



KESKI-SUOMEN 45 KV -VERKON TAVOITEVERKKOSUUNNITELMA

Juha Moilanen

Opinnäytetyö
Marraskuu 2011
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikan
suuntautumisvaihtoehto
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikan suuntautumisvaihtoehto

MOILANEN, JUHA: Keski-Suomen 45 kV -verkon tavoiteverkkosuunnitelma

Opinnäytetyö s. 61, liitteet 4 s.
Marraskuu 2011

45 kV -alueverkko on Keski-Suomessa tulossa käyttökänsä loppuun ja tarvitsee saneerausta lähivuosina. 45 kV -verkko on suunniteltu ja osittain rakennettu 1950-luvulla sen aikaisten tarpeiden mukaisesti. Nyt verkon saneerauksessa on hyvä kyseenlaistaa tuolloin tehdyt ratkaisut ja samalla päivittää verkko vastaamaan tämän vuosituhannen vaatimuksia. Tutkimusalueeni keskijänniteverkko on tulossa saneerausikäiseksi tällä ja ensi vuosikymmenellä, mutta keskijänniteverkon saneerausta ei ole mielekästä aloittaa ennen kuin ylemmän jännitetason tavoitetilä on tiedossa.

Keski-Suomen 45 kV -verkon tavoiteverkkosuunnitelman tarkoituksena oli tutkia ja kartoittaa kyseisen verkon nykytilaa ja siihen vaikuttavia muutostekijöitä, joiden avulla suunniteltiin verkolle erilaisia saneerausvaihtoehtoja. Saatuja suunnitelmia vertailtiin keskenään erinäisillä kriteereillä, joita ovat muun muassa ratkaisun sopivuus tulevaisuuden maakaapeliverkkoon, sähkönjakelun luotettavuuden parantuminen ja rakentamis- ja käyttökustannukset. Tutkimustyö keskittyi uusien 110 kV -sähköasemien paikkojen ja nykyisen verkon saneerauksen suunnitteluun. Suunnitelmia vertailtiin keskenään ja ne laitettiin paremmuusjärjestykseen. Alueen keskijänniteverkon nykytilaan työ puuttuu vain siltä osin, minkä uuden sähköaseman liittäminen jo olemassa olevaan verkkoon vaatii. Pienjänniteverkkoa työssä ei käsitelty ollenkaan.

Työssä esitellyt vaihtoehtoiset tavoiteverkkosuunnitelmat kehittävät alueen sähkönjakelua eri tavoin ja niiden painopistealueet ovat eriäviä, mikä vaikeuttaa vaihtoehtojen vertailua. Suurimmat erot suunnitelmissa ovat uuden alueverkon linjauksissa, ja tämä on yksi merkitsevimmistä tekijöistä parasta vaihtoehtoa punnittaessa. Selkeästi parasta vaihtoehtoa verkon kehitykselle ei työssä löytynyt, vaan kaikki ratkaisut ovat kompromisseja, joskin täysin toteuttamiskelpoisia. Yhteenvetona voidaan todeta, että tutkimukseni mukaan uuden 110 kV -sähköaseman rakentaminen on taloudellisesti ja teknisesti kannattavampaa kuin nykyisen 45 kV -verkon saneeraus.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical engineering
Option of Electrical Power Engineering

MOILANEN, JUHA: Central Finland's 45 kV Network Target Plan

Bachelor's thesis 61 pages, appendices 4 pages
November 2011

45 kV is a regional network of Central Finland which is coming to an end of its useful life and needs reconstruction soon. 45 kV network has been designed and partly built in the 1950's for that time's needs. Now in reconstruction it's time to challenge the solutions made at the time of building and to design solutions for this century. The area's medium-voltage network needs to be reconstructed on large scale during the next two decades. It's not sensible to start the reconstruction of the medium-voltage network before the target state of the upper voltage level has been decided.

The meaning of the Central Finland's 45 kV network target plan is to explore and chart the current state of network and its factors of changes which are used to design different reconstruction options. Different plans were compared with each other by following criteria: solution compatibility for the future underground cable network, improvement of the reliability for electricity distribution and construction and operating costs. Main focus in the work is to plan for locations of on the new 110 kV substation sites and the reconstruction of existing network. Plans were compared and then ranked. The area's medium-voltage network is not included in the thesis except for what is needed to connect a new 110 kV substation to the existing medium-voltage network. Low-voltage network is not dealt with at all in the thesis.

The solutions develop area's electricity distribution in different ways and points of development are in different areas which makes it difficult to make comparisons. The largest differences between the plans are in new regional network's alignments. This difference is one of the most significant things when choosing the best solution. None of the plans were clearly the best for the development of the network. All the solutions are compromises although all of them are feasible. According to my thesis a construction of a new 110 kV substation is technically and economically more profitable than the reconstructions of the existing 45 kV network.

Key words: Target network plan, electricity distribution, regional network, medium voltage network,

ALKUSANAT

Tämä insinööri työ on tehty Vattenfall Verkko Oy:n toimeksiannosta. Työn aiheen sain keväällä 2011 Vattenfall Verkon suunnittelupäällikkö Sauli Antilalta.

Työn ohjaajana on toiminut Tampereen ammattikorkeakoulun opettaja Jarkko Lehtonen sekä Vattenfall Verkko Oy:stä Sauli Antila ja verkostosuunnittelija Tuomo Teittinen. Haluan esittää suuren kiitoksen koko Vattenfall Verkko Oy:n henkilökunnalle, erityisesti strategisen suunnittelun tiimille, joka auttoi minua kaikin tavoin, kun tein tätä työtä.

Tampereella 30.11.2011

Juha Moilanen

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	VATTENFALL-KONSERNI.....	8
2.1	Vattenfall Suomessa	8
2.2	Vattenfall VerkkO Oy.....	8
3	SÄHKÖVERKON SUUNNITTELU JA VIKASUOJAUS.....	10
3.1	Suunnittelun perusteet.....	10
3.2	Suunnittelun apuvälineet.....	10
3.2.1	Tekla Xpower	10
3.2.2	Luotettavuusanalyysi	11
3.3	Verkonkäyttö.....	11
3.3.1	SCADA.....	12
3.3.2	DMS.....	12
3.4	Sähkönjakelun luotettavuus.....	13
3.5	Keskijänniteverkon suunnittelun tekniset ehdot.....	14
3.5.1	Jännitteenalenema.....	14
3.5.2	Kuormitettavuus	14
3.5.3	Oikosulkukestoisuus	15
3.6	Keski- ja suurjänniteverkon suojaus	15
3.6.1	Oikosulku- ja ylikuormasuojaus.....	15
3.6.2	Maasulkusuojaus	15
3.6.3	Voimalaitoksen vaikutus suojaukseen	16
4	45 KV -VERKON NYKYTILA	17
4.1	45 kV -siirtoverkon rakenne ja kunto	18
4.2	Sähköasemien rakenne ja kunto	18
4.2.1	Viitasaaren sähköasema	18
4.2.2	Hilmon sähköasema.....	19
4.2.3	Hilmon voimalaitos	20
4.2.4	Kannonsahan sähköasema.....	21
4.2.5	Verkon kunnan yhteenveto	22
5	ALUEEN MUUTOSTEKIJÄT.....	23
5.1	Kaavoitus.....	23
5.1.1	Kannonkosken kaavoitus	23
5.1.2	Kivijärven kaavoitus.....	23
5.1.3	Viitasaaren kaavoitus.....	24
5.2	Maakuntakaava.....	24
5.3	Tehon kasvu alueella	24
6	VERKON KEHITTÄMISVAIHTOEHDOT	25
6.1	Hilmon sähköasema.....	25
6.1.1	Oikosulkukestoisuuden tarkastelu	33
6.2	Kangasniemen sähköasema.....	34
6.3	Huopanankosken sähköasema	41
6.3.1	Oikosulkukestoisuuden tarkastelu	48
6.3.2	Suunnitelman kustannussäästö keskijänniteverkon saneerausvaiheessa ..	49
6.3.3	Huopanankosken suunnitelman jatkokehitysideoita	50
6.4	45 kV -saneeraaminen.....	50
6.5	36 kV -vaihtoehto	51
7	110 KV -PÄÄMUUNTAJAN TEHON MITOITTAMINEN	52
8	VAIHTOEHTOJEN VERTAILU.....	54

8.1	Tekniset ominaisuudet	54
8.1.1	Kangasniemen suunnitelma	54
8.1.2	Huopanankosken suunnitelma.....	54
8.1.3	Hilmon suunnitelma.....	55
8.2	Rakentamismateriaali.....	55
8.3	Luotettavuus	56
8.4	Suunnitelmien paremmuusjärjestys	57
9	POHDINTAA	59
	LÄHTEET	60
	LIITTEET.....	62

1 JOHDANTO

Työn tavoitteena oli suunnitella Keski-Suomessa pääasiassa Kannonkosken kunnan alueella olevalle 45 kV -verkolle tavoiteverkko. Sähköverkollisesti työhön kuuluu Hilmon ja Kannonsahan 45/20 kV -sähköasemat ja Viitasaaren 110/45/20 kV -sähköasemasta 45 kV -osat. Tavoiteverkkosuunnitelman tarkoituksena on luoda tarkastelualueelle suunnitelma sähköverkon kehittämisestä. Tavoiteverkkosuunnitelmassa kartoitetaan verkon nykytila ja verkkoon kohdistuvat muutostekijät. Muutostekijöihin kuuluvat sisäiset ja ulkoiset muutostekijät. Sisäisillä muutostekijöillä tarkoitetaan verkon mekaanisenkunnan muutoksia ja ulkoisilla muutostekijöillä kaavoitusta, elinkeinoelämän ja kunnan hankkeita ja ympäristö, johon kuuluvat luonnonsuojelu ja maisemalliset näkökohdat. Muutostekijöiden perustella laaditaan suunnitelmat verkon kehittämiseen.

45 kV -verkko tulee tämän vuosikymmen aikana käyttöikänsä loppuun. 45 kV -verkko on suunniteltu aikoinaan 1950-luvun sähköjakelun tarpeiden ja vaatimusten mukaisesti. Kun verkon saneeraus on ajankohtaista tällä vuosikymmenellä, on hyvä samalla kyseenalaistaa nykyisen verkon topologia ja sähköasemien sijaintipaikat. Tarvetta Kannonkosken alueen alueverkon tavoiteverkkosuunnitelmalle lisää alueen keskijänniteverkon vanheneminen tänä ja ensi vuosikymmenillä suurelta osin saneerausikäiseksi. Keskijänniteverkon saneerausta ei kannata aloittaa ennen kuin alueverkon ratkaisu on tiedossa.

Työssä keskityttiin erilaisten 45 kV -verkon saneerausvaihtoehtojen tutkimiseen ja niiden vertailuun. 20 kV -verkkoon tehtiin suunnitelmissa vain välttämättömät muutokset ja pienjänniteverkkoa suunnitelmissa ei huomioitu ollenkaan. Työssä tutkittavia vaihtoehtoja oli kaksi: joko uusi 110 kV -sähköasema tai saneerata nykyinen verkko. 110 kV -sähköasema vaihtoehdosta oli tutkittava kolme eri sijainti vaihtoehtoa. Työn tavoitteena oli luoda keskenään vertailu- ja toteutuskelpoisia vaihtoehtoja 45 kV -verkon saneeramiseksi. Suunnitelmien vertailu ja niiden saaminen paremmuusjärjestykseen oli yksi työn tärkeimmistä tavoitteista.

2 VATTENFALL-KONSERNI

Vattenfall AB on monikansallinen energiayhtiö, joka on perustettu vuonna 1909 ja sen omistaa kokonaan Ruotsin valtio. Yhtiön liikevaihto vuonna 2010 oli 213,6 miljardia Ruotsin kruunua. Yritys aloitti liiketoiminnan vesivoimayhtiönä Ruotsissa, mistä se kasvoi suuremmaksi rakentamalla uusia vesi- ja ydinvoimaloita. Vuonna 1995 Vattenfallin hallitus laati yhtiölle kansainvälisen kasvustrategian. Vuonna 1996 yritys aloitti strategiansa mukaisen laajentumisen Euroopassa. Sen ydinmarkkina-alueet ovat Ruotsi, Saksa ja Alankomaat. Lisäksi Vattenfall toimii myös Suomessa, Belgiassa, Tanskassa, Puolassa ja Iso-Britanniassa. Vattenfall tuotti vuonna 2010 172,5 TWh sähköä ja 44,5 TWh lämpöä. (Vattenfall konserni 2011; Vattenfall konsernin historia 2011)

2.1 Vattenfall Suomessa

Vattenfall tuli Suomeen vuonna 1994 sähkömarkkinoiden avautuessa. Se aloitti ensimmäiset sähkötoimituksensa teollisuudelle vuoden 1995 alussa. Yhtiö on hankkinut asiakkaita yritysostojen avulla. Vuonna 1995 Vattenfall osti Lapuan Sähkön ja Hämeen Sähkön, vuonna 1999 Heinolan Energian ja Revon Sähkön sekä vuonna 2000 Keski-Suomen Valon ja Hämeenlinnan Energian. Työntekijöitä Vattenfallilla Suomessa on noin 530 ja asiakkaita sillä on 390 000. Yrityksen toiminnot ovat järjestelty Suomen sähkömarkkinalain mukaiseksi eri tytäryhtiöihin. (Vattenfall Suomessa 2011; Vattenfall Suomessa historia 2011)

2.2 Vattenfall Verkko Oy

Vattenfall Verkko Oy (myöhemmin VFV) vastaa Vattenfallin sähköverkkopalveluista koko sen Suomen toimialueella. VFV:llä on reilut 390 000 asiakasta yli sadan kunnan alueella Hämeessä, Pirkanmaalla, Keski-Suomessa ja Pohjanmaalla. VFV:n hallinnoiman sähköverkon pituus vuonna 2009 oli noin 62 000 km, josta keskijänniteverkko oli noin 22 000 km. Sähköasemia yhtiöllä oli 135 kappaletta, joista 45 kV -asemia on 16

kappaletta. VFV huolehtii Vattenfallin sähköverkon kunnossapidosta ja uudistamisesta kumppaniyhtiöiden kanssa. VFV on ollut kehittämässä voimakkaasti sähköjakelua Suomessa mm. asentamalla asiakkailleen etäluettavia mittareita ja siirtymällä pelkästään maakaapelin käyttöön uuden verkon rakennuksessa. (Vattenfall Verkkö Oy 2011; Vattenfall intranet)

3 SÄHKÖVERKON SUUNNITTELU JA VIKASUOJAUS

3.1 Suunnittelun perusteet

Sähkönjakeluverkon suunnittelussa pitää optimoima seuraavat osittain vastakkaiset ominaisuudet mahdollisimman hyvin:

- Taloudellisuus: verkon pitää olla mahdollisimman halpa rakentaa, mutta samalla käyttökustannukset pitää saada mahdollisimman alas.
- Turvallisuus: verkon pitää täyttää viranomaisten sähköturvallisuusmääräykset ja voimassa olevat standardit.
- Luotettavuus: sähkönjakelun tulee toimia luotettavasti mahdollisimman pienillä käyttökatkoksilla. Luotettavuuden merkitys suunnittelussa on jatkuvasti noussut yhä tärkeämmäksi suunnittelun osa-alueeksi.
- Rakentaminen: verkot pyritään rakentamaan mahdollisimman valmiiksi kerralla.
- Käyttöikä: sähköverkon käyttöikä on pitkä, tulevaisuuden huomioon ottaminen on tärkeää.

3.2 Suunnittelun apuvälineet

3.2.1 Tekla Xpower

Tekla Xpower on verkkotietojärjestelmä, jota käytetään energiayhtiöiden operatiiviseen omaisuuden hallintaan. Sähköverkon tietomalli sisältää verkon kaikkien komponenttien ominaisuus- ja sijaintitiedot. Ohjelmistoa käytetään sähköverkon elinkaaren hallintaan alkaen suunnittelusta, rakentamisesta ja käytöstä aina kunnossapitoon ja asiakaspalveluun. Ohjelmisto on mahdollista liittää kaukokäyttö- ja asiakastietojärjestelmiin. Ohjelmisto on modulaarinen, eli siihen voi hankkia ne ominaisuudet, jotka energiayhtiö haluaa. Ohjelmistossa monet toiminnot on automatisoitu, joten ohjelman käyttäjä voi keskittyä omaan työtehtäväänsä. Kuviossa 1 on esitetty ohjelmiston rakenne, sovellusvaihtoehdot ja erilaiset rajapintaliitännät. (Tekla Xpower, 2011)



KUVIO 1. Tekla Xpower perussovellukset (Tekla Xpower, 2011)

3.2.2 Luotettavuusanalyysi

Teklan Xpower -ohjelmiston yksi osa on luotettavuusanalyysityökalu RNA (Reliability-based Network Analysis). RNA-sovelluksella suunnittelija voi analysoida suunnitelmansa ja nykyisen verkon luotettavuutta. (Tekla luotettavuusanalyysi, 2011)

Työkalut ottavat huomioon seuraavia asioita:

- verkon sähköisen ja mekaanisen tilan, sijainnin ja ympäristötekijät
- käyttö- ja kunnossapitokustannukset
- keskeytyskustannukset
- asiakkaan kokeman keskeytyksen aiheuttaman haitan

(Tekla luotettavuusanalyysi, 2011)

3.3 Verkonkäyttö

20 kV -jakeluverkko rakennetaan keskeisiltä osilta silmukoidusti, mutta sitä käytetään säteittäisesti. Verkkoa käytetään säteittäisesti, koska säteittäisen verkon suojaaminen ja häiriöiden hallinta on helpompaa kuin silmukoidun verkon. Lisäksi sen oikosulkuvirta on pienempi. Verkon rakentaminen silmukoiduksi parantaa huomattavasti sen käyttö-

varmuutta vika- ja huoltotilanteissa, koska vikakohta voidaan rajata kahden erottimen välille. (Lakervi & Partanen, 2009, 13)

45 kV -alueverkko rakennettiin aikoinaan silmukoiduksi verkoksi ja sitä käytettiin alueverkkona, samaan tapaan kuin nykyään 110 kV -verkko. 110 kV -verkko on syrjäyttänyt 45 kV -verkon alueverkko käytöstä, koska verkossa siirrettävät tehot ovat nousseet liian suuriksi 45 kV -verkolle. Suurin osa 45 kV -verkoista on nykyään purettu. Loppuja käytössä olevia 45 kV -verkkoja käytetään tavallisesti säteittäisesti.

3.3.1 SCADA

Käytönvalvontajärjestelmä SCADA:n (Supervisory Control And Data Acquisition) tehtävä on sähköverkon reaaliaikainen valvonta. Ohjelman tärkeimmät toiminnot ovat tapahtumatietojen ja verkon kytkentätilan hallinta, kauko-ohjaukset, kaukomittaukset ja raportit. Teknisesti SCADA on tietojärjestelmä, joka sisältää tietokoneet, sovellusohjelman, käyttöliittymän ja liitynnät tiedonsiirtojärjestelmiin. SCADA toimii sähköverkon prosessitietokoneena, josta saadaan reaaliaikaista tietoa sähköverkon tilasta ja jonka avulla voidaan hallita sähköverkon tilaa. SCADA:n tulee toimia varmasti kaikissa tilanteissa, myös suurhäiriötilanteessa. (Lakervi & Partanen, 2009, 235)

3.3.2 DMS

Käytöntukijärjestelmä DMS (Distribution Management System) on järjestelmä, joka sisältää monipuolisia sovelluksia verkonkäytön tueksi ja helpottaa sähköverkon käyttötoimintaa. Suurin ero SCADA:n ja DMS:n välillä on ohjelmien älykkyydessä. SCADA on vain prosessijärjestelmä, joka kerää ja välittää tietoa tehokkaasti, kun taas DMS sisältää monipuolisia päättely- ja analyysiominaisuuksia, jotka helpottavat verkon hallinnan eri tilanteissa päätöksen tekoa. (Lakervi & Partanen, 2009, 236)

3.4 Sähkönjakelun luotettavuus

Sähkönjakelun luotettavuus on nousemassa yhdeksi tärkeimmäksi verkon suunnittelun kriteeriksi. Vuonna 1995 säädetty laki velvoittaa verkkoyhtiöt maksamaan korvauksia sähkönjakelun katkoksista silloin kun katkoksen pituus on yli 12 tuntia. 20 kV -jakelun luotettavuutta voi parantaa rakentamalla uudet sähkölinjat tienviereen sekä käyttämällä PAS-johtimia ja maakaapelointia. Pienjänniteverkon uudiskohteissa on siirrytty pääasiassa maakaapelointiin, koska AMKA-verkko on suurin piirtein samanhintaista rakentaa kuin auramalla rakennettu maakaapeliverkko. (Sähkömarkkinalaki, 1995; Lakervi & Partanen, 2009, 143-146; Energiamarkkinavirasto, 2011)

Sähkönjakelun luotettavuutta voidaan kuvata seuraavilla IEEE 1366 -standardin mukaisilla tunnusluvuilla:

- SAIFI (System Average Interruption Frequency index): vikojen keskimääräinen määrä asiakasta kohti vuodessa
- CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index): vikojen keskimääräinen kesto asiakasta kohti per vika
- SAIDI (System Average Interruption Duration Index): vikojen kokonaiskestoaika asiakasta kohti vuodessa
- MAIFI (Momentary Average Interruption Frequency Index): jälleenkytkentöjen keskimääräinen määrä asiakasta kohti

(Jukka Rämä, Sähkönjakelun luotettavuusindeksit ja laskenta, 2008, 3)

KAH-arvo (keskeytyksestä aiheutunut haitta) kertoo loppukäyttäjälle sähkön keskeytyksestä aiheutuvien kustannusten suuruuden. KAH-arvon suuruus vaihtelee suuresti eri asiakasryhmän mukaan. KAH-arvot on kaksinkertaistunut viimeisen 10 vuoden aikana. Arvon kasvu on muuttumassa nykyistä enemmän asiakasryhmäpohjaiseksi. (Jukka Rämä, 2008, 19; Lakervi & Partanen, 2009)

3.5 Keskijänniteverkon suunnittelun tekniset ehdot

3.5.1 Jännitteenalenema

Jännitteen suuruus on tärkeä laatutekijä sähkön loppukäyttäjälle, koska monet laitteet ovat herkkiä jännitetason muutoksille. Standardi EN-SFS-50160 määrittää jännitteen maksimivaihteluksi ± 10 prosenttia nimellisjännitteestä. Verkon jännitteen aleneman voi laskea kaavalla (1) (Lakervi & Partanen, 2009, 39)

$$\begin{aligned} U_d &= |\underline{U}_1| - |\underline{U}_2| \\ &\approx IR\cos\varphi + IX\sin\varphi \\ &= I_p R + I_q X \end{aligned} \tag{1}$$

, jossa

- U_1 = alkupisteen jännite
- U_2 = loppupisteen jännite
- I = kuormitusvirta
- I_p = kuormitusvirran pätöosuus
- I_q = kuormitusvirran loisosuus

Verkkoyhtiöt käyttävät tavallisesti tiukempia jännitteenaleneman rajoja normaalissa käyttötilanteessa, koska se jättää mahdollisuuden suurempaan jännitteenalenemaan korvaustilanteissa standardin puitteissa. Vattenfallin oma ohjeistus sallii jännitteenalenemaksi 5 prosenttia normaalissa käyttötilanteessa ja 10 prosenttia korvaustilanteessa. (VFV sisäinen ohje)

3.5.2 Kuormitettavuus

Komponentin kuormitettavuus on usein kriittinen mitoituskriteeri verkon mitoituksessa. Komponenttien mitoituksessa pitää ottaa huomioon jo mitoitusvaiheessa mahdolliset poikkeustilanteet, esimerkiksi korvaustilanteet. Komponentin kuormitettavuus on johdettavissa komponentin maksimikäyttölämpötilasta. Maaseutuverkossa johtimien termien kestävyys on tavallisesti paljon suurempi kuin kuormitettavuus, joka on taloudellisesti järkevää. (Lakervi & Partanen, 2009)

3.5.3 Oikosulkukestoisuus

Oikosulkuvirran suuruuteen vaikuttavat oikosulkukohdan etäisyys verkkoa syöttävään muuntajaan, välissä olevan verkon johtimien poikki-pinta-ala sekä muuntajan teho ja sitä syöttävän verkon oikosulkuvirta. Oikosulkuvirran suuruus (0,3-10 kA) vaihtelee suuresti riippuen siitä, missä kohdassa verkkoa oikosulku tapahtuu, koska johtimien impedanssi vaikuttaa jo muutaman kilometrin matkalla huomattavasti oikosulkuvirran suuruuteen. Verkko mitoitetaan siten, että se kestää kolmivaiheisen oikosulun verkon kaikissa kohdissa. (Lakervi & Partanen, 2009, 28)

3.6 Keski- ja suurjänniteverkon suojaus

3.6.1 Oikosulku- ja ylikuormasuojaus

Oikosulku- ja ylikuormasuojauksen tarkoituksena on suojata verkon komponentteja liialta lämpenemiseltä sekä suojata verkonkäyttäjiä vian aiheuttamalta vaaralta. Oikosulku- ja ylikuormasuojaus toteutetaan yleensä samalla releellä. Oikosulkusuojauksen tarkoituksena on suojata laitteistoa oikosulkuvirran aiheuttamilta lämpenemisvaurioilta, sammuttaa mahdollisesti syttyneet valokaaret ja erottaa vikaantunut verkon osa muusta verkosta. Ylikuormasuojauksen tarkoituksena on suojata verkon johtimia liian suuren kuormitusvirran aiheuttamalta lämpenemiseltä. Suojaukseen käytetään vakioaikaylivirtarelettä. (Lakervi & Partanen, 2009, 176)

