

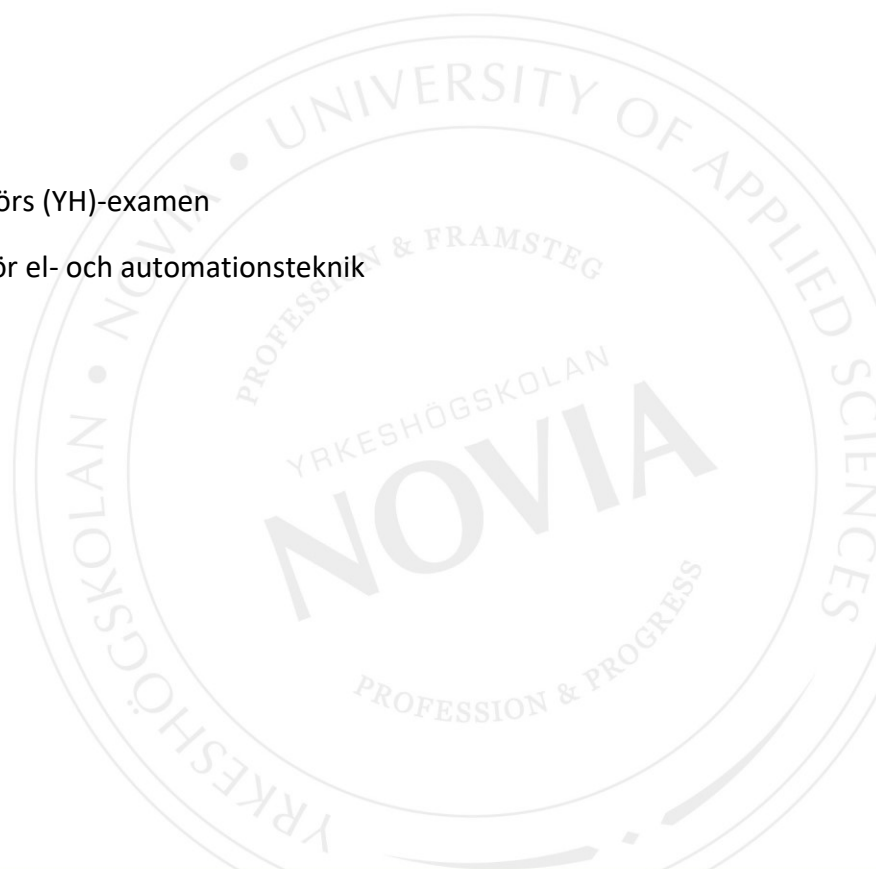
Planering av lågspänningsnät – teori och verklighet

Oliver Selenius

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för el- och automationsteknik

Vasa 2021



EXAMENSARBETE

Författare: Oliver Selenius
Utbildning och ort: El- och automationsteknik, Vasa
Inriktningsalternativ: Elkraftsteknik
Handledare: Ronnie Sundsten

Titel: Planering av lågspänningsnät – teori och verklighet

Datum	Sidantal	Bilagor
-------	----------	---------

Abstrakt

Detta examensarbete behandlar faktorer som styr planeringen av lokalnätet. Det handlar om myndigheternas utgångspunkter, tekniska standarder/kvalitetsaspekter, fysiska förhållanden, ekonomisk lönsamhet och sammanvägning av dessa faktorer. Examensarbetet innehåller teoretiska utgångspunkter för nätplanering och konkreta fall som är valda på basis av mina arbetsuppgifter inom N3M i Lojo. Planeringen görs med hjälp av Trimble- NIS.

Fallstudierna är valda med lite olika utgångspunkter, så att de beskriver relevanta problemställningar som planeraren ställs inför. Fallstudierna avgränsas till planeringen av ändringar och kompletteringar av lågspänningsnätet som gjorts av N3M på uppdrag av nätverksoperatören Caruna.

I arbetet diskuteras tekniska standarder som korslutningsström, spänningsnivå, utlösningstid och kabelbelastning samt fysiska faktorer, såsom miljö och ägoförhållanden, samt ekonomi.

Språk: svenska

Nyckelord: lokalnät, lågspänningsnät, distributionsnät

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	Oliver Selenius
Koulutus ja paikkakunta:	Sähkö- ja automaatiotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto:	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja:	Ronnie Sundsten

Nimike: Pienjänniteverkon suunnittelu — teoria ja todellisuus

Päivämäärä	Sivumäärä	Liitteet
------------	-----------	----------

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö käsittelee tekijöitä, jotka ohjaavat paikallisverkon suunnittelua. Kyse on viranomaisten lähtökohdista, teknisistä standardeista/laatunäkökohdista, fyysisistä olosuhteista, taloudellisesta kannattavuudesta ja näiden tekijöiden tasapainottamisesta. Opinnäytetyö sisältää teoreettiset lähtökohdat verkon suunnittelulle ja konkreettiset tapaukset, joita on valittu Lohjan N3M:n työtehtävien perusteella. Suunnittelu tehdään Trimble-NIS:n avulla.

Suunnittelukohteet on valittu hieman eri lähtökohdista, jotta ne kuvaavat suunnittelijan kohtaamia asiaankuuluvia asioita. Suunnittelukohteet rajoittuvat N3M:n verkko-operaattori Carunan puolesta tekemien pienjänniteverkon muutosten ja lisäysten suunnitteluhankkeisiin.

Työssä käsitellään teknisiä standardeja, kuten oikosulkuvirtaa, jännitetasoa, laukaisuaikaa ja kaapelikuormitusta, sekä fyysisiä tekijöitä, kuten ympäristö- ja omistusolosuhteita sekä taloudellisuutta.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: paikallisverkko, pienjänniteverkko, jakeluverkko

BACHELOR'S THESIS

Author: Oliver Selenius
Degree programme: Electrical Engineering, Vaasa
Specialization: Electrical Power Engineering
Supervisor(s): Ronnie Sundsten

Title: Low voltage network planning — theory and reality

Date	Number of pages	Appendices
------	-----------------	------------

Abstract

This bachelor's thesis deals with factors that govern the planning of the local electric networks. It is about the authorities' starting points, technical standards / quality aspects, physical conditions, financial profitability and balancing of these factors. The bachelor's thesis contains theoretical starting points for network planning and concrete cases that are selected based on my assignments within N3M in Lohja. The planning is done with the help of Trimble-NIS.

The case studies are chosen with slightly different starting points, so that they describe relevant issues that the planner is faced with. The case studies are limited to the planning of changes existing and new contracts to the low-voltage network made by N3M on behalf of the network operator Caruna.

The work discusses technical standards such as short-circuit current, voltage level, tripping time and cable load, as well as physical factors, environmental and ownership conditions, and economy.

Language: swedish	Key words: local network, low voltage network, distribution network
-------------------	---

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
2	Syfte och avgränsningar	2
3	Distributionsnätets struktur	3
3.1	Stamnätet.....	3
3.2	Regionnätet.....	3
3.3	Lokalnätet	3
3.4	Investeringen i jordkabel	4
4	Utgångspunkter för planering	5
4.1	Myndigheternas utgångspunkter	5
4.2	Krav för skydd på lågspänningsnätet.....	8
4.2.1	Automatisk bortkoppling.....	9
4.2.2	Jordningssystem	9
4.2.3	Säkringsskydd	9
4.2.4	Kortslutningsströmmar.....	10
4.2.5	Standarder för montering av jordkabel.....	11
4.2.6	Tillfälligt installerade kablar	12
4.3	Olycksfall i arbetet	13
5	Praktisk tillämpning - Några fallstudier	14
5.1	Planeringsverktyg.....	14
5.1.1	Nätverksberäkning.....	14
5.1.2	Planering och Byggande	15
5.1.3	Egendomsförvaltning.....	16
5.1.4	Hantering av nätverksinvesteringar	16
5.1.5	Ägaruppgifter.....	16
5.1.6	Underhåll	16
5.2	Planeringsprocessen	17
5.3	Tre planeringsuppdrag.....	18
5.3.1	Fallstudie I: Förstärkningen av spänningen i nätet till två kunder – Johanneslundintie, Lojo.....	18
5.3.2	Fallstudie II: Byte av en gammal luftledning till jordkabel vid Kopparträskvägen.....	21
5.3.3	Fallstudie III: Ny anslutning vid Rataskorpi.....	23
6	Slutsatser	25
7	Källförteckning.....	28

1 Inledning

Elproduktionen började i Finland på 1870/80-talet i liten skala på industriorter (Finlayson i Tammerfors) och i Helsingfors. Spårvagnar med el började trafikera i Helsingfors år 1900. Helsingfors stads energiverk grundades år 1909. Elen producerades vid små lokala elverk, energiverk typ Ekenäs Energi som grundades år 1909. I begynnelsen producerades belysningsström. Men det dröjde dock nästan 100 år innan alla hushåll i skärgården och glesbygderna fick el (Perälä, 2012). Inom hushållen kom först belysningen, sedan radion och kylskåpet. Idag är samhället helt beroende av el.

Antalet elanvändare i Finland uppgick enligt Energimyndigheten år 2016 till 3,5 miljoner. Elanslutningarna har vuxit med ca 20 000 per år och var år 2016 1,72 miljoner. Både antalet användare och anslutningar har vuxit varje år oberoende om det varit goda eller dåliga tider. Elnätets längd har vuxit i takt med nya användare-/anslutningar i medeltal 2500 km i året. Distributionsnätets totallängd var år 2016 395 000 kilometer .

Fram till 1960-talet, då kopparn var dyr och arbetskraften billig, byggdes distributionsnätet den kortaste vägen genom skogar, berg och mossar. Senare när kopparn blev billigare och arbetskraften dyrare byggdes distributionsnäten längs vägarna.

Sedan julannandagsstormen 2012 har samhällets fokus varit att gräva ned regionnätet för att minska avbrotten till följd av träd på linjerna (Koistinen, 2020). Regeringen satte höga målsättningar för att ersätta luftlinjer med jordkablar och ersättningskrav på elnätsoperatörerna ifall målsättningarna att förbättra avbrottslängderna inte följs. Samtidigt gjorde regeringen det mer lönsamt att investera i distributionsnät och nya intressenter typ pensionsbolag, kom in och investerade i eldistribution. Energimyndigheten satte fast normer för genomsnittliga byggnadskostnader och hur hög avkastning nätoperatörerna fick ta ut på elöverföring. Till följd att det blev lönsamt att investera i elnät och de nya kvalitetsmålen ökade investeringar i nätet betydligt, men priserna på överföringen av energi steg också brant för användarna.

Under åren 2016–2019 har nätverksoperatörerna byggt 44 000 km jordkabel (Energimyndigheten, 2020).

Alla dessa faktorer ställer nätoperatörer och deras underleverantörer inför stora utmaningar. Planeringen av nätet måste också anpassas till nya kvalitetskrav och säkerhetsföreskrifter som hela tiden uppdateras och övervakas.

