



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# MAASTOSUUNNITTELUN TEKNISTALOUDELLINEN OPTIMOINTI

TEKIJÄ: Hannes Paukkeri

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Hannes Paukkeri	
Työn nimi Maastosuunnittelun teknistaloudellinen optimointi	
Päiväys 27.5.2015	Sivumäärä/Liitteet 23 / 2
Ohjaaja(t) Yliopettaja Ari Suopelto ja yliopettaja Juhani Rouvali	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Pohjolan Werkonrakennus Oy, Esa Peura / Elenia Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia sähköjakeluverkon optimoitua ja investointitehokasta rakentamistapaa ja laatia aiheesta ohje Pohjolan Werkonrakennus Oy:n maastosuunnittelijoille. Tavoitteena oli selvittää, millä tavalla sähköverkko rakennetaan mahdollisimman järkevällä ja tehokkaalla tavalla kannattavaksi sijoitukseksi verkkoyhtiölle. Aihe työlle syntyi tarpeesta kehittää yrityksen suunnitteluprosessia tehokkaammaksi ja tilaajaa paremmin palvelevaksi. Työ rajattiin maakaapelirakentamiseen.</p> <p>Asiaa käsiteltiin verkkotoiminnan viranomaisvalvonnan regulaatiomallin pohjalta perehtymällä ensin valvontamallin toimintaan sekä valvonnan ohjausvaikutuksiin ja tavoitteisiin. Tämän perusteella tarkasteltiin, miten verkkoinvestointien arvo ja tuotto määräytyy. Työssä tutustuttiin myös Suomen sähköjakelujärjestelmään yleisellä tasolla sekä perehdyttiin suunnitteluprosessin kulkuun pitkän tähtäimen kehittämissuunnittelusta maastosuunnitteluun ja hankkeen toteuttamiseen saakka.</p> <p>Teoriaosuuteen perustuen opinnäytetyössä tuotiin esille keinoja rakentamis- sekä elinkaarikustannusten pienentämiseksi, investointitehokkuuden lisäämiseksi ja työprosessin tehostamiseksi. Opinnäytetyön raportointiosuuden pohjalta työn liitteeksi laadittiin opas maastosuunnittelijoille, johon tiivistettiin työn tärkein sisältö oppaan muotoon.</p>	
Avainsanat investointitehokkuus, maakaapelointi, maastosuunnittelu, optimointi, sähköjakeluverkko	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Hannes Paukkeri			
Title of Thesis Techno-Economical Optimization of Electrical Grid Planning			
Date	27 May 2015	Pages/Appendices	23 / 2
Supervisor(s) Mr. Ari Suopelto, Principal Lecturer and Mr. Juhani Rouvali, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Pohjolan Werkonrakennus Oy, Mr. Esa Peura / Elenia Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to find an optimized and effective construction method of the electrical distribution network and to draw up instructions on this topic for Pohjolan Werkonrakennus Ltd.'s electrical grid planners. The objective was to investigate how the electrical distribution network could be constructed in as a sensible and effective way as possible to be a profitable investment to the electrical grid company. The subject of this thesis arose from the need to develop the company's planning process to be more effective and to serve clients better. The thesis was limited to ground cable network constructing.</p> <p>First, it was researched how the authority control of the electrical distribution network business works and which are the effects and objectives of the authority control. Based on this it was examined how the value and profit of network investments is determined. In addition, Finland's electrical distribution network was also investigated in general terms and the electrical grid planning process was familiarized with from the long term development planning to project execution.</p> <p>Based on the studies, suggestions were made of the ways to reduce redundant construction and life cycle costs, to increase investment effectivity and to optimize work processes. On the basis of the report part of this thesis a guide which sums up the most important content of the work was made for electrical grid planners.</p>			
<p>Keywords electrical distribution network, electrical grid planning, ground cable constructing, investment efficiency, optimization</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	POHJOLAN WERKONRAKENNUS OY .....	7
3	SÄHKÖNJAKELUVERKKOLIIKETOIMINTA .....	8
3.1	Suomen sähkönjakelujärjestelmä .....	8
3.2	Sähkönjakeluverkkoyhtiöiden toiminta .....	9
3.3	Sähkönjakelulle asetetut vaatimukset .....	9
4	SÄHKÖVERKKOTOIMINNAN VIRANOMAISVALVONTA.....	10
4.1	Valvonnan tavoitteet .....	10
4.2	Valvontamallin toimintaperiaate (Regulaatio) .....	11
4.2.1	Kohtuullisen tuoton laskenta .....	11
4.2.2	Toteutunut oikaistu tulos .....	12
4.2.3	Yli- ja alijäämä .....	13
4.2.4	Verkkoinvestointien tuotto .....	13
4.3	Kannustimet .....	13
4.4	Yksikköhinnat .....	14
5	SÄHKÖNJAKELUVERKON SUUNNITTELU .....	16
5.1	Suunnitteluprosessi .....	16
5.2	Tavoiteverkkosuunnittelu.....	17
5.3	Maastosuunnittelu.....	18
6	INVESTOINTITEHOKKUUS.....	20
7	YHTEENVETO.....	21
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	22
	LIITE 1: SUUNNITTELIJAN OHJE .....	24
	LIITE 2: YKSIKKÖHINTOJA.....	25

## LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

KAH	= Sähkönjakelun keskeytyksestä aiheutuva haitta (€)
KJ	= Keskijännite, 20 kV
kV	= Kilovoltti, 1000 V
KVR	= Kokonaisvastuurakentaminen
PJ	= Pienjännite, 400 V
PWR	= Pohjolan Werkonrakennus Oy
Säävarma	= Säätömiöistä huolimatta häiriöttömästi toimiva (sähköverkko)
WACC	= Pääoman painotettu keskikustannus (Weighted Average Cost of Capital)

## 1 JOHDANTO

Syksyllä 2013 uudistunut sähkömarkkinalaki asetti sähkönjakelun toimitusvarmuudelle uusia vaatimuksia. Sähkönjakeluverkko on tulevaisuudessa suunniteltava, rakennettava ja ylläpidettävä siten, että myrskyn tai lumikuorman seurauksena jakeluverkkoon aiheutunut vika ei saa tuottaa käyttäjälle asemakaava-alueella yli 6 tunnin eikä muilla alueilla yli 36 tunnin sähkönjakelun keskeytystä. Sähkömarkkinalaki velvoittaa verkkoyhtiöitä täyttämään nämä toimitusvarmuusvaatimukset 50 %:lla jakeluverkon käyttäjistä vuoteen 2019 mennessä, 75 %:lla vuoteen 2023 mennessä ja kaikilla käyttäjillä vuoteen 2028 mennessä tiettyjä poikkeuksia lukuun ottamatta. (Energiateollisuus 2014.)

Tehokkain tapa säävarmuuden parantamiseksi ja siten toimitusvarmuusvaatimusten täyttämiseksi on monin paikoin käyttöikänsä päähän tulevan ja erilaisille sääilmiöille alttiin keski- ja pienjännitteisen ilmajohtoverkon korvaaminen maakaapelilla. Maakaapelointi verkonrakennusratkaisuna onkin syrjäyttänyt lähes täysin aiemman ilmajohtorakentamisen useiden sähkönjakeluverkkoyhtiöiden alueella. Koko Suomen kattavan sähkönjakeluverkon kaapeloiminen suurimmilta osin maahan on pitkä prosessi, joten maakaapelointi työmuotona ja sen kehittäminen on ajankohtainen aihe sekä nyt että tulevina vuosina.

Pitkän käyttöikänsä ja korkeiden rakennuskustannuksiensa vuoksi jokainen kaapelointihanke on verkkoyhtiölle pitkäaikainen sijoitus, jonka suunnitteluun kannattaa nähdä vaivaa. Uusi rakennettu verkko ajatellaan investointina, joka tuottaa Energiaviraston määrittelemän kohtuullisen määrän tuottoa käyttöikänsä loppuun saakka. Sähköverkkoon kohdistuvia investointeja onkin tiedossa vuosiksi eteenpäin, sillä on arvioitu, että Suomen sähkönjakelun toimitusvarmuuden parantaminen halutulle tasolle tulee vaatimaan noin 2,8 miljardin euron investoinnit keskijänniteverkkoon ja noin 2,2 miljardin investoinnit pienjänniteverkkoon vuosina 2014–2028 (Nurmi 2015).

