja vastaamaan suunniteltua tavoiteverkkoa, täytyy lähes koko keskijänniteverkko rakentaa uudestaan asemakaava-alueen sisällä (liite 5). Muutostyöt ovat hyvin suuria ja kokonaisuutena Ummeljoen lähdön muutokset ovat tavoiteverkkosuunnitelman haastavimmat. Työjärjestyksessä tulee tarkasti huomioida muiden hankealueiden keski- ja pienjänniteverkot sekä huomioida mahdollisten väliaikaisten varayhteyksien rakentaminen. Runkoysteys Kouvolan suunnasta on tärkeä olla säävarma, jotta vakavimmissakin vikatilanteissa pystytään takamaan säävarman verkon avulla sähkönjakelu asemakaava-alueen sisäpuolella oleville sähkönkuluttajille.

Taulukossa 66 on esitetty koko Ummeljoen lähtöä koskevat maakaapelointi pituudet ja purettavien verkkojen pituudet. Taulukossa 67 on esitetty koko Ummeljoen lähtöä koskevat kustannukset.

Taulukko 66. Ummeljoen lähdön kj- ja pj-verkkoa koskevat muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säätömiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
6,11	3,94	1,45	4,66	76
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säätömiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
15,77	13,23	0,02	15,75	100

Taulukko 67. Ummeljoen lähdön kokonaiskustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
655 387	762 478	1 417 865	90 251	1 508 116

Taulukossa 68 on esitetty Ummeljoen lähdön sähköverkon alku- ja lopputilanteen johtopituudet. Tavoiteverkkosuunnitelmassa korvataan kaksi säteittäistä keskijännitehaaraa yhdellä runkoyhteydellä, joka myös näkyy verkon kokonaisjohtopituudessa. Avojohtoverkon osalta asemakaava-alueen kaapelointi vaikuttaa avojohto-osuuden pienenemiseen yli kymmenellä prosentilla.

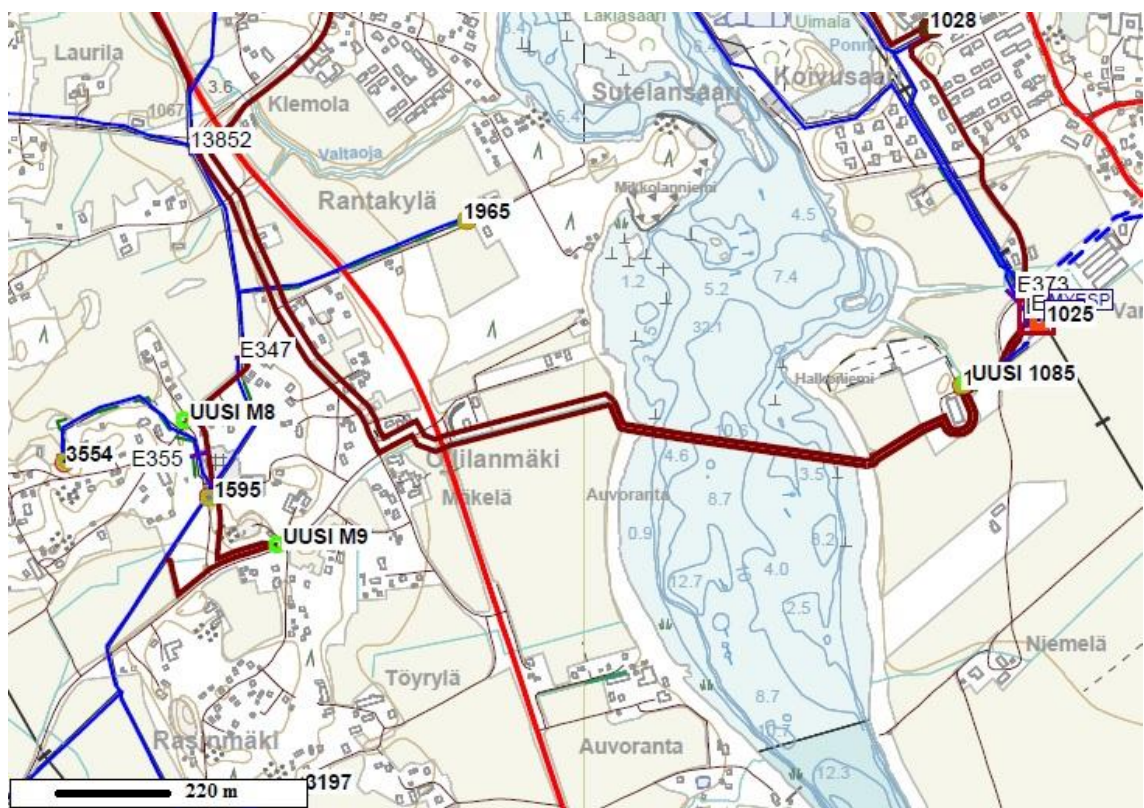
Taulukko 68. Ummeljoen lähdön syöttävän verkon verkkopituuksien vertailu.

Sähköaseman lähtö	Verkontila	Kj-verkon pituus (km)	Avojohto (%)	PAS* (%)	Maakaapeli (%)
Ummeljoki	Alkutilanne	35,3	85	3	12
Ummeljoki	Tavoiteverkko	37,0	71	3	26

* Sarake sisältää PAS ja ilmakaapelin pituudet.