2 Syfte och avgränsningar

Målsättningen med slutarbetet var att belysa problemställningar och den verklighet som planeraren står inför i spänningsfältet mellan kund och beställare samt samhällets ökade krav på leveranssäkerhet, säkerhetsaspekter vid byggande och dokumentation av planeringen av nätet. Arbetet bygger på praktiska erfarenheter av planering och tillämpning av gällande standards och krav som beställare och myndigheter ställer på planeraren.

Slutarbetet behandlar faktorer som styr planeringen av lokalnätet; lagstiftning, tekniska standards/kvalitetsaspekter, fysiska förhållanden och ekonomiska krav samt hur dessa målsättningar förverkligats. Examensarbetet innehåller teoretiska utgångspunkter för nätplanering och konkreta fall som är valda på basen av mina arbetsuppgifter inom N3M i Lojo. Arbetet avgränsas till planeringen av nya anslutningar och ändringar av nät som görs av N3M på uppdrag av nätverksoperatören Caruna. Fallstudierna är valda med lite olika utgångspunkter, så att de beskriver de frågor som planeraren ställs inför.

I arbetet diskuteras tekniska standarder som korsslutningsström, spänningsnivå, utlösningstid och kabelbelastning samt fysiska faktorer som miljö- och ägoförhållanden samt ekonomi, som grund för val av lösning. Den tekniska planeringen görs med hjälp av Trimble- NIS, som är det centrala planeringsverktyget.

I slutet av arbetet sammanfattas erfarenheterna på basen av gjorda fallstudier och från arbetet som planerare inom N3M.

3 Distributionsnätets struktur

Eldistributionsnätet i Finland delas upp i tre olika nivåer på basen av överföringskapacitet och uppgift i stamnät, regionnät och lokalnät.

3.1 Stamnätet

Stamnätet levererar el från de största elproducenterna till regionnäten och vidare till lokalnäten i hela landet. Stamnätet består huvudsakligen av 440 kV luftledningarna och drivs av ett statsägt bolag, Fingrid Oy. Fingrid sköter också distributionen av el över landsgränsen. Stamnätets längd är 6755 km, av vilket 3,6 % i jordkabel år 2019. Fingrid har också 220 och 110 kV nät, men deras andel har minskat över tiden. I takt med att 440 kV-nätet byggts ut har Fingrid sålt 220 och 110 kV nät till andra aktörer. I statistikföringen kallas 110 – 220 – 440 kV-nätet för högspänningsnätet (Energimyndigheten, 2019).

3.2 Regionnätet

Regionnätet består i princip av mellanspänningsnät i intervallet 1-70 kV. Det ägs av ett stort antal privata och kommunala bolag som både sköter den regionala distributionen mellan stamnät och lokalnät, men har också egna lokalnät. I energimyndighetens statistik redovisas 9 bolag som enbart upprätthåller regionala nät. De äger bland annat 110 kV:s nät som Fingrid sålt ut. Regionnätet (1 – 70 kV) är 152 925 km, av vilket 35,7 % är jordkabel.

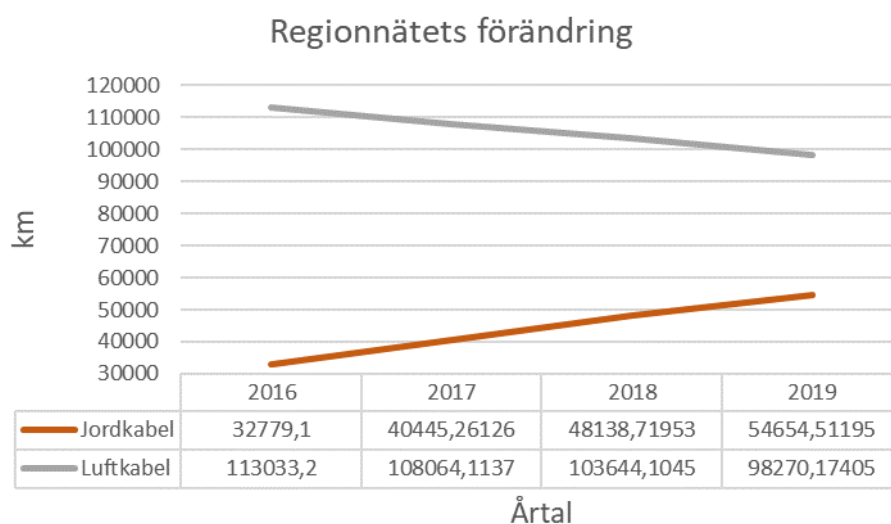
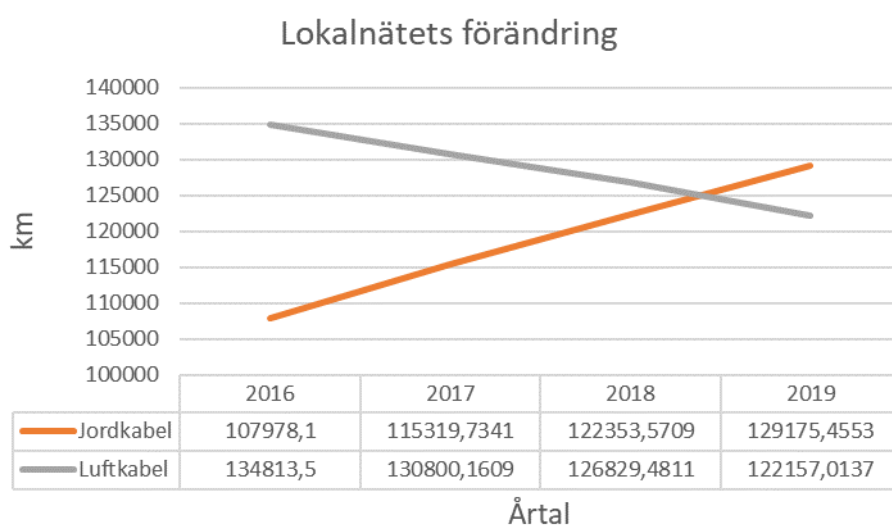
3.3 Lokalnätet

Det lokala distributionsnätet (0,4 – 1 kV) är 251 332 km långt. De lokala operatörerna enligt Energiverkets statistik är 77 (Bilaga 1). Alla opererar inom olika spänningsnivåer. I vissa fall kan också lokalnätet vara direkt kopplat till stamnätet. Raseborgs Energi som har ett mycket lokalt begränsat verksamhetsområde har 0,4, 10, 30 och 110 kV:s nät.

3.4 Investeringen i jordkabel

Under de senaste 10 åren har betydande investeringar gjorts både i region- och lokalnätet för att minska underhållskostnader på luftledningar och öka driftsäkerheten. År 2016 var 22% av regionnätet jordkabel och år 2019 hade andelen vuxit till 36 %. Det betyder att regionalnätoperatörerna byggt 22 000 km jordkabel.

Tabell 1: Andel jordkabel inom lokal- och regionnät



(Sähköverkko toiminnan tekniset tunnusluvut, 2016-2019).

Förändringen har också varit snabb inom lokalnätet. Åren 2016 – 2019 har lokalnätoperatörerna byggt 22 000 km jordkabel. Under 2018 så blev jordkabelns andel av lokalnätet större än luftkabelns (Energimyndigheten, 2016-2019).

Högspänningsledningar är dyra att bygga som jordkabel. Huvudsakligen har 110 kV-nät byggts som jordkabel i städerna och under vägar (Carunas 110 kV under riksväg 25 i Karis) samt HVDC-kablarna till Estland (Estlink).

4 Utgångspunkter för planering

Elmarknadslagen som förnyades 2013 gav direktiv för mindre strömavbrott på distributionsnäten, som har fått nätoperatörerna att förnya och bygga nya nät med jordkabel. I denna del förklaras vad den nya elmarknadslagen föreskriver, krav och standarder för planering samt arbetsolyckor med några dokumenterade olycksfall.

4.1 Myndigheternas utgångspunkter

År 2013 fick Finland en ny elmarknadslag L 588/2013 och en lag för tillsyn av el- och naturgasmarknaden L 509/2013. Elmarknadslagen skall enligt §1 *"garantera god leveranssäkerhet, konkurrenskraftiga priser och skäliga principer för tjänsterna"* (§1). Ett eldistributionsnät ska enligt §51 *"planeras, byggas och upprätthållas så att fel i distributionsnätet som uppkommit till följd av storm eller snöbelastning inom stadsplaneområden inte förorsaka avbrott i eldistributionen på över 6 timmar, utanför stadsplaneområden max 36 timmar"*. Kraven träder i kraft stegvis. Enligt §119 ska driftsäkerheten höjas så att fram till slutet av 2019 bör minst 50 % av nätanvändarna garanteras den servicenivån som lagen §51 föreskriver. Fram till utgången av 2023 skall denna servicenivå garanteras 75 % av invånarna och vid utgången av år 2028 alla användare av nätet. Att nå målsättningarna skulle enligt en undersökning som Yle publicerade 12.10.2020, kräva investeringar för 3 miljarder euro (Koistinen, 12.10.2020).

Elnätsoperatörerna förutsätts enligt lagen §52 göra utvecklingsplaner för två år åt gången för att systematiskt och långsiktigt förbättra distributionsnätets tillförlitlighet och säkerhet som leder fram till att kraven i §51 och §119 uppfylls. Utvecklingsplanernas uppföljning övervakas av energimarknadsverket.

De nya målsättningarna för driftssäkerheten förutsatte betydande investeringar i nya säkrare elledningar och jordkablar. För att garantera att alla operatörer skulle ha möjlighet att göra de förbättringar som krävs tilläts nätverksbolagen ta ut ett pris för överföringen som gav en bättre avkastning på kapitalet. Energimyndigheten fastställer enligt L 509/2013 metoderna för fastställandet av prissättningen och vad som är en godtagbar avkastning på kapital som är bundet till nätverksverksamheten. Avkastningen på kapitalet höjdes år 2016 från 5 till 7,4% och har varit bunden till marknadsräntan och avkastningen på Finlands 10-års obligationer (Koistinen, 12.10.2020).

Energimyndigheten följer med prisutvecklingen i fyra års perioder. Om någon operatör tar ut större vinst på kapitalet än vad som tillåts, måste operatören betala överpriset tillbaka till kunderna under nästa fyra års period. I elmarknadslagen finns också ett tak på prishöjningar. De får inte vara större än 8 % under en 12 månaders period. Innan 2021 var maximigränsen för prishöjningen 15 %

De nya avkastningskraven ledde fram till att nätverksbolagen investerade mer än tidigare i jordkablar och säkrare luftledning. Enligt Energimyndighetens uppföljningsrapport investerade nätverksoperatörerna åren 2012-15 i medeltal 700 miljoner i sina nät per år och år 2016 969 miljoner (Energimyndigheten, 2018, s. 45). Av investeringarna gick 40 % till mellanspänningsnätet, 28 % till lågspänningsnätet och 21 % till transformatorer (Energimyndigheten, 2018, s. 38).