Ajankohtainen aihe on se, miten nämä investoinnit tehdään mahdollisimman järkevällä ja tehokkaalla tavalla kannattavaksi sijoitukseksi verkkoyhtiölle. Tämä näkökulma tulee olla tiedossa myös sähköverkon maastosuunnittelijalla, jonka työllä on ratkaiseva vaikutus sähköverkon lopullisen rakenteen kannalta. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehdä selvitys maakaapeliverkon optimaalisesta ja investointitehokkaasta rakentamistavasta sekä laatia aiheesta opas Pohjolan Werkonrakennus Oy:n maastosuunnittelijoille. Opinnäytetyö rajataan keski- ja pienjännitteisten maakaapeleiden käsittelyyn. Ilmajohtorakentamista tai suurjännitejohtoja ei käsitellä tässä työssä.

## 2 POHJOLAN WERKONRAKENNUS OY

Pohjolan Werkonrakennus Oy (PWR) on vuonna 2006 perustettu yritys, joka on erikoistunut sähköverkkojen, tietoliikenneverkkojen, tie-, katu- ja liikennevalojen sekä kiinteistömuuntamoiden ja -kojeistojen rakentamiseen, huoltoon ja kunnossapitoon. Yritys tarjoaa palveluita verkkoyhtiöille, sähkö- ja teleyrityksille, kaupungeille, kunnille, ELY-keskukselle, teollisuudelle sekä talo- ja maanrakennusprojekteihin. Palveluihin sisältyy suunnittelu, rakentaminen ja kunnossapitotyöt sekä tarvittaessa materiaalin ja aliurakointitöiden hankinta. Yhtiön toimipisteet sijaitsevat Oulussa, Haapavedellä, Iisalmessa, Nilsiässä, Nokialla, Kangasalalla ja Jämsässä. (Pohjolan Werkonrakennus Oy 2015.)

Yrityksen päätoimiala on sähköverkostourakointi, ja suuri osa liikevaihdosta tulee sähköverkkoyhtiöille tehdyistä palveluista. Toimintaan kuuluu erilaiset projektityöt, mutta myös pitempiaikaiset palvelusopimukset. Vuodesta 2008 lähtien yhtiöllä on ollut palvelusopimus Elenia Oy:n kanssa Pohjanmaa pohjoisen sekä vuodesta 2012 Nokian ja Kangasalan alueilla. Vuoden 2014 alussa PWR sopi myös Savon Voima Verkko Oy:n alueiden 1 ja 2 palvelutöistä. PWR on rakentanut säävarmaa sähköverkkoa aktiivisesti vuodesta 2008 lähtien eri verkkoyhtiöiden alueille. (Pohjolan Werkonrakennus Oy 2015.)

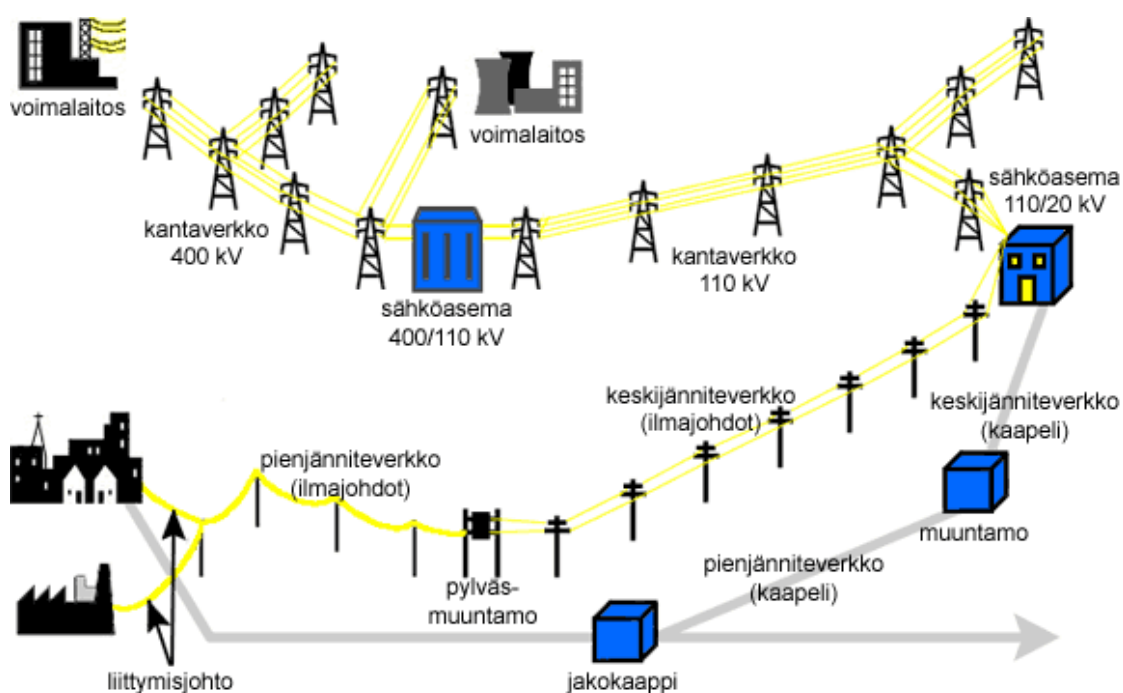
PWR toteuttaa suurimman osan töistään kokonaisvastuurakentamismallin (KVR) mukaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että yritys huolehtii töiden toteutuksesta suunnitteluvaiheesta loppudokumentointiin saakka. KVR-urakointi on nykyään yleistä sähköverkostoalalla, ja se onkin verkkoyhtiölle tehokas tapa ulkoistaa ja kilpailuttaa verkon rakentamistyöt. KVR-urakoinnin ansiosta verkkoyhtiöt voivat keskittyä paremmin ydintoimintaansa. Eri verkkoyhtiöiden strategian mukaan verkon rakennusmateriaalit voivat kuulua osana KVR-urakkaan tai verkkoyhtiöt hankkivat ne itse. PWR:n liikevaihto vuonna 2014 oli noin 15 milj. euroa (Kauppalehti 2015) ja henkilöstön lukumäärä 105 (Pohjolan Werkonrakennus Oy 2015).

### 3 SÄHKÖNJAKELUVERKKOLIIKETOIMINTA

#### 3.1 Suomen sähkönjakelujärjestelmä

Suomen sähkönjakelujärjestelmä koostuu suurjännitteisestä alueverkosta (110 kV, 45 kV), sähköasemista (110/20 kV, 45/20 kV), keskijänniteverkosta (20 kV), jakelumuuntamoista (20/0,4 kV) sekä pienjänniteverkosta (0,4 kV). Sähkönjakelujärjestelmän tehtävänä on siirtää kantaverkon (440 kV, 220 kV, 110 kV) kautta tuleva tai jakeluverkkoon liitettyjen voimalaitosten tuottama sähkö sen loppukäyttäjille. (Lakervi ja Partanen 2008, 11.)

Kuvassa 1 on esitetty Suomen sähkönjakeluverkon rakenne ja tyypilliset jännitetasot. Käytössä on kuvasta poiketen myös vanhaa 45 kV:n sekä kaupunkialueilla 10 kV:n jakeluverkkoa, mutta näistä poikkeavista jännitetasoista pyritään eroon korvaamalla ne nykyisin suosituilla 20 kV:n tai 110 kV:n verkolla. Lisäksi joissain verkkoyhtiöissä on otettu viime aikoina käyttöön 1 kV:n järjestelmä pitkiä pienjännitesiiroja varten.



KUVA 1. Sähkönjakeluverkon rakenne (Energiaverkko 2003.)

Sähkönsiirrossa eri jännitetasot ovat välttämättömiä, koska tehohäviöt ja jännitteenalenuema ovat kääntäen verrannollisia siirtojännitteeseen. Suurilla jännitteillä sähkön laatu pysyy hyvänä ja tehohäviöt kohtuullisina pitkilläkin siirtomatkoilla, kun taas esimerkiksi 400 V:n pienjännitteellä järkevät siirtomatkat ovat vain alle kilometrin luokkaa. Tämä johtuu sähkövirran luonteesta: mitä suuremmalla jännitteellä sähköä siirretään, sitä vähemmän tarvitaan virtaa saman tehon ylläpitämiseen.



### 3.2 Sähkönjakeluverkkoyhtiöiden toiminta

Sähkönjakelujärjestelmää hallitsevat ja ylläpitävät sähköverkkoyhtiöt, joita on Suomessa tällä hetkellä kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj:n lisäksi 93. Suurjännitteisen jakeluverkon haltijoita näistä on 12 (Energiavirasto 2015a). Sähköverkkotoiminta on luonteeltaan luonnollinen monopoli, koska kilpailevien sähköverkkojen rakentaminen samalle alueelle ei ole järkevää. Sähköverkkotoiminta onkin säädetty sähkömarkkinalainsäädännössä luvanvaraiseksi toiminnaksi, jonka harjoittamiseen tarvitaan Energiaviraston lupa. (Energiavirasto 2015b.)