3.6.2 Maasulkusuojaus

Maasulkusuojauksen tarkoituksena on estää ihmiselle vaarallisten kosketusjännitteiden syntyminen maasulun seurauksena. Sähköturvallisuusstandardi EN-SFS-6001 määrittää kuinka maasulkusuojaus pitää minimissään toteuttaa. Suomessa on yleensä käytössä maasta erotettu 20 kV - jakelujärjestelmä johtuen huonoista maadoitusolosuhteista. Maasulkuvirran suuruus riippuu galvaanisesti yhteydessä olevan verkon pituudesta sekä huomattavasti verkon rakennustavasta. Maakaapeli kasvattaa huomattavasti enemmän maasulkuvirran suuruutta kuin avo- tai PAS-johto. AXAL-TT 95 tuottaa maasulkuvirtaa

2,7 A/km ja Pigeon 99 tuottaa maasulkuvirtaa noin 0,05 A/km. Maasulkuvirran suuruus maasta erotetussa verkossa on tavallisesti 1-100 A, joka on tavallisesti pienempi kuin kuormitusvirta. Kaapeliverkossa maasulkuvirran suuruus voi olla 200 A. Maasulku aiheuttaa verkossa seuraavia muutoksia, joista sulun voi huomata: (Lakervi & Partanen, 2009, 182; Ericsson kaapelitaulukko, 2003, 2)

- tähtipistejännitteen muutos
- vaihejännitteen muutos
- summavirran muutos
- virran ja jännitteen yliaallot
- suurtaajuiset muutosvirrat

Käytännössä maasulkusuojaus toteutetaan suuntareileillä, jotka tavallisesti mittaavat nollajännitettä, vaihejännitteiden epäsymmetriaa ja lähtöjen summavirtaa. Releet vertaavat näitä mittaustuloksia asetteluarvoihinsa ja toimivat silloin kun mittausarvot ylittävät asetellun arvon. (Lakervi & Partanen, 2009, 182)

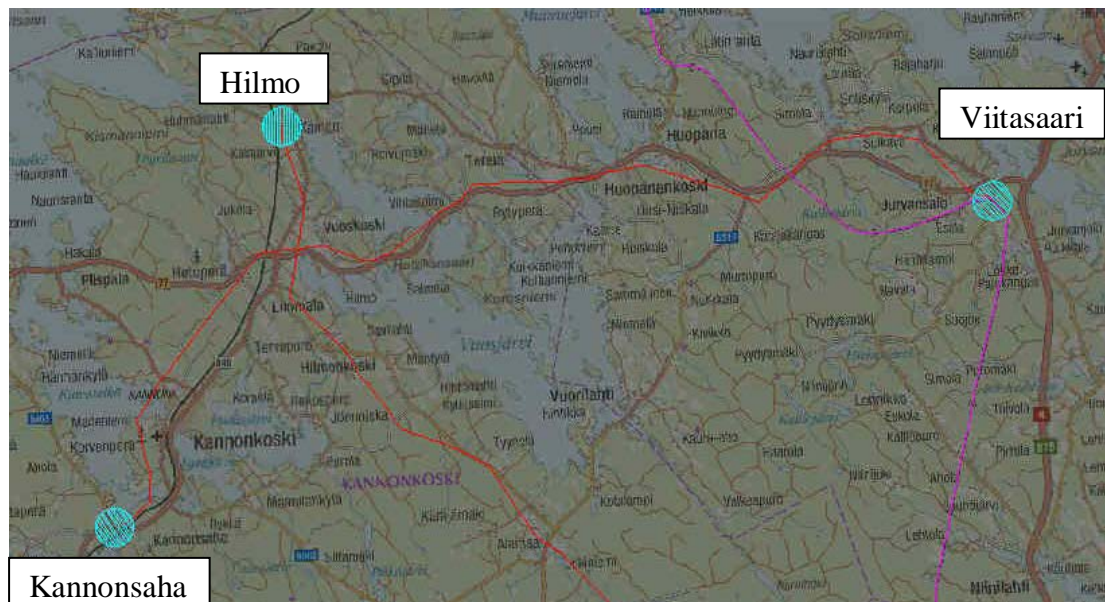
3.6.3 Voimalaitoksen vaikutus suojaukseen

Voimalaitoksen lisääminen tavalliseen jakeluverkkoon aiheuttaa tavallisesti jännitteen nousua verkossa ja oikosulkuvirran kasvua, joten jakeluverkkoon liitetyn generaattorin voi ajatella negatiiviseksi kuormaksi. Negatiivinen kuormitus aiheuttaa jännitteen nousua sen lähistössä. Voimalaitos vaikuttaa eniten oikosulkusuojaukseen, etenkin suuritehoisena yksikkönä, koska voimalaitos tuottaa oikosulkuvirtaa. Toinen virkavirtaa tuottava piste on otettava huomioon verkon suojauksia suunnitellessa huolella, jotta suojaus toimisi oikein kaikissa mahdollisissa vikatilanteissa. (Lakervi & Partanen, 2009, 211)

4 45 KV -VERKON NYKYTILA

Tutkimani verkko sijaitsee Keski-Suomessa pääasiassa Kannonkosken kunnan alueella. Alueen on aikoinaan sähköistänyt Keski-Suomen Valo, jonka Vattenfall on myöhemmin ostanut. 45 kV -verkko koostuu nykyään kahdesta 45/20 kV -sähköasemasta, Hilmosta ja Kannonsahasta, sekä Viitasaaren 110/45/20 kV -asemasta, josta on yhteys VFV:n 110 kV -alueverkkoon (kuvio 2). Hilmon sähköasemalla 45 kV -verkkoon on liitetty Hilmon vesivoimalaitos omalla kojeistollaan.

45 kV -verkko on rakenteeltaan säteittäinen ja sen maadoitustapa on maasta erotettu. Linjan pituus on 42 km, josta 0,5 km on maakaapelia, loput avojohtoa. Maakaapelointi on tehty Huopankosken ympäristöön maisemallisista syistä vuonna 2000. 45 kV -verkko on osa entistä Keski-Suomen Valon alueverkkoa, josta suurin osa on jo purettu. Jäljellä on enää Saarijärven ja Äänekosken välinen osuus sekä tässä työssä käsiteltävä Viitasaari-Hilmo-Kannonkoski osuus.



KUVIO 2. Kuvaan on punaisella piirretty 45 kV -verkko ja violetilla VFV:n alueverkko

4.1 45 kV -siirtoverkon rakenne ja kunto

Nykyisen 45 kV -verkon vanhimmat rakennettu osat on rakennettu vuonna 1956 (Hilmon haara). Suurin osa linjasta on rakennettu 1960-luvulla. Linja on jo ylittänyt teknistaloudellisen pitoajan (35–45 vuotta). Linja on rakennettu tuolloisen ajan tapaan metsän keskelle. 45 kV -verkon johtokatu on kokonaisuudessaan vuokrattu ja vuokrasopimukset loppuvat viimeistään 2010-luvun lopussa. Osa sopimuksista on jo loppunut. (Lakervi & Partanen, 2009, 88)

Linja on rakenteeltaan avojohtoa. Käytetyt pylväsrakenteet ovat I- tai TT- tyyppisiä, riippuen kohdasta. Kaikki teiden ylitykset ovat varmennettu TT-rakenteella. Verkon alkuosa on varustettu ukkosköysillä ensimmäiset 5 km Viitasaaren sähköasemasta. Samassa johtokadussa kulkee välillä yksi tai useampi 20 kV -avojohto, joten linja on melko puuvarma. Luonnonilmiöistä ukkonen aiheuttaa eniten kunnossapitokustannuksia.

45 kV -linja alkaa olla käyttöikänsä lopussa. Hilmon haaran kunto on erittäin huono. Siinä on pahoja kallistumia ja lahoa rakenteissa. Haara kaipaa pikaisesti kunnossapitoa. Muilta osin linjalla on pitoaikaa jäljellä alle 10 vuotta, minkä jälkeen kunnossapitokustannukset alkavat kasvamaan.

4.2 Sähköasemien rakenne ja kunto

4.2.1 Viitasaaren sähköasema

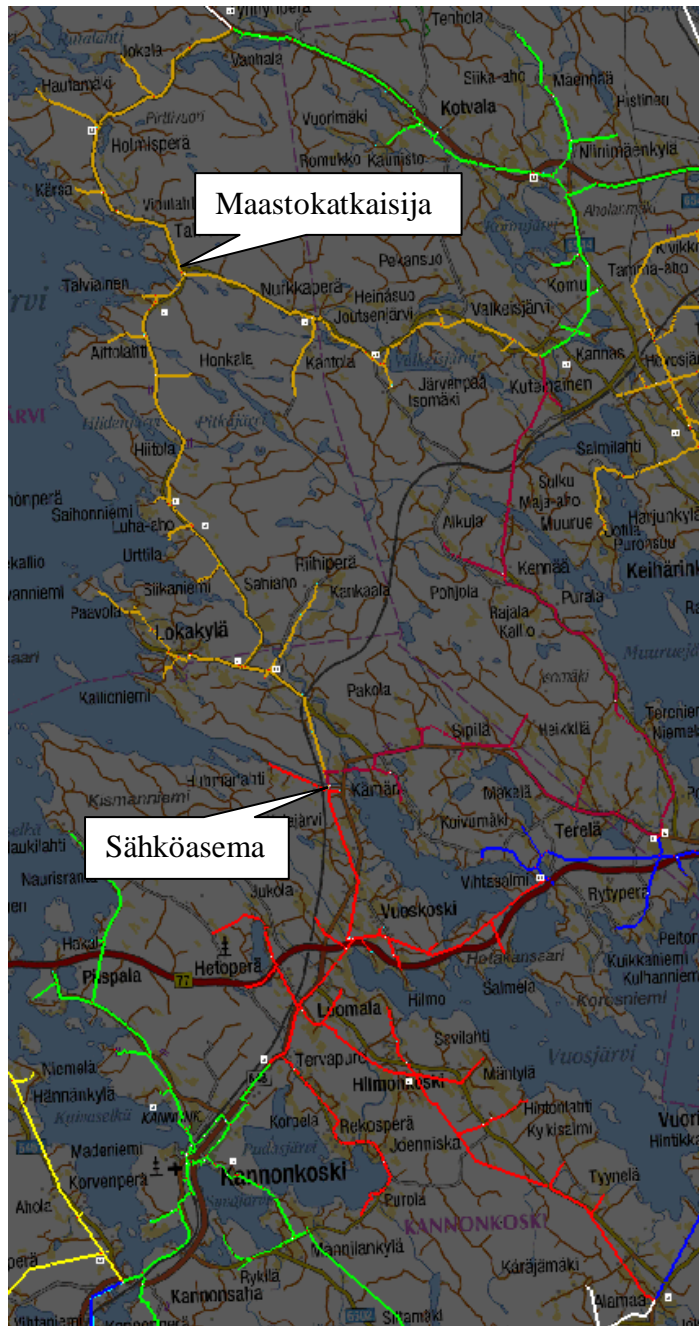
Viitasaaren sähköasemaa tarkastelen vain 45 kV -lähdön osalta. Viitasaaren 110/45/20 kV -sähköasema on rakennettu vuonna 1972 ja samalla sinne rakennettiin 45 kV -ulkokenttä. 45/20 kV -muuntajaan syötetään omasta 20 kV -lähdestä. 45 kV -kojeisto rakennettiin alun perin käytetyistä osista. Komponenttien valmistusajankohta on 1960–70 luvulta. Telineistä 45 kV -katkaisija ja nollapistemuuntaja on uusittu vuonna 1997. Niiden osalta pitoaikaa on vielä ainakin 20 vuotta. Muita osia joudutaan vaihtamaan huomattavasti aikaisemmin. 20/45 kV -muuntaja on teholtaan 10 MVA. Se on valmis-

tettu vuonna 1972 ja se on perushuollettu vuonna 1995. Sillä on jäljellä pitoaikaa vielä 15 vuotta. 45 kV -verkko on suojattu digitaalisilla releillä.

4.2.2 Hilmon sähköasema

Hilmon 45/20 kV -sähköasema on rakennettu vuonna 1957 Hilmon vesivoimalaitoksen viereen, voimalaitoksen sisätiloihin. Sähköaseman kytkinlaitos on siirretty kokonaisuudessaan ulkokentälle voimalaitoksen viereen vuonna 1989, jolloin samalla aseman rakenteet on rakennettu. Kaikki 45 kV -komponentit ja 20 kV -katkaisijat ja virtamuuntajat on hankittu käytettyinä. Niiden valmistusajankohta on 1950–70-luvulla. Loput komponentit on hankittu aseman uudistuksen aikoihin. Vanhimpia ovat 45 kV -komponentit. Aseman rakenteilla on pitoaikaa jäljellä noin 20 vuotta, mutta 20 kV - ja 45 kV -katkaisijoiden ja virtamuuntajien pitoaika loppuu huomattavasti aikaisemmin. Päämuuntajan teholtaan 4 MVA, sen valmistusvuosi on 1965 ja se on peruskorjattu vuonna 1998, joten sillä on pitoaikaa jäljellä noin 15 vuotta. Sähköasema on kokonaisuudessa rakennettu taivasalle.

Sähköasemalla on kolme 20 kV -johtolähtöä: Lokakylä, Keitelepora ja Kirkonkylä. Vapaita lähtöjä ei ole. Sähköasemalta lähtevien keskijännitejohtojen kokonaispituus on 147 km, josta 140 km on ilmajohtoa ja 7 km on maakaapelia. Keskijänniteverkon maadoitustapa on maasta erotettu. Verkko on kokonaisuudessaan haja-asutusalueelle rakennettu. Päämuuntajan laskettu kuormitus on 1,6 MW, jolloin muuntajan käyttöasteeksi tulee 40 prosenttia. Sähköaseman jakelema keskijänniteverkko ja maastokatkaisijan paikka (Lokakylän lähtö) on esitetty kuviossa 3.



KUVIO 3. Hilmon sähköaseman jakeluverkko (oranssi on Lokakylän lähtö, tummanpuvainen on Keitelelohjan lähtö ja punainen on Kirkonkylän lähtö).

4.2.3 Hilmon voimalaitos

Hilmon voimalaitos sijaitsee aivan Hilmon sähköaseman vieressä. Laitos on otettu käyttöön vuonna 1957. Sen nimellisteho on 7 MW ja vuosituotanto 25,5 GWh, jolloin huipunkäyttöaika on 3642 tuntia. Laitokselle on tehty joitakin perushuoltoja, viimeksi

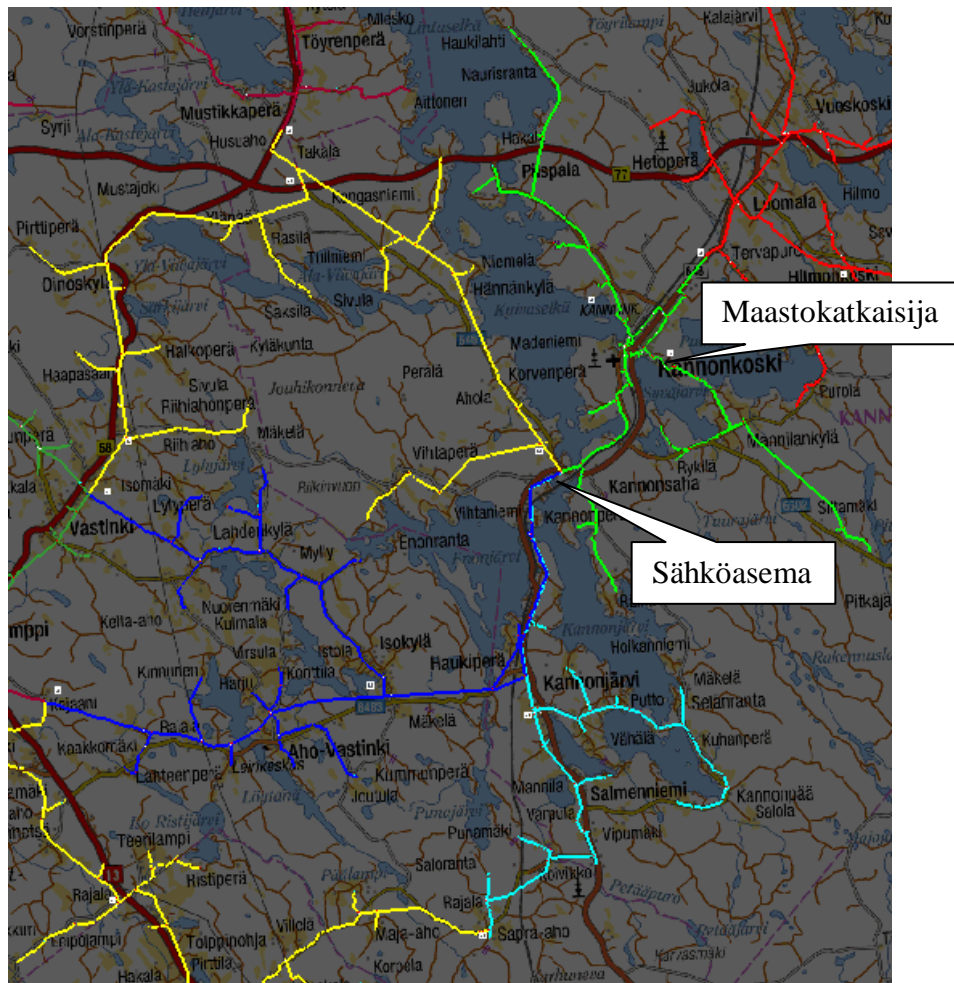
vuonna 1999, jolloin siihen uusittiin turbiinit ja generaattorit. Laitoksen omistaa Vattenfall Sähköntuotanto Oy. (Hilmon voimalaitos, 2011)

Laitos on kytketty 45 kV -verkkoon omalla 6/45 kV - ja 8 MVA -muuntajallaan, joka on vuodelta 1956. Muuntajan peruskorjauksista ei ole tietoa. Muuntaja on ylittänyt teknistaloudellisen pitoajan. Voimalaitoksen 45 kV komponentit sijaitsevat Hilmon sähköasemalla ja ne ovat saman ikäisiä, kuin muut sähköaseman 45 kV komponentit.

4.2.4 Kannonsahan sähköasema

Kannonsahan sähköasema on rakennettu vuonna 1952 ja se on saneerattu vuonna 1984, jolloin 20 kV -kojeisto siirrettiin tiilikopista ulos. Saneerauksessa käytettiin osittain käytettyjä komponentteja. Käytettynä hankittiin kaikki 45 kV -komponentit ja 20 kV -katkaisijat ja virtamuuntajat, jotka on valmistettu 1950–70 luvuilla. Muut aseman komponentit on hankittu saneerauksen yhteydessä. Asemalla on pitoaikaa jäljellä noin 15-18 vuotta, mutta 45 kV - ja 20 kV -katkaisijoilla ja virtamuuntajilla on huomattavasti vähemmän pitoaikaa jäljellä. Aseman releistys on uusittu vuoden 1984 jälkeen ja ne ovat malliltaan digitaalisia.

Aseman päämuuntaja on teholtaan 5 MVA. Muuntajan valmistusvuosi on 1967 ja se on peruskorjattu vuonna 1997, joten sillä on pitoaikaa jäljellä 15 vuotta. Asema on releistystä lukuun ottamatta rakennettu ulkotiloihin. Sähköasemalla on neljä johtolähtöä (Kivijärvi, Humppi, Kalmari ja Kannonkoski), vapaita lähtöjä ei ole. Sähköasemalta lähtevien keskijännitelähtöjen kokonaispituus on 178 km, josta avojohtoa on 176 km ja maakaapelia on 2 km. Keskijänniteverkon maadoitustapa on maasta erotettu. Pääosin verkko on haja-asutusalueella. Päämuuntajan laskettu kuorma on 3,0 MW, jolloin käyttöasteeksi tulee 59 prosenttia. Sähköaseman jakelema keskijänniteverkko ja maastokatkaisijan paikka (Kannonkosken lähtö) on esitetty kuviossa 4.



KUVIO 4. Kannonsahan sähköaseman jakeluverkko (keltainen on Kivijärven lähtö, sininen on Humppin lähtö, vaaleansininen on Kalmarin lähtö ja vihreä on Kannonkosken lähtö)

4.2.5 Verkon kunnan yhteenveto

Suurin ongelma tarkasteltavan verkon kunnossa on 45 kV -johtorakenteiden tuleminen käyttöikänsä loppuun ja tiettyjen tärkeiden sähköasemakomponenttien huono kunto. Erityisesti Hilmon sähköasemalle menevä 45 kV -johtohaara on pikaisen kunnostuksen tarpeessa. Muulla verkolla on vielä noin 10 vuotta pitoaikaa jäljellä ennen kuin kunnosapitotarve kasvaa. Sähköasemien kunto on yleisesti tyydyttävä, lukuun ottamatta tiettyjä tärkeitä komponentteja, kuten muun muassa katkaisimia ja virtamuuntajia.

5 ALUEEN MUUTOSTEKIJÄT

5.1 Kaavoitus

Kaavoituksella määritetään, minne kunnan alueella rakennetaan ja minkälaiseen käyttöön eri alueet tulevat. Suuremmissa kaupungeissa kaavoitus määrää hyvinkin tarkasti, minne voi rakentaa uusia sähköasemia ja johtokatuja.

5.1.1 Kannonkosken kaavoitus

Kannonkosken eteläisten vesistöjen rantaosayleiskaava tuli lainvoimaiseksi vuonna 2007. Se mahdollistaa vajaan 300 uuden loma-asunnon rakentamisen kunnan eteläisten vesistöiden rannoille. Yhden loma-asunnon maksimikoko on 60 m². Lisäksi Öijänniemeen on kaavoitettu vuonna 2008 noin 25 loma-asuntokohdetta, joiden maksimikoko on 140 m². Tulevaisuudessa kunta aikoo tehdä yleiskaavan päivityksen Kannonkosken taajamasta. Kunnan asukasmäärä on ollut laskussa koko 2000-luvun. Vuonna 2000 kunnassa oli noin 1750 asukasta ja vuonna 2010 1580 asukasta. (Keski-Suomen maakunta-kaava, 2010; Suomen kuntaliitto, 2011)

5.1.2 Kivijärven kaavoitus

Kivijärven taajamaan on suunnitteella kolme pienehköä pientaloaluetta. Näissä alueissa on kussakin maksimissaan noin 20 pientalotonttia. Kyseiset kohteet ovat vasta suunniteltuasteella, joten niiden toteutumisesta ei ole varmuutta. Keskustan lähetyville, nykyisen leirintäalueen läheisyyteen, on päätetty kaavoittaa uusi matkailupalvelualue. Kivijärven kunta on aloittamassa rantaosayleiskaavan tarkistamisen. Näiden kaavoitushankkeiden tuoma tehon kasvu alueelle on vielä vaikea arvioida, koska hankkeita vasta suunnitellaan. Matkailupalvelualueen tuoma tehonkasvu on pientä. (Kivijärven kaavoitus katsaus 2011, 2011; Vapaa-ajan keskuksen asemakaava, 2011)

5.1.3 Viitasaaren kaavoitus

Viitasaaren kaupunki ei ole kaavoittanut kunnan länsiosiin uusia kaava-alueita. Tehonkasvu alueella on satunnaisten uusien rakennuksien varassa. Huopanan kylä ja Huopanankoski ovat luokiteltu kulttuuriympäristönä merkittäväksi alueeksi. Kulttuuriympäristöllä tarkoitetaan kokonaisuutta, jonka muodostaa alueen rakennettu ympäristö, kulttuurimaisema ja muinaisjäännökset yhdessä. Lisäksi Huopanankoski on arvokas luontokohde ja se on suojeltu koskiensuojelulain nojalla. Näiden kohteiden sijainti pitää ottaa huomioon, kun uutta 110 kV -johtokattua suunnitellaan. Käytännössä Huopanankosken yli ei pääse helposti suurjännitejohdolla, jolloin sähköasema pitää rakentaa ennen koskea. (Huopanankosken kulttuuriympäristön selvitys, 2005; Huopanan kulttuuriympäristö, 2005)

5.2 Maakuntakaava

Maakuntakaavassa työn alueelle ei ole suunniteltu lainkaan kehityshankkeita. Myöskään kaavaan ei ole tehty varauksia alueelle tuleville uusille sähköasemille tai 110 kV -johtokaduille. (Keski-Suomen maakuntakaava, 2010)

5.3 Tehon kasvu alueella

Kaavoituksen tuomaa tehonkasvua voi arvioida verkostosuosituksen SA 2:08 mukaisilla kiinteistön tehonmitoituksen kaavoilla ottaen huomioon kuormien vuorottelun. Näillä kaavoilla laskemalla tarkastelualueen kaavoituksen tuoma tehon kasvu on maksimissaan 1 MW.