9 UOTILANMÄEN TAVOITEVERKKO

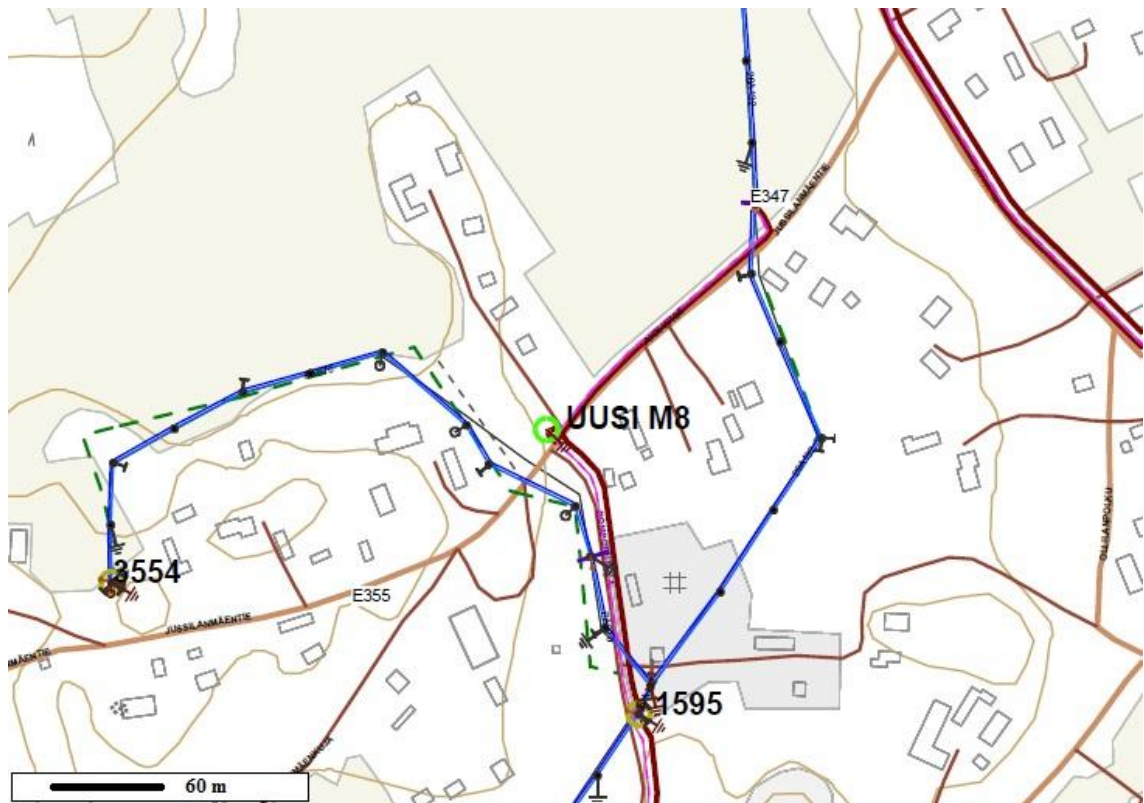
Tässä kappaleessa käsitellään Ummeljoen lähdonjaossa omaksi lähdöksi jaetun Uotilanmäen lähdon kehityskohtia. Kokonaisuudessaan lähdon keskijänniteverkko sijaitsee asemakaava-alueen ulkopuolella ja siksi kehityskohteet on myös priorisoitu tavoiteverkkosuunnitelmassa viimeiseksi. Pääsääntöisesti keskijänniteverkko on asemakaava-alueen ulkopuolella säävarmaa, koska se kulkee suurimmaksi osaksi pelloilla. Tässä kappaleessa käsitellään kaksi hankealuetta, jotka ovat sääilmiöille alttiin verkkoalueella. Kuvassa 40 on esitetty Uotilanmäen lähdon sähköverkon alkuosa.



Kuva 40. Uotilanmäen lähdon alku.

9.1 Uo 1 - 2 : Haja-asutusalueen sähköverkko säävarmaksi

Tässä hankealueessa suunnittelun tavoite oli kehittää säävarma ratkaisu erottimelta E347 lähtevälle ilmalinjalle, joka menee muuntamolle M1595. Keskijänniteverkko on säävarmaa erottimelle E347 asti, jonka jälkeen ilmalinja kulkee metsässä tehden siitä sääilmiöille alttiin. Lisäksi suunnitteluun toi haastetta muuntamo M3554, joka sijaitsee yksittäisessä haarassa. Hankealueen pienjänniteverkon kaapeloinnin suunnittelu osoittautui hankalaksi, koska ilmajohtoverkko kulkee metsän keskellä suorinta mahdollista reittiä, jolloin maakaapelointia suunnitellessa pj-verkon rakenne muuttuu kokonaan.



Kuva 41. Hankealue Uo 1.

Suunnittelussa lähdettiin suunnittelemaan keskijänniteverkkoa niin, että hankealueen muuntamo M3554 saataisiin osaksi rengasverkkoa. Suunnittelussa päädyttiin ratkaisuun, jossa uusi keskijännitekaapeli erottimelta E347 sijoitetaan tien laitaan ja viedään muuntamolle M1595 odottamaan hankealuetta Uo 2. Kuvassa 41 on esitetty keskijännitekaapelin reitti. Muuntamo M3554 korvataan muuntamolla M8, jolloin erottimelta lähtevä kaapeli pystytään viemään muuntamon kautta mahdollisimman kustannustehokkaasti ja näin ollen muuntamo M8 saadaan osaksi rengasverkkoa. Muuntamon siirto vaikuttaa tietysti muuntopiirin pienjänniteverkon pituuteen ja tämä asia on otettu huo-

mioon alueen sähköverkon suunnittelussa. Taulukossa 69 on esitetty hankealueen kj- ja pj-verkkoa koskevat kaapelointi etäisyydet ja purettavien verkkojen pituudet. Taulukossa 70 on esitetty hankealuetta koskevat kustannukset.

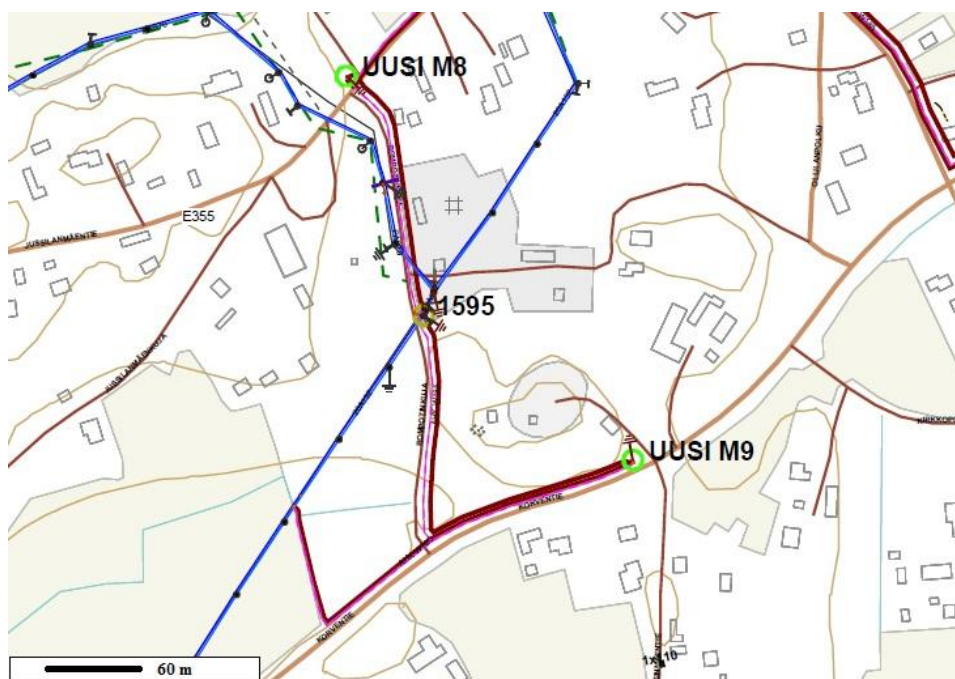
Taulukko 69. Hankealueen Uo 1 sähköverkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,34	0,73	0,00	0,34	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säälmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
2,05	1,60	0,11	1,94	95