Sähköverkkoyhtiön toiminnot voidaan jakaa ydin- ja oheistoimintoihin. Ydintoimintoina voidaan pitää omaisuuden hallintaa, verkostojen kehittämissuunnittelua, verkostojen rakennuttamista sekä yleensä myös asiakaspalvelua. Nämä ydintoiminnot ovat sähköverkkoyhtiöiden liiketoiminnassa olennaisinta aluetta. Sen sijaan oheistoiminnot ovat liiketoiminnan sitä osa-alueita, jota halutaan usein tehostaa ulkoistamalla. Kehityssuuntana on ollut ja on edelleen lisääntyvä palvelujen käyttö eli oheistoimintojen ulkoistaminen esimerkiksi verkon rakentamista harjoittaville yrityksille. Tyypillisiä palveluina ostettavia toimintoja ovat maastosuunnittelu, verkkojen rakentaminen, vikojen korjaus, ennakoiva kunnonvalvonta ja taseselvitykset. (Lakervi ja Partanen 2008, 21–22.)

Verkkoliiketoiminnassa on siis mukana verkkoyhtiöiden lisäksi paljon muita yrityksiä, jotka tuottavat monopoliasemassa toimiville verkkoyhtiöille palveluja markkinaehtoisesti. Tällä tavalla toimintoja saadaan tehostettua. Palveluja tuottavat yritykset voivat kehittää osaamistaan ja kalustoaan keskitetysti vahvoihin resursseihin sen sijaan, että monet verkkoyhtiöt kehittäisivät samoja asioita itsenäisesti rajallisemmin resurssein. Yksi yritys voi esimerkiksi hoitaa joustavasti useamman verkkoyhtiön kunnossapito- ja asiakaspalvelutyöt eikä itsenäisten verkkoyhtiöiden tarvitse tehdä samoja töitä suppeammalla kalustolla ja henkilökunnalla. Toimintojen ulkoistaminen on järkevää myös monopolitoiminnan valvonnan kannalta, koska suuri osa monopolitoiminnan piirissä olevasta toiminnasta voidaan siirtää siten kilpailuille markkinoille. (Lakervi ja Partanen 2008, 23.)

### 3.3 Sähkönjakelulle asetetut vaatimukset

Sähköverkko on kriittinen osa yhteiskunnan infrastruktuuria. Elintärkeältä sähkönjakelulta odotetaan häiriötöntä toimitusvarmuutta, hyvää sähkönlaatua ja myös edullista hintaa. Viime vuosien aikana tapahtuneet laajat myrskyjen aiheuttamat sähkökatkot ovat osoittaneet, miten haavoittuvainen yhteiskunta on sähkönjakelun keskeytymiselle. Sähköverkkoyhtiöitä veloitetaan nyt sähkönjakelun säävarmuuden kehittämiseen myös lainsäädännöllä johdannossa esitetyllä tavalla.

Tekniikan kehittymisen myötä myös sähkölaitteet vaativat parempaa sähkön laatua. Elektroniikan lisääntyminen on asettanut jännitteen ja taajuuden tasalaatuisuudelle aivan erilaiset vaatimukset kuin esimerkiksi 50–70-luvuilla, jolloin suuri osa nykyisinkin käytössä olevasta sähkönjakeluverkosta on rakennettu. Sähkön hinta on Suomessa viimeaikaisten vertailujen mukaan EU-maiden alhaisin suhteutettuna ostovoimaan (Talouselämä 2014), joskin toimitusvarmuuden kehittämisen ennustetaan nostavan sähkönsiirtomaksuja jonkin verran.

## 4 SÄHKÖVERKKOTOIMINNAN VIRANOMAISVALVONTA

Sähköverkkotoiminnan monopoliluonteen vuoksi sitä säädelään ja valvotaan vahvasti asiakkaan suojelemiseksi. Suomessa valvontaviranomainen eli sähkömarkkinaviranomainen on kauppa- ja teollisuusministeriön alaisuudessa oleva Energiavirasto, entiseltä nimeltään Energiamarkkinavirasto. Energiaviraston tehtäviin sisältyy verkkolupien myöntämisen lisäksi teknistä ja taloudellista valvontaa. Taloudellisen valvonnan ensisijaisena kohteena on verkkoliiketoiminnasta syntyvä voitto sekä verkkoyhtiöiden toimintojen tehostaminen. Kullekin verkkoyhtiölle määritetään sallittu kohtuullinen tuotto eli maksimivoittotasoa. Sallittuun kohtuulliseen tuottoon vaikuttaa huomattavasti verkkoon sitoutuneen pääoman määrä, johon verkkoon tehtävillä investoinneilla on puolestaan olennainen vaikutus. Verkkoyhtiöiden voittoja valvomalla pidetään myös sähkönsiirron hinnoittelu kohtuullisena. (Lakervi ja Partanen 2008, 19–20.)

Energiavirasto on toteuttanut sähköverkkoliiketoiminnan valvonnan neljän vuoden jaksoissa vuodesta 2005 lähtien. Tällä hetkellä meneillään oleva kolmas valvontajakso alkoi vuonna 2012 ja päättyy vuoden 2015 lopussa. Seuraava neljäs valvontajakso kattaa siis vuodet 2016–2019 ja viides vuodet 2020–2023. Energiavirasto voi tehdä valvontamenetelmiin muutoksia valvontajakson vaihtuessa. Seuraaville neljännelle ja viidennelle valvontajaksolle Energiavirasto on päättänyt kuitenkin julkaista yhteiset suuntaviivat, mikä tarkoittaa, että valvontamenetelmät pysyvät samana vuodet 2016–2023. Muutoksia tehdään vain yksikköhintoihin kulloisenkin hintatason mukaan. Tällä haetaan verkonhaltijoihin kohdistuvaan valvontaan ja edistämiseen lisää ennustettavuutta ja vakautta. (Energiavirasto 2014a.)

Näillä näkymin seuraaville valvontajaksolle ei ole tulossa perustavanlaatuisia muutoksia ainakaan kohtuullisen tuoton laskentamenetelmään. Valvontamenetelmiin tehdään kuitenkin pienempiä muutoksia ja tarkennuksia, varsinkin kannustimia kehitetään. Verkkotoimintaan sitoutuneen verkko-omaisuuden yksikköhintapohjaisesta määrittämisestä tehdään myös kehittyneempi versio, jonka pohjaksi otetaan Energiateollisuus ry:n laatima listaus yksiköistä ja niiden sisällöstä. Energiavirasto tekee kaikille jakeluverkonhaltijoille yksikköhinnoista kyselyn, jonka pohjalta uudet yksikköhinnat viimeistellään. (Energiavirasto 2014b, 2 ja 6.)

### 4.1 Valvonnan tavoitteet

Sähköverkkotoiminnan valvonnan päätavoitteina on verkkopalveluiden hinnoittelun kohtuullisuus ja korkea laatu. Päätavoitteiden lisäksi tavoitteina ovat tasapuolisuus ja verkon kehittäminen sekä liiketoiminnan pitkäjänteisyys, jatkuvuus, kehittäminen ja tehokkuus. Tasapuolisuudella tarkoitetaan verkkotoiminnan tulonjaon tasapuolistamista valvottavien yritysten omistajien ja asiakkaiden välillä. Tuoton tulee pysyä kohtuullisena esimerkiksi suhteutettuna yhteiskunnan muihin vastaavan riskitason investointeihin. (Energiavirasto 2015c, 9.)

Liiketoiminnan pitkäjänteisyys, jatkuvuus ja kehittäminen tarkoittavat puolestaan sitä, että valvonnan on varmistettava tarpeelliset investoinnit ja muu verkon kehittäminen riittävän toimitusvarmuuden turvaamiseksi. Tehokkuus on valvonnan tavoitteissa tärkeä siksi, koska monopoliluonteiseen verkkotoimintaan ei kohdistu markkinoilta tulevaa painetta toiminnan tehostamiseen. Ilman valvontaa mahdollinen kustannustehottomuus voitaisiin kompensoida korkeammilla hinnoilla. Valvonnalla halutaankin tarjota kannustimia liiketoiminnan tehostamiseen ja kustannustehokkuuteen. (Energiavirasto 2015c, 9.)

## 4.2 Valvontamallin toimintaperiaate (Regulaatio)

Kuvassa 2 on esitetty Energiaviraston valvontamallin toimintaperiaate. Valvontamalli koostuu monista eri menetelmistä, jotka muodostavat yhdessä kuvassa esitetyn kokonaisuuden.