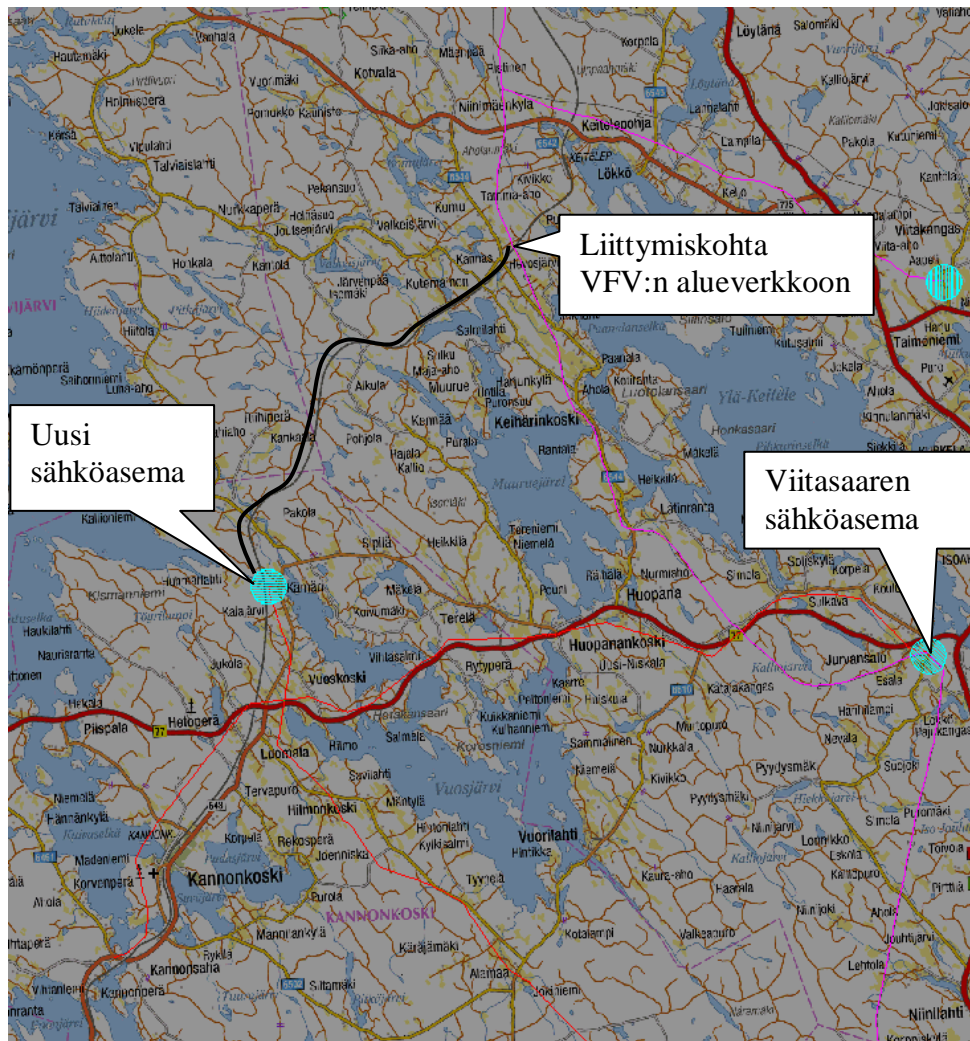
6 VERKON KEHITTÄMISVAIHTOEHDOT

Tässä työssä käytettiin seuraavanlaisia teknisiä suunnittelukriteerejä 3.1 luvussa mainittujen taloudellisten kriteerien lisäksi:

- Hilmon vesivoimalaitos on liittävä luotettavasti 110 kV -verkkoon.
- Ympäristö on otettava huomioon suunnittelussa, sillä alueella on vesistöjä, luonnonsojelualueita ja kulttuurihistoriallisesti arvokkaita alueita.
- Ratkaisun on tuettava tulevaisuuden kaapeliverkkoa. Tämä tarkoittaa tulevan kaapeliverkon johtopituuden minimoimista.
- Naapurisähköasemien korvaustilannetta on helpottava.
- Taajamien ja tärkeiden kulutuskohteiden sähköjakelu on varmistettava mahdollisimman luotettavaksi. Tärkeitä kulutuskohteita ovat muun muassa Kannonkosken ja Kivijärven taajamat, Pispalan kurssikeskus sekä Kannonpuun tehdas.

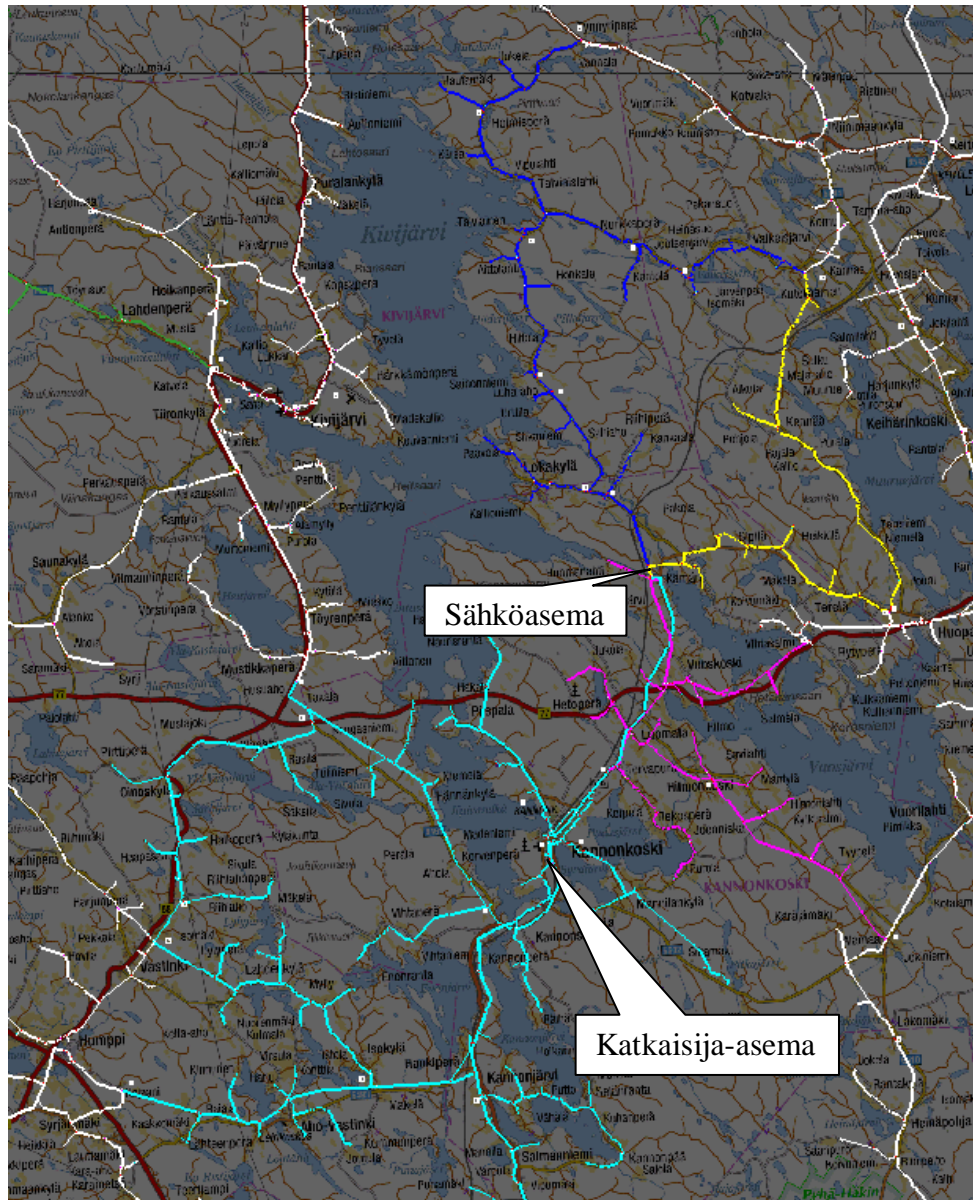
6.1 Hilmon sähköasema

Hilmon vesivoimalaitoksen lähistölle rakennetaan 110 kV -sähköasema. 110 kV -linja tulisi kulkemaan junaradan vierustaa pitkin ja se yhtyisi VFV:n alueverkkoon Hevosjärvenkohdalla (kuvio 5). Pituutta johdolle tulisi noin 15–20 km riippuen linjauksesta. Uutta 20 kV -maakaapelia suunnitelmassa rakennetaan 38 km. Tarkempi materiaaliluettelo kaikista suunnitelmista on luvussa 8.2. Maasto rakennettavan alueverkon ja sähköaseman alueella on haja-asutusaluetta. Suojelualueita voimajohdon linjauksella tai sen lähistöllä ei ole.



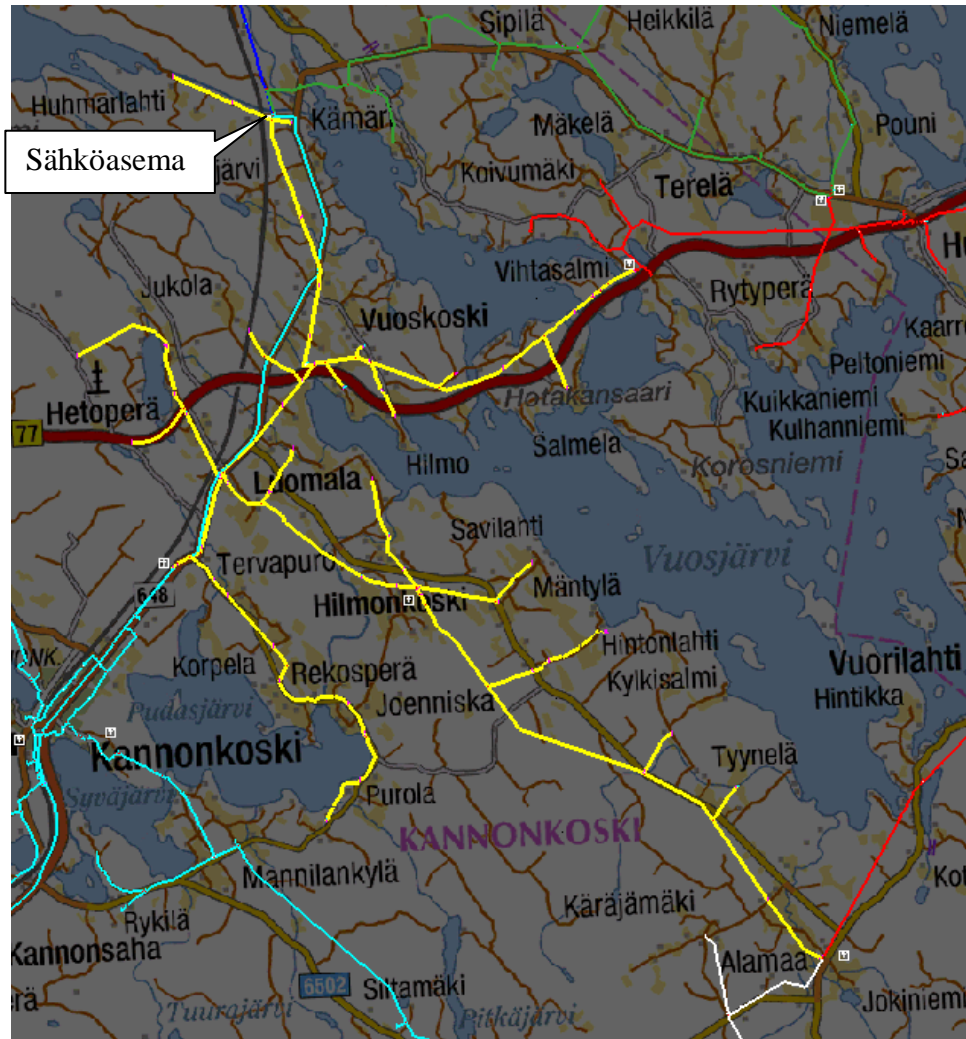
KUVIO 5. Hilmon sähköaseman sijainti. Mustalla viivalla on piirretty mahdollinen 110 kV -linja reitti junan rataa myötäillen. Violetti viiva kuvassa on VFV:n 110 kV -alueverkko ja punainen on nykyinen 45 kV -verkko.

Sähköasemalle tulisi kuusi kappaletta 20 kV -lähtöjä. Päämuuntajan tehoksi on luvussa 7 laskettu 16 MVA. Kannonkosken taajaman eteläpuolelle tulisi katkaisija-asema, joka jakelisi entisen Kannonsahan sähköaseman alueen. Kuviossa 6 on esitetty sähköaseman johtolähdöt jakorajoinen. Katkaisija-asemassa on kolme lähtöä. Uutta 20 kV -kaapelia tulisi 16,7 km, josta suurin osa on sähköaseman ja katkaisija-aseman välistä kaapelia.



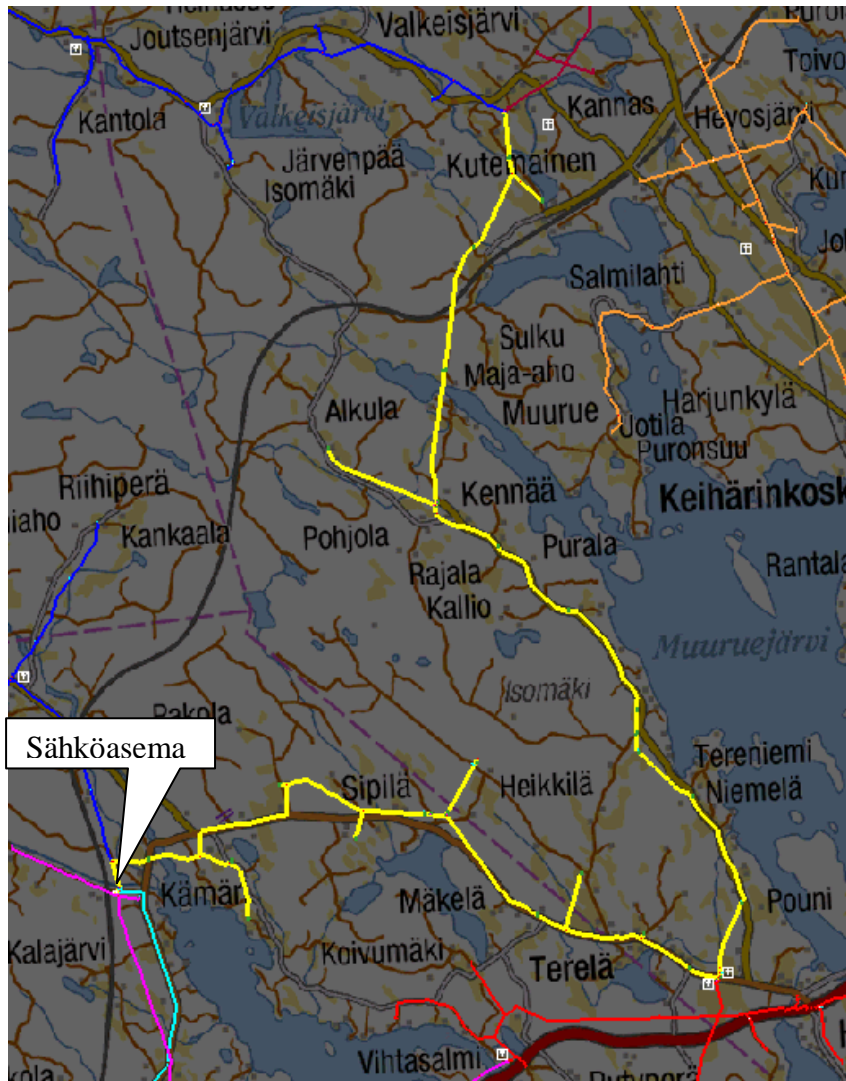
KUVIO 6. Hilmon sähköaseman johtolähdöt. Sähkösäeman eri johtolähdöt on korostettu eri värein.

Sähkösäeman lähtö 3 syöttää kuvion 7 mukaista aluetta. Lähdön alkuun rakennetaan uutta kaapelia sen verran, että vanhan verkon pystyy liittämään uuteen sähköasemaan. Liitoskaapelin poikkipinta-ala on 95 mm^2 .



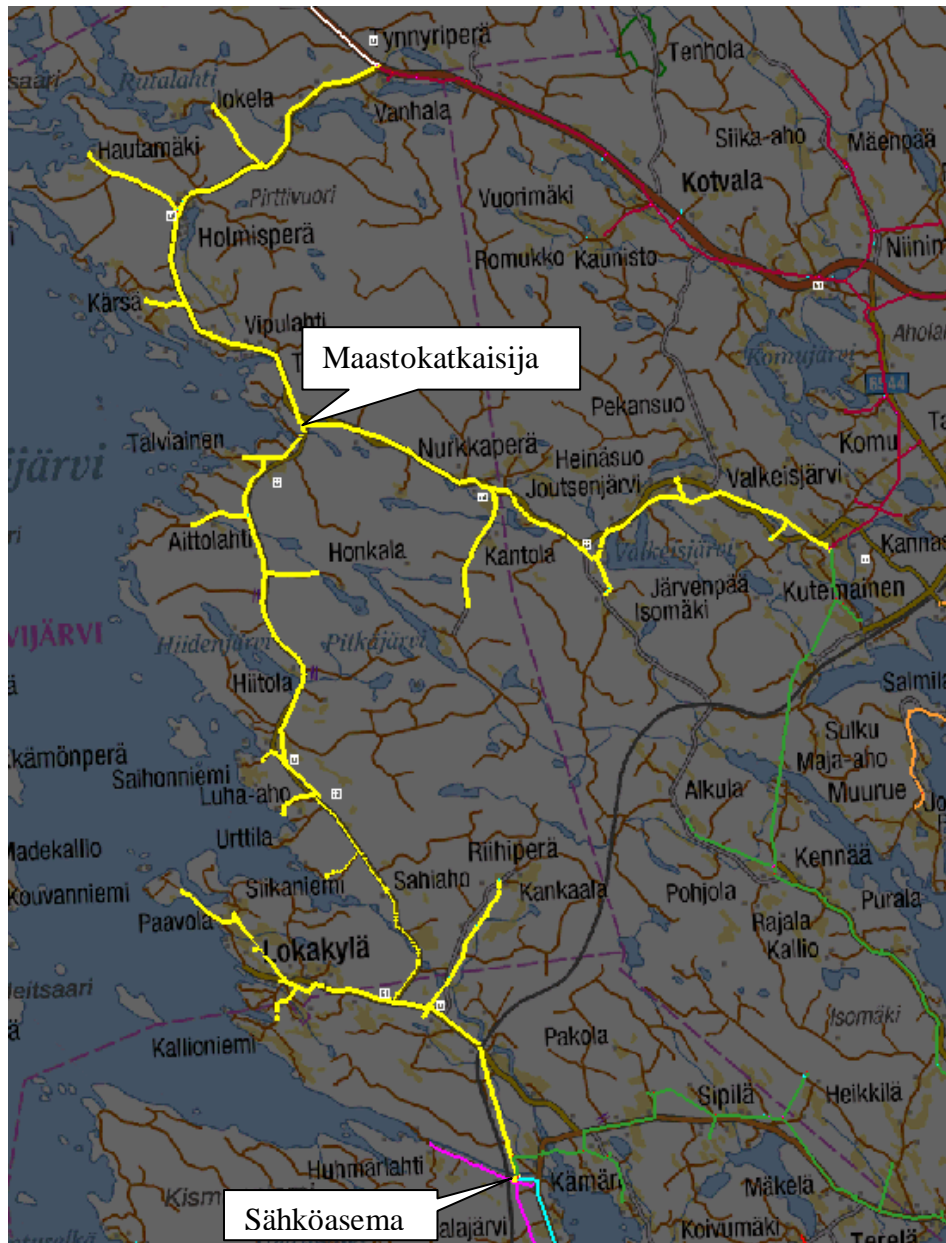
KUVIO 7. Lähden 3 syöttämä verkko on korostettu keltaisella kuvassa

Lähtö 4 syöttää kuvion 8 mukaista aluetta. Verkkoon tehdään muutostöitä vain sen ver-
 ran, että verkko saadaan kytkettyä uudelle sähköasemalle. Liitoskaapelin poikkipinta-ala
 on 95 mm^2 .



KUVIO 8. Lähtö 4 on korostettu kuvassa keltaisella.

Lähdön 5 jakelema verkko on esitetty kuviossa 9. Uutta verkkoa rakennetaan vain sen verran, että olemassa oleva verkko saadaan liitettyä sähköasemalle. Käytettävän kaapelin poikkipinta-ala on 95 mm^2 . Maastokatkaisija pidetään nykyisellä paikallaan.

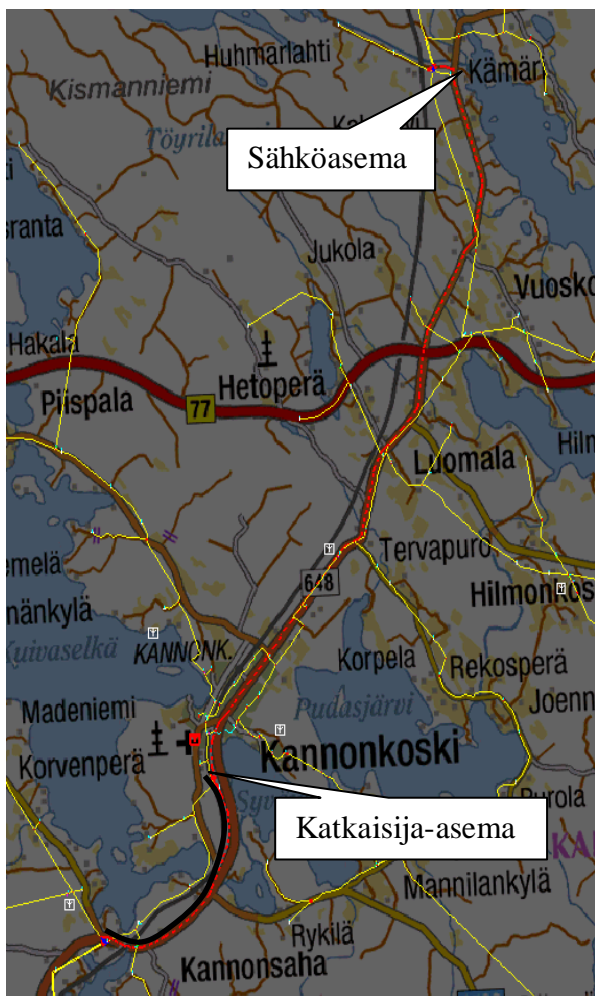


KUVIO 9. Lähdön 5 verkko on korostettu kuvassa keltaisella.

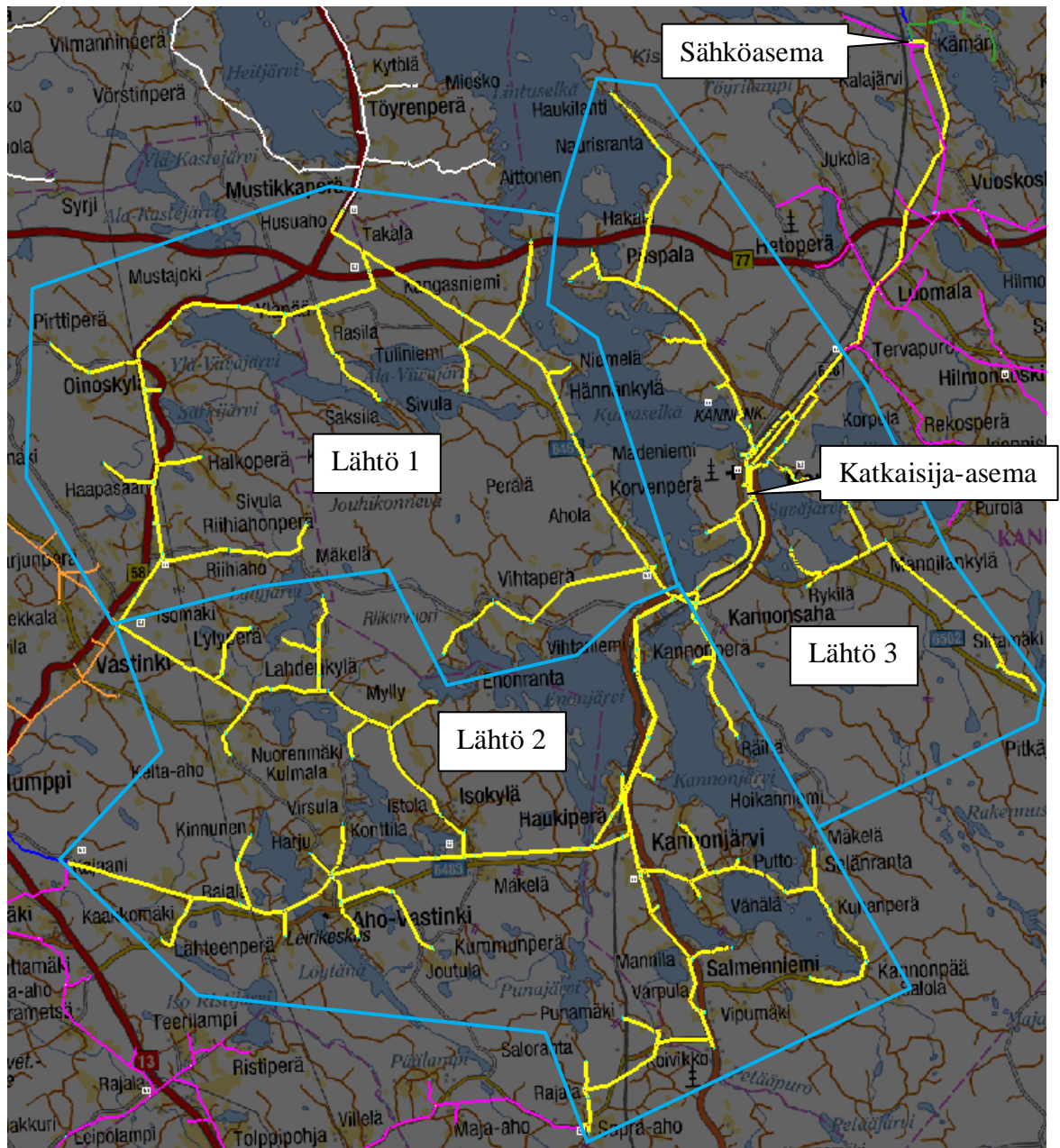
Lähdössä 6 on Hilmon voimalaitos. Voimalaitos sijaitsee sähköaseman vieressä. Kaapelilla on pituutta muutama sata metriä riippuen sähköaseman tarkasta sijainnista. Poikkipinta-ala on 150 mm^2 .