Taulukko 70. Hankealueen Uo 1 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
51 747	95 051	146 798	11 407	158 205

Hankealueessa Uo 2 tavoitteena oli suunnitella muuntamolta M1595 lähtevälle keski-jännitelinjalle säävarma ratkaisu. Muuntamolta lähtävä ilmalinja on säälmiöille altista pellonlaitaan asti. Muuntopiirin pienjänniteverkon kaapeloinnin suunnittelun yhteydessä osoittautui muuntamon tämänhetkinen sijainti huonoksi kaapeloinnin kannalta ja muuntamon sijoittumisesta muuntopiriin kuormituksiin nähden.



Kuva 42. Hankealue Uo 2.

Uuden keskijännitekaapelin kaapelointireittiä lähdettiin suunnittelemaan niin, että kaapeli jatketaan edellisessä hankealueessa suunniteltuun kaapeliin muuntamalla M1595. Uudelle muuntamolle osoittautui olevan paras mahdollinen sijainti Korventien varressa, jolloin muuntamo sijoittuu mahdollisimman keskelle muuntopiirin kuormitusta ja pienten keskijännitekaapelointien etäisyydet pystytään pitämään mahdollisimman kustannustehokkaina. Uudelta muuntamolta M9 lähtevä keskijännitekaapeli nostetaan olemassa olevaan ilmalinjaan pellonlaidassa, jossa verkko on säävarmaa. Pylväs, johon kaapeli nostetaan, siirretään pois pellolta, jotta pystytään minimoimaan maanomistajalle aiheutuva haitta. Kuvassa 42 on esitetty keskijännitekaapelin reitti ja uuden muuntamoin sijoituspaikka. Taulukossa 71 on esitetty hankealuetta koskevat pj- ja kj-verkkoa koskevat muutokset. Taulukossa 72 on esitetty hankealuetta koskevat kustannukset.

Taulukko 71. Hankealueen Uo 2 sähköverkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava sääilmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,59	0,15	0,00	0,59	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava sääilmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
3,05	2,20	0,34	2,71	89

Taulukko 72. Hankealueen Uo 2 kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
75 390	134 489	209 879	11 807	221 686

9.2 Lopputulos

Kokonaisuutena Uotilanmäen lähtöä koskevat muutokset eivät ole tavoiteverkkosuunnitelman kannalta suuria, mutta vaikuttavat merkittävästi loppulähdön sähkönjakelu varmuuteen. Edellä esitettyjen suunnitelmien pohjalta huomataan, kuinka radikaaleja muutostöitä hankealueiden pj- ja kj-verkot vaativat, jotta sähköverkosta saadaan säävarmaa (liite 6). Haja-asutusalueilla muutoksien suuruuteen vaikuttaa paljon sähköverkon rakenne ajalleen tyypillinen sijoitus ympäristöön, kun on tavoiteltu suorinta mahdollista reittiä.

Taulukossa 73 on esitetty Uotilanmäen lähtöä koskevat sähköverkon muutokset. Taulukossa 74 on esitetty koko lähtöä koskevien muutosten kustannukset.

Taulukko 73. Uotilanmäen lähdön sähköverkon muutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säätelmiöille altis kj-verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
0,93	0,88	0,00	0,93	100
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säätelmiöille altis pj-verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
5,10	3,80	0,45	4,65	91

Taulukko 74. Uotilanmäen lähdön muutostöiden kustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
127 137	229 540	356 677	23 214	379 891

Taulukossa 75 on esitetty Uotilanmäen lähdön johtopituuksien kokonaismuutokset. Taulukossa on kuvattu verkontila alku- ja lopputilanteessa. Prosentuaalisesti hankealueiden kaapeloinnilla on pieni vaikutus, mutta kaapelointi vaikuttaa merkittävästi loppulähdön sähköjakelu varmuuteen.

Taulukko 75. Uotilanmäen lähdön syöttävän verkon verkkopituuksien vertailu.

Sähköaseman lähtö	Verkontila	Kj-verkon pituus (km)	Avojohto (%)	PAS* (%)	Maakaapeli (%)
Uotilanmäki	Alkutilanne	24,8	82	8	11
Uotilanmäki	Tavoiteverkko	22,2	78	3	19

* Sarake sisältää PAS ja ilmakaapelin pituudet.

10 YHTEENVETO

Tässä kappaleessa käsitellään kokonaisuutena tavoiteverkkosuunnitelman lopputulosta ja verrataan muutoksia Myllykosken alueen sähköjakeluverkon alkutilanteeseen.

Kokonaisuutena tavoiteverkkosuunnitelmassa suunnitellut ratkaisut koskien Myllykosken sähköjakeluverkkoa ovat kriittisiä, mikäli alueen sähköjakeluverkko halutaan vastaamaan vuonna 2028 voimaan tulevia säädöksiä keskeytysajoista asemakaava-alueilla ja haja-asutusalueilla. Tavoiteverkkosuunnitelmassa muuntamot sijoitettiin mahdollisimman keskelle muuntopiirien kuormituksia ja muuntamoiden sijoittamisessa huomioitiin myös muuntopiirien kuormitusten mahdollinen kasvu asemakaava-alueella tulevaisuudessa. Muuntamoiden sijoituspaikkojen perusteella suunniteltiin säävarma keskijänniteverkko. Tiheään rakennettu ympäristö hankaloitti säävarman keskijänniteverkon suunnittelua monessa hankealueessa. Tällaisissa tapauksissa suunniteltiin mahdollisimman kustannustehokas ratkaisu kaapelointi etäisyyksien ja investointikustannusten osalta. Tavoiteverkkosuunnitelman myötä Myllykosken asemakaava-alueen keskijänniteverkko on säävarmaa ja kaikki asemakaava-alueella sijaitsevat muuntamot ovat rengasverkossa, näin ollen asemakaava-alueen sähköverkon toimintavarmuus pystytään maksimoimaan.