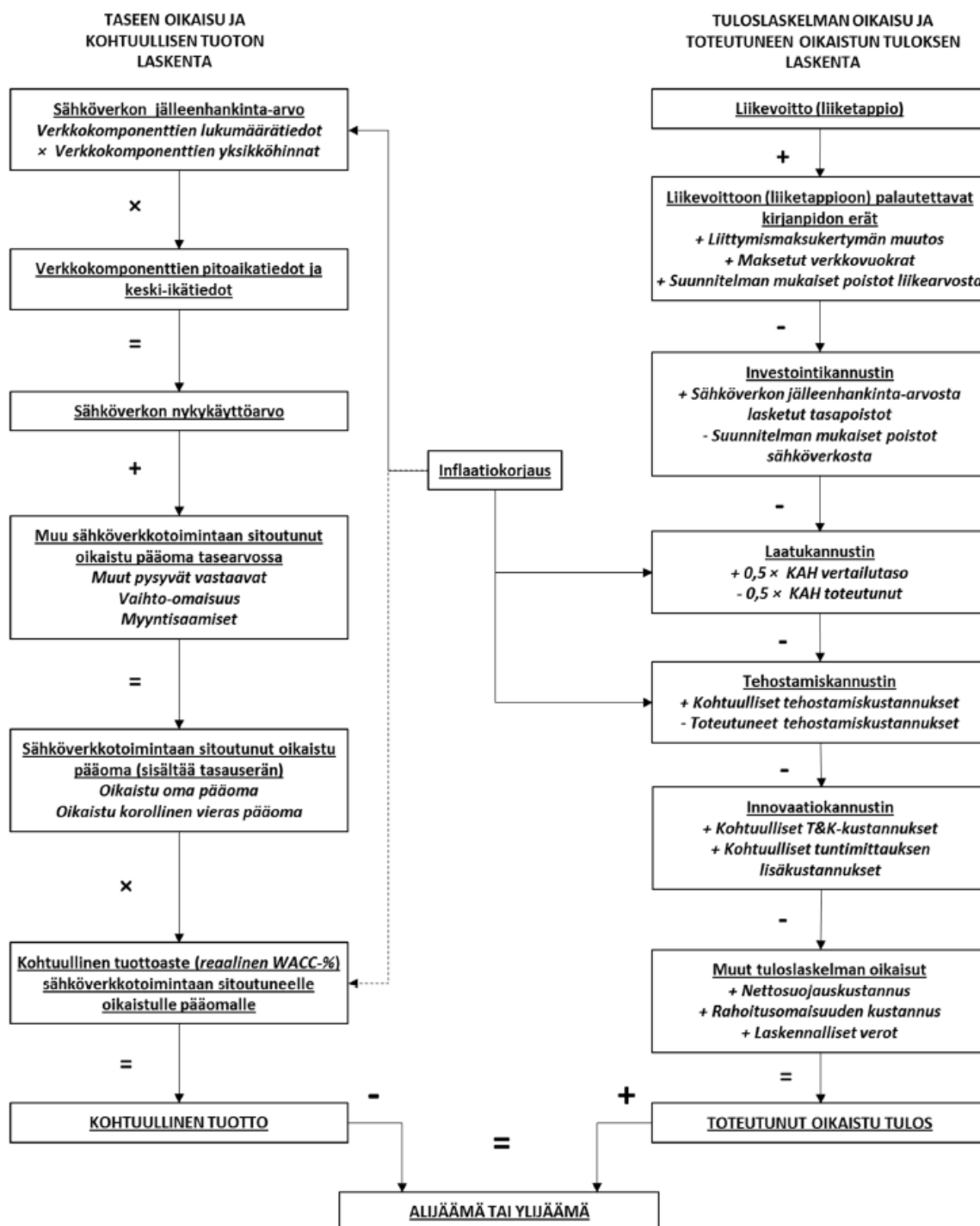
### 4.2.1 Kohtuullisen tuoton laskenta

Kuvasta 2 nähdään, miten verkkoyhtiön kohtuullinen tuotto lasketaan kertomalla oikaistu sähköverkkotoimintaan sitoutunut pääoma kohtuullisella tuottoasteella WACC (Weighted Average Cost of Capital). Vuosittain vaihtuvalla WACC:lla on merkittävin vaikutus verkkoyhtiön kohtuullisen tuoton määrään. WACC:n suuruus riippuu mm. valtion 10 vuoden obligaatiokoron edellisen vuoden toukokuun keskiarvosta. Vuonna 2015 WACC on kunnallisilla verkkoyhtiöillä 3,34 % ja yhteisöverovelvollisilla verkkoyhtiöillä (esim. osakeyhtiöt) 3,12 % (Energiavirasto 2015d).

Sähköverkon jälleenhankinta-arvo määritetään jakamalla sähköverkko verkkokomponentteihin, joilla on kullakin oma yksikköhintansa. Verkonhaltijan tehtävänä on ilmoittaa Energiavirastolle kunkin vuoden tammikuun ensimmäisen päivän tilannetta vastaavat verkkokomponenttien lukumäärätiedot, joista laskenta voidaan suorittaa. Verkkokomponenttien lukumäärät kerrotaan komponenttien yksikköhinnoilla ja näin saadaan sähköverkon jälleenhankinta-arvo. Maakaapeleiden osalta omat yksikköhinnat on määritetty myös kaapeliojan kaivutyölle huomioiden maasto-olosuhteet taulukon 2 osoittamalla tavalla. (Energiavirasto 2011, 16.)

Sähköverkon nykykäyttöarvo lasketaan jälleenhankinta-arvosta verkkokomponenttikohtaisten keski-ikä- ja pitoaikatietojen avulla, jotka ovat myös kunkin vuoden tammikuun ensimmäisen päivän tilannetta vastaavia (Energiavirasto 2011, 17). Uudella verkolla on siis jäljellä enemmän nykykäyttöarvoa ja siten potentiaalista käyttöikä kuin iäkkäällä verkolla.

Kun nykykäyttöarvoon lisätään vielä muu sähköverkkotoimintaan sitoutunut pääoma, kuten vaihtomaisuus, saadaan sähköverkkoon sitoutunut oikaistu pääoma. Sähköverkkotoimintaan sitoutunut pääoma tarkoittaa on nimensä mukaisesti sitä rahallista arvoa, joka verkonhaltijan toimintaan ja omaisuuteen on tämän laskentamallin mukaan sitoutunut.



KUVA 2. Valvontamallin toimintaperiaate kolmannella valvontajaksolla (Energivirasto 2011, 6.)  
Kuvasta puuttuu vuonna 2014 käyttöön otettu toimitusvarmuuskannustin (ks. kappale 4.3.)

#### 4.2.2 Toteutunut oikaistu tulos

Verkkoyhtiön toteutunut oikaistu tulos puolestaan lasketaan liikevoiton perusteella. Erilaisten kannustimien avulla Energivirasto pyrkii ohjaamaan verkkoliiketoimintaa haluamaansa suuntaan. Näitä kannustimia ovat investointikannustin, laatukannustin, tehostamiskannustin, innovaatiokannustin sekä kuvasta 2 puuttuva toimitusvarmuuskannustin. Näissä kannustimissa menestyminen oikaisee tässä laskentamallissa verkkoyhtiön toteutunutta tulosta pienemmäksi, mikä kasvattaa mahdollisuutta ansaita enemmän voittoa. Kannustimista kerrotaan tarkemmin luvussa 4.3.

#### 4.2.3 Yli- ja alijäämä

Edellisissä luvuissa kuvattu laskenta tehdään valvontajakson jokaiselta vuodelta. Jos koko valvontajakson ajalta kertynyt toteutunut oikaistu tulos ylittää valvontajakson kohtuullisen tuoton määrän, kertyy verkonhaltijalle ylijäämää, joka tulee maksaa asiakkaille takaisin alentamalla siirtohintoja vähintään vastaava summa viimeistään seuraavan valvontajakson aikana. Jos valvontajakson aikana kertynyt toteutunut oikaistu tulos puolestaan alittaa valvontajakson kohtuullisen tuoton määrän, kertyy verkonhaltijalle vastaavasti alijäämää, jonka verkonhaltija voi huomioida siirtohinnoittelussaan seuraavan valvontajakson aikana. (Energiavirasto 2011, 66–67.)

#### 4.2.4 Verkkoinvestointien tuotto

Käytännössä voidaan ajatella, että jokainen sähköverkkoon investoitu komponentti, olipa se sitten pienjännitemuuntaja tai vaikkapa kilometri kaapelia, tuo verkkoyhtiölle vuosittain tietyn määrän tuottoa siihen saakka, kunnes se poistetaan käytöstä. Komponentin tuotto on suurin aina pitoajan alkupuolella, ja se laskee tasaisesti komponentin ikääntyessä ja nykykäyttöarvon sen myötä laskiessa. Jos komponentti poistetaan käytöstä arvioidun käyttöikänsä puolivälissä, voidaan karkeasti ajatella, että se ehtii maksaa verkkoyhtiölle vain osan investointikustannuksistaan. Jos taas komponentti palvelee moitteetta arvioidun käyttöikänsä loppuun saakka, se saattaa ehtiä tuottaa enemmän kuin on maksanut ja on siten ollut hyvä sijoitus. Investoinnin tuottoon vaikuttaa suuresti kohtuullinen tuottoaste myös pidemmällä aikavälillä.