Lähtö 7 syöttää purettavan Kannonsahan sähköaseman sähköverkkoa katkaisija-aseman alulla. Katkaisija-asema rakennetaan Kannonkosken taajaman eteläpuolelle. Katkaisija-asemalle rakennetaan kuvion 10 reitin mukainen kaapeli, jonka pituus on 12,8 km ja poikkipinta-ala 150 mm^2 .

Katkaisija-asemalta (lähtö 1) rakennetaan kaapeli (3,9 km 150 mm^2) purettavan Kannonsahan sähköaseman kohdalle, johon liitetään kuvion 11 lähdön 1 mukainen alue. Muihin lähtöihin rakennetaan muutama sata metriä uutta kaapelia, jolla olemassa oleva verkko yhdistetään katkaisija-asemaan. Kannonsahan sähköaseman kohdalle tulee kauko-ohjattu erotinasema. Katkaisija-aseman lähdössä 3 oleva maastokatkaisija pitää poistaa, koska verkossa ei voi olla kahta katkaisijaa sähköaseman jälkeen. Liian monta katkaisijaa peräkkäin samassa lähdössä aiheuttaa selektiivisyysongelman. Kuviossa 11 on katkaisija-aseman lähtöjen jakorajat esitettyinä.



KUVIO 10. Katkaisija-asemalle rakennettava kaapeli, kuvassa punainen katkoviiva. Musta viiva on katkaisija-asemalta rakennettava kaapeli lähdön 1 alkuun.



KUVIO 11. Katkaisija-aseman takana olevan verkon rakorajat on merkitty sinisellä.

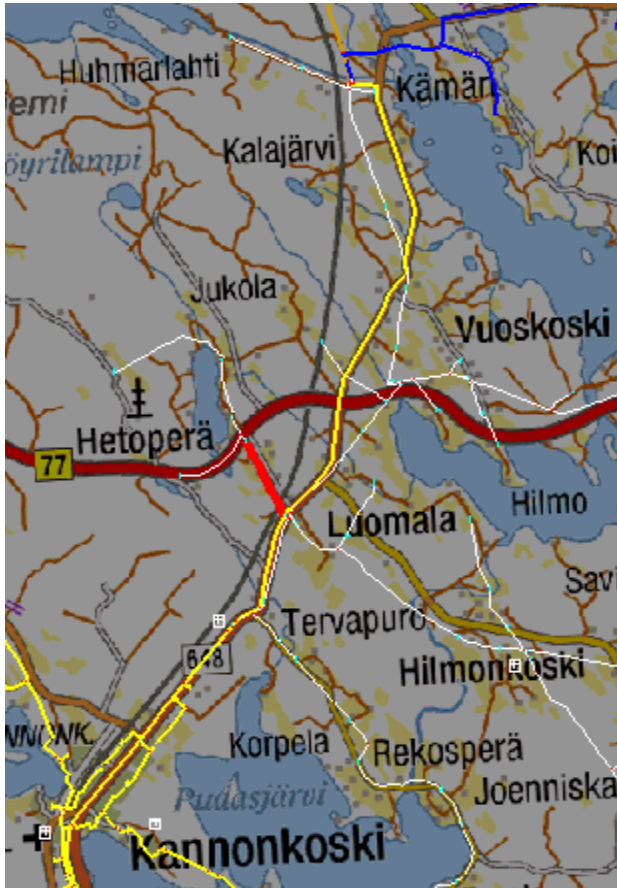
Lähtö 9 syöttää Kivijärven taajamaan aluetta. Sähköasemalta rakennetaan vesistökaapeli Kivijärven yli taajamaan. Kivijärven eteläosa on Natura 2000 -aluetta. Natura-alueelle kaapelin asentamista kannattaa välttää, koska tällöin vältetään mahdollisilta ympäristöselvityksien tekemiseltä. Kaapelin reitti on merkitty kuvioon 12. Kaapeli pituus on 15 km ja poikkipinta-ala 150 mm^2 .



KUVIO 12. Kivijärven vesistökaapelin reitti (keltainen viiva), viivoitettu alue kartassa on Natura 2000 -alueen rajat.

6.1.1 Oikosulkukestoisuuden tarkastelu

Sähköaseman alueella on johtohaaran osa, jossa johtimen oikosulkukestoisuus ylittyy (kuvio 13). Johto-osuus on rakenteeltaan avojohtoa, ja johdin on malliltaan Bt 16. Johto-osuuden voi saneerata maakaapeliksi tai asettaa lähdön suojausasetukset niin lyhyiksi, että johtimen terminen kestävyys ei ylity.



KUVIO 13. Kuvioon on korostettu punaisella oikosulkukestoton johto-osuus.

6.2 Kangasniemen sähköasema

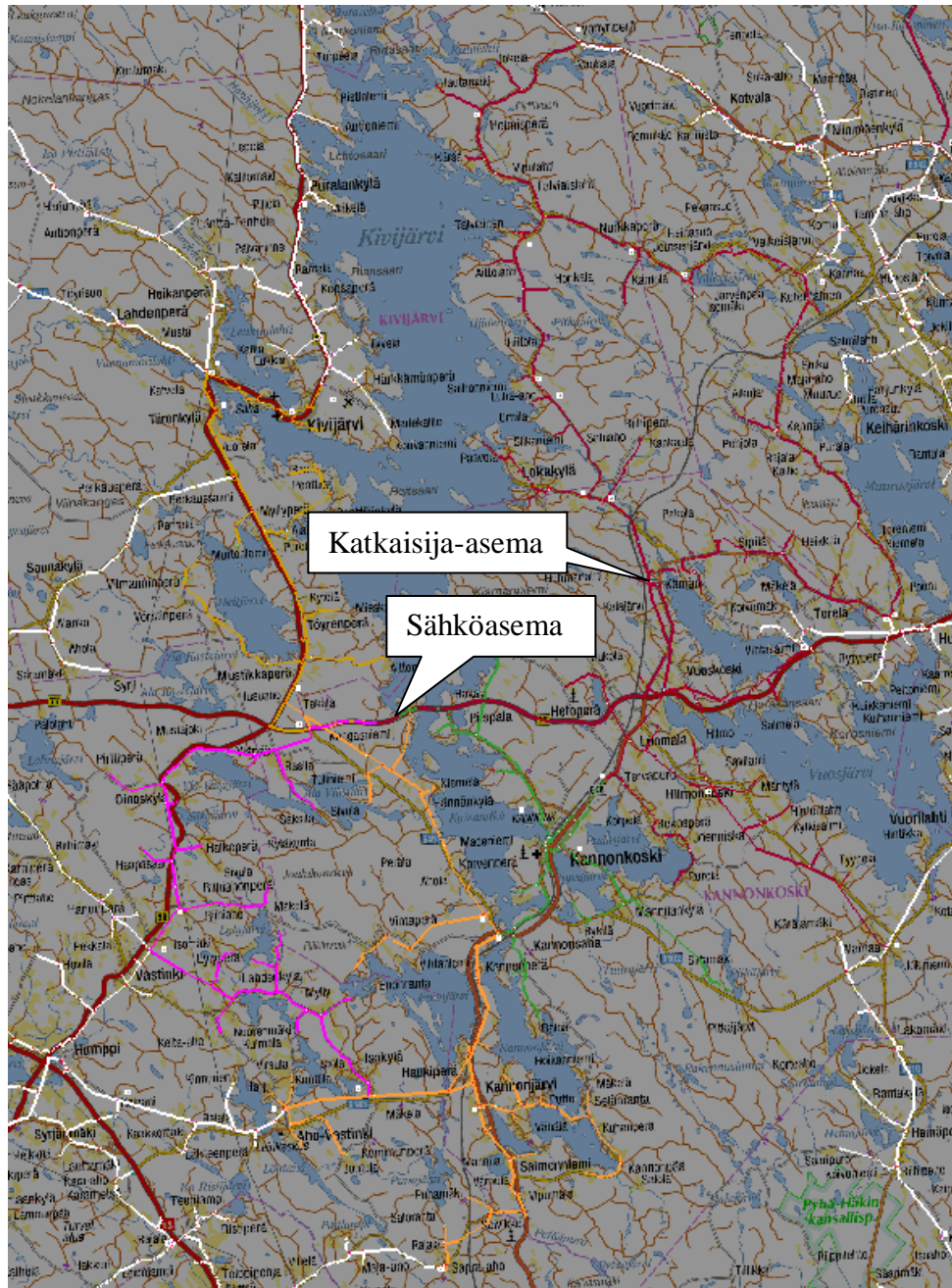
Fingrid Oy on käynnistänyt ympäristölupamenettely, jotta Keski-Suomesta Oulujoelle menevistä kahdesta 220 kV -linjoista toinen voitaisiin muuttaa 400 kV -jännitetasoon. Toinen johto jää tällöin ylimääräiseksi ja näillä näkymin se myydään pois. Vattenfall on kiinnostunut ostamaan johtoa Haapajärveltä Kinnulaan asti. Tässä suunnitelmassa johtoa ostetaan lisää Kinnulasta etelään noin kantatielle 77 asti noin 40 km ja siitä tehdään haarajohto kohti Kannonkoskea. Pituutta uudelle 110 kV -johdolle tulisi noin 10 km. Uutta 20 kV -maakaapelia rakennetaan tässä suunnitelmassa 30 km. (Fingrid, 2011)

Sähköasema tulisi Kangasniemelle kantatie 77:n eteläpuolelle (kuvio 14) mahdollisimman lähelle rantaa tien eteläpuolella olevaan talousmetsään. Tien pohjoispuolelle sähköasemaan ei kannata rakentaa siellä olevan pienen suojelualueen takia.



KUVIO 14. Kangasniemen sähköaseman sijaintialue sininen laatikko kuvassa, luonnonsuojelualue punainen laatikko kuvassa ja uuden 110 kV -linjan reitti musta viiva kuvassa.

Sähköasemalle tulisi viisi johtolähtöä, joista yhdessä on kolmelähtöinen katkaisija-asema (kuvio 15). Suunnitelmassa rakennetaan noin 30 km uutta maakaapelia. Päämuuntajan tehoksi on luvussa 7 laskettu 16 MVA. Katkaisija-asema sijaitsee Hilmon voimalaitoksen lähetytyillä, mahdollisesti vanhan 45 kV -sähköaseman tilalla.



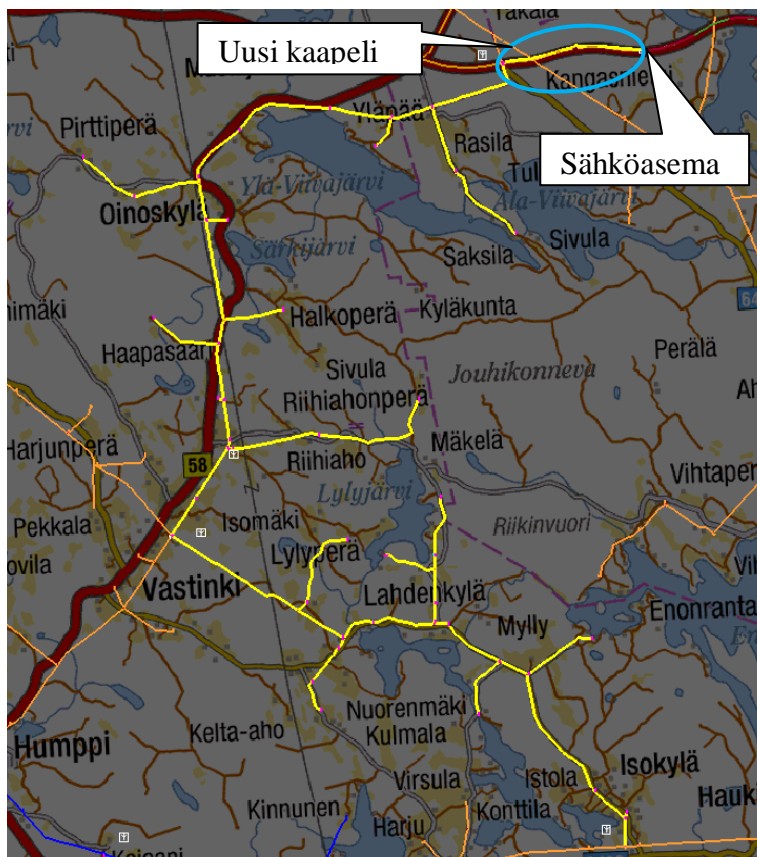
KUVIO 15. Sähköaseman johtolähdöt on merkitty eri värein karttaan.

Sähköaseman lähtö 3 syöttää Kannonkosken taajamaan. Sähköasemalta rakennetaan maakaapeli tietä 77 pitkin järven yli ja se liitetään nykyiseen verkkoon Piispalassa (kuvio 16). Kaapelinpituus on 3,2 km ja poikkipinta-ala on 95 mm^2 . Kuvassa 8133 lähtö on korostettu vihreällä.



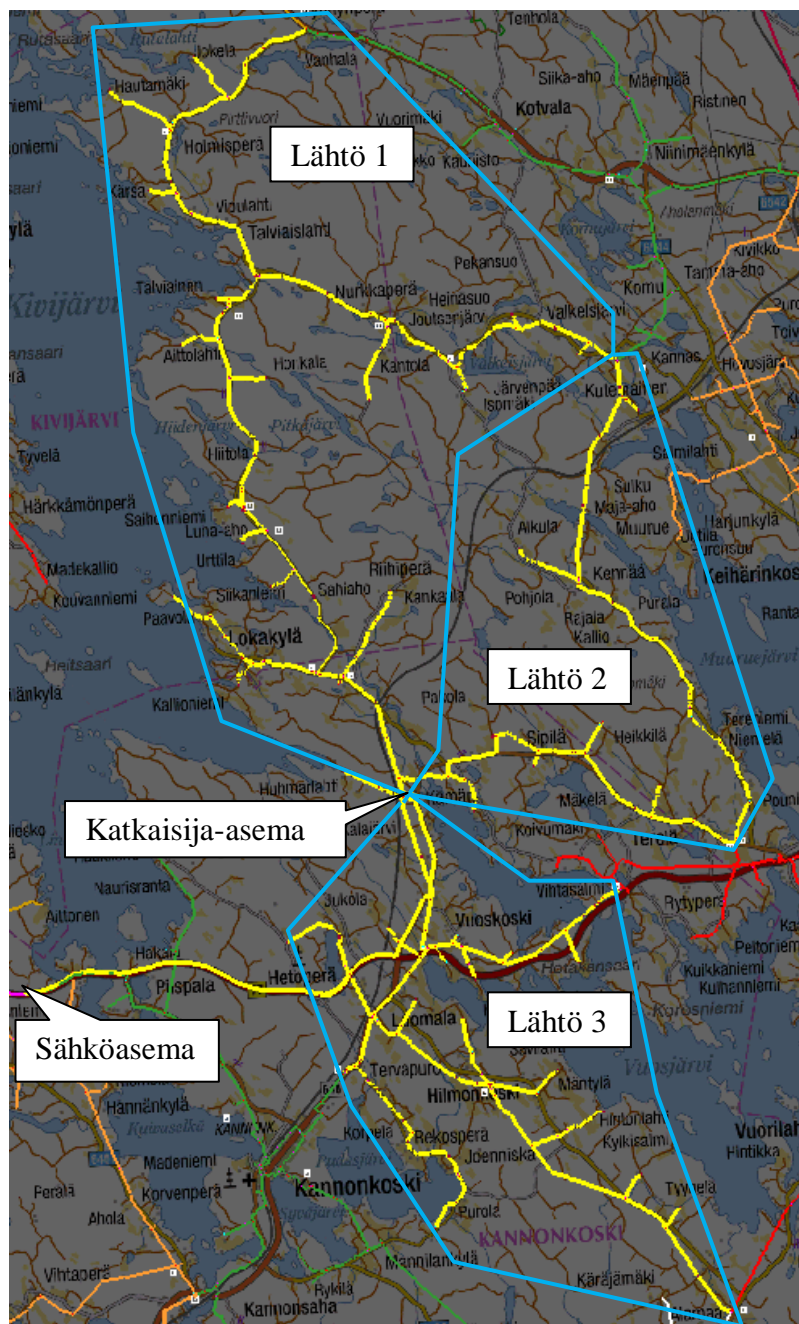
KUVIO 16. Kannonkosken taajaman syöttö.

Sähköaseman lähtö 4 syöttää kuvion 17 mukaista aluetta. Lähdön alkuun pitää rakentaa uutta kaapelia 2,6 km, jonka pinta-ala on 95 mm^2 . Muita muutoksia lähtöön ei tarvitse tehdä.



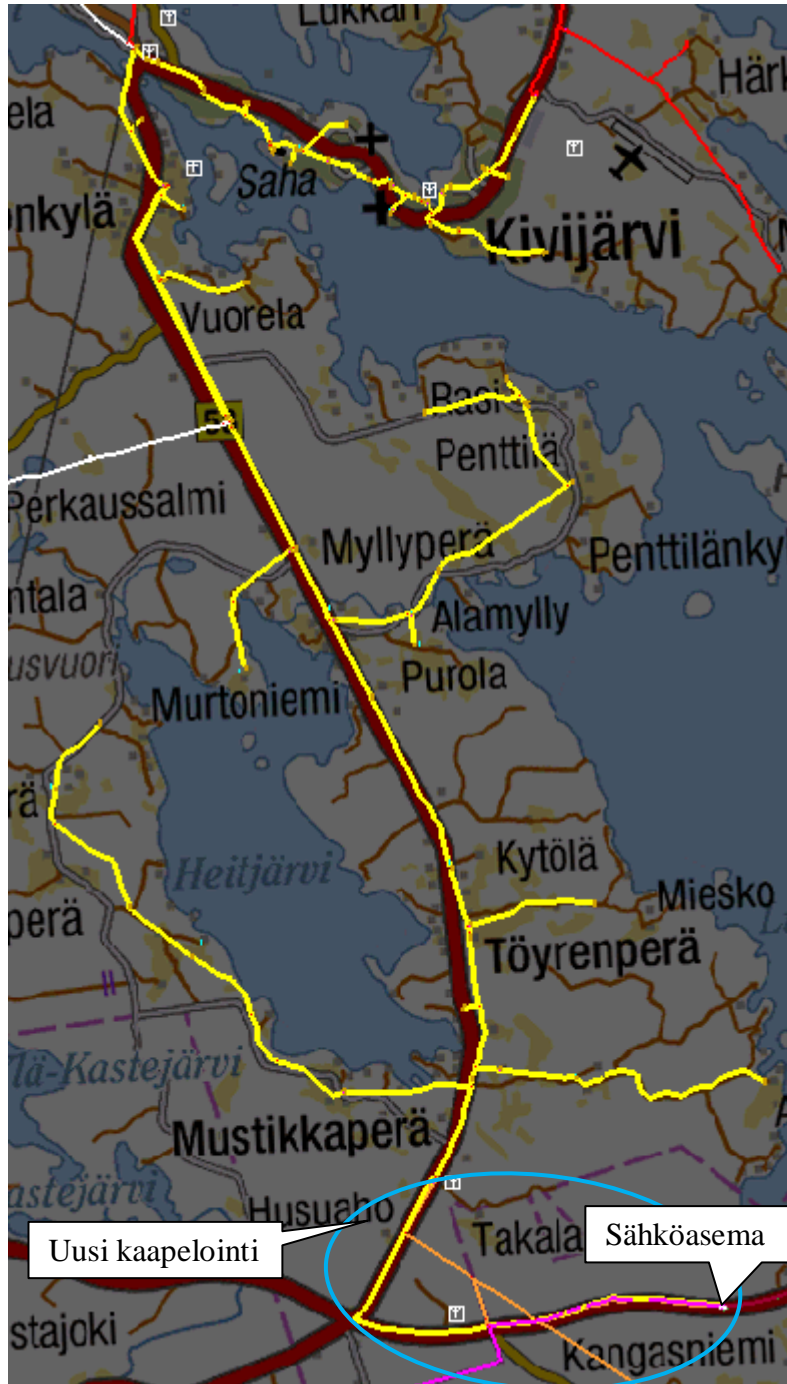
KUVIO 17. Sähköaseman lähtö 4 korostettu keltaisella kuvaan.

Sähköaseman lähtö 5 syöttää Hilmon voimalaitosta ja katkaisija-asema. Kaapelin reitti menee teitä 77 ja 16934 pitkin voimalaitokselle. Kaapelireitillä on pituutta 15,5 km ja kaapelin minimipoikkipinta-ala on 240 mm^2 . Suurempaa poikkipinta-alaa olevaa kaapelia kannattaa käyttää, koska se laskee kaapelin kuormitushäviötä. Voimalaitos liitetään suoraan kaapeliin ja katkaisija-asema pienen haaran päähän, jolloin katkaisija-aseman käyttökatkokset eivät vaikuta voimalaitoksen sähköjakeluun. Kuviossa 18 on katkaisija-aseman jakelualue, johon on merkitty lähtöjen jakorajat. Katkaisija-aseman lähdessä 1 oleva maastokatkaisija on poistettava suojausten selektiivisyyden takia.



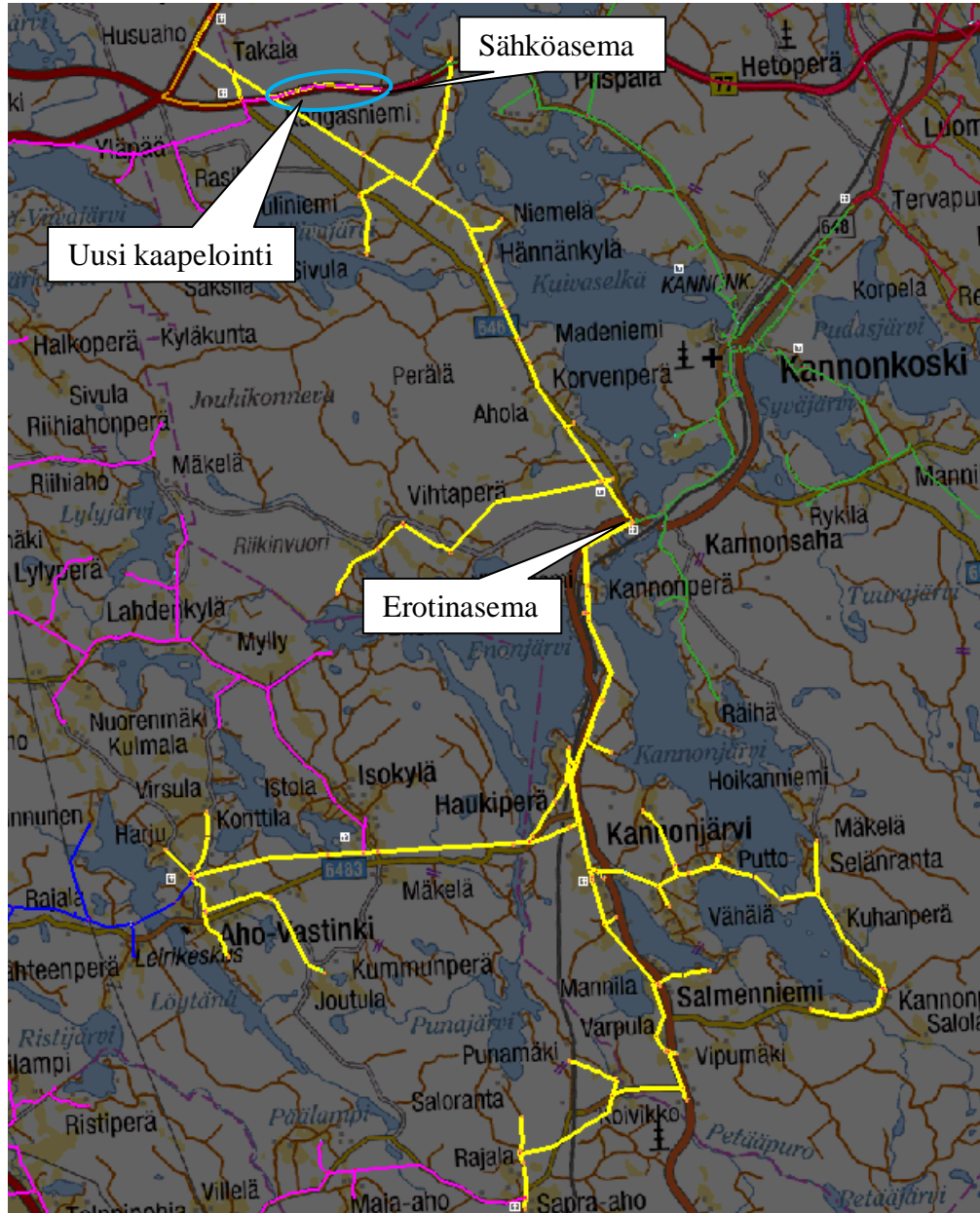
KUVIO 18. Katkaisija-aseman lähtölähdöt on rajattu kuvaan sinisellä.