Enligt de rapporter och planer som nätverksbolagen lämnat till energimyndigheten uppfylldes lagens kvalitetskrav för avbrottslängd på max 6 timmar för kunder inom stadsplaneområden till 81 % redan år 2018. Utanför stadsplaneområden hade man nått upp till 31 % av kunderna mot 26 % år 2014. Hela 1.1 miljoner elkonsumenter var ännu anslutna till nät som inte fyllde lagens målsättningar (Energimyndigheten, 2018, s. 44).

De viktigaste förbättringsåtgärderna på låg- och mellanspänningsnätet är att ersätta luftledning med jordkablar. Av mellanspänningsnätet var år 2009 10,6 % byggt med jordkabel och andelen har vuxit med ca en procentenhet per år. År 2017 var kableringsgraden 22,5 % och på basen av planerna ska man nå 47 % år 2028 (Energimyndigheten, 2018, s.39).

Av lågspänningsnätet var redan år 2009 en tredjedel byggt i jorden (35,3 %). Andelen har ökat med samma takt som i mellanspänningsnätet med en procentenhet i året. År 2017 var man upp i 44,5 % och år 2028 räknar energimyndigheten med att 65 % av lågspänningsnätet är jordkabel (Energimyndigheten 2018, s.39).

Även om kableringen förbättrar driftssäkerheten i nätet är det inte i alla situationer den mest kostnadseffektiva åtgärden. När det gäller mellanspänningsnätet räknar de operatörer som jobbar på landsbygden att bara 26 % av nätet ska läggas som jordkabel (Energimyndigheten, 2018, s.39). I stället planerar man att flytta luftledningarna i anslutning till landsvägar. Röjning av skogen längs luftlinjer är också en effektiv åtgärd.

De mest riskfyllda linjerna går genom skogar och 40 % av mellanspänningsnätet går igenom skogsmark. Av lågspänningsnätets längd är 27 % på skogsmark (Energimyndigheten 2018, s 40.).

Det har visat sig att målsättningarna gällande driftssäkerheten på distributionsnätet inte går att uppnå på glesbygden fram till 2028 och att det ännu kräver stora investeringar. Därför föreslog regeringen 2020 att förverkligande av målsättningarna gällande avbrottens längd flyttas framåt till år 2036 för sådana eldistributionsbolag, som huvudsakligen verkar inom glesbygd (Regeringens proposition 265/2020 rd). Ändringen av elmarknadslagen trädde i kraft 1.1.2021.

Investeringarna i ökad driftssäkerhet har minskat elavbrotten, vilket var ett av syftena med elmarknadslagen. Avbrotten på högspänningsnätet är relativt få, ca 1,5/år per 100 km linje och på samma nivå som i Sverige och Norge åren 2007-16 (Energimyndigheten 2018, s. 32). Avbrotten förorsakas av extrema väderförhållanden och skador på teknisk utrustning, transformatorer mm.

De flesta elavbrott som drabbar kunderna förorsakas av skador på distributionsnätet, tex. fallna träd på linjerna eller jordkablar som grävts av. Antalet avbrott per kund på hela distributionsnätet var år 2015 6,4 och år 2016 5,1. Avbrottens medellängd var år 2015 2,77 timmar och 2016 1,34 timmar. Enligt elmarknadslagen §100 betalar nätverksoperatörer ersättningar till kunden för avbrott som överskrider 12 h. År 2016 betalades 7,4 miljoner € i ersättningar för avbrott till 104 851 kunder. Hälften av ersättningarna gällde avbrott på

12-24 timmar. Endast 73 ersättningar gällde avbrott på mer än 72 timmar (Energimyndigheten, 2018, s.34-37).

Till följd av ökade investeringar och nya beräkningsgrunder för hur hög avkastning nätverksoperatörerna får ta ut höjde elnätsoperatörerna kraftigt sina överföringspriser år 2016. Priserna varierar också rätt kraftigt mellan olika bolag. De billigaste priserna för överföringen var 6 cent/kWh, medan de dyraste var 14 cent/kWh. Medelpriset för alla bolag och brukargrupper var 9 cent/kWh.

Yle publicerade i oktober 2020 utredningar om eldistributionskostnadernas utveckling åren 2015-18 på basen av energimyndighetens statistik. Undersökningarna visar att överföringspriserna åren 2015-2018 höjts med 30-40 % (Antti Koistinen, Yle tutki, 12.10.2020). Undersökningen visade att bara en del av prishöjningen 2017–2018 motiveras med investeringar för att minska risken för stormskador, 4,6 procentenheter 2017 och 2,9 % procentenheter (Energimyndigheten, 2018, s.5). Den största orsaken till prishöjningarna förklaras med ändringar i övervakningsmodellen för åren 2016-19, dvs. att avkastningsprocenten på kapitalet höjdes från 5 till 7,4 %.

4.2 Krav för skydd på lågspänningsnätet

Tukes, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, övervakar säkerheten för elektriska installationer i Finland. Elektriska installationers säkerhetskrav skall följa standarderna SFS 6000 för lågspänning (<1kV) och SFS 6001 för högspänningsinstallationer(>1kV). Standardserien (SFS 6000) baserar sig i huvudsak på de europeiska harmoniseringsdokumenten CENELEC HD 60364 Low-voltage electrical installations och den motsvarande internationella standardserien IEC 60364.

I olika tider har man för samma standarder använt olika benämningar. I standarder före år 2000 har man använt termen beröringsspänningsskydd och efter år 2000 kortslutningsskydd. I reparationsarbete kan äldre standarder följas men vid ändring eller utbyggnadsarbeten skall krav enligt standarden SFS 6000-8-802 följas. Om existerande installation granskas skall de uppfylla SFS 6000-8-801.4 säkerhetskraven.

4.2.1 Automatisk bortkoppling

Enligt SFS-standarden bör matningen kopplas bort inom högst 5 sekunder, men man kan komma överens med operatören om längre tider. När bortkoppling inte sker inom 5 sekunder så skall det planeras med en tilläggspotentialutjämning eller dimensionering av PEN-ledaren så att spänningen vid en kortslutning mellan en fas och jord inte får vara större än 75 V. Fem sekunds regeln gäller fram till anslutningens huvudsäkringar. Efter det får bortkopplingstiden inte överskrida 0,4 sekunder. Det här gäller för anslutningar med 230 V och säkringar upp till 32 A.

4.2.2 Jordningssystem

För jordning av distributionsnät finns två huvudsakliga system TN och IT. I Finland använder man sig av TN-C för lågspänningsnät och IT i högspänningsnät. Stjärnpunkten i ett IT-system är isolerad från jord med ett höghohmigt motstånd, men alla utsatta delar jordas till TN-systemets jordningssystem. TN-systemets stjärnpunkt jordas vid matningspunkten (transformatorn eller generatorn) eller högst 200 m från matningspunkten. Alla över 200 m långa förgreningar jordas också. Vid distributionsnätets kabelskåp rekommenderas alltid jordning. Lågspänningsnätet jordas enligt TN-C-systemet med en kombinerad jord och neutral-ledare, så kallad PEN-ledare, från transformatorn till konsumentens anslutningspunkt, men i konsumentens nät används skilda PE- och N-ledare. I distributionsnät kan TN-C-system användas om PEN-ledarens tvärsnittets area är minst 10 mm² koppar eller 16 mm² aluminium. Jordledare i luftledningsnät som går ner i marken längs med stolpen skall skyddas från mekaniska skador från 0,2 m under markytan till 1,5 m. Jordning av distributionsnätets installationer görs med jordningsstavar eller jordningsledare. Jordningsresistansen för dessa skall vara högst 100 Ω (SFS 600-1-2-801).

4.2.3 Säkringsskydd

Säkringsskyddet omfattar överbelastningsskydd, kortslutningsskydd och brytningstid. Syftet med överbelastningsskyddet är att ledaren inte överhettas p.g.a. för hög belastning. Riskerna är mindre i luftkablar, för de är luftkylda.

Anslutningsledningen är nätets enskilda ledare från förgreningspunkten till konsumentens mätarcentral.

4.2.4 Kortslutningsströmmar

Enligt SFS standarden dimensionerar man säkringen så att automatisk bortkoppling sker inom 5 sekunder.

Tabell 2: Säkringar och kortslutningsströmmar

Säkring	Minsta kortslutningsström för en fas i distributionsnätet
Typ gG säkring $I_N \leq 63$	$2,5 \times I_N$
Typ gG säkring $I_N > 63$	$3 \times I_N$

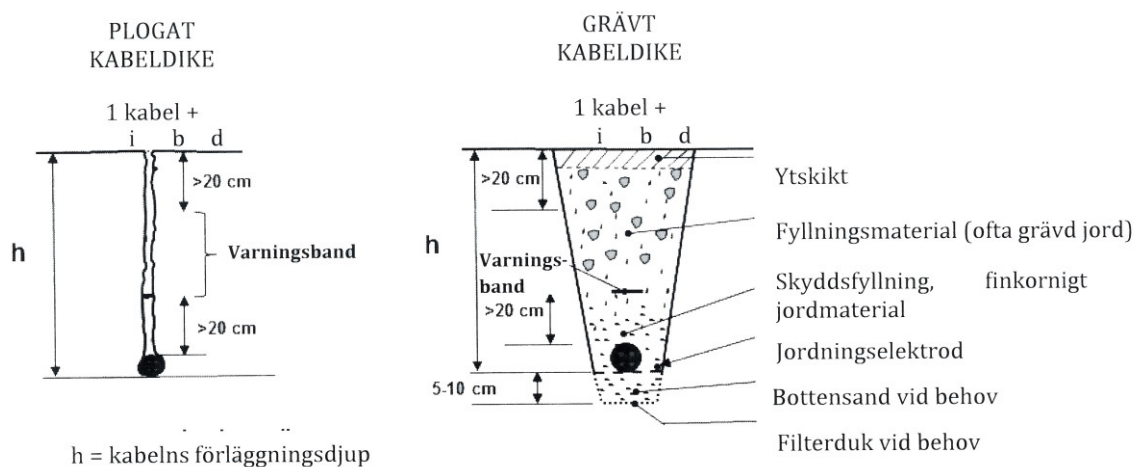
(SFS-handbok 600-1-2-801.1).

Ex. Typ gG 100 A säkrings minsta tillåtna kortslutningsström 300 A. Med en gG 63 A säkring är då 157,5 A.

Till en anslutning på 25 A skall kortslutningsströmmen vara minst 250 A vid huvudsäkringarna, men minimikravet är 180 A om man inte kan uppnå samma säkerhetsnivå. Kravet på minst 250 A kortslutningsström har bestämts därför att när 16 A automatsäkringar används som skydd för uttagsgrupper så fungerar skydden tillräckligt snabbt då huvudledningen och gruppledningarna är måttligt långa. Om kortslutningsströmmen är 180 A vid huvudsäkringarna kan man uppnå säkerhetsnivån till exempel med B-typ gG säkringar eller jordfelsbrytare (SFS-handbok 600-1-2-801.411:2018:sv).