Osa tavoiteverkkosuunnitelman hankealueista pystytään toteuttamaan pienin muutoksin, kun taas osa hankealueista vaatii täysin uuden sähköverkon rakentamisen, jotta pystytään takamaan sähköjakelu myös vikatilanteissa. Hankealueiden investointi tarpeisiin vaikuttaa myös sähköverkon vanha käyttöikä, jolloin osassa hankealueista sähköverkko vaatii suurempia investointeja.

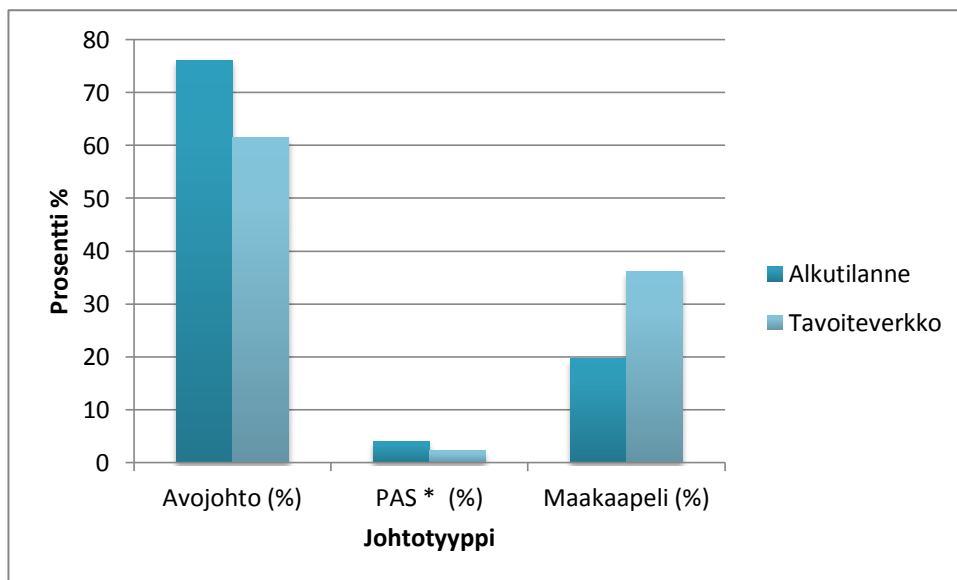
Taulukosta 76 nähdään sähköverkon kokonaispituuden kasvavan, mikä johtuu maakaapeliverkon määrän kasvusta. Maakaapelointi ei ole aina mahdollista toteuttaa suorinta mahdollista reittiä, johtuen ympäristön vaikutuksista. Kokonaisuutena nähdään ilmajohtoverkkojen määrän pienenevän tavoiteverkon alueella, mikä vaikuttaa positiivisesti alueen vikaherkkyyteen.

Taulukko 76. Myllykosken sähköaseman syöttävän verkon verkkopituudet.

Sähköasema	Verkontila	Kj-verkon pituus (km)	Avojohto (%)	PAS * (%)	Maakaapeli (%)
Myllykoski	Alkutilanne	110	76	4	20
Myllykoski	Tavoiteverkko	111	62	2	36

* Sarake sisältää PAS ja ilma-kaapelin pituudet.

Kuviossa 1 on esitetty taulukon 76 sähköaseman syöttävän verkon verkkopituudet. Kuvaajasta pystytään tulkitsemaan avojohto-osuuden pienenevän alkutilanteesta tavoiteverkon tilanteeseen samassa suhteessa kuin maakaapeli-verkon osuus vastaavasti kasvaa.



Kuvio 1. Sähköaseman syöttävän verkon johtotyyppien muutokset.

Taulukoissa 77 ja 78 on esitetty Myllykosken sähköasemalta syötettävän verkon verkotiedot alku- ja lopputilanteessa. Lopputilanteella tarkoitetaan tilannetta vuonna 2028, jolloin Myllykosken alueen sähköverkko tulisi vastata tavoiteverkkoa. Taulukossa esitetyt käyttöpaikat on pienjännitekäyttöpaikkoja ja teho on kyseisen lähdön syöttämä teho huippukuormituksen aikana. Kokonaisuutena taulukoista nähdään kj-verkon pituuden kasvavan kaikissa muissa lähdöissä paitsi Keskustan ja Uotilanmäen lähdössä. Kyseisten lähtöjen osalta muutos on päinvastainen, koska osa lähtöjen muuntopiireistä siirtyy osaksi toista sähköaseman lähtöä. Käyttöpaikkojen kasvu ja väheneminen lähdöittäin selittyy myös eri sähköaseman lähtöön siirtyvillä muuntopiireillä.

Taulukko 77. Myllykosken sähköaseman syöttävän verkon verkkotiedot alussa.

Sähköaseman lähtö	Kj-verkon pituus (km)	Avojohto (%)	PAS * (%)	Maakaapeli (%)	Mmo (kpl)	Käyttöpaikkoja (kpl)	Teho (kW)
Kurkimäki	12,6	47	4	49	22	1 145	3 695
Keskusta	10,9	30	0	70	19	1 636	2 818
Keltakangas	26,2	84	4	12	34	527	1 593
Ummeljoki	35,3	85	3	12	36	535	1 250
Uotilanmäki	24,8	82	8	11	24	491	1 299

* Sarake sisältää PAS ja ilmakaapelin pituudet.

Taulukko 78. Myllykosken sähköaseman syöttävän verkon verkkotiedot lopussa.