Sähköaseman lähtö 6 syöttää Kivijärven taajamaan (kuvio 19). Uutta kaapelia pitää rakentaa lähdön alkuun 5,8 km poikkipinta-alan ollessa 150 mm². Lähdössä tehdään huomattavia jakorajojen muutoksia verrattuna nykyiseen verkkoon. Lähtö ylettyy aina Kivijärven taajamaan asti.



KUVIO 19. Sähköaseman lähtö 6 on korostettu keltaisella kuvassa.

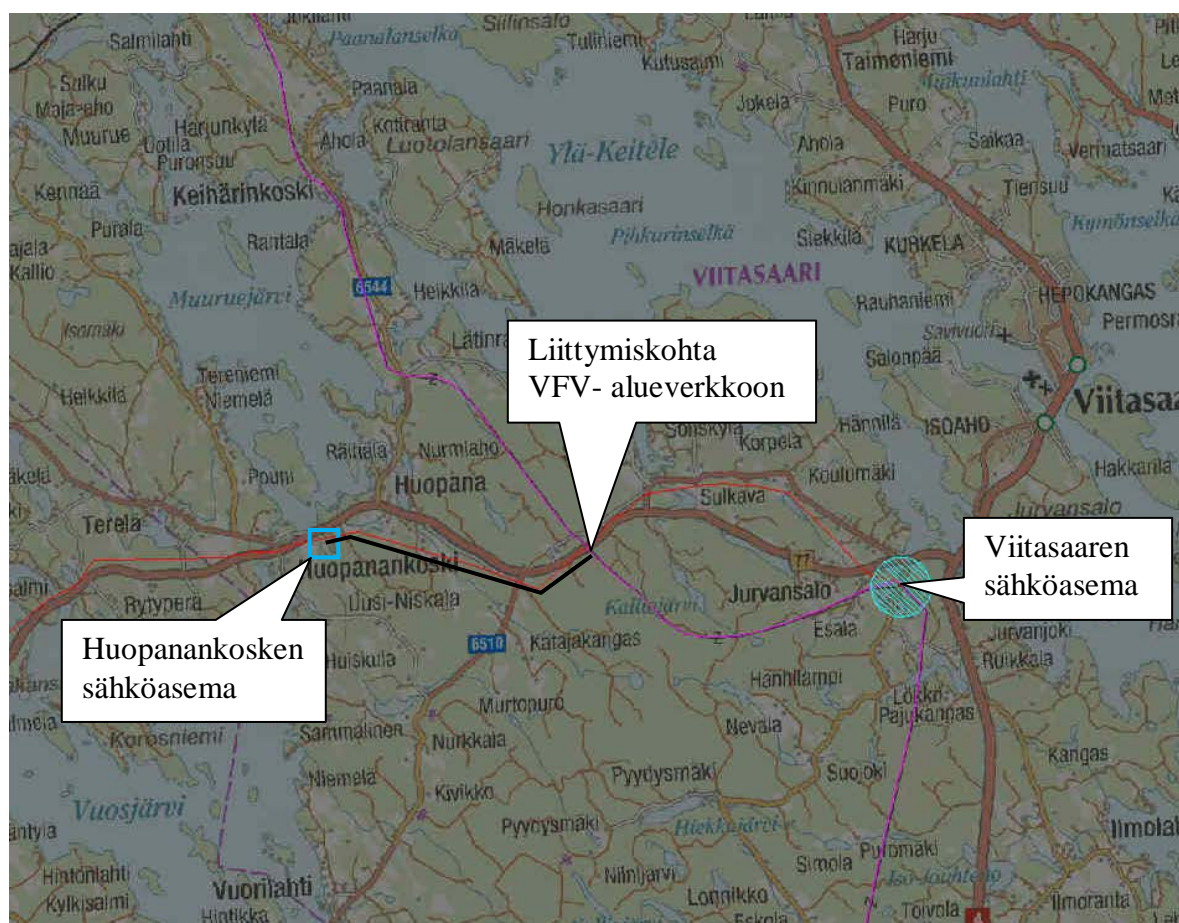
Sähköaseman lähtö 7 syöttää kuvion 20 mukaista aluetta. Lähdön alkuun pitää rakentaa uutta kaapelia 2 km poikkipinta-alan ollessa 150 mm^2 . Purettavan Kannonsahan sähköaseman kohdalle tulee kauko-ohjattu erotinasema. Lähdön jakorajoja muutetaan verrattuna nykyiseen verkkoon.



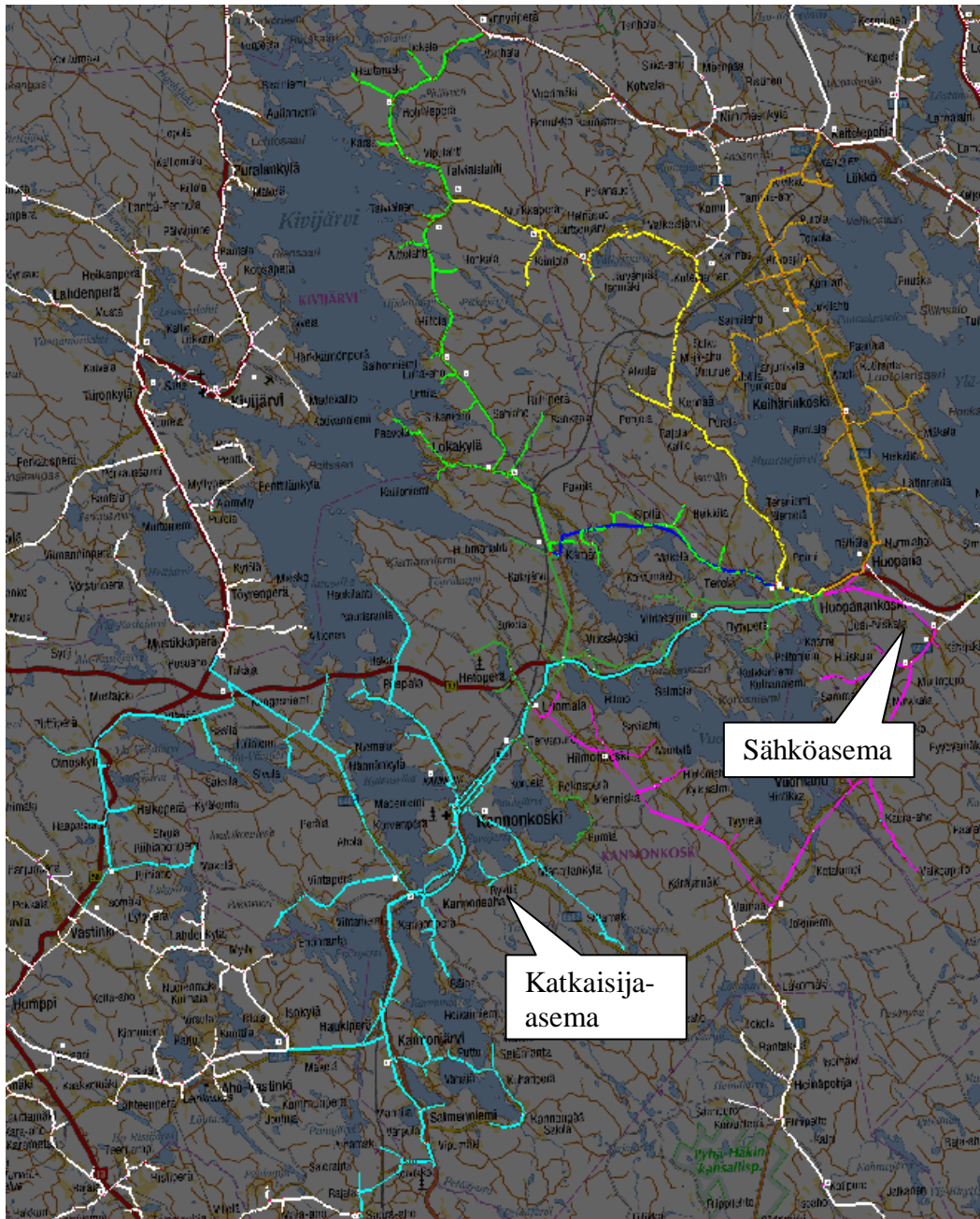
KUVIO 20. Sähköaseman lähtö 7 korostettu kuvaan keltaisella.

6.3 Huopanankosken sähköasema

110 kV -asema rakennetaan Huopanankosken itäpuolelle. Kosken ylitys on 110 kV -avojohdolla vaikeaa, koska kosken alue on suojelualue ja kosken yli menevät avojohdot on maisemallisesta syistä kaapeloitu. Kosken ja sen ympärillä olevan vesistön kiertäminen kasvattaa linjan pituutta, mikä nostaa kustannukset liian suureksi. Sähköasema on sen alueen reunalla, jota aseman pitäisi jaella. Tästä on seurauksena pitkät siirtomatkat ennen kulutusta. Uutta 110 kV -johtoa pitää rakentaa noin 7 km ja 20 kV -maakaapelia 42 km. Sähköaseman sijainti ja 110 kV -johtokadun reitti on esitetty kuviossa 21. 110 kV -voimajohdon reitti kulkee nykyisen 45 kV -johdon johtokatua pitkin. Kuviossa 22 on esitetty sähköaseman lähtölähdöt jakorajoineen.



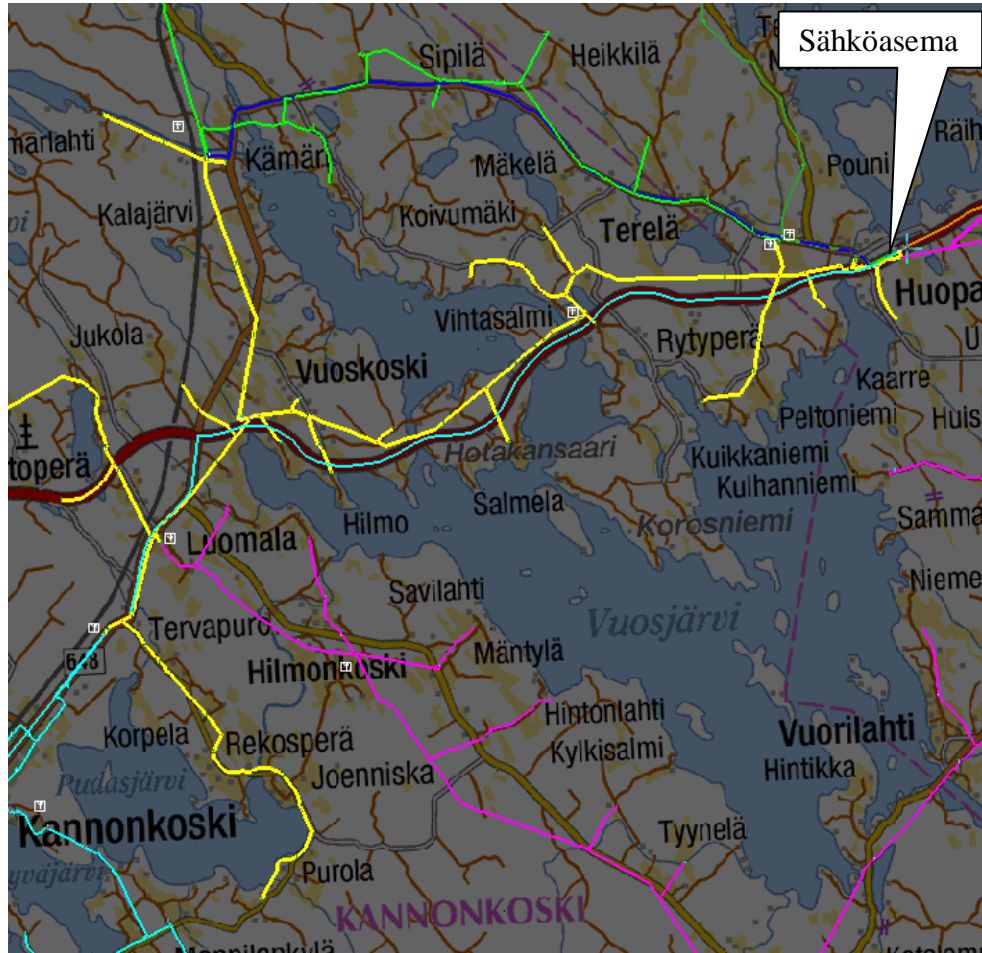
KUVIO 21. Huopanankosken sähköaseman sijainti on merkitty sinisellä laatikolla, musta viiva on uusi rakennettava 110 kV -verkon haara, violetti viiva on VFV:n alueverkko ja punainen viiva on VFV:n 45 kV -verkkoa.



KUVIO 22. Huopankosken sähköaseman johtolähdöt.

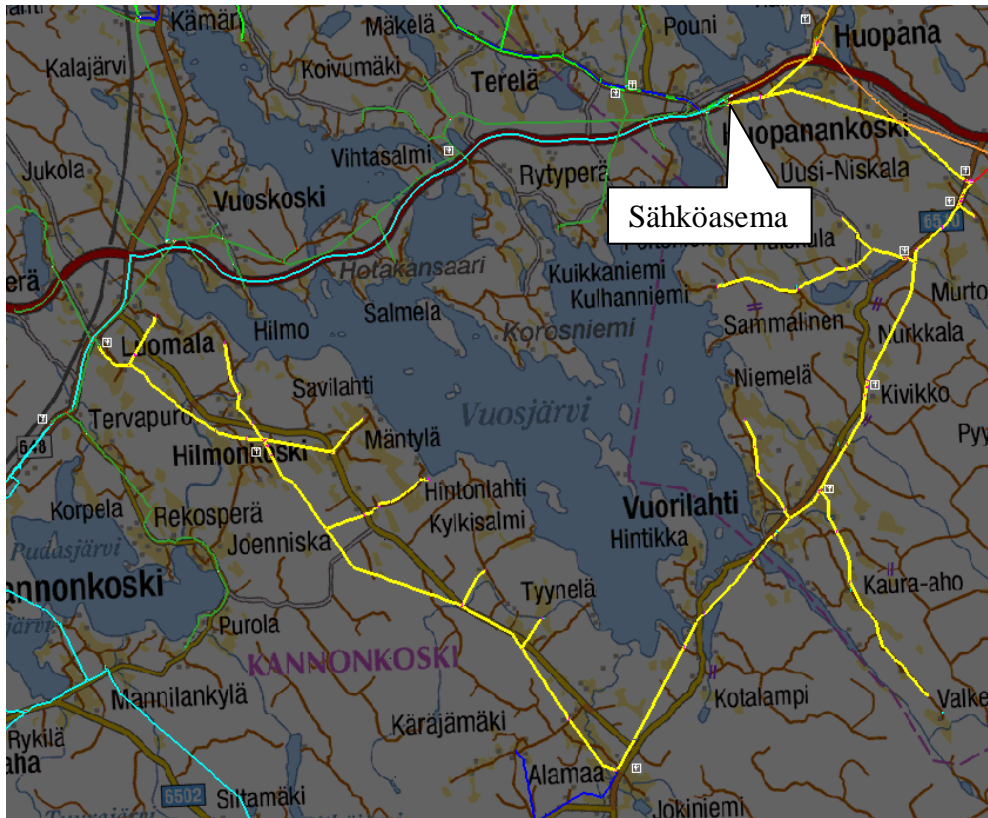
Sähköaseman lähtö 3 on Hilmon voimalaitoksen syöttökaapeli. Kaapelin reitti on esitetty kuvassa 23. Se on valittu mahdollisimman lyhyeksi häviöiden pienentämiseksi. Kaapeliin ei tule muita kuluttajia kuin voimalaitos. Kaapelin reitin pituus on 12,3 km ja kaapelin minimipoikkipinta-ala on 240 mm^2 , jolloin tehonsiirto toimii teknisesti ja täyttää standardien vaatimukset. Suuremman poikkipinta-alan käyttö voi olla taloudellisempaa energiahäviöiden kannalta. Tällöin kaapeliksi pitää valita kaapeli, joka ei ole yleisessä käytössä VFV:lla. Tämä vaikeuttaa kunnossapitoa. Vertailua eri kaapelien välillä ei voi tehdä ilman tarkkoja tietoja kaapelista ja sen asennuskustannuksista.

Sähköaseman lähdön 5 syöttämä jakeluverkko on esitetty kuviossa 25. Uutta 95 mm²:n kaapelia rakennetaan lähdön alkuun 250 m.



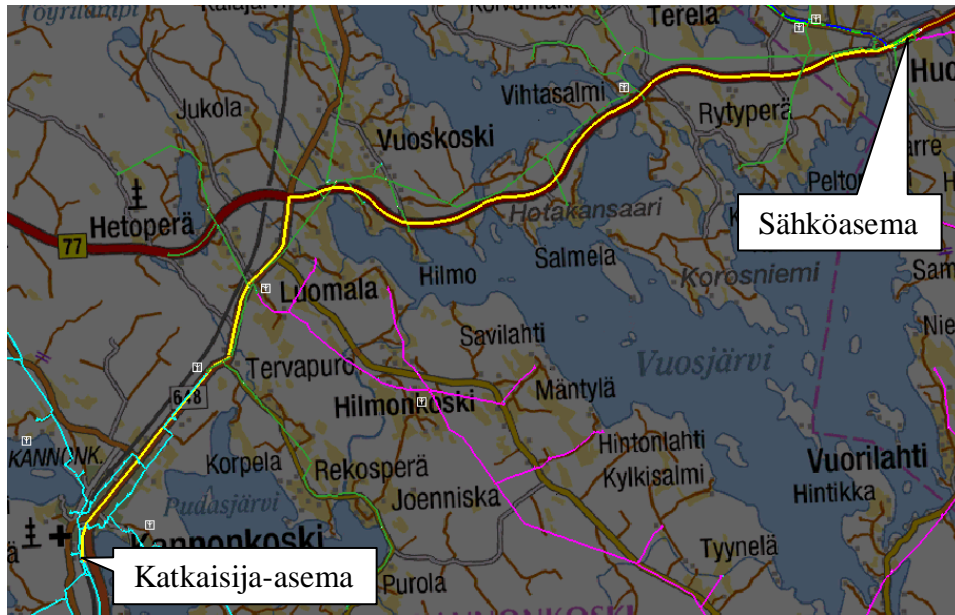
KUVIO 25. Sähköaseman lähtö 5 on korostettuna kuvassa keltaisella.

Lähtö 6 on esitetty kuviossa 26. Uutta 95 mm²:n kaapelia rakennetaan 300 m johtolähdön alkuun. Suurin osa lähdön verkosta on ennen ollut Viitasaaren sähköaseman alaisuudessa.

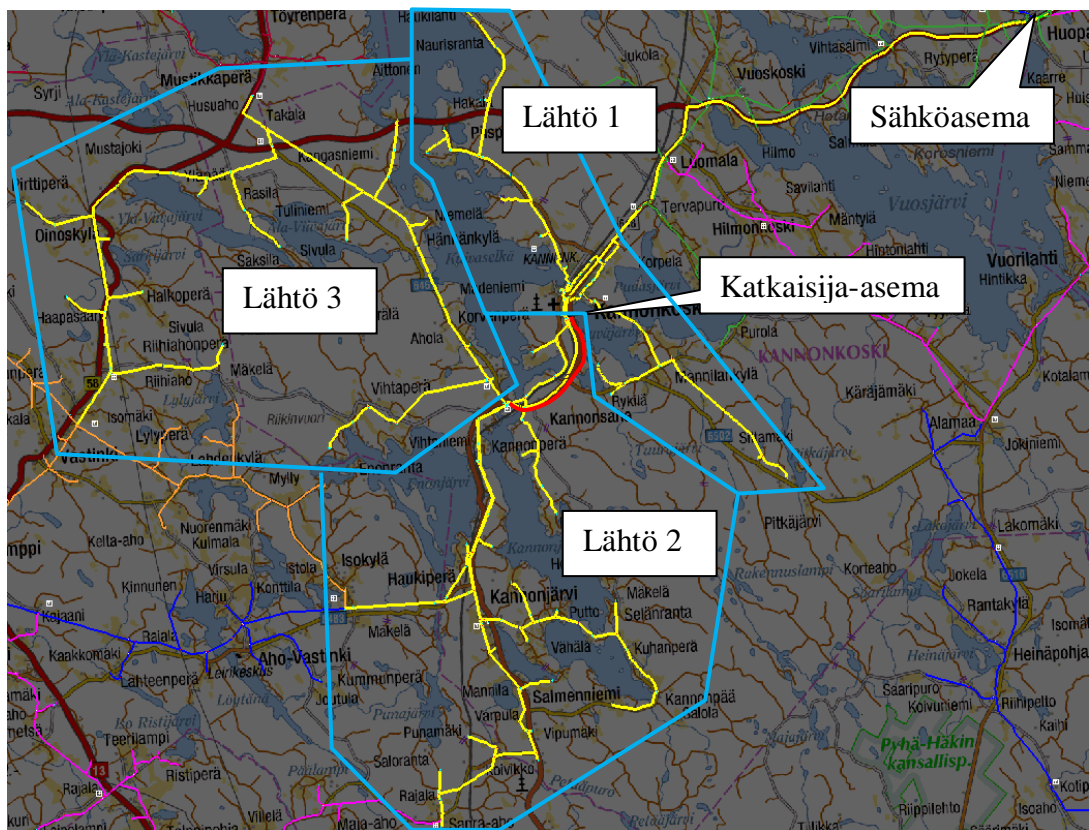


KUVIO 26. Sähköaseman lähtö 6 on korostettuna kuvassa keltaisella.

Lähtö 7 syöttää katkaisija-aseman kautta purettavan Kannonsahan sähköaseman sähköverkkoa. Katkaisija-asema rakennetaan Kannonkosken taajaman eteläpuolelle. Asemalle rakennetaan uusi syöttökaapeli kuvion 27 mukaisella linjauksella. Kaapeli on 150 mm^2 ja sen pituus on 20 km. Katkaisija-asemalla on kolme lähtöä, lähtöjen jakorajat on esitetty kuviossa 28. Katkaisija-aseman lähdössä olevista maastokatkaisijoista yksi on poistettava suojauksen selektiivisyyden vuoksi. Katkaisija-aseman lähdön 3 alkuun rakennetaan 4 km uutta 150 mm^2 :n kaapelia, jolla nykyinen verkko liitetään katkaisija-asemaan. Kaapeli kulkee tietä mukailleen Kannonsahan sähköaseman kohdalle, jossa se liittyy olemassa olevaan sähköverkkoon. Kuvioon 28 on merkitty kaapelin reitti punaisella viivalla.



KUVIO 27. Katkaisija-aseman syöttökaapelin reitti on korostettu keltaisella kuvaan.



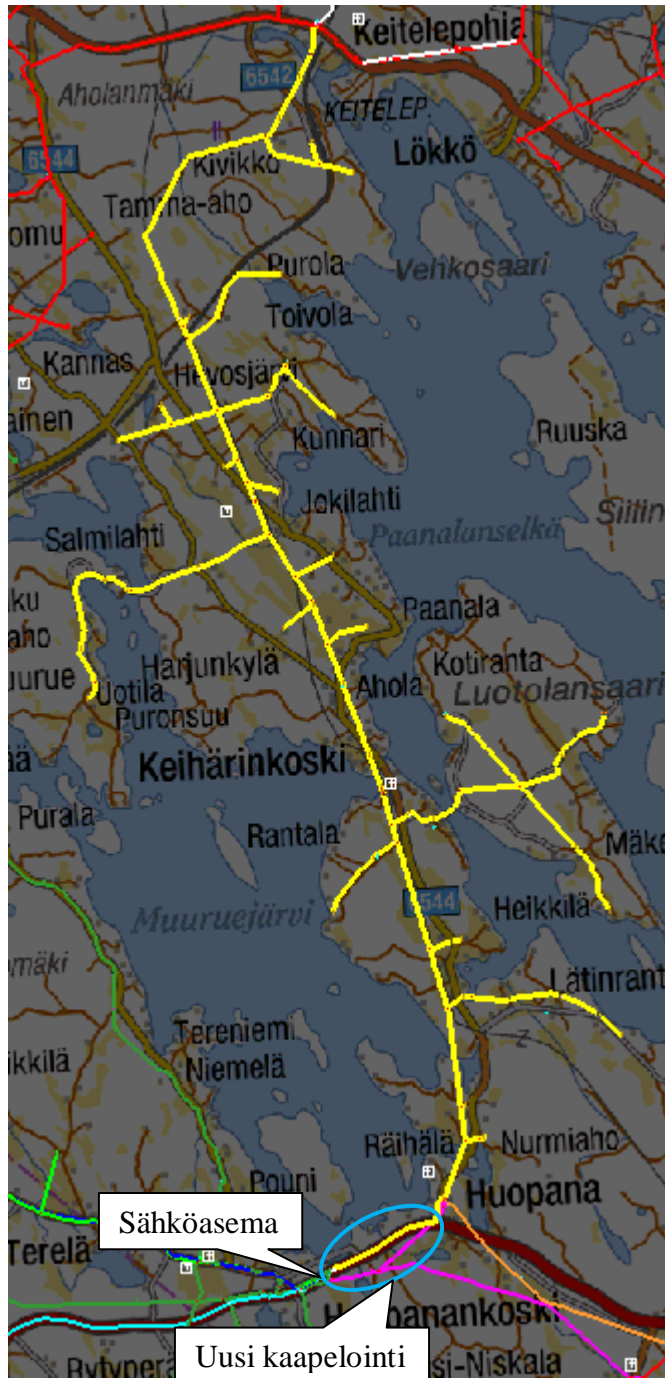
KUVIO 28. Sähköaseman lähtö 7 on korostettu keltaisella, katkaisija-aseman johtolähtöjen jakorajat on rajattu sinisellä, katkaisija-aseman lähdön 3 kaapelointi on korostettu punaisella.