4.2.5 Standarder för montering av jordkabel

Kablar som grävs ner i marken kan variera men alla bör vara HD 603 klassificerade som passar sig för finska förhållanden. Vid nergrävningen bör man beakta att det inte finns vassa föremål som kan skada kabeln och då använda sig av sand eller skydd för att hindra skador samt att den blir på ett djup på mer än 0,7 m.



Figur 1: Kabeldikets tvärsnitt (SFS 600-1-2-814.5).

Det är viktigt att den inte är för spänd när man täcker in den så att den tål rörelse i marken till exempel tjäle eller annan belastning. Kabeln skall utmärkas med ett varningsband som är placerad minst 0,2 m ovanför kabeln. Om man inte kan nå det rekommenderade djupet så bör man skydda kabeln på följande sätt.

Tabell 3: Monteringsanvisningar för jordkabel

Kabelns eller skyddets monteringsdjup h (kabeldikets djup)	Hållfasthet för stötar och annan påfrestning enligt standard SFS-EN 61386-24	Skyddets hållfasthet enligt standard SFS 50520
$h \geq 0,7$ m	varningsband	varningsband
$0,5$ m $< h < 0,7$ m	L 450	lätt belastning C 4 kN/m ²
$0,3$ m $\leq h \leq 0,5$ m på gårdsplan och parkområden	N 750	tung belastning A 16 kN/m ²
$0,3$ m $\leq h \leq 0,5$ m övriga områden	N 450	medeltung belastning B 8 kN/m ²

(SFS 600-1-2-814.1)

Kablar med jordad mantel till exempel MCMK och AMCMK kan monteras i marken utan rör om diket är djupare än 0,3 m. Om djupet är mindre än 0,3 m måste kabeln alltid skyddas med skyddsror.

Om kabeln måste dras på markytan eller på berg måste kabeln skyddas med ett skyddsror eller kabelskydd som tål tung belastning SFS 6508 klass A som är pålitligt fäst. När man monterar kabelskyddet på berg rekommenderas att skyddet ingjuts i betong. Då kabeln stiger upp ur marken eller vatten så skyddas den med ett kabelskydd av stål minst enligt hållfasthetsklass 4 (SFS-EN 61386-1). Kabelskyddet bör vara minst 1,5 m högt och 0,2 m under ytan. Vid trafikleder bör skyddsroret vara minst 2 m ovanför markytan.

När man monterar andra kablar i samma dike som en strömförande kabel bör man följa de säkerhetsavstånd mellan kablarna enligt operatörernas direktiv. För att förbättra överspänningsskyddet på jordkablar som inte är beröringsskyddade och kopplade till luftledningar på platser där det förekommer åska kan man montera en extra jordledning (SFS 600-1-2-814.1).

4.2.6 Tillfälligt installerade kablar

Jordkablar kan installeras på marken för tillfälligt bruk till exempel för elförsörjningen på byggarbetsplatser under förutsättning att det skyddas med skyddsror eller kabelskydd som tål medeltung belastning, att de märks ut och att de är fästade vid underlaget (SFS 600-1-2-814.6).

I undantagsfall kan kablar med beröringsskydd tillfälligt monteras på marken utan skyddsror eller kabelskydd under förutsättning att de är märkta med skyltar eller skyddsband. Kabeln får dock inte läggas på trafikerad väg eller på platser där de kan skadas av tunga fordon. För jordkablar som monteras på arbetsplatser finns egna krav SFS 6000-7-704. Jordkabeln får inte flyttas under användning och skall avlägsnas när det tillfälliga behovet upphört. (SFS-handbok 600-1-2-814.).

För en 25 A anslutning till ett nät som är äldre än 1997 är minimikravet för kortslutningsströmmen enligt direktiven 87, 5 A, men operatörerna kan ha högre målsättningar. Carunas målsättning för är att ha kortslutningsström på 190 A i äldre nät (Caruna ohjeisto, 9.4.2018).

4.3 Olycksfall i arbetet

Tukes statistik för sådana skador på elinstallationer och nätet som beskriver närapå situationer arbetsolycksfall (varo.tukes.fi). Med sökorden "maakaa" och branschen "sähkölaitteistot" ger registret 36 fall av skador på elkablar som förorsakat stöt eller ljusbåge. Situationerna har ofta uppstått genom att någon grävt av kabeln, av att arbetsmaskiner vidrört kabeln, eller att nollan har skadats.

En allmän uppfattning är att de flesta skador på jordkablar inom lågspännings- och högspänningsnätet som leder till närapå situationer uppkommer vid markbyggnadsarbeten då man inte haft kabelvisning. Men de uppstår också vid underhållsarbeten på nätet eller om kablarna inte lagts tillräckligt djupt.

Några typiska exempel på olycksfall ur databasen varo.tukes.fi

2019-0195: En grävmaskinsförare skadade skalet på en jordkabel och fick en stöt. Situationen uppstod till följd av okunskap, ogjord riskanalys och att han inte följt bestämmelserna.

2018-0137: Slättermaskin träffade och klippte av en strömförande jordkabel som lämnats på ett gatuområde ointäckt, vilket förorsakade en ljusbåge och elavbrott. Man hade i misstag glömt att täcka in kabeln pga. riklig snö. Kommunen gav nya direktiv om att arbetena ska göras innan vintern.

2011-6666: En elmontör fick en stöt här han kopplade en jordkabel till en AMKA-ledning med spänningen på. Han hade våta handskar och höll samtidigt i stolpens stöd och AMKA-kabeln och fick en stöt genom skalet som var helt. Orsaken var otillräcklig skyddsutrustning.

2011-6595: En elmontör skulle bygga om en luftledning till jordkabel. När han skulle klippa av den kom elen via belastningen tillbaka till de två avklippta och han fick en stöt. Han borde först ha slagit av huvudsäkringarna.

Någon nationell statistik för hur många skador på jordkablar som förorsakats att någon i misstag grävt av kabeln finns inte eftersom endast arbetsolycksfall och nära på fall rapporteras. En stor del rapporteras till nätverksbolaget, men inte allt. Inom Carunas verksamhetsområde handlar det om minst 100 fall per år .

5 Praktisk tillämpning - Några fallstudier

Detta kapitel bygger på uppgifter och erfarenheter jag samlat på mig som planerare vid N3M Power Ab i Västnyland under 8 månader. N3M sköter underhållet av Caruna OY:s lågspänningsnät i Västnyland och min uppgift har varit att planera nya elanslutningar och förstärkning av lågspännings nätet. Under denna period har jag planerat ett 80-tal projekt. Fallstudierna återspeglar ett urval av typiska planeringsuppdrag för nätverksoperatörens räkning. Avsikten är att jämföra mätresultat med planerade beräknade värden till grund för beställningen. I kapitel 6 återknyter jag till slutsatser från nätverksplaneringen.

5.1 Planeringsverktyg

Som planeringsverktyg används nätinformationssystemet Trimble NIS. Detta är ett utvecklat program som använder sig av olika applikationer som bearbetar stora mängder data och som gör dokumenteringsarbetet effektivt och information lätt tillgänglig. Trimble är ett teknologiföretag startat i USA som gör hård- och mjukvaror. Andra centrala verktyg är Geologiska Forskningscentralens (GTK:s) kartdatabas för att få information om jordmånen och Lantmäteristyrelsens fastighetsregister, fastighetsregistrets uppgifter. NIS stöder flera olika typer av nätverk som till exempel fjärrvärme och gasdistributionsnät (Trimble NIS sähköverkoille). Informationssystemet NIS består av applikationer som behandlar:

5.1.1 Nätverksberäkning

Applikationen för nätverksberäkning är ett omfattande verktyg för att kontrollera den tekniska dimensioneringen av det nuvarande och planerade elnätet för att planera säker och optimal användning av nätet.

Johtolaji	Pit./m - Pituus	K-aste/% ...	Imax/A...	Umin/V ...	SulL/A ...	Ik3L/A ...	Ik1min/A...	Aika/s ...	Verkkotunnus
PJ-kisko	1	4.8	48.1	231.8	500	1760	1602	999.900	M83360T1
PJ-kisko	1	0.0	0.0	231.8	32	1760	1602	999.900	M83360T1
AX95	320	11.8	26.0	230.3	80	1051	651	0.607	M83360T1
AM25	29	27.3	26.0	229.8	80	928	550	1.451	M83360T1
AM25	34	27.4	26.0	228.8	80	811	464	2.587	M83360T1
AX50	122	11.4	17.0	231.4	63	1209	793	0.118	M83360T1
AX150	109	14.1	35.9	230.8	63	1494	1164	0.109	M83360T1
AM35	56	31.2	35.9	229.3	63	1201	820	0.150	M83360T1
MMJK10	5	9.9	5.8	229.2	63	1158	771	0.158	M83360T1
AM35	148	27.0	31.0	225.2	63	755	439	0.225	M83360T1
AM35	196	19.5	22.5	221.4	63	495	268	1.998	M83360T1
AM35	118	6.3	7.2	221.0	63	409	217	6.270	M83360T1
OUTO	3	11.4	7.2	221.0	63	403	213	6.685	M83360T1
AX16	23	23.2	18.1	220.7	63	455	241	3.710	M83360T1
MMJK10	4	21.6	12.8	225.2	63	740	427	0.228	M83360T1

Figur 2: Tabellutskrift av effektfördelning och kortslutningsberäkning

Figur 2 är en tabellutskrift som presenterar resultatet av effektfördelning och kortslutningsberäkning. Denna tabell kan kolumnerna redigeras och tillämpas med olika indikatorer från beräkningen. Raderna kan sorteras efter vald kolumn för att analysera och hitta svaga punkter i nätet. Jag har valt för denna bild några väsentliga indikatorer för planering, som kortslutningsströmmar, spänning, belastnings grad och bortkopplingstid. Samtidigt när man väljer en rad i tabellen så markeras respektive ledning på kartan i programmet. Denna tabellutskrift är en modifierad utskrift av beräkningens resultatutskrift, bifogad som bilaga 2.

5.1.2 Planering och byggande

Dokumentation behövs på alla projekt mera organiserat. Applikationen ger möjlighet att planera nät allt från enskilda anslutningar till omfattande nätsystem. Kostnader, material och åtgärder kan integreras i planeringen. Användaren får ut kostnader och materialåtgång för projektet.

5.1.3 Egendomsförvaltning

Det finns också en applikation som gör det möjligt att arkivera information om elnätets komponenter, ålder och skick. Med hjälp av denna applikation kan man beräkna egendomens nuvärde och återanskaffningskostnader som underlag investeringsbeslut.

5.1.4 Hantering av nätverksinvesteringar

Samlar uppgifter om alla investeringar i nätet på en plats och uppdaterar dem automatiskt. Med detta får nätägaren en helhetssyn om investeringarnas tillstånd och underlag för prioriteringar av nya investeringar.