#### 4.3 Kannustimet

Investointikannustimen tarkoituksena on kannustaa sähköverkonhaltijaa kehittämään verkkoaan ja investoimaan siihen riittävästi. Investointikannustin huomioi sähköverkon jälleenhankinta-arvosta lasketut tasapoistot sekä poistot sähköverkon hyödykkeistä ja arvonalentumiset. Tämä takaa riittävän kannustimen korvausinvestointien suorittamiseksi. Investointikannustimessa on myös toinen osa, joka muodostuu verkonhaltijan riittävän investointitason ja voitonjakoluonteisten erien seurannasta. (Energiavirasto 2011, 41.)

Laatukannustimella halutaan kannustaa verkonhaltijaa kehittämään sähkönjakelun ja -siirron laatua. Sähkönjakelun laadulla tarkoitetaan pääasiallisesti sähkön toimitusvarmuutta eli sähkönjakelun katkottomuutta. Laatukannustimella mitataan verkonhaltijan asiakkaille sähkönjakelun keskeytyksestä aiheutunutta haittaa (KAH). KAH-arvo on keskeytyksestä aiheutuneen haitan rahalliseksi muutettu arvo. Laatukannustimella halutaan tukea myös verkonhaltijoiden oma-aloitteista sähkönjakelun laadun parantamista. Laatukannustin palkitsee verkkoyhtiöitä, joiden sähkönjakelun toimitusvarmuus on parantunut, ja rokottaa vastaavasti yhtiöitä, joiden toimitusvarmuus on heikentynyt. (Energiavirasto 2011, 43–44.)

Tehostamiskannustimella pyritään lisäämään sähköverkonhaltijan toiminnan tehokkuutta. Tehostamiskannustin sisältää yleisen tehostamistavoitteen ja yrityskohtaiset tehostamistavoitteet. Yleisen tehostamistavoitteen tarkoituksena on kannustaa kaikkia verkonhaltijoita tehostamaan toimintaansa yleisen tuottavuuskehityksen mukaisesti. Yrityskohtaisella tehostamistavoitteella puolestaan kannustetaan tehokkuusmittauksessa tehottomaksi havaittua verkonhaltijaa saavuttamaan tehokas toimintataso. Tehostamiskannustin tarkastelee yhtiöiden toiminnallista tehokkuutta, ei esimerkiksi investointitehokkuutta. (Energiavirasto 2011, 49.)

Innovaatiokannustimen tarkoituksena on kannustaa verkonhaltijaa edistämään innovatiivisia teknisiä ja toiminnallisia ratkaisuja toiminnassaan. Innovaatiokannustimella kannustetaan verkonhaltijaa tutkimus- ja kehitystoimintaan hyvittämällä kuvassa 1 osoitetulla tavalla tästä syntyneet kustannukset. Toisaalta innovaatiokannustimella rohkaistaan myös etäluettavien, enintään 63 A pääsulakkeilla varustettujen käyttöpaikkojen tuntimittaukseen korvaamalla siitä syntyneitä kustannuksia. (Energiavirasto 2011, 60–61.)

Toimitusvarmuuskannustin otettiin käyttöön kolmannen valvontajakson puolivälissä vuosista 2014 ja 2015 alkaen. Toimitusvarmuuskannustimen tarkoituksena on huomioida sähkönjakelun toimitusvarmuuden parantamiseksi tehtävät ennenaikaiset korvausinvestoinnit verkkoon, jolla on vielä pitoaikaa jäljellä sekä uudet kunnossapito- ja varautumistoimenpiteet. (Energiavirasto 2013, 62.)

#### 4.4 Yksikköhinnat

Valvontamallin yksikköhinnat vuodelle 2015 perustuvat Energiategollisuus ry:n verkostosuosituksessa KA 2:10 esitettyihin yksikköhintoihin, sekä Energiaviraston Empower Oy:ltä tilaamaan sähköverkkokomponenttien yksikköhintojen määrittelyä koskevaan selvitykseen (Energiavirasto 2015e). Yksikköhinnat perustuvat todellisiin rakentamiskustannuksiin ja Energiavirasto päivittää hinnat vuosittain. Yksikköhinnoissa on määriteltä arvioitu investointikustannus kaikille jakeluverkon merkittävälle komponenteille, osittain huomioiden myös asennusolosuhteet. Yksikköhintaan sisältyy sekä komponentin materiaali, että sen asentamiseen kuluvat työ- ja suunnittelukustannukset.

Maakaapeleiden osalta komponenttiluettelossa on omat yksikköhintansa kaapelille ja kaivutyölle. Maakaapeleiden jälleenhankinta-arvo määritellään siis erikseen kaapelin osalta ja kaapeleiden kaivutyön osalta. Kaapelin yksikköhinta tulee suoraan pituuden mukaan, mutta kaivutyön osalta määritellään ensin kaapeliojan laskennallinen pituus. Kaapeliojan pituus lasketaan jakamalla kunkin eri kaivuolosuhteen kaapelipituudet taulukon 2 mukaisilla yhteiskäyttösuuskertoimilla. Yhteiskäyttösuuskertoimella huomioidaan se, että jokaista kaapelia ei tarvitse kaivaa maahan erikseen. Yhteiskäyttösuuskertoimet ovat vaikealla maastolla suuremmat kuin helpolla, joten kaapeliojien yhteiskäyttöä oletetaan hyödynnettävän sitä enemmän, mitä vaikeammassa maastossa kaapeloidaan. (Energiavirasto 2013, 12.)

Verkonhaltijan vastuulla on jakaa maakaapelit vuosittain neljään kaivuasteeseen karttapohja-aineiston ja sanallisen määrityksen perusteella. Karttapohja-aineistona käytetään Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämää maankäyttöä ja -peitettä kuvaavaa aineistoa. Jos verkonhaltijalla on sähköverkkonsa todelliset kaapeliojapituudet tiedossa, voidaan yhteiskäyttöosuuskertoimien sijasta käyttää myös todellisia ojapituuksia. (Energiavirasto 2013, 12.)

Taulukossa 1 on esitetty esimerkkinä 20 kV:n maakaapeleiden yksikköhinnat ja taulukossa 2 maakaapeleiden kaivun yhteiskäyttöosuuskertoimet. Lisää yksikköhintoja eri kaapeleille ja jakokaapeille on liitteessä 2.

TAULUKKO 1. 20 kV maakaapeleiden yksikköhintoja vuodelle 2015 (Energiavirasto 2015c).

20 kV maakaapelit (asennus)	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
Enintään 70 maakaapeli	km	24 660
95 - 120 maakaapeli	km	32 480
150 - 185 maakaapeli	km	38 160
240 - 300 maakaapeli	km	45 660
400 - 500 maakaapeli	km	85 420
630 - 800 maakaapeli	km	151 910
Enintään 70 vesistökaapeli	km	41 270
95 - 120 vesistökaapeli	km	43 240
150 - 185 vesistökaapeli	km	47 000
Kojeistopääte	kpl	1 270
Pylväspääte	kpl	2 380
Jatko	kpl	2 020

TAULUKKO 2. Maakaapeleiden kaivun yhteiskäyttöosuuskertoimet ja yksikköhinnat vuodelle 2015 (Energiavirasto 2015c).