Lähtö 8 on esitetty kuviossa 29. Lähdön alkuun rakennetaan 2,1 km uutta 95 mm²:n kaapelia, jolla nykyinen verkko yhdistetään uuteen sähköasemaan. Lähdön jakorajojen muuttumisen takia maastokatkaisimen paikkaa on siirrettävä. Uusi maastokatkaisimen paikka on noin lähdön puolivälissä, kohtaan jossa on jakoraja toisen sähköaseman verkkoon (kuvio 29).



KUVIO 29. Sähköaseman lähtö 8 on korostettuna kuvassa keltaisella.

Lähtö 9 jakaa Viitasaaren sähköaseman lähdön 6 osiin (kuvio 30). Lähdön alkuun tarvitsee rakentaa 2,1 km uutta 150 mm²:n kaapelia, jolla olemassa oleva verkko yhdistetään uuteen sähköasemaan.

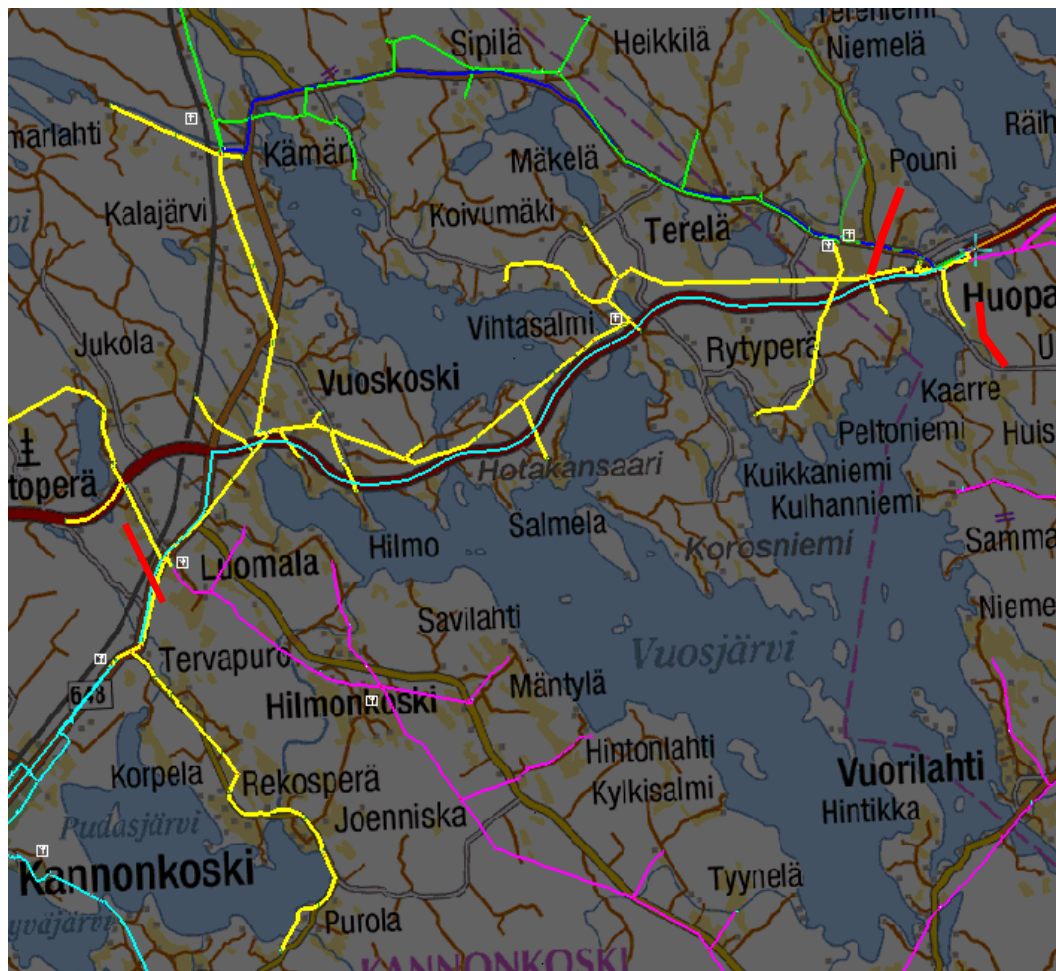


KUVIO 30. Sähköaseman lähtö 9 on korostettuna kuvassa keltaisella.

6.3.1 Oikosulkukestoisuuden tarkastelu

Verkossa on kolme kohtaa, joissa johtimen oikosulkukestoisuus ylittyy (kuvio 31). Yksi näistä on johtolähdön alun runkokaapeli. Tämä kohta on saneerattava luotettavuussyistä. Kaksi muuta kohtaa ovat johtohaaroja. Niiden saneeraus on suotavaa. Saneerauksen

vaihtoehtona voidaan käyttää sitä, että kyseisten lähtöjen suojausasetukset asetetaan niin nopeiksi, että johtimen terminen kestävyys ei ylitä oikosulun aikana.



KUVIO 31. Kuvioon on korostettu punaisella oikosulkukestottomat johto-osuudet.

6.3.2 Suunnitelman kustannussäästö keskijänniteverkon saneerausvaiheessa

Viitasaaren sähköasemalta länteen päin lähtevät kaksi johtolähtöä voidaan korvata niiden saneerausvaiheessa yhdellä kaapelilla, koska suurin osa lähtöjen kuormasta on siirtynyt Huopanankosken sähköasemalle. Kummankin Viitasaarelta länteen päin lähtevän lähdön maksimikuorma on noin 350 kW, ja lähdöt ovat pituudeltaan lyhyitä, jolloin niiden yhdistäminen on kannattavaa saneerausvaiheessa. Sama yhteys toimii Viitasaaren ja Huopanankosken sähköasemien välisenä varayhteytenä, jolloin korvaavan kaapelin on oltava järeä, esimerkiksi poikkipinta-alaltaan 150 mm².

6.3.3 Huopanankosken suunnitelman jatkokehitysideoita

Huopanankosken suunnitelma jättää tarkastelualueen länsilaidan pääasiassa nykyiseen tilaan. Alueen sähköjakelua voisi kehittää kevyellä sähköasemalla, joka rakennetaan Fingridin 220 kV -linjan alle Kivijärven taajaman eteläpuolelle. Hyviä asemapaikkoja on Kyyjärveltä tulevan avojohdon ja Fingridin 220 kV -linjan leikkauskohta Perkaus-salmen kohdalla ja heti Kivijärven taajaman eteläpuolella. Asemalta jaeltaisiin Kivijärven taajaman sekä Karstulan ja Kannonkosken välistä raja-alueita. Päätös kevytaseman rakentamisesta pitää tehdä viimeistään, kun Fingrid on myymässä ylijäävää 220 kV -johtoa. Aseman takia pitää ostaa noin 40 kilometriä 220 kV -johtoa Kinnulasta etelään päin. Ostettavan johto-osuuden hinta ratkaisee, onko tämä suunnitelma toteuttamiskelpoinen.

Kannonkosken länsipuolen sähköjakelua voi kehittää myös saneeraamalla alueen 20 kV -verkkoa. Tämä vaihtoehdon ongelma on, että alue on isohko, jolla ei ole sähköasemaa. Normaalisissa käyttötilanteissa tämä ei olisi ongelma, mutta sähköasemien korvaustilanteissa tästä tulee ongelma, kun korvaavat sähköasemat ovat kaukana.

6.4 45 kV -saneeraaminen

45 kV -järjestelmä saneerattaisiin uusiksi täydellisesti. 45 kV -linja rakennettaisiin edelleen avojohdona. Reittivaihtoehtoja on kaksi kappaletta: nykyisen metsän keskellä kulkevan reitin hyödyntäminen tai tien viereen rakentaminen. Tieviereen rakentaminen ei ole tässä tapauksessa järkevä vaihtoehto, koska nykyinen 45 kV -johtokatu on lähes puuvarma. 45 kV -linja kulkee yhden tai useamman 20 kV -avojohdon vierellä.

Ukkonen on nykyisen 45 kV -linjan yksi suurimmista ongelmista. Ukkosköyden asentaminen koko linjalle on kallis ratkaisu, koska se johtaa TT-pylväsraakenteeseen. Orsien maadoittaminen johtaa helposti TT-pylväsraakenteeseen, koska maadoitetun orren pitää olla vaihejohtimien yläpuolella, jotta ukkonen iskisi orreen 50 prosentin todennäköisyydellä. Orren maadoittaminen I-pylväessä ei vähennä ukkosvaurioita. (Suurjännitetekniikka 2011, 22)

Sähköasemat kannattaa saneerata täysin uusiksi samalla, koska nykyisten asemien osan komponenttien teknistaloudellinen elinikä on jo täynnä ja komponentit ovat tyypiltään sellaisia, joiden saatavuus on nykyään heikkoa. Sähköasemat pitää rakentaa Hilmon voimalaitoksen lähelle ja Kannonkosken taajaman eteläpuolelle. 20 kV -verkon rakenne säilyisi täysin samanlaisena kuin ennen. Uutta 20 kV -verkkoa ei rakenneta ollenkaan tässä suunnitelmassa.

45 kV -verkon osittaisella saneerauksella voidaan myös hakea lisää aikaa ennen pysyvemmän ratkaisun rakentamista. Ennen osittaista saneerausta olisi hyvä päättää, minkälaiseksi verkko halutaan pitkällä tähtäimellä kehittää, jotta saneeraustoimenpiteet ovat järkeviä ja hyödyllisiä myös lopullisen verkon kannalta.

6.5 36 kV -vaihtoehto

45 kV -siirtoverkko korvataan 36 kV -maakaapelilla. 36/20 kV -sähköasemat tulisivat suunnilleen vanhojen asemien paikoille. Yhteys VFV:n alueverkkoon tulisi Viitasaaren sähköasemalle. 36 kV -maakaapeli on rakenteeltaan hyvin samanlaista kuin vastaava 20 kV -kaapeli, joten sen asentaminen onnistuu samalla tekniikalla kuin 20 kV -kaapelin asentaminen, jolloin verkon rakentaminen on suhteellisen halpaa. 20 kV -verkkoon ei tehdä muutoksia. Verkon tehonsiirtokyky olisi riittävä siirtämään alueen tehot.

36kV -jännitetaso ei ole Vattenfallin käytössä, joten uuden jännitetason käyttöönotto on kyseenlaista, kun jännitetasoja halutaan vähentää. 45 kV:n verkosta halutaan päästä eroon ja 36 kV -jännitetaso ei tuo suurta hyötyä verkkoyhtiölle.

Suunnitelman kustannukset nousevat samalle tasolle kuin niissä suunnitelmissa, joissa rakennetaan uusi 110 kV -sähköasema. Joten 36 kV -järjestelmää ei kannata hankkia, sillä sen tuomat hyödyt ovat pienemmät kuin 110 kV -sähköasemassa. Tämä suunnitelma on jätetty pois vertailuista.

7 110 KV -PÄÄMUUNTAJAN TEHON MITOITTAMINEN

Päämuuntaja on yksi sähköaseman kalleimmista komponenteista, mutta sen käyttöikä on pitkä. Ylimitoitus pidentää muuntajan käyttöaikaa, koska se laskee käämityksen lämpötilaa. Muuntajan kytkentäryhmän määrittää sähköverkkoyhtiö. Verkkoyhtiöt käyttävät vain yhtä kytkentäryhmää verkkoalueellaan, koska silloin voidaan tehdä kytkentämuutoksia eri sähköasemien välillä ilman käyttökatkoja.

Muuntaja mitoitetaan tulevaisuuden kuormituksen mukaan ja lisäksi muuntajiin pitää jättää kuormitusvaraa muiden sähköasemien korvaustilanteiden varalle. Taulukossa 1 on verkon nykyinen kuormitus sekä arvio kuormituksesta vuonna 2030. Arvio muuntajan kuormituksesta perustuu kuntien kaavoitukseen ja yleiseen sähkötalouden kasvuun, joka on TVO:n mukaan 1,2 prosenttia vuodessa vuoteen 2020 asti ja sen jälkeen 0,7 prosenttia. (Sähkön kulutuksen kasvu, 2011).

TAULUKKO 1. Päämuuntajien tehon mitoitus

Suunnitelma	Kuormitus nyt		Kuormitus 2030		10 MVA -muuntajan käyttöaste 2030	16 MVA -muuntajan käyttöaste 2030
Hilmo	6109 kW		8292 kW		82,9 %	51,8 %
Kangasniemi	6109 kW		8293 kW		82,9 %	51,8 %
Huopanankoski	5069 kW		7051 kW		70,5 %	44,1 %

Kaikissa suunnitelmissa sähköasemalle tulee yksi päämuuntaja. Hilmon voimalaitos asettaa vaatimuksia päämuuntajalle vain tehon suhteen. Päämuuntajan on oltava teholtään suurempi tai yhtä suuri kuin voimalaitoksen maksimiteho, joka on 7 MW.

Hilmon suunnitelmassa sähköaseman jakelualue on 45 kV. Siihen kuuluvat Hilmon ja Kannonsahan sähköaseman alueet sekä Kivijärven taajama (jakelualue on esitetty tarkemmin kuviossa 6). Kangasniemen suunnitelmassa sähköaseman jakelualue on 45 kV. Siihen kuuluvat Hilmon ja Kannonsahan sähköaseman alueet sekä Kivijärven taajama (jakelualue on esitetty tarkemmin kuviossa 16). Huopanankosken suunnitelmassa sähköaseman jakelualue on 45 kV. Se pitää sisällään Hilmon ja Kannonsahan sähköasemien alueet, Ylä-Keiteleen ja Muuruejärven välisen kankaan sekä Vuoksijärven itäosan (jakelualue on esitetty tarkemmin kuviossa 23).

Kaikissa suunnitelmissa päämuuntajan kuormat olisivat noin 7-8 MW vuonna 2020, mikäli kaavoitetut alueet rakennetaan ja sähkön kulutuksen kasvu on ennusteen mukaista. Kaikkiin suunnitelmiin kannattaa valita 16 MVA -päämuuntaja, koska sen käyttöaste on järkevä ja siinä on riittävästi tehovaraa korvaustilanteiden varalle (taulukko 1).

8 VAIHTOEHTOJEN VERTAILU

Vertailtavat vaihtoehdot ovat Hilmon, Huopanankosken ja Kangasniemen vaihtoehdot sekä 45 kV -verkon saneeraus. Niitä verrataan nykytilanteeseen.

8.1 Tekniset ominaisuudet

8.1.1 Kangasniemen suunnitelma

Sähköasema sijaitsee kulutusalueen keskellä, jolloin siirtomatkat kulutukseen pysyvät järkevinä. Suunnitelma kehittää tarkastelun alueen sähkönjakelua tasapuolisesti. Hilmon voimalaitos on tässä suunnitelmassa kaikkein kauimpana sähköasemasta, noin 16 km päässä. Vaatimuksena suunnitelman toteuttamiselle on, että VFV ostaa noin 40 km Fingridiltä vapautuvaa 220 kV -johtoa Kinnulasta etelään. Lisäksi pitää rakentaa noin 9 km uutta 110 kV -johtoa. Sähköasemapaikan ympäristö on talousmetsää.

8.1.2 Huopanankosken suunnitelma

Sähköasema sijaitsee kulutusalueen itäreunalla, jolloin sen vaikutus ei ulotu niin pitkälle länteen kuin muiden suunnitelmien. Kivijärven taajaman jakelu ei kehity tällä suunnitelmalla. Sähköasema on erittäin lähellä Viitasaaren sähköasemaa, noin 13 kilometrin päässä. Suunnitelma kehittää ja selkeyttää huomattavasti Viitasaaren länsipuolen sähkönjakelua. Sen sijaan Kannonkosken ja Karstulan raja-alueita suunnitelma ei kehitä. Hilmon voimalaitos on noin 12 kilometrin päässä sähköasemalta. Kivijärjen taajaman korvaaminen vaikeutuu nykyisestä kun Kannonsahan 45/20 kV sähköaseman puretaan. 110 kV -johtokadun voi rakentaa nykyiseen 45 kV -johtoaukkoon. Tässä vaihtoehdossa rakennettavan johdon pituus on kaikkein lyhyin, noin 7 km. Suunnitellun sähköasemapaikan ympäristössä on luonnonsuojelun alueita ja kulttuuriympäristönä arvokkaita alueita, jotka voivat vaikeuttaa suunnittelua.

8.1.3 Hilmon suunnitelma

Sähköasema sijaitsee kulutusalueen keskellä Hilmon voimalaitoksen lähistöllä. Suunnitelma kehittää koko tarkastelualueen sähkönjakelua. Suunnitelmassa on pisin uuden 110 kV -johto-osuuden rakentaminen, noin 17 km. 110 kV -johto-osuus pitää tehdä maastoon, jossa ei ennen ole kulkenut suurjännitelinjaa. Kivijärven taajamaan pitää rakentaa vesistökaapeli, jotta taajaman jakelu on järkevästi mahdollista myös korvaustilanteessa. Suunnitellun sähköaseman ympäristö on talousmetsää ja peltoa.

8.2 Rakentamismateriaali

Taulukossa 2 on esitetty eri 110 kV -suunnitelmissa rakennettavan uuden verkon ja sähköaseman tarvittava materiaalimäärä. 45 kV -saneerauksessa on ilmoitettu tarvittava materiaalimäärä, kun verkko saneerataan nykyisen kaltaiseksi (taulukko 3).

TAULUKKO 2. 110 kV -suunnitelmissa rakennettavan verkon materiaalimäärät

Tuote	Hilmo	Kangasniemi	Huopanankoski
Uutta 110 kV johtoa	17 km	9 km	7 km
Lunastettavaa 220 kV johtoa	0 km	40 km	0 km
Sähköasema 110 kV kojeisto			
110/20 kV muuntaja 16 MVA	1 kpl	1 kpl	1 kpl
Muuntajaperustus ja liitynnät ilmaeristeisellä asemalla	1 kpl	1 kpl	1 kpl
Ilmaeristeinen 1-kiskokojeiston	1 kpl	1 kpl	1 kpl
Suojaus- ja automaatio	1 kpl	1 kpl	1 kpl
Sähköasema 20 kV kojeisto			
Ilmaeristeinen 1-kiskokojeisto	1 kpl	1 kpl	1 kpl
Ilmaeristeinen 1-kiskokojeiston lisäkentä	5 kpl	4 kpl	6 kpl
Suojaus- ja automaatio asemakohtainen	1 kpl	1 kpl	1 kpl
Suojaus lisäkenttään	5 kpl	4 kpl	6 kpl
20 kV -kaapeli 95 mm ²	1 km	6 km	5 km
20 kV -kaapeli 150 mm ²	37 km	8 km	26 km
20 kV -kaapeli 240 mm ³	0 km	16 km	12 km
20 kV -katkaisija-asema	1 kpl	1 kpl	1 kpl
20 kV -erotin	4 kpl	4 kpl	10 kpl

TAULUKKO 3. 45 kV saneeraukseen tarvittava materiaali

Tuote	Määrä	Yksikkö
45 kV johtoa	42	km
45/20kV sähköasema	2	kpl
110 kV asemalle 45kV kojeisto	1	kpl
45 kV erotin	3	kpl
Muuntajat 45/20 kV		
6 MVA	2	kpl
10MVA	1	kpl

8.3 Luotettavuus

Taulukossa 4 on esitetty RNA-laskennan tärkeimmät arvot verrattuna nykytilanteeseen. Täydelliset RNA-laskennan tulokset ovat liitteessä 1. Tulokset kertovat, kuinka suunnitelmat parantavat nykyisen 20 kV -verkon luotettavuutta. Suurimmat taloudelliset säästöt luotettavuuskustannuksista ovat Huopanankosken suunnitelmassa: säästöt ovat noin kaksi kertaa suuremmat kuin muilla 110 kV -vaihtoehdoilla. Hilmon ja Kangasniemen suunnitelmien luotettavuuskustannussäästöt ovat melkein yhtä suuret, Hillossa hieman suuremmat.

TAULUKKO 4. RNA-laskennan tärkeimmät tulokset verrattuna nykytilanteeseen. Negatiivinen arvo tarkoittaa arvon pienenemistä verrattuna nykyhetkeen.

	Nykytilanne	Hilmo	Kangasniemi	Huopanankoski
Vika-asiakaskerrat [kpl/a]	25482,30	2144,58	-1124,96	-1828,90
Sähköttömien ajanjaksojen summa [min/a]	13558,86	45,97	84,58	126,98
Asiakkaiden vikakeskeytystunnit [h/a]	21173,36	320,27	-544,86	-2258,59
Asiakkaiden työkeskeytystunnit [h/a]	2170,98	-7,66	-17,81	-65,72
Pikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	206,83	-65,52	-73,26	-65,39
Aikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	36,50	-11,56	-12,93	-11,54
SAIDI	65,03	-18,73	-13,58	-13,22
SAIFI	66,74	-14,35	-9,46	-10,59
CAIDI	14,12	-2,91	-3,82	-0,08
Jälleenkytkentäkustannukset [€]	62324,43	-16955,46	-22571,02	-19354,43
5-8 h vikakeskeytysten kustannukset [€]	60216,02	-3062,08	-2280,27	-7694,46
8-12 h vikakeskeytysten kustannukset [€]	24217,42	-1231,51	-917,12	-3094,70
Yli 12 h vikakeskeytysten kustannukset [€]	8774,21	-446,20	-332,29	-1121,28
Vikakeskeytysten kustannukset, yhteensä [€]	264081,98	-12005,02	-6949,94	-33701,45
Työkeskeytyskustannukset [€]	15927,38	3139,51	6696,65	-441,64
Luotettavuuskustannukset, yhteensä [€]	342333,79	-25820,96	-22824,31	-53497,52

8.4 Suunnitelmien paremmuusjärjestys

Suunnitelmien paremmuusjärjestys luotiin alla olevien kriteerien luoman kokonaiskuvan perusteella:

- Luvun 6 alussa olevien teknisten kriteerien käyttäminen
- Sähkönjakelun luotettavuuden kehittyminen
- Sähköaseman sijainti verrattuna jakelualueeseen
- Kustannukset

Suunnitelmien paremmuusjärjestys:

1. Huopanankoski ja kevyt sähköasema Kivijärven eteläpuolelle
2. Kangasniemi
3. Hilmo
4. Huopanankoski
5. 45 kV -saneeraus

Huopanankosken suunnitelman heikkous on Kannonkosken länsipuolen sähköjakelun jääminen ennalleen ja Kannonsahan 45/20 kV -sähköaseman poistuminen, jolloin Kivijärven taajaman korvaaminen yksinään Kyyjärven sähköaseman varaan, kun Kinnulan sähköasema on pois käytöstä. Länsipuolen sähköjakelua voi kehittää esimerkiksi kappaleessa 6.4 esitetyillä vaihtoehdoilla. Koska sähköasema sijaitsee jakelualueen laidalla, joudutaan rakentamaan pitkiä kaapeliyhteyksiä sähköasemalta kulutusalueelle. Tämä suunnitelma tuo selvästi suurimmat luotettavuussäästöt nykyiseen verkkoon. On selvästi paras ratkaisu, jos kevyt sähköasema rakennetaan Kivijärven eteläpuolelle tai tarkastelualueen länsipuolen sähköjakelua kehitetään muulla tavalla. Ilman länsipuolen kehityshankkeita suunnitelmaa ei kannata toteuttaa.

Kangasniemen suunnitelman vahvuus on, että se kehittää tarkasteltavan alueen sähköjakelua koko tarkastelualueella toisin kuin Huopanankosken suunnitelma, joka rajoittuu enemmän itä- ja keskiosaan. Suunnitelma on paras ratkaisu alueen sähköjakelulle, jos sinne ei haluta rakentaa kuin yksi sähköasema. Suunnitelman toteuttamisen aikataulu on osittain avoin, koska Fingrid on ilmoittanut rakentavansa 400 kV -linjan tämän vuosikymmenen lopulla toisen 220 kV -linjan tilalle. Sen jälkeen vapautuu tässä suunnitelmassa tarvittava toinen 220 kV. Koska tämän vaihtoehdon voi toteuttaa aikaisintaan

tämän vuosikymmenen lopulla, on 45 kV -verkkoon tehtävä saneerauksia, jotta se kestäisi sinne saakka.