5.1.5 Ägaruppgifter

Användaren får också information om fastigheter, registernummer och ägare. Nätägaren sparar också anslutningarnas kontaktpersoners uppgifter till användarens förfogande.

5.1.6 Underhåll

Applikationen ger stöd för underhållet av nätet. Uppgifter om underhåll kan matas in från mobila enheter.

5.2 Planeringsprocessen

Planeringsprocesserna omfattar i normala fall 6-7 steg.

Steg 1: Analys av arbetsbeskrivningen

När arbetsbeskrivningen är igenomgången kollar man upp hur nätets installationer ser ut samt testar hur mycket förstärkning som krävs för att nå en tillräcklig nivå. Vid test av vad som är tillräcklig förstärkning byter man typ av ledningar och eventuellt transformator. Det här arbetet görs på Trimble NIS.

Databasen har uppdaterats. Det kan finnas fel i dokumentationen, till exempel stolpar och stag kan fattas eller vara flera i systemet än vad som finns i terrängen.

Steg 2: Platssyn.

Man kontrollerar stolparnas skick, stag och stöd, andra ledningar, hur man kommer med bil fram till transformatorn vid eventuellt byte, placering av nya stolpar, tomtgränser, råmärken och terrängen. Stolparna kan vara väldigt gamla och fortfarande se bra ut, men de kan vara ruttna på insidan som bör granskas när man gör platssyn. Informationen som nu är samlad fylls i en karta som printas ut från Trimble NIS databasen med nätets installationer och tomtgränser som finns i kartbotten. Man går igenom med kunderna hur de vill att arbetet skall utföras.

Markgrunden lönar sig att kolla för berggrunden kan vara närmare i terrängen än vad man tror. Uppgifter om ägare till fastigheterna behövs för avtal och dessa uppgifter hittar man i lantmäteriets fastighetsregister.

Steg 3: Planering

Efter fullgjord platssyn så ritar man in alla åtgärder som krävs för utförandet i Trimble NIS planeringen. Samtidigt kontrolleras att teoretiska beräknade värden är inom normgränserna. I planeringen beräknas också kostnader och materialåtgång.

Steg 4: Godkännande av planeringen

Planen sänds till nätägarens granskare för godkännande via Trimble NIS.

Steg 5: Markavtal.

Till uppgiften hör att kontakta ägare, förklara vad arbetet gäller, att avtal skall göras och att skicka de underskrivna avtalen till nätoperatören.

Steg 6: Slutförande av planeringen

Arbetskartor ritas med beskrivningar för utförande av arbetet. Beskrivningarna görs med hjälp av en PDF editor.

Steg 7: Förverkligande

Förverkligande omfattar kabelvisning, grävarbeten, installationer samt positionsmätning av kabeln.

Steg 8: Avslutande av projektet

Innan projektet avslutats mäts kablarnas position och dokumenteras i Trimble NIS. Alla kablar skall dokumenteras med X, Y, Z koordinater och vid behov i terrängen med kabelbeteckning och syfte. Kabelns dokumenterade position får inte avvika mer än 0,1 m i tätort och 0,5 m på glesbygden från den inmätta positionen (L 216/2016, Traficom 71/2020 §15). Samtidigt kontrolleras att alla åtgärder och materiel är korrekt dokumenterade.

5.3 Tre planeringsuppdrag

5.3.1 Fallstudie I: Förstärkningen av spänningen i nätet till två kunder – Johanneslundintie, Lojo

Projektbeskrivning

Förstärkning av nätet för två kunder A och B för att höja spänningen och förbättra kortslutningsströmmen. Två kunder har anmält att deras spänningsnivåer är för låga. Kund A och B hade mätt spänningen som var 356V respektive 360V.

Nätet var på glesbygdsområde och bestod endast av luftledningarna som matas från en stolptransformator. Luftledningarna från transformatorn till sista förgreningen var 70 m av typ AMKA16+25 och 246 m AMKA35+50. Båda kunderna som förstärktes för hade 25

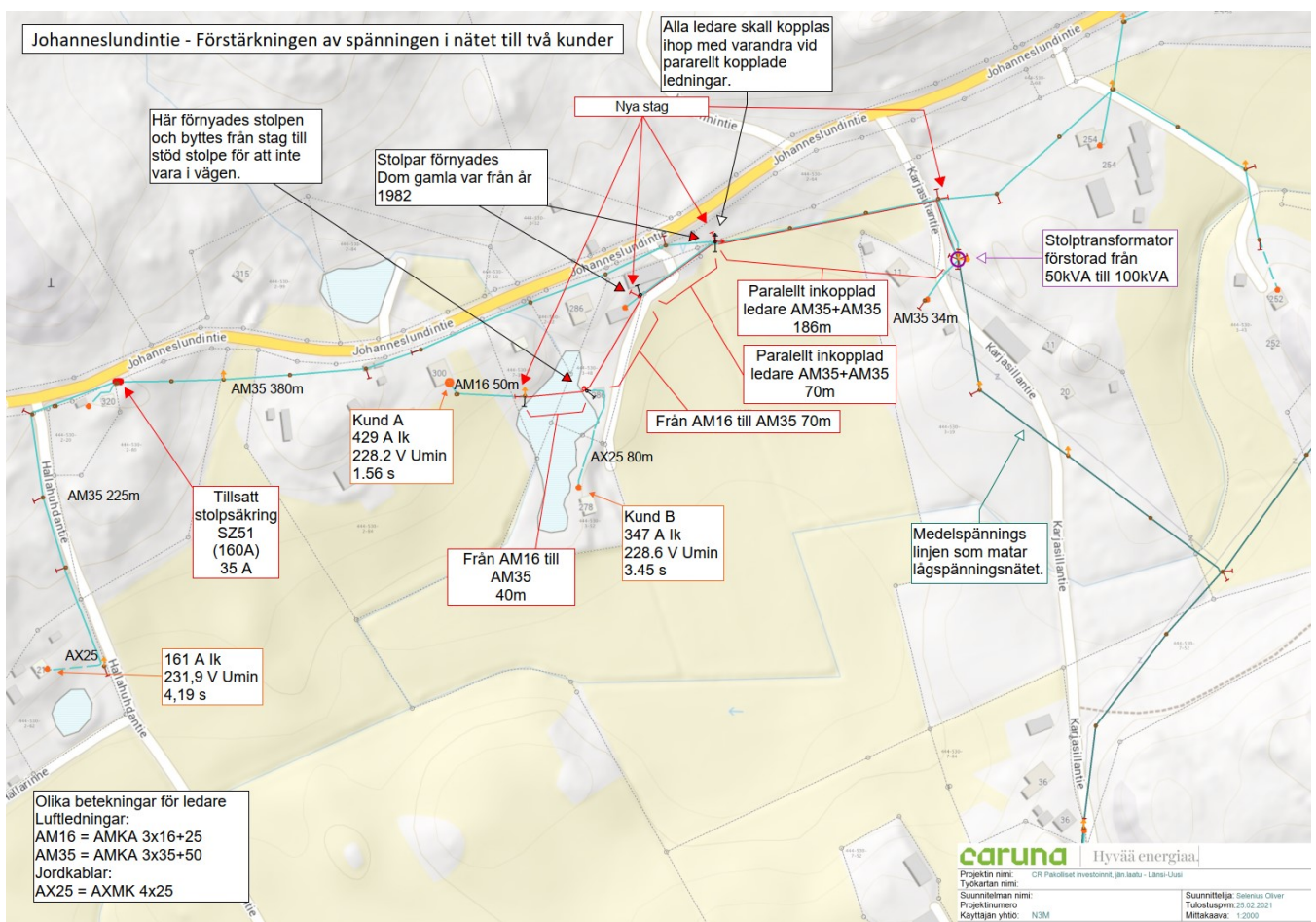
amperes anslutningar som då kräver en kortslutningsström 260A och en spänning på 216V på glesbygdsområde.

Platssyn

Under platssynen observerades att transformatorbyte är möjligt från lastbil. Vidare framkom att några stolpar var dåliga och att ett stag inte kunde byggas på sista stolpen av linjen. Alla detaljer dokumenterades med bilder till stöd för fortsatt planering.

Planering

Under planeringen framgick att AMKA16+25 bör uppgraderas till AMKA35+50 och en parallell AMKA35+50 från transformatorn byggs till sjätte stolpen. Transformatorn byts ut från 50 kVA till 100 kVA. Med denna förstärkning behövs ledningarna fram till kund A och B inte förnyas. Transformatorn byttes ut för att höja kortslutningsströmmen och spänningen. Stolparna 5 och 6 byts ut och får nya stag och stolpe 7 flyttas och stöds med hjälp av stödpelare på grund av att det inte fanns plats för stag.



Figur 3: Planeringen vid Johanneslundintie

Godkännande av planeringen

Planen sändes till nätägarens granskare för godkännande via Trimble NIS med beräknade kostnader och materialåtgång.

Markavtal

Markavtal gjordes med en fastighetsägare för byte av stag till stöd Stolpe samt flytt av den nuvarande stolpen och ett nytt stag. Övriga installationer var förnyande av nuvarande installationer. Avtalet sändes till Caruna 02.10.2020.

Slutförande av planeringen

Byggandet skedde på privat mark därför behövdes inga andra lov än markavtal. Arbetskarta med beskrivningar för hur arbetet skall utföras sparas i projektarkivet.

Förverkligande

Beställningen togs emot 08.08.2020. Planeringen var klar 22.09.2020. Byggnadsarbetena var klara 06.10.2020

Mättningsprotokoll

Enligt slutmättningsprotokollet 6.10.2020, var isolationsresistansen vid transformatorn >199 M Ω , skyddsledarens kontinuitet 0.59 Ω , spänningen mellan faserna var 400 V L1-L2, 401 V L1-L3, 398 V L2-L3, mellan fas (L1) och PEN-ledaren 231 V samt kortslutningsströmmen 387 A.

Isolationsresistansen vid den nya stolpsäkringsbrytaren var >199 M Ω , skyddsledarens kontinuitet 0.85 Ω , spänningen mellan faserna var 401 V L1-L2, 401 V L1-L3, 402 V L2-L3, mellan fas (L1) och PEN-ledaren 232 V samt kortslutningsströmmen 273 A.