0,4 ja 20 kV maakaapelit (kaivu)	20 kV yhteiskäyttö [kaapelia/oja]	0,4 kV yhteiskäyttö [kaapelia/oja]	Yksikköhinta euroa/km
Helppo	1,1	1,5	10 190
Normaali	1,2	1,75	23 240
Vaikea	1,3	2	66 390
Erittäin vaikea	2	3	128 990

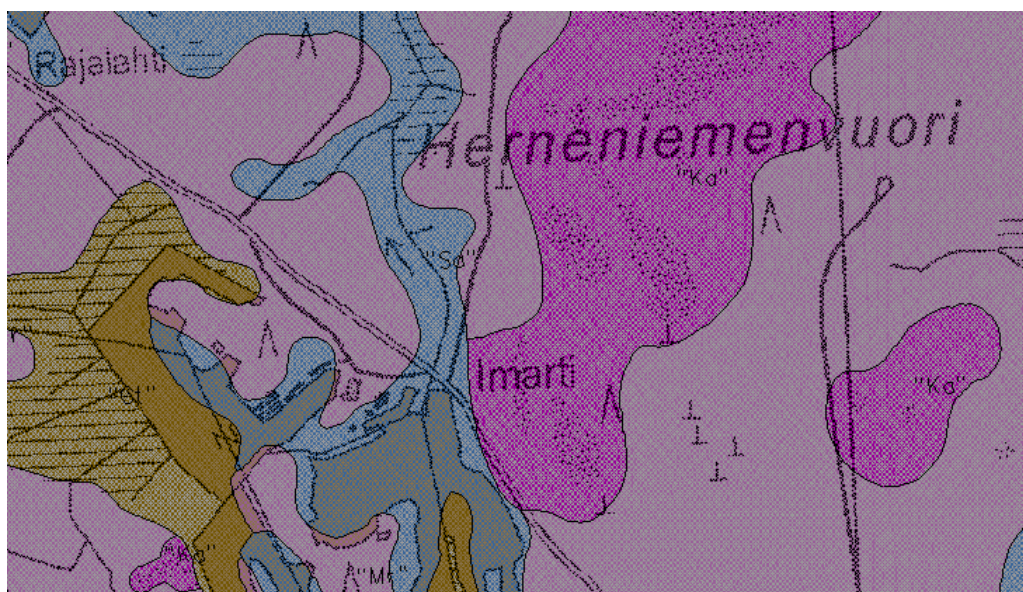
## 5 SÄHKÖNJAKELUVERKON SUUNNITTELU

### 5.1 Suunnitteluprosessi

Sähköverkkojen suunnittelu on pitkä prosessi, joka voidaan jakaa viiteen eri vaiheeseen: pitkän aikavälin kehittämissuunnittelu, kohdesuunnittelu (verkostosuunnittelu), maastosuunnittelu, rakennesuunnittelu ja työsuunnittelu. Kaikissa suunnittelun vaiheissa on tavoitteena löytää sellainen ratkaisu, joka on sekä teknisesti toimiva että pitkällä aikavälillä kokonaiskustannuksiltaan mahdollisimman pieni. Kokonaiskustannuksiin lukeutuvat investointi-, häviö-, keskeytys- ja ylläpitokustannukset. (Lakervi ja Partanen 2008, 63.)

Pitkän aikavälin kehittämissuunnittelu ja monesti myös verkostosuunnittelu varsinkin keskijännitelinjojen osalta kuuluvat ns. strategisen suunnittelun piiriin, jonka verkkoyhtiöt haluavat tehdä itse. Pitkän aikavälin kehittämissuunnittelussa määritetään pääpiirteittäin, mihin verkkoinvestointeihin suunnittelujakson aikana tulee ryhtyä ja mitä kehittämistoimenpiteitä eri vuosina tulee tehdä, jotta verkko täyttäisi sille asetetut vaatimukset koko tarkasteltavan jakson ajan. (Lakervi ja Partanen 2008, 64.) Pitkän aikavälin kehittämissuunnittelua käsitellään tarkemmin luvussa 5.2.

Verkostosuunnittelussa tehdään toteutettavalle verkkoinvestoinnille sähköinen suunnittelu eli mitoitetaan uusi verkko sähköteknisesti toimivaksi ja valitaan sille alustava reitti kartalta. Sähköiseen suunnitelmaan luonnosteltu sähköverkon reitti on vasta suuntaa antava, sillä se tehdään tyypillisesti maastossa käymättä karttojen, esimerkiksi kuvan 3 mukaisen maaperäkartan avulla. Lopullisen reitin maastossa suunnittelee ja sopii maastosuunnittelija sähköisen suunnitelman ja maastossa tehtyjen havaintojen perusteella. Myös maanomistajien mielipiteillä on osaltaan vaikutus reitin lopulliseen sijaintiin, koska lupa johtoalueen käyttöön saadaan heiltä.



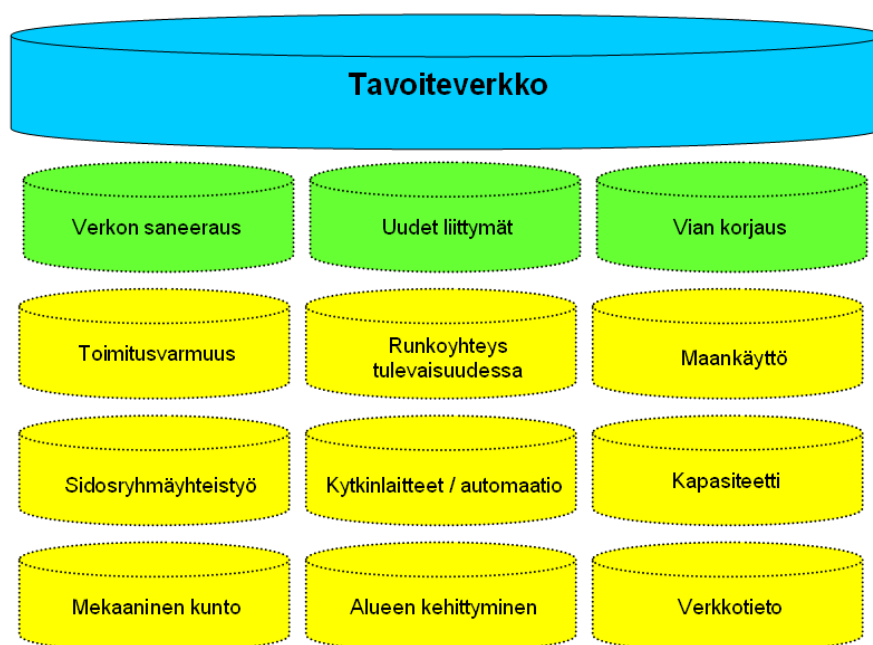
KUVA 3. Verkostosuunnittelussa käytettävä maaperäkartta (Lähdeaho 2015.)



Lähtökohta sähköverkkojen suunnittelussa on se, että verkko pyritään sijoittamaan yhteiskunnan, verkonhaltijoiden ja käyttäjien kannalta tarkoituksenmukaisimmalla ja tehokkaimmalla tavalla. Käytännössä tämä tarkoittaa kaapeleiden ja johtojen sijoittamista teiden varsille. Tämä on tehokasta maankäytön kannalta, helpottaa rakentamis- ja huoltotöitä sekä edistää teiden varsilla olevien kiinteistöjen mahdollisuutta saada laadukasta sähköä. (Energiateollisuus 2012.)

## 5.2 Tavoiteverkkosuunnittelu

Tavoiteverkkosuunnittelu on osa sähköverkon pitkän aikavälin kehittämissuunnittelua. Tavoiteverkkosuunnittelulla pyritään kuvan 4 mukaisesti huomioimaan kaikki sähköverkkoon kohdistuvat vaatimukset ja muutokset nykytilanteessa ja tulevaisuudessa. Muutos voi olla esimerkiksi suunnitteilla oleva uusi asuinalue tai muu rakennushanke, joka asettaa omat vaatimuksensa sähköverkon kapasiteetille ja toimitusvarmuudelle tulevaisuudessa.

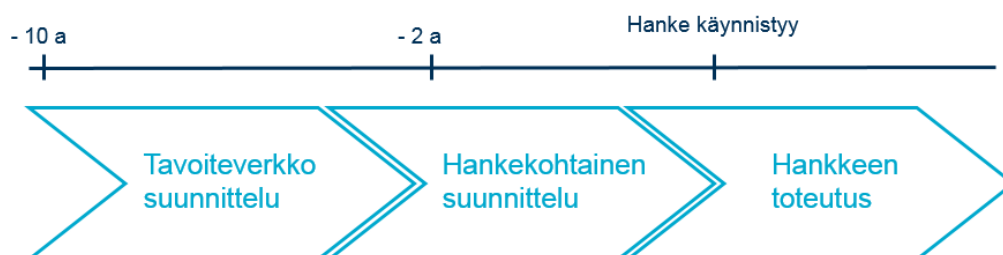


KUVA 4. Tavoiteverkkosuunnittelussa huomioitavia asioita (Lähdeaho 2015.)

Tavoiteverkkosuunnitelma toimii kuvan 5 mukaisesti pohjana verkkoinvestointien, esimerkiksi saneeraushankkeiden, oikea-aikaisessa ajoittamisessa. Se huomioidaan myös verkkoon kohdistuvia toimenpiteitä, kuten verkon saneerausta, uusien liittymien rakentamista ja vian korjausta tehtäessä. Esimerkiksi jos verkkoon liittyjää varten asennetaan uusi muuntamo, on kannattavaa mitoitaa se lähialueelle kaavoitetut tontit huomioiden. Kaavoituksen huomioiminen on tärkeää tavoiteverkkosuunnittelussa, jotta sähköverkko tulee oikein mitoitettua ja sijoitettua. (Lähdeaho 2015.)