Hilmon suunnitelman etuja ovat Hilmon voimalaitoksen jakelun helppous sekä aseman sijainti kohtuullisen keskellä jakelualueetta, mistä syntyy tarve rakentaa uusi 20 kV -runkoverkko. Heikkoutena on pitkä ja kallis 110 kV -linja ja siitä johtuva muita suunnitelmia korkeampi kokonaishinta suunnitelmalle. Kivijärven taajaman jakelun kehittäminen on helpohkoa tässä suunnitelmassa. Tämä olisi paras ratkaisu, jos Hilmon voimalaitoksen liittyminen alueverkkoon halutaan varmistaa rinnakkaisella kaapelilla. Suunnitelma on helpoin vaihtoehto toteuttaa, jos Fingridin 220 kV -linjaa ei haluta lunastaa.

Huonoin suunnitelma olisi toteuttaa nykyisen 45 kV -järjestelmän saneeraus nykyisen kaltaiseksi. Sen kustannukset ovat samaa hintaluokkaa muiden vaihtoehtojen kanssa ja saneeraus ei kehittäisi alueen jakelua kuin nimellisesti.

9 POHDINTAA

Täysin selkeästi parasta vaihtoehtoa tässä työssä ei löydetty korvaamaan nykyistä 45 kV - alueverkkoa. Jokaisessa suunnitelmassa on omat hyvät ja huonot puolensa. Suunnitelmat kehittävät alueen sähkönjakelua eri tavoin ja erot suunnitelmien välillä ovat pieniä, jolloin niiden vertailu on vaikeaa. Suurimmat erot uusissa 110 kV - sähköasemasuunnitelmissa liittyvät rakennettavan alueverkon linjauksiin, jolloin alueverkkopäätökset ovat merkittävässä roolissa vaihtoehtoja puntaroidessa. Esimerkiksi Fingridin 220 kV -linjan lunastamatta jättäminen sulkee pois yhden suunnitelman kokonaan ja toisesta suunnitelmasta se sulkee pois jatkokehitysmahdollisuuden. Kaikki 110 kV -sähköasemaratkaisut ovat toteutuskelpoisia ja suunnilleen yhtä hyviä, jolloin lopullinen ratkaisu riippuu paljolti VFV:n halusta sitoutua kyseiseen ratkaisuun sekä siitä, kuinka nopeasti ratkaisu halutaan valmiiksi.

Kahden 45 kV -sähköaseman vaihtoehto on liian kallis verrattuna 110 kV - vaihtoehtoihin, joten niitä ei kannata suunnitella. Yhden 45 kV -sähköaseman vaihtoehdosta olisi tullut hyvin samanlainen kuin Hilmon 110 kV -sähköasema vaihtoehdosta, koska Hilmon vesivoimalaitos tarvitsee luotettavan yhteyden valtakunnan verkkoon ja voimalaitoksen tehon vuoksi sen energiaa ei kannata siirtää pitkiä matkoja 20 kV - jännitetasolla. Näiden asioiden vuoksi 45 kV -sähköasema kannattaa rakentaa mahdollisimman lähelle voimalaitosta eli nykyisen Hilmon sähköaseman kohdalle.

LÄHTEET

Energiamarkkinavirasto. 2011. Sähköverkkokomponenttien yksikköhinnat 2011, Luettu 12.10.2011.

<http://www.energiamarkkinavirasto.fi/data.asp?articleid=2106&pgid=195&languageid=246>

Ericsson. 2003. AXAL-TT PRO 12/20kV -tuotekuvasto. Luettu 12.10.2011.

http://www.ericsson.com/campaign/windpower/doc/axal-tt_24kv.pdf

Fingrid. 2011. Lehdistötiedote 31.3.2011. Luettu 12.10.2011.

<http://www.fingrid.fi/portal/suomeksi/uutiset/lehdistotiedotteet?bid=1273>

Keski-Suomen liitto. 2009. Maakuntakaava. Luettu 12.10.2011.

www.keskisuomi.fi/filebank/11135-aluekehitysnakymat_www.pdf

Kivijärven kunta. 2011. Kaavoituskatsaus 2011.

Kivijärven kunta. 2011. Vapaa-ajan keskuksen asemakaava.

Lakervi E & Partanen J. 2009. Sähkönjakelutekniikka. Otatieto

Partanen J. 2011. Suurjännitetekniikka. Luettu 27.10.2011.

<https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bl20a0300/luennot/yljannitteet.pdf>

Rämä Jukka. 2008. Sähkönjakelun luotettavuusindeksit ja laskenta. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Kandidityö. Luettu 12.10.2011.

<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/37699/nbnfife200805051309.pdf?sequence=3>

Suomen kuntaliitto. 2011. Kuntajaot ja asukasluvut 2000-2011. Luettu 26.11.2011

<http://www.kunnat.net/fi/tietopankit/tilastot/vaestotietoja/Documents/Kuntajaot%20ja%20asukasluvut%202000-2011.xls>

Sähkömarkkinalaki 17.3.1995/386. Luettu 12.10.2011.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1995/19950386>

Tekla. 2011. Luotettavuuslaskenta. Luettu 12.10.2011.

<http://www.tekla.com/fi/products/tekla-xpower/functionalities-for-electricity-distribution/planning/reliability-analysis/Pages/Default.aspx>

Tekla. 2011. Xpower. Luettu 12.10.2011.

<http://www.tekla.com/fi/products/tekla-xpower/Pages/Default.aspx>

TVO. 2011. Sähkönkulutusennuste. Luettu 12.10.2011.

<http://www.tvon.fi/ytimekas/0407/sahkonkulutus.html>

Vattenfall. 2011. Hilmon vesivoimalaitos. Luettu 12.10.2011.

<http://voimalaitokset.vattenfall.fi/powerplant/hilmo>

Vattenfall. 2011. Vattenfall-konserni. Luettu 12.10.2011.

<http://www.vattenfall.fi/fi/vattenfall-konserni.htm>

Vattenfall. 2011. Vattenfall-konsernin historia. Luettu 12.10.2011.
<http://www.vattenfall.fi/fi/konsernin-historia.htm>

Vattenfall. 2011. Sisäinen lähde.

Vattenfall. 2011. Vattenfall Suomessa. Luettu 12.10.2011.
<http://www.vattenfall.fi/fi/vattenfall-suomessa.htm>

Vattenfall. 2011. Vattenfall Suomessa historia. Luettu 12.10.2011.
<http://www.vattenfall.fi/fi/historia-suomessa.htm>

Vattenfall. 2011. Vattenfall Verkko Oy. Luettu 12.10.2011.
<http://www.vattenfall.fi/fi/vattenfall-verkko.htm>

Vattenfall Verkko Oy. 2011. Sisäinen lähde.

Viitasaaren kaupunki. 2005. Huopanankosken kulttuuriympäristöselvitys. Luettu 14.12.2011.
http://www.wiitaunioni.fi/filebank/701-Huopanankosken_kulttuuriymparistoselvitys.pdf

Viitasaaren kaupunki. 2005. Huopanan kulttuuriympäristöselvitys. Luettu 14.10.2011.
http://www.wiitaunioni.fi/filebank/700-Huopanan_kulttuuriymparistoselvitys.pdf

RNA-laskennan tulokset

LIITE 1

TAULUKKO 5. RNA-laskennan tulokset nykytilanne

Tunnus	01 HILM_KIRKONKYLÄ	02 HILM_LOKAKYLÄ	03 HILM_KEITELEPOHJA	01 KANN_KIVIJÄRVI	02 KANN_HUMPPI	03 KANN_KANNONKOSKI	04 KANN_KALMARI	09 KN_KIVIJÄRVI	10 KST_KANNONSAHA	11 KST_KIVIJÄRVI	04 KYY_KIVIJÄRVI	06 VRI_HUOPANA	10 VRI_VUORILAHTI
Taulu	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste
Asiakkaita [kpl]	274,00	287,00	160,00	279,00	300,00	663,00	209,00	1107,00	64,00	217,00	507,00	547,00	289,00
Vikoja [kpl/a]	4,86	5,25	3,26	6,21	5,25	4,60	3,12	6,89	0,85	3,92	8,79	7,39	6,76
Sähköttömien ajanjaksojen summa [min/a]	968,97	1056,36	658,78	1273,40	1063,67	931,03	613,81	1351,53	167,96	792,26	1795,82	1495,00	1390,25
Asiakkaiden vikakeskeytystunnit [h/a]	1722,64	986,90	581,43	1861,22	1258,73	2859,59	1429,17	2532,38	128,24	762,11	2904,85	2604,66	1541,44
Työkeskeytyksiä [kpl/a]	3,50	3,72	2,08	2,96	3,32	3,50	1,93	6,36	0,85	2,48	5,26	4,65	3,57
Työkeskeytysten kesto [min/a]	209,99	223,28	124,85	177,58	198,98	209,82	115,96	381,84	51,10	148,93	315,65	278,94	214,19
Pikajälleenytkentöjä [kpl/a]	20,80	21,41	12,88	20,26	20,62	20,50	11,24	11,83	1,77	6,83	32,73	14,36	11,59
Aikajälleenytkentöjä [kpl/a]	3,67	3,78	2,27	3,58	3,64	3,62	1,98	2,09	0,31	1,20	5,78	2,53	2,05
Jännitekuoppia [kpl/a]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5-8 h kestäviä vikoja [kpl/a]	0,99	1,10	0,70	1,41	1,15	0,97	0,64	1,39	0,17	0,86	1,97	1,58	1,53
5-8 h vikakeskeytysten kustannukset [€]	4800,17	1927,42	1630,65	3779,65	2199,73	12895,28	3213,64	5748,27	3274,81	2914,33	5776,44	6646,99	5408,64
8-12 h kestäviä vikoja [kpl/a]	0,26	0,29	0,19	0,38	0,31	0,26	0,17	0,37	0,05	0,23	0,52	0,42	0,41
8-12 h vikakeskeytysten kustannukset [€]	1930,60	775,16	655,83	1520,22	884,71	5186,31	1292,57	2311,07	1317,09	1172,12	2323,15	2673,38	2175,21
Asiakkaiden keskimääräiset työkeskeytystunnit [h/a]	0,56	0,35	0,38	0,56	0,40	0,38	0,67	0,31	0,35	0,40	0,46	0,61	0,59
Asiakkaiden keskimääräiset vikakeskeytystunnit [h/a]	6,29	3,44	3,63	6,67	4,20	4,31	6,84	2,29	2,00	3,51	5,73	4,76	5,33
Asiakkaiden työkeskeytystunnit [h/a]	152,98	101,84	61,16	157,25	118,92	250,54	139,53	340,87	22,36	87,83	234,04	333,23	170,42
CAIDI	1,26	0,94	1,10	1,07	0,81	0,94	1,98	0,50	1,96	1,21	0,67	0,86	0,81
Jälleenytkentä-asiakaskerrat [kpl/a]	6704,27	5188,91	2423,61	6651,10	7277,79	15992,67	2763,02	13800,25	133,53	1263,80	19520,98	7064,82	3940,19
Jälleenytkentä-kulutuspistekerrat [kpl/a]	1003,19	726,14	348,39	786,69	873,33	1037,23	277,62	971,08	20,86	148,05	2156,16	724,29	504,45
Jälleenytkentäkustannukset [€]	4224,84	2236,22	1429,64	2709,12	2790,75	17631,39	1247,99	10168,84	1384,46	859,07	10170,78	3869,95	3601,38
Keskimääräiset jälleenytkentä-asiakaskerrat [kpl/a]	24,47	18,08	15,15	23,84	24,26	24,12	13,22	12,47	2,09	5,82	38,50	12,92	13,63
Keskimääräiset jälleenytkentä-kulutuspistekerrat [kpl/a]	24,47	18,15	15,15	23,84	24,26	24,12	13,22	12,61	2,09	5,92	38,50	12,93	13,63
Keskimääräiset työkeskeytytys-asiakaskerrat [kpl/a]	0,56	0,35	0,38	0,56	0,40	0,38	0,67	0,31	0,35	0,40	0,46	0,61	0,59
Keskimääräiset työkeskeytytys-kulutuspistekerrat [kpl/a]	0,57	0,37	0,39	0,55	0,44	0,53	0,64	0,43	0,31	0,46	0,46	0,60	0,53
Keskimääräiset vika-asiakaskerrat [kpl/a]	4,86	3,67	3,26	6,21	5,25	4,60	3,12	4,89	0,85	2,83	8,79	5,64	6,76
Keskimääräiset vika-kulutuspistekerrat [kpl/a]	4,86	3,68	3,26	6,21	5,25	4,60	3,12	5,09	0,85	2,88	8,79	5,64	6,76
Kohteen ID	15642804,00	15642806,00	15642805,00	15642802,00	15642801,00	15642800,00	15642799,00	15642795,00	15642734,00	15642737,00	32713562,00	15642749,00	15642747,00
Kotitalous [kpl]	242,00	268,00	146,00	268,00	282,00	568,00	202,00	966,00	34,00	188,00	464,00	516,00	262,00
Kulutuspisteiden keskimääräiset työkeskeytystunnit [h/a]	0,57	0,37	0,39	0,55	0,44	0,53	0,64	0,43	0,31	0,46	0,46	0,60	0,53
Kulutuspisteiden keskimääräiset vikakeskeytystunnit [h/a]	6,22	3,52	3,70	6,52	4,28	5,08	6,72	3,18	1,87	3,58	6,03	4,87	4,99
Kulutuspisteiden työkeskeytystunnit [h/a]	23,26	14,92	8,87	18,24	15,95	22,91	13,45	33,21	3,07	11,50	25,62	33,53	19,72
Kulutuspisteiden vikakeskeytystunnit [h/a]	254,97	140,87	85,00	215,16	154,06	218,58	141,17	245,00	18,67	89,38	337,89	272,53	184,60
Kulutuspisteitä [kpl]	41,00	40,00	23,00	33,00	36,00	43,00	21,00	77,00	10,00	25,00	56,00	56,00	37,00
Luotettavuuskustannukset, yhteensä [€]	24690,30	10524,19	8000,77	16939,24	12314,78	80822,05	12936,62	49664,28	16804,85	11383,11	38241,73	31822,76	28189,11
Maatalous [kpl]	21,00	9,00	7,00	6,00	7,00	8,00	4,00	37,00	2,00	8,00	21,00	11,00	6,00
Muuntajan tunnus	HILMPT1	HILMPT1	HILMPT1	KANNPT1	KANNPT1	KANNPT1	KANNPT1	KNPT1	KSTPT1	KSTPT1	KYYPT1	VRIPT2	VRIPT2
Palvelu [kpl]	8,00	10,00	5,00	4,00	11,00	8,00	3,00	95,00	16,00	15,00	18,00	16,00	19,00
Parametriston ID	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Parametriston nimi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pienin jäännösjännite [%]	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Pienin jäännösjännite [%] as.ryhmissä Kotitalous	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Pienin jäännösjännite [%] as.ryhmissä Maatalous	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Pienin jäännösjännite [%] as.ryhmissä Palvelu	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Pienin jäännösjännite [%] as.ryhmissä Teollisuus	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
SAIDI	6,85	3,79	4,02	7,23	4,59	4,69	7,51	2,60	2,35	3,92	6,19	5,37	5,92
SAIFI	5,41	4,02	3,65	6,77	5,64	4,98	3,79	5,19	1,20	3,24	9,25	6,24	7,35
SASLCI	1,00	0,95	0,97	1,00	1,00	0,99	0,98	0,99	0,70	0,94	1,00	1,00	1,00
SLCI as.ryhmissä Kotitalous	1,00	0,95	0,97	1,00	1,00	0,99	0,98	0,99	0,70	0,94	1,00	1,00	1,00
SLCI as.ryhmissä Maatalous	1,00	0,95	0,97	1,00	1,00	0,99	0,97	1,00	0,73	0,95	1,00	1,00	1,00
SLCI as.ryhmissä Palvelu	1,00	0,94	0,97	1,00	1,00	0,99	0,97	0,99	0,69	0,94	1,00	1,00	1,00
SLCI as.ryhmissä Teollisuus	1,00	0,00	0,97	1,00	0,00	0,99	0,00	0,99	0,67	0,92	1,00	1,00	1,00
Sietämättömät keskeytykset as.ryhmissä Kotitalous [kpl/a]	8,36	8,97	5,34	9,17	8,56	7,73	5,05	13,14	1,56	6,41	14,05	12,04	10,33
Sietämättömät keskeytykset as.ryhmissä Maatalous [kpl/a]	7,73	7,87	4,45	7,58	6,84	6,67	4,76	11,15	1,36	5,96	11,98	10,96	8,64
Sietämättömät keskeytykset as.ryhmissä Palvelu [kpl/a]	7,32	7,18	4,92	8,07	7,42	7,65	4,20	10,84	1,64	5,76	12,36	10,39	8,77
Sietämättömät keskeytykset as.ryhmissä Teollisuus [kpl/a]	6,40	0,00	3,66	6,81	0,00	5,59	0,00	8,55	1,57	4,71	9,89	8,87	8,11
Taulu_ID	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00
Teollisuus [kpl]	3,00	0,00	2,00	1,00	0,00	7,00	0,00	9,00	12,00	6,00	4,00	4,00	2,00
Työkeskeytytys-asiakaskerrat [kpl/a]	152,99	101,84	61,16	157,26	118,93	250,55	139,53	340,88	22,36	87,83	234,05	333,24	170,43
Työkeskeytytys-kulutuspistekerrat [kpl/a]	23,26	14,92	8,87	18,24	15,95	22,92	13,46	33,22	3,07	11,50	25,62	33,54	19,72
Työkeskeytytyskustannukset [€]	1083,92	480,66	405,64	715,09	526,41	3396,52	650,02	2645,31	670,54	730,17	1272,37	1844,13	1506,60
Vika-asiakaskerrat [kpl/a]	1330,60	1052,05	522,06	1731,92	1574,14	3050,29	651,78	5408,57	54,39	614,30	4454,63	3082,64	1954,93
Vika-kulutuspistekerrat [kpl/a]	199,10	147,28	75,05	204,85	188,90	197,83	65,49	391,63	8,50	71,98	492,03	316,04	250,29
Vikakeskeytytys-kustannukset, yhteensä [€]	19381,54	7807,31	6165,49	13515,03	8997,62	59794,14	11038,61	36850,13	14749,84	9793,87	26798,59	26108,68	23081,14
Yli 12 h kestäviä vikoja [kpl/a]	0,07	0,07	0,05	0,09	0,08	0,06	0,04	0,09	0,06	0,13	0,13	0,11	0,10
Yli 12 h vikakeskeytytys-kustannukset [€]	699,49	280,85	237,62	550,82	320,55	1879,09	468,34	837,16	477,20	424,68	841,70	968,62	788,10

TAULUKKO 6. RNA-laskennan tulokset Hilmon vaihtoehto

Hierarkia	KNPT1	KSTPT1	KSTPT1	KYYPT1	VRIPT2	VRIPT2	xxxPT1	xxxPT1	xxxPT1	xxxPT1	xxxPT1
Tunnus	09 KN_KIVIJÄRVI	10 KST_KANNONSAHA	11 KST_KIVIJÄRVI	04 KYY_KIVIJÄRVI	06 VRI_HUOPANA	10 VRI_VUORILAHTI	03 xxx	04 xxx	05 xxx	07 xxx Voimalaitos	06 xxx Voimalaitos
Taulu	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste
Asiakkaita [kpl]	1107,00	64,00	217,00	507,00	547,00	289,00	274,00	160,00	287,00	1451,00	1,00
Vikoja [kpl/a]	6,89	0,85	3,92	8,79	7,38	6,76	4,86	3,26	5,25	19,36	0,01
Sähköttömien ajanjaksojen summa [min/a]	1351,53	167,96	792,26	1795,82	1493,80	1390,25	969,14	659,04	1056,55	3927,25	1,21
Asiakkaiden vikakeskeytystunnit [h/a]	2466,70	128,24	756,68	2904,85	2465,38	1538,53	1720,08	579,43	861,48	8072,25	0,02
Työkeskeytyksiä [kpl/a]	6,36	0,85	2,48	5,26	4,65	3,57	3,50	2,08	3,72	11,83	0,06
Työkeskeytysten kesto [min/a]	381,84	51,10	148,93	315,65	278,94	214,19	210,02	124,84	223,26	709,57	3,75
Pikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	11,83	1,77	6,83	32,73	14,31	11,59	10,37	6,39	10,57	34,89	0,03
Aikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	2,09	0,31	1,20	5,78	2,52	2,05	1,83	1,13	1,86	6,16	0,01
5-8 h kestäviä vikoja [kpl/a]	1,39	0,17	0,86	1,97	1,58	1,53	0,99	0,70	1,10	4,15	0,00
5-8 h vikakeskeytysten kustannukset [€]	5559,70	3274,81	2914,33	5776,44	6320,69	5425,02	4800,17	1630,65	1686,39	19765,75	0,00
8-12 h kestäviä vikoja [kpl/a]	0,37	0,05	0,23	0,52	0,42	0,41	0,26	0,19	0,29	1,11	0,00
8-12 h vikakeskeytysten kustannukset [€]	2235,22	1317,09	1172,12	2323,15	2542,13	2181,80	1930,60	655,83	678,23	7949,75	0,00
Asiakkaiden keskimääräiset työkeskeytystunnit [h/a]	0,31	0,35	0,40	0,46	0,61	0,59	0,56	0,38	0,35	0,45	0,06
Asiakkaiden keskimääräiset vikakeskeytystunnit [h/a]	2,23	2,00	3,49	5,73	4,51	5,32	6,28	3,62	3,00	5,56	0,02
Asiakkaiden työkeskeytystunnit [h/a]	340,87	22,36	87,83	234,04	333,23	170,42	153,00	61,16	101,83	658,51	0,06
CAIDI	0,49	1,96	1,20	0,67	0,82	0,80	1,26	1,10	0,83	0,89	1,18
Jälleenkytkentä-asiakaskerrat [kpl/a]	13800,25	133,53	1263,80	19520,98	7028,35	3940,19	3341,51	1203,73	2568,05	19871,65	0,04
Jälleenkytkentä-kulutuspistekerrat [kpl/a]	971,08	20,86	148,05	2156,16	720,55	504,45	500,01	173,04	359,36	1987,28	0,04
Jälleenkytkentäkustannukset [€]	10168,84	1384,46	859,07	10170,78	3849,93	3612,75	2105,73	710,06	1107,24	11215,32	184,80
Keskimääräiset jälleenkytkentä-asiakaskerrat [kpl/a]	12,47	2,09	5,82	38,50	12,85	13,63	12,20	7,52	8,95	13,70	0,04
Keskimääräiset jälleenkytkentä-kulutuspistekerrat [kpl/a]	12,61	2,09	5,92	38,50	12,87	13,63	12,20	7,52	8,98	14,94	0,04
Keskimääräiset työkeskeytys-asiakaskerrat [kpl/a]	0,31	0,35	0,40	0,46	0,61	0,59	0,56	0,38	0,35	0,45	0,06
Keskimääräiset työkeskeytys-kulutuspistekerrat [kpl/a]	0,43	0,31	0,46	0,46	0,60	0,53	0,57	0,39	0,37	0,53	0,06
Keskimääräiset vika-asiakaskerrat [kpl/a]	4,89	0,85	2,83	8,79	5,63	6,76	4,86	3,26	3,67	6,31	0,01
Keskimääräiset vika-kulutuspistekerrat [kpl/a]	5,09	0,85	2,88	8,79	5,64	6,76	4,86	3,26	3,68	7,06	0,01
Kohteen ID	15642795,00	15642734,00	15642737,00	32713562,00	15642749,00	15642747,00	46060995,00	46060996,00	46060994,00	46061785,00	46061004,00
Kotitalous [kpl]	966,00	34,00	188,00	464,00	516,00	262,00	242,00	146,00	268,00	1320,00	1,00
Kulutuspisteiden keskimääräiset työkeskeytystunnit [h/a]	0,43	0,31	0,46	0,46	0,60	0,53	0,57	0,39	0,37	0,53	0,06
Kulutuspisteiden keskimääräiset vikakeskeytystunnit [h/a]	3,02	1,87	3,56	6,03	4,59	4,97	6,21	3,68	3,08	6,28	0,02
Kulutuspisteiden työkeskeytystunnit [h/a]	33,21	3,07	11,50	25,62	33,53	19,72	23,26	8,87	14,92	70,10	0,06
Kulutuspisteiden vikakeskeytystunnit [h/a]	232,84	18,67	88,91	337,89	257,20	183,93	254,50	84,68	123,31	834,72	0,02
Kulutuspisteitä [kpl]	77,00	10,00	25,00	56,00	56,00	37,00	41,00	23,00	40,00	133,00	1,00
Luotettavuuskustannukset, yhteensä [€]	48704,88	16804,85	11343,59	38241,73	30369,97	28013,41	22540,63	7256,85	8365,67	99887,09	4984,16
Maatalous [kpl]	37,00	2,00	8,00	21,00	11,00	6,00	21,00	7,00	9,00	25,00	0,00
Palvelu [kpl]	95,00	16,00	15,00	18,00	16,00	19,00	8,00	5,00	10,00	98,00	0,00
Parametriston ID	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Parametriston nimi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pienin jäännösjännite [%]	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Pienin jäännösjännite [%] as,ryhmässä Kotitalous	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Pienin jäännösjännite [%] as,ryhmässä Maatalous	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Pienin jäännösjännite [%] as,ryhmässä Palvelu	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Pienin jäännösjännite [%] as,ryhmässä Teollisuus	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
SAIDI	2,54	2,35	3,89	6,19	5,12	5,91	6,84	4,00	3,36	6,02	0,08
SAIFI	5,19	1,20	3,24	9,25	6,24	7,35	5,42	3,65	4,02	6,76	0,07
SASLCI	0,99	0,70	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,95	0,97	0,07
SLCI as,ryhmässä Kotitalous	0,99	0,70	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,95	0,98	0,07
SLCI as,ryhmässä Maatalous	1,00	0,73	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,95	0,99	0,00
SLCI as,ryhmässä Palvelu	0,99	0,69	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,94	0,94	0,00
SLCI as,ryhmässä Teollisuus	0,99	0,67	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,00	0,93	0,00
Sietämättömät keskeytykset as,ryhmässä Kotitalous [kpl/a]	13,14	1,56	6,41	14,05	12,03	10,33	8,36	5,34	8,97	30,82	0,07
Sietämättömät keskeytykset as,ryhmässä Maatalous [kpl/a]	11,15	1,36	5,96	11,98	10,95	8,64	7,74	4,45	7,87	26,12	0,00
Sietämättömät keskeytykset as,ryhmässä Palvelu [kpl/a]	10,84	1,64	5,76	12,36	10,38	8,77	7,32	4,92	7,18	27,65	0,00
Sietämättömät keskeytykset as,ryhmässä Teollisuus [kpl/a]	8,55	1,57	4,71	9,89	8,86	8,11	6,40	3,66	0,00	11,45	0,00
Taulu ID	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00
Teollisuus [kpl]	9,00	12,00	6,00	4,00	4,00	2,00	3,00	2,00	0,00	8,00	0,00
Työkeskeytys-asiakaskerrat [kpl/a]	340,88	22,36	87,83	234,05	333,24	170,43	153,01	61,16	101,84	658,53	0,06
Työkeskeytys-kulutuspistekerrat [kpl/a]	33,22	3,07	11,50	25,62	33,54	19,72	23,26	8,87	14,92	70,11	0,06
Työkeskeytykskustannukset [€]	2645,31	670,54	730,17	1272,37	1844,13	1511,86	1084,08	405,62	480,62	5232,27	3189,92
Vika-asiakaskerrat [kpl/a]	5408,57	54,39	614,30	4454,63	3079,22	1954,93	1330,75	522,18	1052,15	9155,75	0,01
Vika-kulutuspistekerrat [kpl/a]	391,63	8,50	71,98	492,03	315,69	250,29	199,13	75,06	147,30	939,04	0,01
Vikakeskeytysten kustannukset, yhteensä [€]	35890,73	14749,84	9754,35	26798,59	24675,91	22888,80	19350,82	6141,17	6777,80	83439,50	1609,44
Yli 12 h kestäviä vikoja [kpl/a]	0,09	0,01	0,06	0,13	0,11	0,10	0,07	0,05	0,07	0,28	0,00
Yli 12 h vikakeskeytysten kustannukset [€]	809,68	477,20	424,68	841,70	921,06	790,48	699,49	237,62	245,73	2880,37	0,00