Sähköaseman lähtö	Kj-verkon pituus (km)	Avojohto (%)	PAS * (%)	Maakaapeli (%)	Mmo (kpl)	Käyttöpaikkoja (kpl)	Teho (kW)
Kurkimäki	14,6	15	0	85	23	1 288	4 093
Keskusta	9,8	23	0	76	16	1 512	2 550
Keltakangas	27,9	73	2	24	35	528	1 593
Ummeljoki	37,0	71	3	26	38	727	1 681
Uotilanmäki	22,2	78	3	19	19	294	832

* Sarake sisältää PAS ja ilmakaapelin pituudet.

Lopputuloksena Myllykosken alueen sähköverkko on jaettu niin, että sähköaseman jokainen lähtö syöttää tiettyä maantieteellistä aluetta. Lisäksi Uotilanmäen lähtö syöttää ainoastaan haja-asutusalueen sähköverkkoa. Näin ollen lähtökohtaiset muutokset pystytään hyvin keskittämään tietylle alueelle.

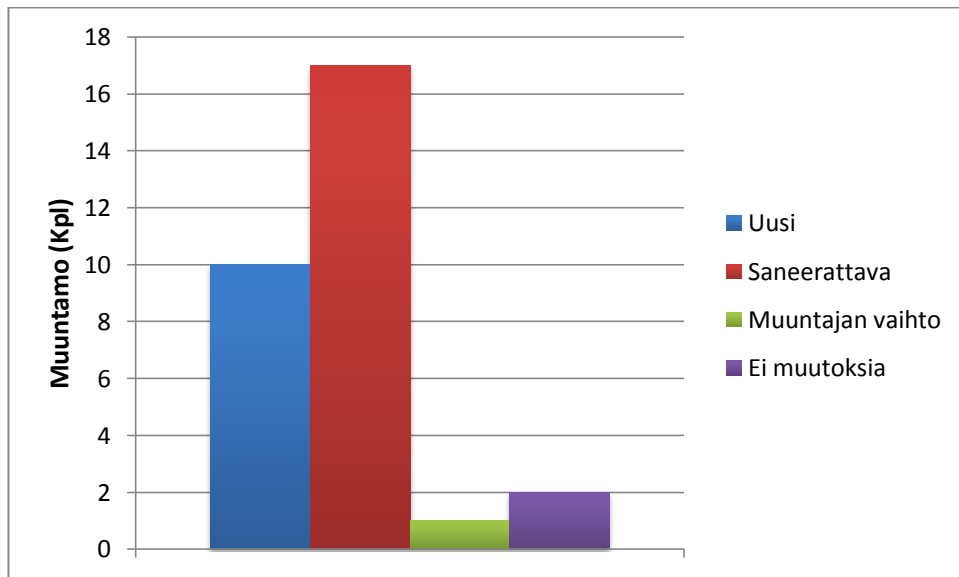
Maakaapeloinnin ja uusien varayhteyksien sekä kaukokäyttöerottimien myötä Myllykosken alueen sähköjakeluverkon käytettävyys paranee huomattavasti erinäisissä kytkentä- ja vikatilanteissa. Vuonna 2028 tavoiteverkkosuunnitelman mukaan Myllykosken alueen asemakaava-alueen sähköjakeluverkko on kokonaisuudessaan säävarma.

Taulukossa 79 on ilmoitettu koko tavoiteverkkoa koskevat muutokset kj- ja pj-verkoissa. Keskijänniteverkon osalta säävarman verkon kasvu on 85 % ja pienjänniteverkon osalta kasvu on 95 %. Taulukosta pystytään toteamaan verkon alkutilanteessa säävarman verkon osuuden olevan hyvin pieni.

Taulukko 79. Tavoiteverkon kj- ja pj-verkkojen kokonaismuutokset.

Kj-kaapelointi (km)	Purettava säätöaluetta verkko (km)	Purettava säävarma kj-verkko (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (km)	Säävarman kj-verkon kasvu (%)
18,29	11,24	2,72	15,57	85
Pj-kaapelointi (km)	Purettava säätöaluetta verkko (km)	Purettava säävarma pj-verkko (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (km)	Säävarman pj-verkon kasvu (%)
69,68	54,06	3,80	65,89	95

Kuviossa 2 on esitetty koko tavoiteverkkosuunnitelmaa koskevien muuntajien lukumäärät. Kuviossa ”Uusi” tarkoittaa muuntamoita, jotka on tavoiteverkkosuunnitelmassa suunniteltu osaksi uutta verkkoa. ”Saneerattava” tarkoittaa kuviossa muuntamoita, joissa uusi muuntamo saneerataan vanhan puisto- tai pylväsmuuntamon läheisyyteen. ”Muuntajan vaihto” tarkoitetaan tilanteita, jossa muuntamon muuntaja vaihdetaan kuormitusolosuhteiden muutoksen vuoksi suuremmaksi. ”Ei muutoksia” koskee muuntamoita, jotka ovat osa tavoiteverkkoa, mutta eivät vaadi muutoksia.



Kuvio 2. Tavoiteverkon muuntamot.

Taulukossa 80 on esitetty kokonaiskustannukset. Kokonaiskustannukset sisältävät jokaisen lähdön kaikkien hankealueiden kustannukset.

Taulukko 80. Tavoiteverkon kokonaiskustannukset.

Kj-verkon investointikustannus (€)	Pj-verkon investointikustannus (€)	Investointikustannus (€)	Purkukustannus (€)	Kokonaiskustannus (€)
2 136 211	3 337 412	5 473 623	327 571	5 801 194

Kun tavoiteverkon tarkastelujakso ulottuu vuoteen 2028, täytyisi Myllykosken alueen sähköverkkoon investoida vuositasolla noin 450 000 euroa. Tällöin vuonna 2028 Myllykosken alueen sähköverkko vastaisi suunniteltua tavoiteverkkoa (liite 7). Kokonaisuutena tavoiteverkkosuunnitelman vaatimat muutokset ovat suuria, mutta edellä osoitettujen perusteluiden pohjalta voidaan osoittaa investointien olevan tarpeellisia. Tämä suunnitelma antaa Myllykosken asemakaava-alueen sähköverkon suunnittelulle suuntaviivat, jonka pohjalta alueen sähköverkko voidaan rakentaa vaiheittain vastamaan vuoden 2028 vaatimuksia.

LÄHTEET

Elovaara, J. & Haarla, L. 2011a. Sähköverkon I. Järjestelmätekniikka ja sähköverkon laskenta. Helsinki: Otatieto.