Toisaalta esimerkiksi sähköverkon osaa maakaapeloitaessa on hyvä huomioida se, että myös lähialue todennäköisesti kaapeloidaan säävarmaksi tulevaisuudessa. On järkevää kaapeloida kerralla samaan ojaan kaikki pitoajan ylittänyt verkko. Jos maaperäolosuhteet ovat haastavat, tulee harkita myös pitoaikaa omaavan verkon saneeraamista samalla kertaa. Kun tulevaisuuden muutostarpeet ja

vaatimukset on huomioitu etukäteen, ei verkkoa tarvitse olla uusimassa jatkuvasti. Onnistunut tavoiteverkkosuunnittelu takaa verkolle halutun pitoajan. (Lähdeaho 2015.)



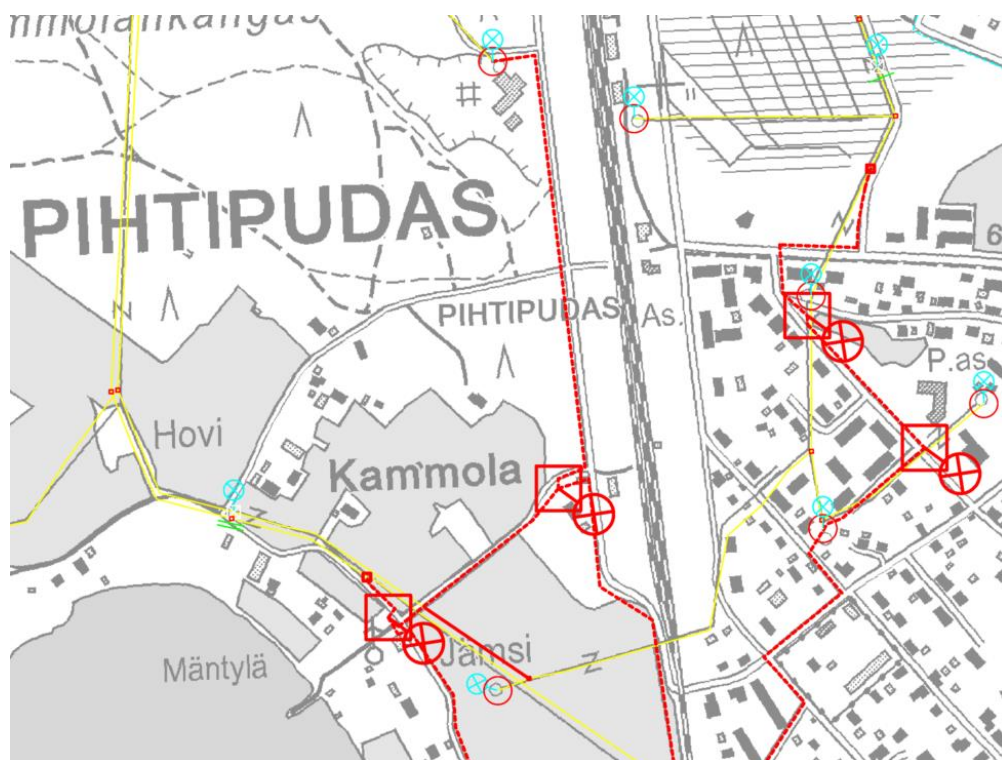
KUVA 5. Suunnittelun aikajänne (Lähdeaho 2015.)

### 5.3 Maastosuunnittelu

Maastosuunnittelun tarkoituksena on sovittaa rakennettavan verkon sähköinen suunnitelma maastoon. Maastosuunnitteluprosessi alkaa kohteen tarkastelulla ja maastokäynnillä. Maastosuunnittelijan tehtävänä on suunnitella kaapelireitti ajatellen työn käytännön toteutusta ja merkitä se maastoon. Maastoon merkitään myös esimerkiksi jako- ja haaroituskaappien, muuntamoiden, alitusten ja liittymispisteiden paikat. Maastosuunnittelija tekee reitille johtoaluesopimukset maanomistajien kanssa ja hankkii tarvittavat viranomaisluvut (esim. sijoituslupa tiealueelle ELY-keskukselta, ratahallinnon lupa, vesistö lupa) sekä huolehtii materiaalin hankinnasta.

Lopuksi maastosuunnittelija laatii suunnitelmapaketin, jonka pohjalta käytännön työ tehdään maastossa. Suunnitelmapaketti voi sisältää työn laajuuden mukaan työkartan tai useamman, opaskartan, purkukartan, jako- ja haaroituskeskusaaviot, muuntamokaavion, rakenneluettelon ja yleiskartan.

Kuvassa 6 on esitetty yleissuunnitelma yhdestä maastosuunnittelijan tyypillisestä työkohteesta. Kuvassa näkyy keltaisella viivalla purettava vanha ilmajohtoverkko ja punaisella katkoviivalla sen tilalle rakennettava uusi säävarma maakaapeliverkko. Kuvassa on esitetty selkeyden vuoksi ainoastaan keskijänniteverkko.



KUVA 6. Vanhan ilmajohtoverkon maakaapelointi (Lähdeaho 2015.)

6 INVESTOINTITEHOKKUUS

(Ei julkinen.)

## 7 YHTEENVETO

Sähköverkkoliiketoiminnan valvontamalli ohjaa ja kannustaa verkonhaltijoita verkkoinvestointien kustannustehokkaaseen toteutukseen. Ylimääräiset rakentamiskustannukset ovat verkkoyhtiöltä itseltään pois, joten investoinnit kannattaa kohdentaa ja suunnitella järkevästi. Samalla valvontamalli ohjaa ja kannustaa liiketoimintaa haluttuun suuntaan erilaisten kannustimien avulla. Valvontamallissa menestymällä verkonhaltija hyötyy tehokkaasta toiminnastaan rahallisesti, vastaavasti tehottomuudesta rokotetaan.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia sähköjakeluverkon rakentamistapaa investointinäkökulmasta ja selvittää, mitä asioita maastosuunnitteluprosessissa tulee ottaa huomioon, jotta verkkoinvestoinnit tulisi toteutettua mahdollisimman järkevällä ja tehokkaalla tavalla kannattavaksi sijoitukseksi verkkoyhtiölle. Aihe oli mielenkiintoinen ja työtä tehdessä sai perehtyä laajasti sähköverkkoinvestointien teknisiin ja taloudellisiin perusteisiin, suunnitteluprosessiin ja etenkin maastosuunnitteluun. Työ antoi myös hyvän yleiskäsityksen sähköjakeluverkkoliiketoiminnasta kokonaisuutena ja sen viranomaisvalvonnasta.

Opinnäytetyössä laadittu ohje otetaan käyttöön Pohjolan Werkonrakennus Oy:ssä ja sitä käytetään informaatiopakettina yrityksen maastosuunnittelijoille. Ohjeeseen on tiivistetty ydinasiat investointitehokkaasta rakentamistavasta, tavoiteverkkosuunnittelusta sekä kaapelireitin valinnasta. Ohje lisää maastosuunnittelijoiden tietoa sähköverkon rakentamisen teknistaloudellisista perusteista, ja sen avulla he voivat ottaa nämä asiat paremmin huomioon työssään. Maastosuunnittelun optimoiminen ohjeen avulla kehittää yrityksen verkonrakentamisprosessia paremmin tilaajaa palvelevaksi, mikä tekee yrityksestä halutun urakoitsijan.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

ELENIA OY 2014. Maakaapelireitin optimointi. Urakoitsijaohje.

ENERGIATEOLLISUUS 2012. Suositus sähköverkkojen sijoittamisesta yksityisteiden varsille. [Viitattu 2015-5-10.] Saatavissa:

[http://energia.fi/sites/default/files/suositus\\_sahkoverkkojen\\_sijoittamisesta\\_yksitysteiden\\_varsille\\_2012\\_.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/suositus_sahkoverkkojen_sijoittamisesta_yksitysteiden_varsille_2012_.pdf).

ENERGIATEOLLISUUS 2013. Verkkoyhtiöt haluavat eroon pitkistä sähkökatkoista. [Verkkojulkaisu.] [Viitattu 2015-2-27.] Saatavissa: <http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/sahkokatkot-ja-jakelun-keskeytykset/tavoite-sahkoverkkojen-uudistamisesta>.

ENERGIAVERKKO 2003. Sähkön siirto [Verkkojulkaisu.] [Viitattu 2015-4-6.] Saatavissa: [http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/energiaverkko/energian\\_siirto/sahkonsiirto.htm](http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/energiaverkko/energian_siirto/sahkonsiirto.htm).

ENERGIAVIRASTO 2011. Sähkön jakeluverkkotoiminnan hinnoittelun kohtuullisuuden valvontamenetelmien suuntaviivat vuosille 2012 - 2015. [Viitattu 2015-1-21.] Saatavissa: [http://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Sahkonjakeluverkko\\_suurjannitteinen\\_jakeluverkko\\_suuntaviivat\\_2012\\_2015.pdf/e9de867e-513b-4ce5-84d2-322e1c585ba0](http://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Sahkonjakeluverkko_suurjannitteinen_jakeluverkko_suuntaviivat_2012_2015.pdf/e9de867e-513b-4ce5-84d2-322e1c585ba0).