5.3.2 Fallstudie II: Byte av en gammal luftledning till jordkabel vid Kopparträskvägen

Projektbeskrivning

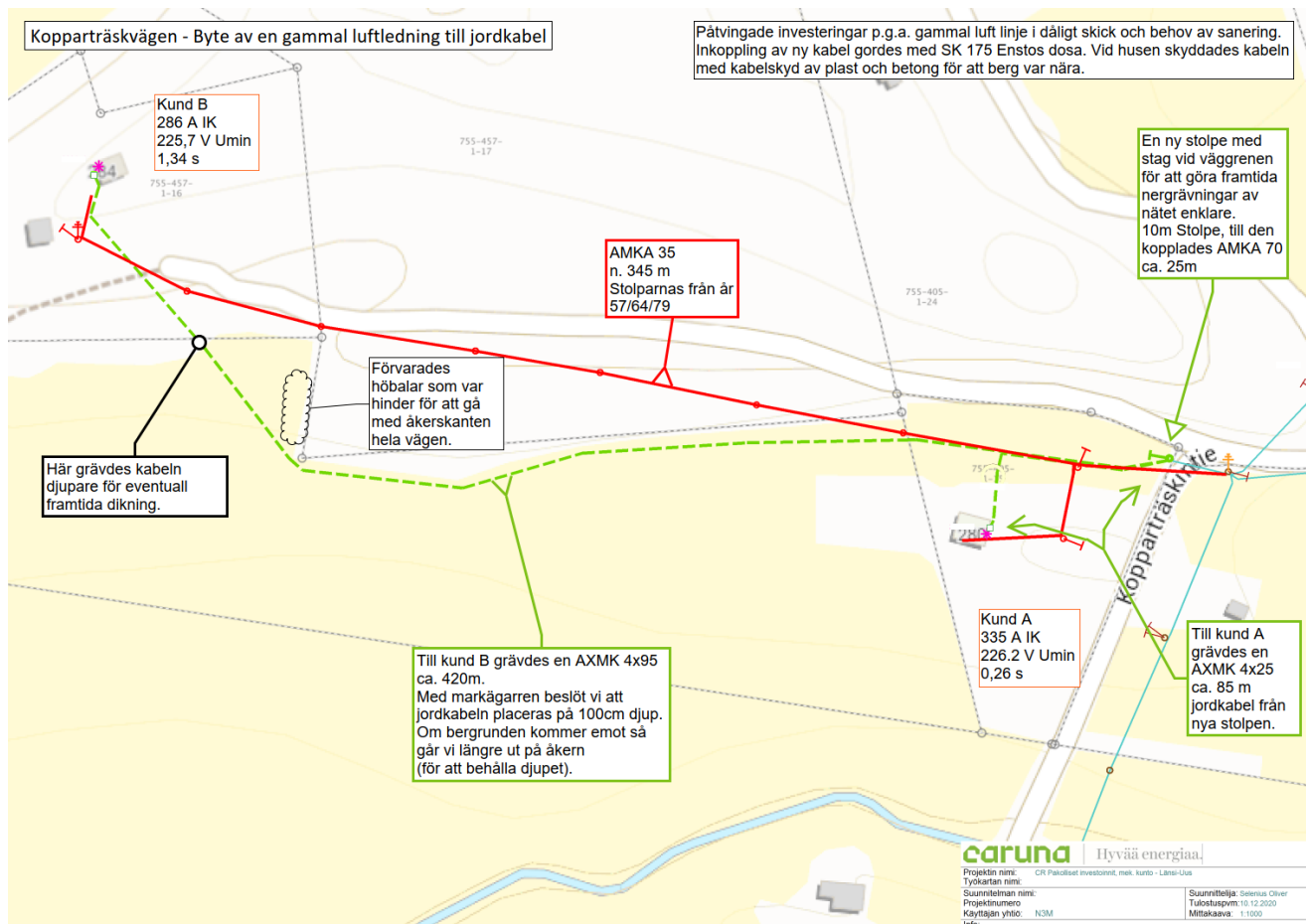
En gammal luftlinje ska ersättas med jordkabel. Linjen är 350 meter lång AMKA 3x35+50. Stolparna är byggda 1957, 1964 och 1979. Längs linjen finns två anslutningar 3 x 25A. Om planeringen visar att det är motiverat, dras jordkabel till bägge anslutningarna. Projektet har en leveranstid till 29.11.2020.

Platssyn

Platssyn gjordes 22.10.2020. Ägarna till anslutningarna var närvarande och jag kom överens om hur jordkabeln skulle dras till anslutningspunkten. Jordkabeln kunde lämpligen dras längs med en åker som hörde till en tredje fastighet. Vid platssynen granskades varifrån kabeldragningen kunde börja. Jag föreslog att byggandet av jordkabeln börjar vid en ny stolpe som placeras i kanten av samma fastighet som kabeln dras ifrån. Alternativet hade varit att börja från andra sidan av Kopparträskvägen, men det hade krävt tillstånd av ytterligen en markägare, som hade förorsakat mera arbete och kostnader.

Planering

Bägge kunderna får en egen jordkabel. Den ena är 85 m med AXMK 4x25 och den andra 420 m med AXMK 4x95. Markägaren till åkern där kabeln skall dras ville att den läggs på en meters djup. Enligt geologiska forskningscentralens terrängdatabas så skulle kabeln gå i en sänka i berggrunden och på lermark. Enligt jordkartan består marken av lera och silt och jordlagret är ca en meter. Den gamla luftlinjen rivs.



Figur 4: Planeringen vid Kopperträskvägen.

Godkännande av planeringen

Planen sänds till nätägarens granskare för godkännande via Trimble NIS som beräknar kostnader och materialåtgång.

Markavtal

Markavtal gjordes med tre fastighetsägare för placering av jordkabel och för en ny stolpe med stag vid väggrenen. Avtalen sändes till Caruna 11.12.2020.

Slutförande av planeringen

Byggandet skedde på privat mark därför behövdes inga andra lov än markavtal. Arbetskarta med beskrivningar för hur arbetet skall utföras sparas i projekt arkivet. Hänvisning bild.

Förverkligande

Beställningen togs emot 29.09.2020. Planeringen var klar 15.12.2020, byggnadsarbetena 29.12.2020 och hela projektet slutfört 08.01.2021. Markavtalen och godkännande av planeringen tog längre tid än förväntat, som försenade projektet över leveranstiden.

Mättningsprotokoll

Enligt slutmättningsprotokollet 23.12.2020, var isolationsresistansen vid bägge anslutningspunkterna $>199 \text{ M}\Omega$. Vid anslutningspunkten för kund 1 var skyddsledarens kontinuitet $0,63 \Omega$, spänningen mellan faserna var 400 V L1-L2, 400 V L1-L3, 399 V L2-L3, mellan fas (L1) och PEN-ledaren 232 V samt kortslutningsströmmen 367 A.

Vid anslutningspunkten för kund 2 var skyddsledarens kontinuitet $0,55 \Omega$, spänningen mellan faserna var 401 V L1-L2, 399 V L1-L3, 401 V L2-L3, mellan fas (L1) och PEN-ledaren 227 V samt kortslutningsströmmen 413 A.

5.3.3 Fallstudie III: Ny anslutning vid Rataskorpi

Projektbeskrivning

Nätbyggande för ny anslutning till fastighet på Rataskorpi fabriksområde. Fastigheten har inte någon tidigare anslutning. Anslutningspunkten skall byggas till ett kombinationsskåp på fastigheten för en anslutning på 3 x 35A.

I nätverksdatabasen finns det en anslutning på fastigheten som är felinritad. Skåpets plats skall fastställas med kunden.

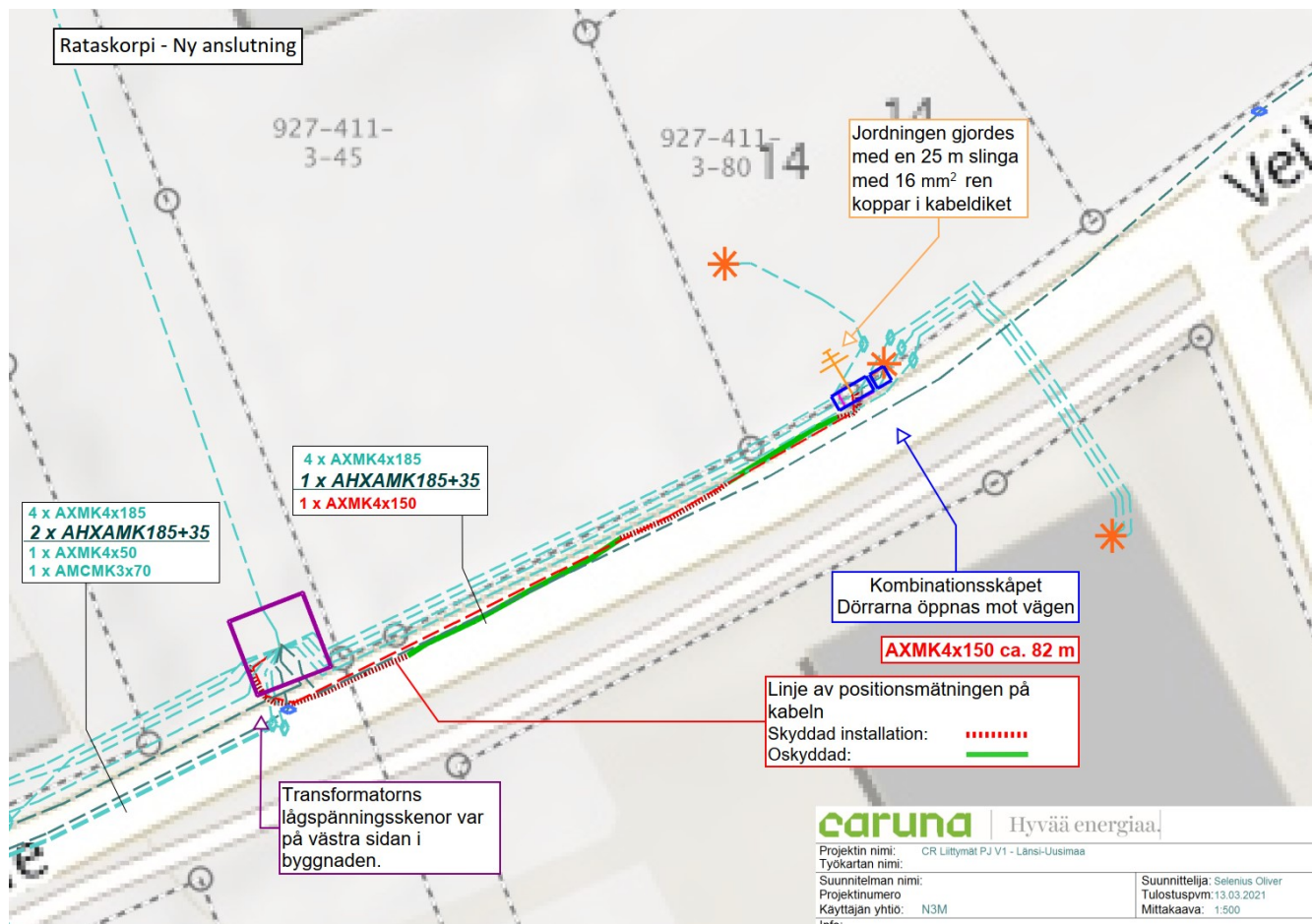
Platssyn

Platssyn gjordes med kunden 25.09.2020. Platsen för kombinationsskåpet fastställdes. Granskade transformatorns lågspänningssida och kontrollerade att det finns plats för en ny anslutning. Där fanns en ledig säkringslastbrytare för anslutningen.