TAULUKKO 7. RNA-laskennan tulokset Kangasniemen vaihtoehto

Hierarkia	KNPT1	KSTPT1	KSTPT1	KYYPT1	VRIP2	VRIP2	xxxPT1	xxxPT1	xxxPT1	xxxPT1	xxxPT1
Tunnus	09 KN_KIVIJÄRVI	10 KST_KANNONSAHA	11 KST_KIVIJÄRVI	04 KYY_KIVIJÄRVI	06 VRI_HUOPANA	10 VRI_VUORILAHTI	03 xxx_	04 xxx_	05 xxx_	06 xxx_	07 xxx_
Taulu	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste
Asiakkaita [kpl]	526,00	93,00	217,00	209,00	547,00	289,00	663,00	216,00	722,00	879,00	543,00
Vikoja [kpl/a]	6,37	1,94	3,93	4,85	7,38	6,76	4,64	4,66	13,58	4,53	8,88
Sähköttömien ajanjaksojen summa [min/a]	1258,99	390,32	792,77	991,63	1493,80	1390,25	939,71	947,54	2731,90	913,71	1792,82
Asiakkaiden vikakeskeytystunnit [h/a]	1551,77	218,27	757,26	932,66	2465,38	1538,53	2441,77	1129,63	3183,95	2513,72	3895,56
Työkeskeytyksiä [kpl/a]	5,10	1,36	2,50	2,95	4,65	3,57	3,58	2,94	9,44	3,70	4,76
Työkeskeytysten kesto [min/a]	306,02	81,67	150,15	176,98	278,94	214,19	214,75	176,55	566,62	222,03	285,82
Pikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	9,37	3,44	6,90	17,89	14,31	11,59	9,78	8,35	27,47	9,43	15,04
Aikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	1,65	0,61	1,22	3,16	2,52	2,05	1,73	1,47	4,85	1,66	2,65
5-8 h kestäviä vikoja [kpl/a]	1,32	0,42	0,86	1,09	1,58	1,53	0,97	1,02	2,79	0,95	1,92
5-8 h vikakeskeytysten kustannukset [€]	4482,37	3384,63	2914,33	2223,04	6320,69	5425,02	10613,56	2970,91	8117,21	4628,65	6855,34
8-12 h kestäviä vikoja [kpl/a]	0,35	0,11	0,23	0,29	0,42	0,41	0,26	0,27	0,74	0,25	0,51
8-12 h vikakeskeytysten kustannukset [€]	1802,25	1361,26	1172,12	893,98	2542,13	2181,80	4268,58	1194,91	3264,65	1861,30	2757,32
Asiakkaiden keskimääräiset työkeskeytystunnit [h/a]	0,48	0,33	0,41	0,46	0,61	0,59	0,33	0,57	0,44	0,27	0,52
Asiakkaiden keskimääräiset vikakeskeytystunnit [h/a]	2,95	2,35	3,49	4,46	4,51	5,32	3,68	5,23	4,41	2,86	7,17
Asiakkaiden työkeskeytystunnit [h/a]	252,89	31,14	89,09	95,75	333,23	170,42	221,28	123,23	316,14	237,15	282,86
CAIDI	0,69	1,18	1,20	0,93	0,82	0,80	1,06	1,11	1,04	0,65	0,82
Jälleenkytkentä-asiakaskerrat [kpl/a]	5090,16	376,65	1281,16	4398,10	7028,35	3940,19	6117,38	2122,03	7115,37	9752,46	9609,94
Jälleenkytkentä-kulutuspiestikerrat [kpl/a]	568,09	60,75	150,05	610,26	720,55	504,45	407,75	314,37	1032,83	510,37	937,99
Jälleenkytkentäkustannukset [€]	3270,48	2717,38	871,28	2636,23	3849,93	3612,75	6702,47	1077,07	4663,21	6856,41	3496,20
Keskimääräiset jälleenkytkentä-asiakaskerrat [kpl/a]	9,68	4,05	5,90	21,04	12,85	13,63	9,23	9,82	9,86	11,09	17,70
Keskimääräiset jälleenkytkentä-kulutuspiestikerrat [kpl/a]	9,79	4,05	6,00	21,04	12,87	13,63	9,48	9,82	9,84	11,09	17,70
Keskimääräiset työkeskeytys-asiakaskerrat [kpl/a]	0,48	0,33	0,41	0,46	0,61	0,59	0,33	0,57	0,44	0,27	0,52
Keskimääräiset työkeskeytys-kulutuspiestikerrat [kpl/a]	0,52	0,31	0,47	0,43	0,60	0,53	0,47	0,61	0,45	0,38	0,50
Keskimääräiset vika-asiakaskerrat [kpl/a]	4,51	1,94	2,83	4,85	5,63	6,76	3,45	4,66	4,22	4,53	8,88
Keskimääräiset vika-kulutuspiestikerrat [kpl/a]	4,67	1,94	2,88	4,85	5,64	6,76	3,59	4,66	4,21	4,53	8,88
Kohteen ID	15642795,00	15642734,00	15642737,00	32713562,00	15642749,00	15642747,00	46289538,00	46289539,00	46289537,00	46289547,00	46336267,00
Kotitalous [kpl]	464,00	61,00	188,00	188,00	516,00	262,00	568,00	198,00	657,00	778,00	527,00
Kulutuspiesteiden keskimääräiset työkeskeytystunnit [h/a]	0,52	0,31	0,47	0,43	0,60	0,53	0,47	0,61	0,45	0,38	0,50
Kulutuspiesteiden keskimääräiset vikakeskeytystunnit [h/a]	3,44	2,28	3,56	5,00	4,59	4,97	4,22	5,29	4,44	4,04	7,25
Kulutuspiesteiden työkeskeytystunnit [h/a]	30,17	4,66	11,67	12,45	33,53	19,72	20,20	19,41	47,20	17,29	26,70
Kulutuspiesteiden vikakeskeytystunnit [h/a]	199,32	34,20	88,98	145,09	257,20	183,93	181,35	169,42	465,85	185,96	384,42
Kulutuspiesteitä [kpl]	58,00	15,00	25,00	29,00	56,00	37,00	43,00	32,00	105,00	46,00	53,00
Luotettavuuskustannukset, yhteensä [€]	24812,82	21631,23	11378,28	12083,70	30369,97	28013,41	56288,69	12297,82	52938,45	36865,15	32829,95
Maatalous [kpl]	36,00	3,00	8,00	11,00	11,00	6,00	8,00	10,00	37,00	11,00	6,00
Muokkaus aika	40687,53	40687,53	40687,53	40687,53	40687,53	40687,53	40687,53	40687,53	40687,53	40687,53	40687,53
Muuntajan tunnus	KNPT1	KSTPT1	KSTPT1	KYYPT1	VRIP2	VRIP2	xxxPT1	xxxPT1	xxxPT1	xxxPT1	xxxPT1
Palvelu [kpl]	25,00	17,00	15,00	9,00	16,00	19,00	80,00	7,00	23,00	79,00	10,00
Pienin jäännösjännite [%]	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Pienin jäännösjännite [%] as,ryhmässä Kotitalous	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Pienin jäännösjännite [%] as,ryhmässä Maatalous	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Pienin jäännösjännite [%] as,ryhmässä Palvelu	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Pienin jäännösjännite [%] as,ryhmässä Teollisuus	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
SAIDI	3,43	2,68	3,90	4,92	5,12	5,91	4,02	5,80	4,85	3,13	7,70
SAIFI	4,99	2,27	3,25	5,31	6,24	7,35	3,79	5,23	4,65	4,80	9,40
SASLCI	0,99	0,90	0,94	0,99	1,00	1,00	0,98	0,99	0,98	0,99	1,00
SLCI as,ryhmässä Kotitalous	0,99	0,90	0,94	0,99	1,00	1,00	0,98	0,99	0,98	0,99	1,00
SLCI as,ryhmässä Maatalous	0,99	0,90	0,95	0,99	1,00	1,00	0,98	0,99	0,98	0,99	1,00
SLCI as,ryhmässä Palvelu	0,99	0,90	0,94	0,99	1,00	1,00	0,97	0,99	0,97	0,99	1,00
SLCI as,ryhmässä Teollisuus	1,00	0,89	0,92	0,99	1,00	1,00	0,97	0,99	0,99	0,99	0,00
Sietämättömät keskeytykset as,ryhmässä Kotitalous [kpl/a]	11,47	3,15	6,43	7,80	12,03	10,33	7,85	7,60	23,02	8,11	13,64
Sietämättömät keskeytykset as,ryhmässä Maatalous [kpl/a]	10,42	2,68	5,99	6,47	10,95	8,64	6,67	6,88	20,24	6,44	11,02
Sietämättömät keskeytykset as,ryhmässä Palvelu [kpl/a]	9,18	2,97	5,78	6,99	10,38	8,77	7,77	6,79	19,61	7,22	11,62
Sietämättömät keskeytykset as,ryhmässä Teollisuus [kpl/a]	7,15	2,67	4,74	5,23	8,86	8,11	5,65	5,27	10,26	6,18	0,00
Taulu ID	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00
Teollisuus [kpl]	1,00	12,00	6,00	1,00	4,00	2,00	7,00	1,00	5,00	11,00	0,00
Työkeskeytys-asiakaskerrat [kpl/a]	252,89	31,14	89,09	95,75	333,24	170,43	221,29	123,24	316,15	237,15	282,87
Työkeskeytys-kulutuspiestikerrat [kpl/a]	30,17	4,66	11,67	12,45	33,54	19,72	20,20	19,41	47,20	17,29	26,70
Työkeskeytykskustannukset [€]	1835,93	698,57	744,35	571,19	1844,13	1511,86	2840,61	699,88	9191,76	1519,85	1165,90
Vika-asiakaskerrat [kpl/a]	2373,71	180,13	615,19	1014,13	3079,22	1954,93	2289,44	1005,58	3044,32	3978,61	4822,08
Vika-kulutuspiestikerrat [kpl/a]	271,14	29,05	72,09	140,72	315,69	250,29	154,21	148,98	441,75	208,21	470,66
Vikakeskeytysten kustannukset, yhteensä [€]	19706,41	18215,28	9762,66	8876,28	24675,91	22888,80	46745,60	10520,87	39083,48	28488,89	28167,85
Yli 12 h kestäviä vikoja [kpl/a]	0,09	0,03	0,06	0,07	0,11	0,10	0,06	0,07	0,19	0,06	0,13
Yli 12 h vikakeskeytysten kustannukset [€]	652,88	493,21	424,68	323,88	921,06	790,48	1546,57	432,95	1182,84	674,32	999,06

TAULUKKO 8. RNA-laskennan tulokset Huopankosken vaihtoehto

Hierarkia	KNPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1
Tunnus	09 KN_KIVIJÄRVI	10 KST_KANNONSAHA	11 KST_KIVIJÄRVI	04 KYY_KIVIJÄRVI	06 VRI_HUOPANA	10 VRI_VUORILAHTI	03 xxx_	04 xxx_	05 xxx_	06 xxx_	07 xxx_	08 xxx_	09 xxx_			
Taulu	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste	Sj-juuripiste			
Asiakkaita [kpl]	1107,00	188,00	311,00	507,00	146,00	26,00	1,00	322,00	286,00	251,00	1233,00	125,00	401,00			
Vikoja [kpl/a]	6,89	2,75	5,72	8,79	2,56	1,42	0,16	5,17	4,24	5,97	15,77	3,40	4,85			
Sähköttömien ajanjaksojen summa [min/a]	1351,53	550,16	1151,88	1795,82	517,07	283,05	37,23	1034,58	848,87	1229,57	3208,92	694,02	983,12			
Asiakkaiden vikakeskeytystunnit [h/a]	2466,70	609,11	1190,44	2904,85	545,42	1190,44	65,50	0,62	950,84	1404,03	978,00	5554,28	440,90			
Työkeskeytyksiä [kpl/a]	6,36	2,06	3,82	5,26	1,47	0,70	0,31	3,85	3,19	3,25	9,23	2,06	3,18			
Työkeskeytysten kesto [min/a]	381,84	123,67	229,14	315,65	88,19	42,12	18,38	230,92	191,52	194,77	553,83	123,34	190,76			
Pikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	11,83	5,31	10,71	32,73	4,71	2,29	0,03	10,77	9,28	10,40	27,42	6,32	9,63			
Aikajälleenkytkentöjä [kpl/a]	2,09	0,94	1,89	5,78	0,83	0,40	0,01	1,90	1,64	1,84	4,84	1,12	1,70			
Jännitekuoppia [kpl/a]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
5-8 h kestäviä vikoja [kpl/a]	1,39	0,58	1,24	1,97	0,55	0,30	0,00	1,05	0,87	1,35	3,37	0,74	1,03			
5-8 h vikakeskeytysten kustannukset [€]	5559,70	3945,24	3666,94	5776,44	1945,73	1314,02	0,00	2058,39	3869,65	2529,38	16079,81	1120,09	4374,79			
8-12 h kestäviä vikoja [kpl/a]	0,37	0,16	0,33	0,52	0,15	0,08	0,00	0,28	0,23	0,36	0,90	0,20	0,28			
8-12 h vikakeskeytysten kustannukset [€]	2235,22	1586,72	1474,80	2323,15	782,57	528,49	0,00	827,83	1556,26	1017,29	6467,21	450,50	1759,50			
Asiakkaiden keskimääräiset työkeskeytystunnit [h/a]	0,31	0,35	0,44	0,46	0,54	0,28	0,31	0,38	0,48	0,48	0,46	0,36	0,64			
Asiakkaiden keskimääräiset vikakeskeytystunnit [h/a]	2,23	3,24	3,83	5,73	3,74	2,52	0,62	2,95	4,91	3,90	4,50	3,53	4,26			
Asiakkaiden työkeskeytystunnit [h/a]	340,87	65,61	137,63	234,04	78,89	7,33	0,31	121,68	135,93	120,54	561,56	45,06	255,80			
CAIDI	0,49	1,16	0,90	0,67	1,38	1,65	1,99	0,76	1,14	0,68	0,98	1,03	1,16			
Jälleenkytkentä-asiakaskerrat [kpl/a]	13800,25	1173,65	3024,30	19520,98	808,96	70,09	0,04	3268,92	3123,59	3072,33	11757,10	929,59	3378,18			
Jälleenkytkentä-kulutuspistekerrat [kpl/a]	971,08	143,58	385,06	2156,16	94,19	16,18	0,04	409,24	415,02	416,17	1069,19	163,61	337,85			
Jälleenkytkentäkustannukset [€]	10168,84	4375,78	1894,92	10170,78	560,61	331,34	0,03	1579,73	1890,16	1734,22	8037,28	472,39	1753,93			
Keskimääräiset jälleenkytkentä-asiakaskerrat [kpl/a]	12,47	6,24	9,72	38,50	5,54	2,70	0,04	10,15	10,92	12,24	9,54	7,44	8,42			
Keskimääräiset jälleenkytkentä-kulutuspistekerrat [kpl/a]	12,61	6,24	9,63	38,50	5,54	2,70	0,04	9,98	10,92	12,24	10,18	7,44	8,66			
Keskimääräiset työkeskeytys-asiakaskerrat [kpl/a]	0,31	0,35	0,44	0,46	0,54	0,28	0,31	0,38	0,48	0,48	0,46	0,36	0,64			
Keskimääräiset työkeskeytys-kulutuspistekerrat [kpl/a]	0,43	0,34	0,51	0,46	0,54	0,32	0,31	0,40	0,48	0,48	0,54	0,37	0,63			
Keskimääräiset vika-asiakaskerrat [kpl/a]	4,89	2,75	4,30	8,79	2,56	1,42	0,16	4,03	4,24	5,97	4,59	3,40	3,57			
Keskimääräiset vika-kulutuspistekerrat [kpl/a]	5,09	2,75	4,25	8,79	2,56	1,42	0,16	3,95	4,24	5,97	5,12	3,40	3,68			
Kohteen ID	15642795,00	15642734,00	15642737,00	32713562,00	15642749,00	15642747,00	46454107,00	46454108,00	46454106,00	46454116,00	46467026,00	46467047,00	46831857,00			
Kotitalous [kpl]	966,00	149,00	274,00	464,00	135,00	23,00	1,00	297,00	252,00	229,00	1119,00	117,00	381,00			
Kulutuspisteiden keskimääräiset työkeskeytystunnit [h/a]	0,43	0,34	0,51	0,46	0,54	0,32	0,31	0,40	0,48	0,48	0,54	0,37	0,63			
Kulutuspisteiden keskimääräiset vikakeskeytystunnit [h/a]	3,02	3,09	3,94	6,03	3,80	2,57	0,62	2,98	4,93	4,02	5,35	3,40	4,39			
Kulutuspisteiden työkeskeytystunnit [h/a]	33,21	7,73	20,31	25,62	9,23	1,91	0,31	16,20	18,20	16,28	56,29	8,11	24,41			
Kulutuspisteiden vikakeskeytystunnit [h/a]	232,84	71,09	157,67	337,89	64,53	15,40	0,62	122,06	187,22	136,84	561,32	74,73	171,21			
Kulutuspisteitä [kpl]	77,00	23,00	40,00	56,00	17,00	6,00	1,00	41,00	38,00	34,00	105,00	22,00	39,00			
Luotettavuuskustannukset, yhteensä [€]	48704,88	27848,62	16737,44	38241,73	7543,80	6111,85	10,56	10982,69	17967,46	12741,98	77695,24	4789,91	18365,58			
Maatalous [kpl]	37,00	5,00	12,00	21,00	5,00	1,00	0,00	13,00	16,00	10,00	18,00	3,00	6,00			
Muuntajan tunnus	KNPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1	KSTPT1			
Palvelu [kpl]	95,00	22,00	19,00	18,00	6,00	2,00	0,00	10,00	14,00	11,00	88,00	5,00	10,00			
Parametriston ID	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Parametriston nimi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Pienin jäännösjännite [%]	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00			
Pienin jäännösjännite [%] as,ryhmässä Kotitalous	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00			
Pienin jäännösjännite [%] as,ryhmässä Maatalous	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00			
Pienin jäännösjännite [%] as,ryhmässä Palvelu	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00			
Pienin jäännösjännite [%] as,ryhmässä Teollisuus	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00			
SAIDI	2,54	3,59	4,27	6,19	4,28	2,80	0,93	3,33	5,38	4,38	4,96	3,89	4,90			
SAIFI	5,19	3,10	4,74	9,25	3,10	1,70	0,47	4,41	4,71	6,46	5,04	3,76	4,21			
SASLCI	0,99	0,95	0,99	1,00	0,95	0,82	0,37	0,98	0,99	1,00	0,97	0,98	0,97			
SLCI as,ryhmässä Kotitalous	0,99	0,95	0,99	1,00	0,95	0,82	0,37	0,99	0,99	1,00	0,97	0,98	0,96			
SLCI as,ryhmässä Maatalous	1,00	0,96	0,99	1,00	0,96	0,81	0,00	0,98	0,99	1,00	0,98	0,98	0,97			
SLCI as,ryhmässä Palvelu	0,99	0,95	0,99	1,00	0,95	0,82	0,00	0,98	0,99	1,00	0,94	0,98	0,97			
SLCI as,ryhmässä Teollisuus	0,99	0,95	0,99	1,00	0,95	0,82	0,00	0,98	0,99	1,00	0,94	0,98	0,95			
Sietämättömät keskeytykset as,ryhmässä Kotitalous [kpl/a]	13,14	4,66	9,54	14,05	4,03	2,12	0,47	9,02	7,43	9,22	24,63	5,46	8,03			
Sietämättömät keskeytykset as,ryhmässä Maatalous [kpl/a]	11,15	4,03	8,61	11,98	3,95	1,64	0,00	8,02	6,84	7,56	20,92	4,42	7,02			
Sietämättömät keskeytykset as,ryhmässä Palvelu [kpl/a]	10,84	4,49	8,48	12,36	3,95	1,84	0,00	7,39	6,58	7,74	22,14	4,89	6,45			
Sietämättömät keskeytykset as,ryhmässä Teollisuus [kpl/a]	8,55	3,48	6,53	9,89	0,00	0,00	0,00	4,01	6,12	6,49	11,54	0,00	6,34			
Taulu ID	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00	126,00			
Teollisuus [kpl]	9,00	12,00	6,00	4,00	0,00	0,00	0,00	2,00	4,00	1,00	8,00	0,00	4,00			
Työkeskeytys-asiakaskerrat [kpl/a]	340,88	65,61	137,64	234,05	78,89	7,33	0,31	121,69	135,93	120,55	561,58	45,06	255,81			
Työkeskeytys-kulutuspistekerrat [kpl/a]	33,22	7,73	20,32	25,62	9,23	1,91	0,31	16,20	18,20	16,28	56,29	8,11	24,41			
Työkeskeytykskustannukset [€]	2645,31	821,68	984,89	1272,37	566,14	522,65	2,55	661,47	903,33	746,99	4824,42	249,20	1284,74			
Vika-asiakaskerrat [kpl/a]	5408,57	516,83	1337,14	4454,63	373,71	36,89	0,16	1297,70	1212,55	1499,67	5658,64	425,09	1431,83			
Vika-kulutuspistekerrat [kpl/a]	391,63	63,23	170,04	492,03	43,51	8,51	0,16	162,06	161,11	203,14	537,24	74,82	143,34			
Vikakeskeytysten kustannukset, yhteensä [€]	35890,73	22651,15	13857,64	26798,59	6417,05	5257,86	7,97	8741,49	15173,98	10260,77	64833,55	4068,32	15326,91			
Yli 12 h kestäviä vikoja [kpl/a]	0,09	0,04	0,08	0,13	0,04	0,02	0,00	0,07	0,06	0,09	0,22	0,05	0,07			
Yli 12 h vikakeskeytysten kustannukset [€]	809,68	574,90	534,35	841,70	283,54	191,48	0,00	299,93	563,85	368,58	2343,20	163,23	637,50			