ENERGIAVIRASTO 2013. Liite 1 – Valvontamenetelmät sähkön jakeluverkkotoiminnan ja suurjännitteisen jakeluverkkotoiminnan hinnoittelun kohtuullisuuden arvioimiseksi 1.1.2012 alkavalla ja 31.12.2015 päättyvällä kolmannella valvontajaksolla. [Viitattu 2015-2-13.] Saatavissa: [https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Liite+1\\_Valvontamenetelm%C3%A4t\\_s%C3%A4hk%C3%B6n+jakeluverkkotoiminta+ja+suurj%C3%A4nnitteisen+jakeluverkkotoiminta\\_+29112013.pdf/d4af0d5b-c584-409f-b881-2185fea25e20](https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Liite+1_Valvontamenetelm%C3%A4t_s%C3%A4hk%C3%B6n+jakeluverkkotoiminta+ja+suurj%C3%A4nnitteisen+jakeluverkkotoiminta_+29112013.pdf/d4af0d5b-c584-409f-b881-2185fea25e20).

ENERGIAVIRASTO 2014a. Verkkotoiminnan valvontamenetelmien kehittäminen seuraaville valvontajaksolle (2016-2023). [Viitattu 2015-3-26.] Saatavissa: <http://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Valvontamenetelmien+kehitt%C3%A4minen+2016-2023.pdf/9e386f13-4378-4670-80e2-73d193189a06>.

ENERGIAVIRASTO 2014b. Suuntaviivojen valmistelu 2014 kehityskohteet. [Viitattu 2015-2-11.] Saatavissa: <http://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Suuntaviivojen+valmistelu+2014++kehityskohteet.pdf/46515b02-b760-4a64-a7fa-49d34af1ee82>.

ENERGIAVIRASTO 2015a. Sähköverkon haltijat [Verkkojulkaisu.] [Viitattu 2015-2-11.] Saatavissa: <https://www.energiavirasto.fi/sahkoverkon-haltijat>.

ENERGIAVIRASTO 2015b. Sähköverkot [Verkkojulkaisu.] [Viitattu 2015-1-19.] Saatavissa: <http://www.energiavirasto.fi/sahkoverkot>.

ENERGIAVIRASTO 2015c. 1. suuntaviivat valvontamenetelmiksi neljännellä 1.1.2016 – 31.12.2019 ja viidennellä 1.1.2020 – 31.12.2023 valvontajaksolla. [Viitattu 2015-3-26.] Saatavissa: [http://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Sahko\\_jakeluverkko+-+1++suuntaviivat+valvontamenetelmiksi+2016-2023+-+17022015.pdf/8dabed43-f67a-4504-b5eb-688a6fa2c38a](http://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Sahko_jakeluverkko+-+1++suuntaviivat+valvontamenetelmiksi+2016-2023+-+17022015.pdf/8dabed43-f67a-4504-b5eb-688a6fa2c38a).

ENERGIAVIRASTO 2015d. Vuonna 2015 sähköverkkoon sitoutuneen pääoman kohtuullinen kustannus. [Viitattu 2015-1-21.] Saatavissa: <https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/S%C3%A4hk%C3%B6verkkotoiminta+2015.pdf/a0def3a4-b4eb-41e8-8cd3-48757cf7b74d>.

ENERGIAVIRASTO 2015e. Sähkönjakeluverkon komponenttien yksikköhinnat 2015. [Viitattu 2015-1-22.] Saatavissa: <https://www.energiavirasto.fi/sahkonjakeluverkon-komponenttien-yksikkohinnat-2015>.

HEIKKILÄ, Tuukka 2014. Sähköverkon toimitusvarmuuteen liittyvien valvontamenetelmien kehittäminen. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. Saatavissa:

<https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Diplomity%C3%B6%20Tuukka+Heikkil%C3%A4%20Energiavirasto+FINAL.pdf/5f3b5842-ae34-4aff-af94-9ccd51401598>.

KAUPPALEHTI 2015. Taloudelliset tiedot Pohjolan Werkonrakennus Oy. [Verkkajulkaisu.] [Viitattu 2015-2-11.] Saatavissa:

<http://www.kauppalehti.fi/yrietykset/yriety/pohjolan+werkonrakennus+oy/20814466>.

LAKERVI, Erkki ja PARTANEN Jarmo 2008. Sähkönjakelutekniikka. 3. painos. Helsinki: Otatieto.

LAPPEENRANTA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY 2010. Nykyisen valvontamallin toimivuuden ja ohjausvaikutusten arviointi. Tutkimusraportti. [Viitattu 2015-1-22.] Saatavissa:

[https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/LUT\\_EMV\\_road\\_map\\_raportti\\_Final.pdf/ba94d85c-a4f4-4aaf-ae5e-9164f1280d15](https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/LUT_EMV_road_map_raportti_Final.pdf/ba94d85c-a4f4-4aaf-ae5e-9164f1280d15).

LÄHDEAHO, Tommi 2015-3-11. Suunnittelupäällikkö, Elenia Oy. [Haastattelu.]

NURMI, Simo 2015. Kehittämissuunnitelmista toteutukseen [luentomateriaali.] Tampere: Verkostomessut. [Viitattu 2015-2-27]. Saatavissa:

[http://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Simo+Nurmi\\_esitelma\\_Verkostomessut.pdf/9df03c2f-fb97-462a-9c7c-2d2bf339ed22?version=1.0](http://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Simo+Nurmi_esitelma_Verkostomessut.pdf/9df03c2f-fb97-462a-9c7c-2d2bf339ed22?version=1.0).

Pohjolan Werkonrakennus Oy 2015. Yritys, palvelut, referenssit, ajankohtaista [Verkkajulkaisu.] [Viitattu 2015-2-11.] Saatavissa: [www.pwr.fi](http://www.pwr.fi).

SALOMÄKI, Harri 2015-1-14. Hankekehityspäällikkö, Elenia Oy. [Haastattelu.]

TALOUSELÄMÄ 2014. EU-vertailu: Suomessa on Euroopan halvinta sähköä (Eurostat). [Verkkajulkaisu.] [Viitattu 2015-3-25.] Saatavissa:

<http://www.talouselama.fi/uutiset/euvertailu+suomessa+on+euroopan+halvinta+sahkoa/a2249090>.

LIITE 1: SUUNNITTELIJAN OHJE

(Ei julkinen.)



## LIITE 2: YKSIKÖHINTOJA

<b>20 kV maakaapelit (asennus)</b>	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
Enintään 70 maakaapeli	km	24 660
95 - 120 maakaapeli	km	32 480
150 - 185 maakaapeli	km	38 160
240 - 300 maakaapeli	km	45 660
400 - 500 maakaapeli	km	85 420
630 - 800 maakaapeli	km	151 910
Enintään 70 vesistökaapeli	km	41 270
95 - 120 vesistökaapeli	km	43 240
150 - 185 vesistökaapeli	km	47 000
Kojeistopääte	kpl	1 270
Pylväspääte	kpl	2 380
Jatko	kpl	2 020

<b>0,4 kV maakaapelit (asennus)</b>	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
Enintään 25 maakaapeli	km	7 890
35 - 50 maakaapeli	km	9 030
70 maakaapeli	km	11 780
95 - 120 maakaapeli	km	12 970
150 - 185 maakaapeli	km	19 960
240 - 300 maakaapeli	km	24 540
Enintään 35 vesistökaapeli	km	11 780
50 - 70 vesistökaapeli	km	14 390
95 - 120 vesistökaapeli	km	21 610
Vähintään 150 vesistökaapeli	km	23 050

<b>0,4 ja 20 kV maakaapelit (kaivu)</b>	20 kV yhteiskäyttö [kaapelia/oja]	0,4 kV yhteiskäyttö [kaapelia/oja]	Yksikköhinta euroa/km
Helppo	1,1	1,5	10 190
Normaali	1,2	1,75	23 240
Vaikea	1,3	2	66 390
Erittäin vaikea	2	3	128 990

<b>Jakokaapit ja jonovarokeytkimet</b>	Yksikkö	Yksikköhinta euroa
Haarotuskaappi	kpl	660
Kaapelijakokaappi, enintään 400 A	kpl	1 390
Kaapelijakokaappi, vähintään 630 A	kpl	1 780
Jonovarokeytkin, enintään 160 A	kpl	300
Jonovarokeytkin, 250 – 400 A	kpl	440
Jonovarokeytkin, 630 A	kpl	660