Elovaara, J. & Haarla, L. 2011b. Sähköverkon II. Verkon suunnittelu, järjestelmät ja laitteet. Helsinki: Otatieto.

Kouvola, 2015a Kaupungin kotisivut. Palvelut. Tietoa Kouvola. Asuinalueet. Anjala – Inkeroinen – Myllykoski. Luettu 21.3.2015.

<http://www.kouvola.fi/index/aikuisvaestolle/tietoakouvolasta/kaupunginosat/myllykoski-keltakangas.html>

Kouvola, 2015b. Palvelut. Asuminen ja Ympäristö. Tontit ja maaomaisuus. Vapaat pientalotontit. Teollisuustontit. Myllykoski. Luettu 22.3.2015.

<http://www.kouvola.fi/index/aikuisvaestolle/asuminenjaymparisto/tontit/vapaattonti/teollisuustontit/myllykoski.html>

Kouvola, 2015c. Väestökäryhmittäin 31.12.2012 kunnan osa-alueittain. Luettu 21.3.2015.

http://www.kouvola.fi/material/attachments/talousjastrategia/newfolder_55/rF2g8XPx7/Vaesto_kunnan_suuralueittain_31.12.2012.pdf

Kouvola, 2015d. Asemakaava. Luettu 22.3.2015.

<http://kartta.kouvola.fi/ims/?Request=SiteSearch&Theme=Asemakaava>

KSS Energia Oy, 2014. Yrityksen kotisivut. KSS Energia. Avaintiedot. Luettu 21.10.2014. <https://www.kssenergia.fi/avaintiedot>

KSS Energia Oy, 2015a. Yrityksen kotisivut. KSS Energia. Tietoa tuotannosta. Luettu 15.3.2015. <https://www.kssenergia.fi/tuotanto>

KSS Energia Oy, 2015b Yrityksen kotisivut. KSS Energia. Avaintiedot. Energiavuosi 2014. Luettu 15.3.2015. <https://www.kssenergia.fi/energiavuosi2013>

KSS Energia Oy, 2015c. Yrityksen kotisivut. KSS Verkon jakelualue. Luettu 23.3.2015 <http://kssverkko.fi/saatavuus>

KSS Verkko Oy, 2014. Sähkönjakeluverkon kehittämissuunnitelma.

KSS Verkko Oy, 2012. Rämä, J. Verkoston suunnitteluperiaatteet.

KSS Verkko Oy, 2012. Tompuri, J. Verkkovisio.

Lakervi, E. & Partanen, J. 2008. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatieto.

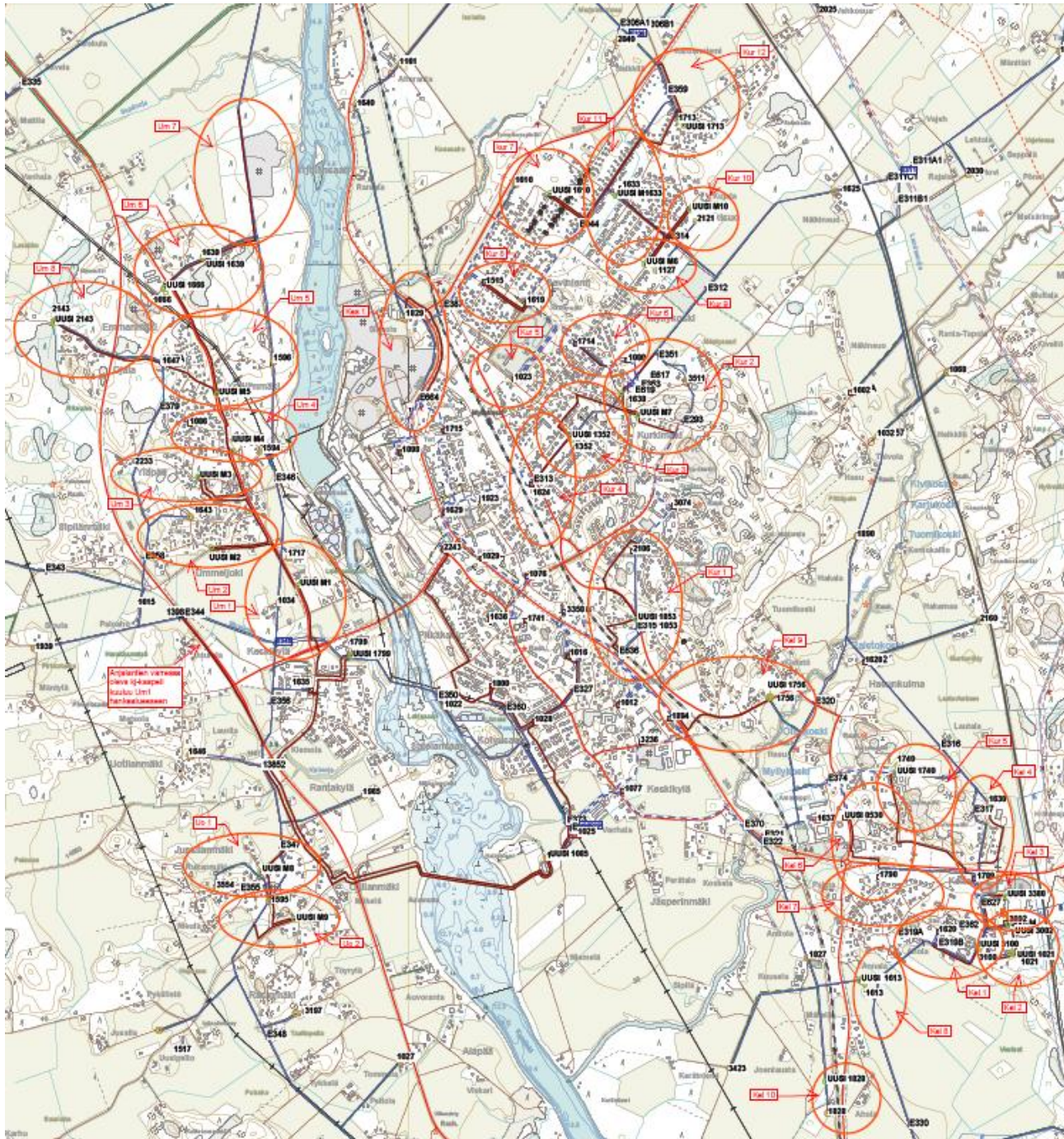
Lakervi, E. 1996. Sähkönjakeluverkkojen suunnittelu. Helsinki: Otatieto.