Planering

Gjorde planering av den nya anslutningen med kombinationsskåp. Kabeln dimensionerades enligt normer för tätort som är AXMK 4x150mm². Ritade in det nya kombinationsskåpet

och lade in säkringar i den tomma säkringslastbrytaren vid transformatorn. Kontrollerade att teoretiska beräknade värdena var inom normgränserna. Beställde kabelsökning för fem närliggande kablar.



Figur 5. Planeringen vid Rataskorpi.

Godkännande av planeringen

Planen sänds till nätägarens granskare för godkännande via Trimble NIS som beräknar kostnader och materialåtgång.

Slutförande av planeringen

Anhållan om lov gjordes hos Vihtis kommun. Anhållan om lov (työ/sijoittamislupa) hos Vihtis kommun görs via Lupapiste. Markavtal gjordes med kunden. Avtalet sändes till Caruna 11.11.2020. Arbetskarta med beskrivningar hur arbetet skall utföras färdigställes. Hänvisning figur 5.

Förverkligande

Beställningen togs emot 12.09.2020. Planeringen var klar 20.10.2020. Byggnadsarbetena var klara 4.12 och 19.12.2020 var projektet slutfört.

Mättningsprotokoll

Enligt slutmättningsprotokollet 23.12.2020, var isolationsresistansen vid bägge anslutningspunkterna $>199 \text{ M}\Omega$. Vid anslutningspunkten för kund var skyddsledarens kontinuitet $0,06 \Omega$, spänningen mellan faserna var 408 V L1-L2, 408 V L1-L3, 409 V L2-L3, mellan fas (L1) och PEN 236 V samt kortslutningsströmmen 3,9 kA.

6 Slutsatser

De planeringsarbeten som jag har utfört handlar om nya anslutningar och förstärkningar av nätet samt flyttande av linjer. De flesta nya anslutningar görs till ett kombinations-skåp som är ett fördelnings-skåp med en mätarsida för kunden. För parhus, radhus, höghus och industrier byggs nätet fram till fastighetsgränsen eller ända fram till huvudcentralen, som är anslutningspunkten. I speciella fall till exempel master med basstationer görs anslutningen fram till huvudcentralen.

Anslutningskablar på glesbygden görs med 95 mm^2 aluminiumjordkabel (AXMK 4x95), inom stadsplaneområden görs det med 150 mm^2 (AXMK 4x150). Minsta möjliga dimensionen för luftledning är 35 mm^2 aluminium ledare (AMKA 3x35+50). De här är Carunas normer för byggande av distributionsnät.

Behovet av förstärkning kan bero på flera olika skäl. Spänningen i nätet kan vara för låg enligt nya standarder. Efterfrågan och antalet kunder längs linjen har ökat som kräver större dimensionering av ledare och/eller byte av transformator för att klara av en större belastning samt bättre kortslutningsströmmar (se fallstudie 1).

Större fordon, ändrade trafikförhållanden eller egna önskemål kan leda till behov att flytta ledningar, stag och jordkablar eller andra ändringar.

Kortslutningsströmmar är kraftigt beroende på kabelns dimension och avstånd från transformatorn. I fallstudie tre var kortslutningsströmmen 3,9kA på 75 m från transformatorn.

I de sanerings och nyinstallationer som jag har planerat under de 8 månaderna har inte varit problem att fylla de normer som gäller för kortslutningstiden. I gamla nät så kan det vara utmanande att fylla normerna.

Av den totala tidsåtgången vid planering av distributionsnät går på basen av egen erfarenhet 55–75 % av tiden till kontaktande av markägare och uppgörande av markavtal. Det betyder att själva planeringsarbetet tar bara 25–45% av tiden. Genom att ta i bruk elektronisk signering av avtal kunde man effektivisera arbetet med markavtal.

Planeringsverktyget Trimble NIS fungerar bra under förutsättning att alla uppgifter om nätet är uppdaterade och motsvarar verkligheten. Uppgifterna om nätets ålder och skick är också ett bra stöd i planeringen. Samma gäller ägaruppgifter om fastigheter och anslutningar. En klar fördel är också att beställaren kan kontrollera planeringen via systemet.

Kraven på noggrannhet och precision i planering och dokumentation ökar. Kablarnas position i marken måste få inte skilja sig mer än 10 cm. I praktiken är det svårt och dyrt att leva upp till den precision som krävs.

Fördelen med jordkablar är att de är mindre utsatta för extrema väderförhållanden och skapar mindre avbrott som kostar pengar. Underhållet av linjerna blir billigare än luftledningarna genom skogsmark som måste röjas. En tredje fördel är det estetiska. Kunderna föredrar att linjerna är osynliga i marken och inte ha gården full med sneda stolpar.

Nackdelen är att överföringsförlusterna ökar och det är svårare att hitta fel i nätet. Jordkablarna är dyrare att bygga, särskilt för högspänningsnätet.

Trots att elnätsinvesteringarna under de senaste 10 åren i hög grad handlat om att bygga jordkabel, kommer en betydande del av lågspännings- och mellanspänningsnätet också efter år 2028 att vara luftkabel. Orsaken är att det inte är lönsamt för samhället att gräva ned luftkablarna i glest befolkade områden med långa avstånd och liten elförbrukning.

Målsättningarna att uppfylla kraven på leveranssäkerhet flyttades fram år 2021 genom en lagändring från 2028 till 2036. Beslutet att förlänga bakre gränsen för leveranssäkerheten berör sammanlagt 58 nätoperatörer och 62 % av alla kunder. Dessutom hade energimyndigheten redan tidigare beviljat undantag från förverkligandet av kvalitetskraven fram till år 2036 för åtta nätoperatörer (RP 265/2020 rd, s.46). Det här betyder att trycket på nya investeringar fram till 2028 kommer att minska något eftersom tiden att förverkliga målsättningarna har förlängts med åtta år.

7 Källförteckning

Ristimäki, R. (2018). *Caruna ohjeisto, Pienjänniteverkkojen sulakesuojaus*. Hämtat från Caruna kumppanisivustot.

Energimyndigheten. (2018). *Sähköverkkoliiketoiminnan kehitys, sähköverkon toimitusvarmuus ja valvonnan vaikuttavuus 2017*. *Energiavirasto 1033/402/2018*. Hämtat 10.12.2020 från <https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12862527/2018-S%C3%A4hk%C3%B6verkkoliiketoiminnan+kehitys+s%C3%A4hk%C3%B6verkon+toimitusvarmuus+ja+valvonnan+vaikuttavuus+2017.pdf>

Energimyndigheten. (2020). *Sähköverkkoliiketoiminnan kehitys, sähköverkon toimitusvarmuus ja valvonnan vaikuttavuus 2019 – tarkastelussa alueelliset hintaerot*. *Energiavirasto 2452/402/2019*. Hämtat 10.12.2020 från https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12862527/S%C3%A4hk%C3%B6verkkoliiketoiminnan+kehitys+hintaerot+_2019.pdf/

Elmarknadslag L 588/2013. (2013). Hämtat från <https://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/2013/20130588?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=elmarknadslag>

Koistinen, A: Yle Tutki, *Sähkön siirtohintojen raju nousu johtui yllättävästä syystä – valvojan tekemä muutos koitui kalliiksi kuluttajille*. Hämtat 12.10.2020 <https://yle.fi/uutiset/3-11588082>.

Koistinen, A: Yle Analyysi, *Sähköverkkoyhtiöiden valvonnasta paljastui sokea piste*. Hämtad 12.10.2020 <https://yle.fi/uutiset/3-11591305> .

Lag om tillsyn över el- och naturgasmarknaden L 590/2013. (2013). Hämtat från <https://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/2013/20130590#L3P10>

Lag om sambyggnad och samutnyttjande av nätinfrastuktur L 276/2016. (2016). Hämtat från <https://finlex.fi/sv/laki/ajantasa/2016/20160276>

Perälä, R: Yle, Elävä arkisto, *Kun sähkö tuli Suomeen*. Hämtat 12.12.2020 <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2012/09/25/kun-sahko-tuli-suomeen>

Regeringens proposition till riksdagen med förslag till lagar om ändring av elmarknadslagen RP 265/2020 rd. (2020). Hämtat från https://www.eduskunta.fi/SV/vaski/KasittelytiedotValtiopaivaasia/Sidor/RP_265+2020.aspx

SESKO r.f. (2018). *SFS-handbok 600-1-1:2018:sv Lågspänningsinstallationer. Del 1-1: Allmänna krav (SFS 6000, delarna 1-6)*. Helsingfors: 1. utgåvan. Februari 2018.

SESKO r.f. (2018). *SFS-handbok 600-1-2:2018:sv Lågspänningsinstallationer. Del 1-2: Installationer i specialutrymmen och tilläggskrav (SFS 6000, delarna 7-8)*. Helsingfors: 1. utgåvan. Februari 2018.

Energimyndigheten. *Sähköverkkotoiminnan tekniset tunnusluvut 2016-2019*. Hämtat 12.12.2020. <https://energiavirasto.fi/verkkotoiminnan-julkaisut>

Traficom, Määräys verkkotietojen ja verkon rakentamissuunnitelmien toimittamisesta, 71/2020 M. (2020). Hämtat från <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/uusi-maarays-verkkotietojen-ja-verkon-rakentamissuunnitelmien-toimittamisesta>

Utilities Trimble. *Trimble NIS sähköverkoille*. Hämtat 12.04.2021. <https://utilities.trimble.fi/trimble-nis-sahkoverkoille.html>

Vaurio- ja onnettomuusrekisteri VARO på sökord "maakaa" och toimiala "sähkölaitteistot" gav 36 träffar. Hämtat 12.12.2020 <https://varo.tukes.fi/>

Alla 77 lokalnätoperatörer i Finland, överförd energi och nätets längd, 2019.