Työ- ja elinkeinoministeriö, 2015. Kahdelle biojalostamohankeelle yhteensä 33,3 miljoonaa euroa energiatukea. Ajankohtaista. Tiedotteet. Tiedotearkisto. Vuosi 2014. Luettu 21.3.2015.

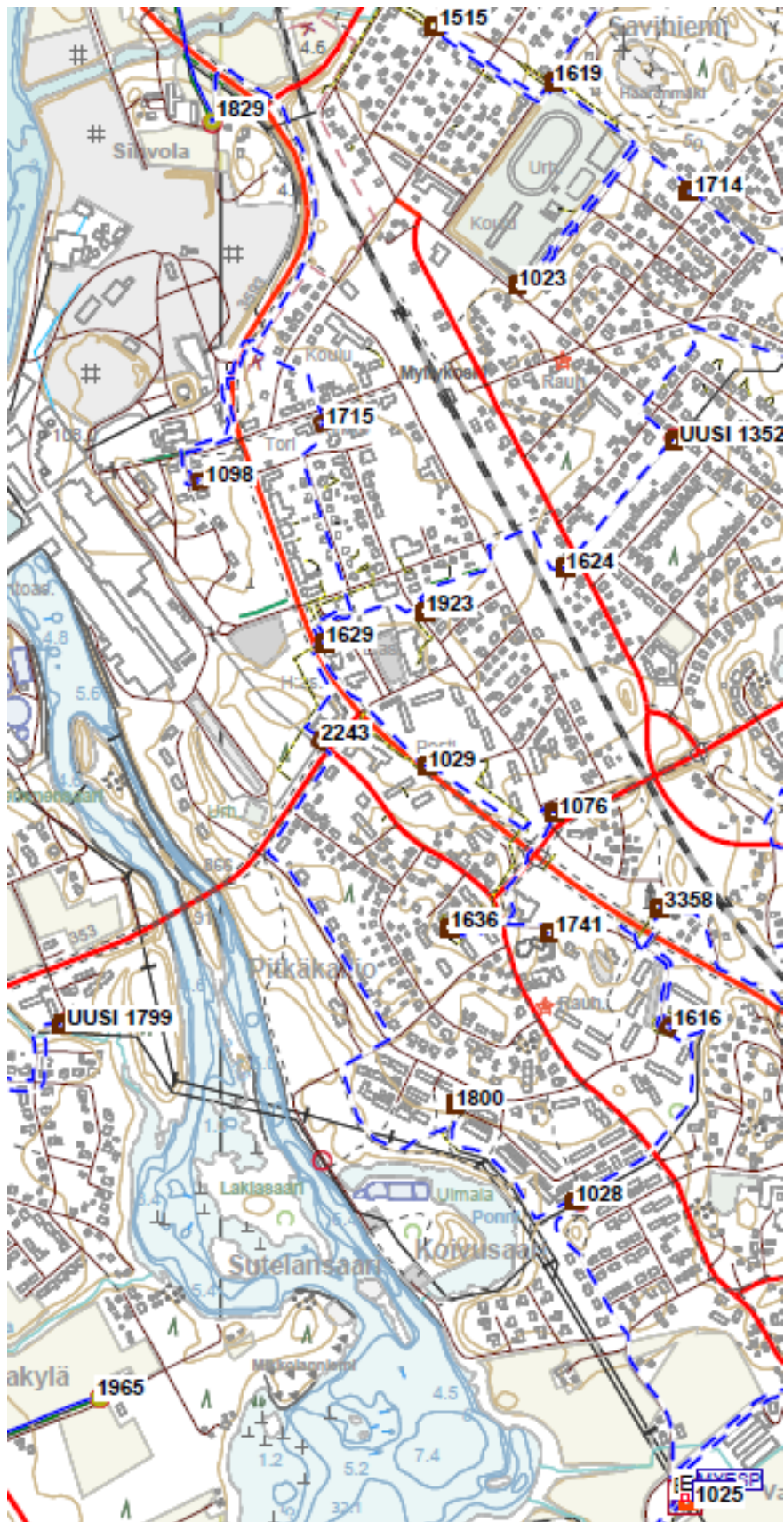
https://www.tem.fi/ajankohtaista/tiedotteet/tiedotearkisto/vuosi_2014?117197_m=116974

LIITTEET

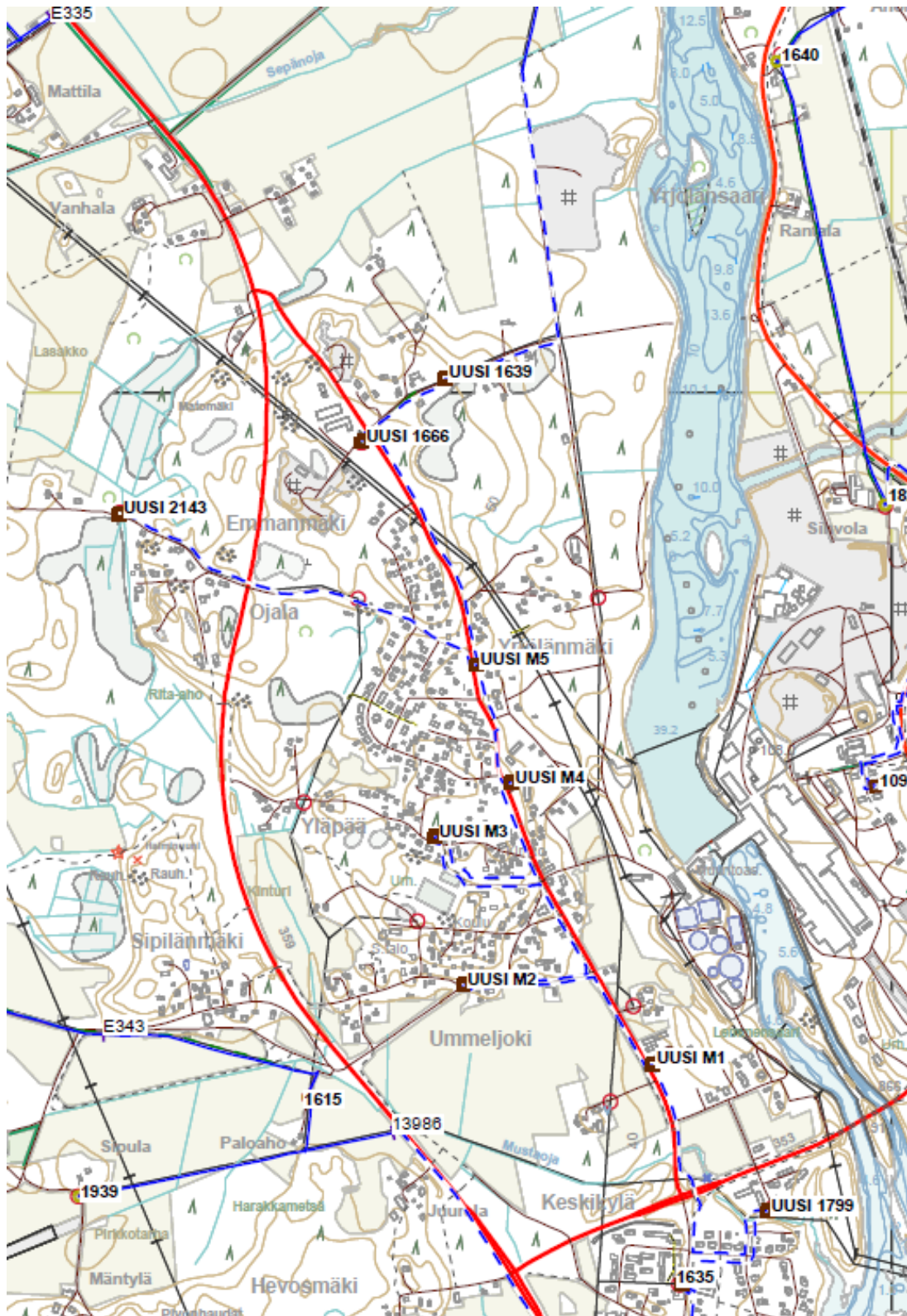
Liite 1. Yleisnäkymä hankealueiden sijoittumisesta



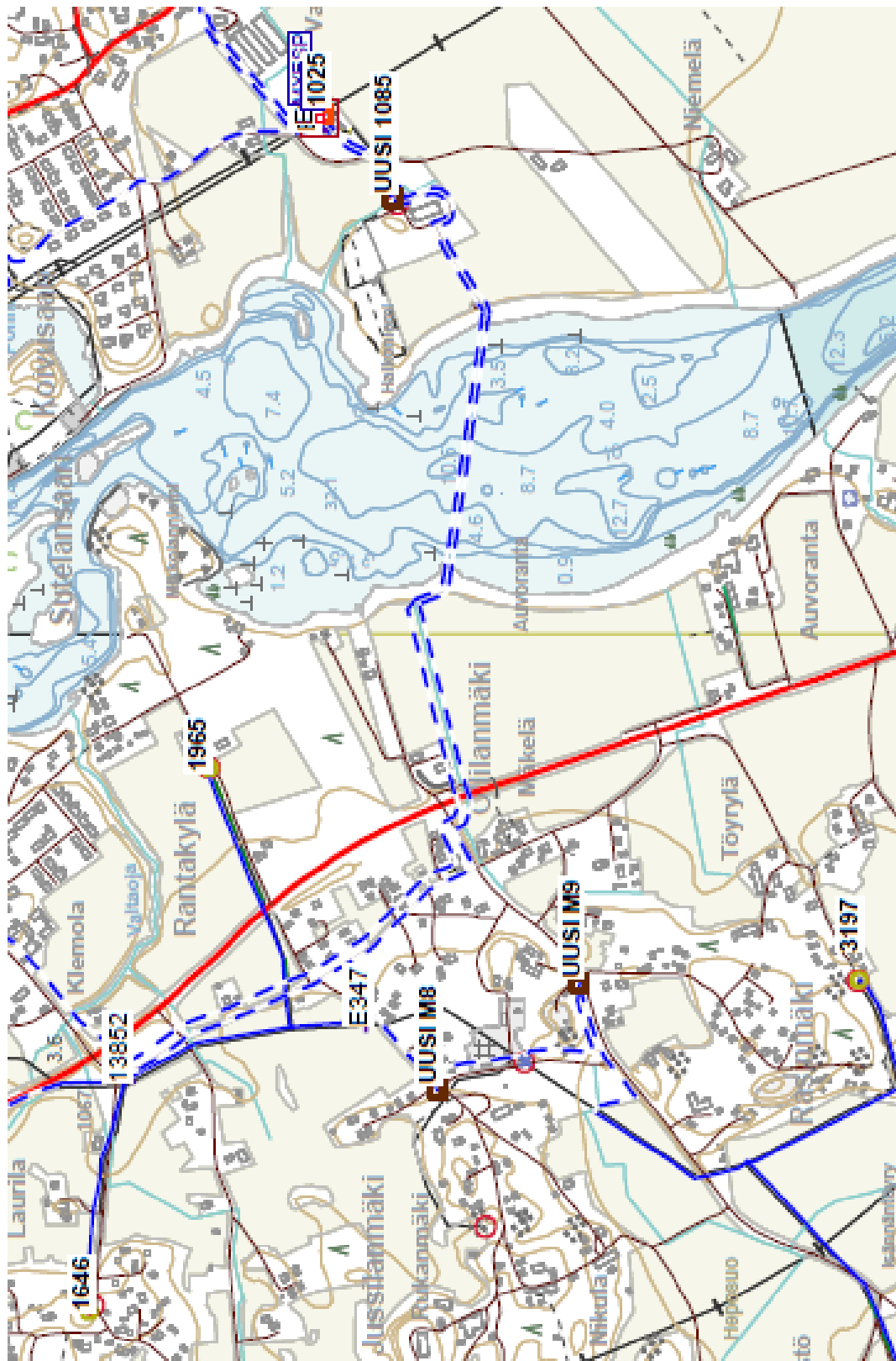
Liite 3. Keskustan lähdön tavoiteverkko



Liite 5. Ummeljoen lähdön tavoiteverkko



Liite 6. Uotilanmäen lähdön tavoiteverkko



Liite 7. Tavoiteverkko lähdöittäin