Operatörens namn	Överförd energi till alla användare, GWh	0,4 kV nät, km	1-70 kV nät, km	110 kV nät, km
Alajärven Sähkö Oy	111,9	916,3	513,8	402,5
Alva Sähköverkko Oy	664,8	1355,4	952,0	391,5
Caruna Espoo Oy	2993,6	7957,2	5829,4	1963,6
Caruna Oy	7377,0	79405,1	47976,7	29459,2
Elenia Oy	6091,7	74174,8	45302,5	27669,6
Enontekiön Sähkö Oy	29,2	807,0	211,9	570,0
ESE-Verkko Oy	324,0	1115,5	826,1	262,0
Esse Elektro-Kraft Ab	51,9	1024,1	563,8	460,3
Forssan Verkkopalvelut Oy	213,8	919,2	665,0	248,2
Haminan Energia Oy	156,9	447,8	311,2	136,6
Haukiputaan Sähköosuuskunta	147,1	920,8	637,3	261,6
Helen Sähköverkko Oy	4383,1	6440,7	4587,1	1639,5
Herrfors Nät-Verkko Oy Ab	679,8	4136,1	2483,1	1251,1
Iin Energia Oy	68,6	674,5	411,0	259,2
Imatran Seudun Sähkösiirto Oy	254,2	2776,5	1886,2	890,3
Jeppo Kraft Andelslag	19,7	141,5	81,2	60,3
Jylhän Sähköosuuskunta	73,8	951,3	580,2	371,1
Järvi-Suomen Energia Oy	1068,8	27497,6	18429,1	8618,7
Kajave Oy	743,7	13446,5	5830,0	7371,0
Kemin Energia ja Vesi Oy	165,7	845,6	648,4	195,0
Keminmaan Energia ja Vesi Oy	72,0	759,7	539,0	220,7
Keravan Energia Oy	284,5	524,2	361,8	147,4
Keuruun Sähkö Oy	104,9	1549,2	876,3	672,9
Koillis-Lapin Sähkö Oy	174,8	3676,2	1486,0	1975,5
Koillis-Satakunnan Sähkö Oy	170,9	4027,1	2382,3	1644,8
Kokemäen Sähkö Oy	78,5	924,8	604,1	320,7
Kokkolan Energiaverkot Oy	471,5	1507,0	1085,3	408,5
Kronoby Elverk Ab	47,1	711,6	444,9	266,7
KSS Verkko Oy	611,8	4539,4	3049,7	1430,5
Kuopion Sähköverkko Oy	610,3	1673,7	1155,9	505,0
Kuoreveden Sähkö Oy	32,1	664,5	406,0	240,3
Kymenlaakson Sähköverkko Oy	1275,2	13183,5	8132,0	4853,5
Köyliön-Säkylän Sähkö Oy	200,5	1003,2	656,5	336,3
Lammaisten Energia Oy	132,0	840,9	588,2	242,3
Lankosken Sähkö Oy	23,7	1090,8	675,3	415,5
Lappeenrannan Energiaverkot Oy	737,2	6230,3	4021,5	2132,3
Lehtimäen Sähkö Oy	16,9	469,1	291,6	177,5
Leppäkosken Sähkö Oy	373,0	4280,8	2766,3	1514,5
LE-Sähköverkko Oy	1196,7	4770,5	3546,4	1096,5
Muonion Sähköosuuskunta	44,2	629,5	217,4	386,6
Naantalin Energia Oy	127,5	505,8	384,2	117,9
Nivos Energia Oy	367,6	2321,7	1315,1	904,7
Nurmijärven Sähköverkko Oy	420,2	2154,1	1400,4	728,3
Nykarleby Kraftverk Ab	79,3	906,3	570,8	335,5
Oulun Energia Siirto ja Jakelu Oy	1310,3	4123,6	3002,7	1071,9
Oulun Seudun Sähkö Verkkopalvelut Oy	472,5	3661,3	2179,5	1472,4
Outokummun Energia Oy	151,3	944,9	558,7	347,5
Paneliankosken Voima Oy	339,2	1542,3	962,9	569,6
Parikkalan Valo Oy	135,5	2636,0	1740,5	891,1
PKS Sähkösiirto Oy	1044,9	22499,3	12398,4	9845,4
Pori Energia Sähköverkot Oy	970,7	3314,3	2262,3	951,2
Porvoon Sähköverkko Oy	438,1	3775,0	2628,0	1085,0
Raahen Energia Oy	103,1	496,4	382,5	113,9
Rantakairan Sähkö Oy	41,7	990,5	497,0	493,5
Raseborgs Energi Ab	85,2	477,4	349,7	123,6
Rauman Energia Sähköverkko Oy	293,2	1031,0	741,6	285,9
Rovakaira Oy	746,0	6691,9	3160,2	3473,7
Rovaniemen Verkko Oy	322,9	863,5	633,7	203,3
Sallila Sähkösiirto Oy	342,2	4393,8	2875,3	1491,8
Savon Voima Verkko Oy	1752,3	27532,9	14963,1	12049,9
Seiverkot Oy	436,7	1137,0	825,0	303,4
Sipoon Energia Oy	282,8	1891,6	1290,8	554,7
Tampereen Sähköverkko Oy	1901,1	3934,4	2805,3	1048,3
Tenergia Oy	41,1	698,7	373,8	325,0
Tornion Energia Oy	165,4	896,3	642,3	232,4
Tornionlaakson Sähkö Oy	224,9	3890,1	1775,9	1813,4
Tunturiverkko Oy	166,9	2345,4	871,8	1439,5
Turku Energia Sähköverkot Oy	1500,5	2534,2	1688,4	747,0
Vaasan Sähköverkko Oy	978,5	7049,6	4787,4	2219,5
Vakka-Suomen Voima Oy	423,4	3909,2	2613,8	1294,8
Valkeakosken Energia Oy	184,6	988,5	718,0	268,7
Vantaan Energia Sähköverkot Oy	1899,8	3526,3	2392,2	1040,1
Vatajankosken Sähkö Oy	267,8	3961,7	2487,0	1474,7
Verkko Korpela Oy	334,2	3646,5	1993,0	1653,6
Vetelin Energia Oy	27,9	429,3	248,7	180,6
Vimpelin Voima Oy	29,1	387,6	250,8	136,8
Äänekosken Energia Oy	115,4	651,9	500,2	148,3

Effektfördelning och kortslutningsberäkningens resultatutskrift
(fortsätter på följande sida).

Laskentatulokset																			
Tulokset	Väritys	Ohjaus	Raja-arvot	Karttatulostus	Loki														
Tulostustapa		Taulukko	Hae	Muuntamoyhteenveto															
15.04.2021 08:13:18 Caruna KATSELU CARUNA Selenius Oliver																			
P J - T E H O N J A K O L A S K E N T A - M I T O I T U S																			
M U U N T A M O: M83360																			
N I M I: MAIKKALANTIE 102																			
Muuntaja: M83360T1																			
Muuntamon osoite: Maikkalantie 102																			
Muuntamon rakenne: Puistomuuntamo: ulkoa hoidettav																			
Valmistuspäivämäärä: 05.02.2019																			
Muuntajan valmistaja: Koncar																			
Muuntajan mitoitusaste (kVA): 50																			
Muuntajan valmistusvuosi: 2019																			
Välitötkytkimen asento: Ei määritelty																			
Tähtipisteen maadoittamistapa: Suoraan maadoitettu																			
Muuntajan tyhjääkäyntiteho (kW) ja -energia (kWh): 0.090 791																			
KIRJASTO : FORTUM95																			
TILASTOLLINEN VARMUUS : 60 % (0.254)																			
KUORMITUKSEN KASVUKERROIN : 1.00																			
LASKENTAJÄNNITE : Syöttävältä muuntajalta (237 V)																			
LASKETUT TUNNIT : Koko vuorokausi																			
KUORMITUSKÄYRÄ : Ajonaikaisesti yhdistetty tehoprofiili																			
Huipun käyttöaika (t): 1964																			
Häviöhuipun käyttöaika (t): 572																			
Y H T E E N V E T O (VIIMEISIMMÄN LASKENNAN TULOKSET)																			
Kohde	Tunnus	K-aste (%)	Umin (V)	Uh (%)	Ph (kW)	Eh (kWh)	K(Ph) (€)	K(Eh) (€)	K(yht) (€)										
1 - 2	M83360T1	67	231.8	2.1	0.582	1102	0	0	0										
Verkko	31	220.7	6.8	0.969	555	0	0	0	0										
T U L O K S E T P J - L Ä H D Ö I L L E (VIIMEISIMMÄN LASKENNAN TULOKSET)																			
Lähdön tunnus	Lähdön suunta	Jakokeskus/ Rinn.lähtö	Sulake (A)	Imax (A)	Pmax (kW)	Kul lkm	Energia (MWh)	A (%)	B (%)	C (%)									
M83360T1	M83360T1		500	48	32	6	60.5			6.8									
M83360N1	Pylväs nousu Nummentie 813	PM83360	80	26	17	1	12.5												
M83360N2	105864 Maikkalantie 102	PM83360	63	17	11	1	7.5												
M83360N3	Pylväs nousu Maikkalantie 98	PM83360	63	36	24	4	40.5			6.8									
M83360NOKM	Keskitin	PM83360	32	0	0	0	0.0												
T U L O K S E T P J - J O H T O - O S I L L E																			
Alkusuolmun tunnus	Loppusuolmun tunnus	Johtolaji	Pit (m)	Etäis (m)	Sulake (A)	I K-aste (A)	Ph (kW/km)	Aika (V)	U (V)	Uh (%)	Aika (%)	Uhk (%/10kW)	H U O M A B C D E F G H						
L Ä H T Ö : M83360T1																			
VIIMEISIMMÄN LASKENNAN TULOKSET																			
2	3	PJ-kisko	1	1	500	48	5	0.0	235	232	2.1	235	0.7						
L Ä H T Ö : M83360N1																			
3	M83360N1	5	AX95	320	321	50	26	12	0.7	1929	230	2.7	235	1.5	G				
5	6	AM25	29	350	50	26	27	2.5	1929	230	2.9	235	1.7	G					
6	7	105862	AM25	34	384	50	26	27	2.5	1929	229	3.4	1929	2.0	G				
L Ä H T Ö : M83360N2																			
3	M83360N2	8	105864	AX50	122	123	35	17	11	0.6	230	231	2.2	235	1.2	G			
L Ä H T Ö : M83360N3																			
3	M83360N3	9	AX150	109	110	63	36	14	1.0	262	231	2.5	235	0.9					
9	10	AM35	56	166	63	36	31	3.4	262	229	3.1	262	1.3						
10	11	105865	MMJK10	5	171	25	6	10	0.2	203	229	3.2	262	1.3	G				
10	12	AM35	148	314	63	31	27	2.4	262	225	4.8	262	2.2						
12	13	AM35	196	510	50	22	20	1.2	262	221	6.5	262	3.6						
13	14	AM35	118	628	25	7	6	0.1	635	221	6.6	262	4.4	G					
14	15	118307	OUTO	3	631	25	7	11	0.5	635	221	6.7	262	4.5	G				
13	16	100877	AX16	23	533	25	18	23	1.8	262	221	6.8	262	4.0	G				
12	17	105866	MMJK10	4	318	25	13	22	0.9	202	225	4.9	262	2.3	G				
L Ä H T Ö : M83360NOKM																			
3	M83360NOKM	4	PJ-kisko	1	2	32	0	0	0.0		232	2.1	235	0.5					
Huomautuskoodien selitykset																			
A - I > verkon sulake				E - Sulake > johdon sallittu ylikuormitussuoja															
B - I > liittymän sulake				F - Rinnankytketty johto-osuus															
C - Epäselektiivinen sulakekoko				G - Liittymisjohto															
D - Rinnankytken rakennevirhe				H - I > taloudellinen rajavirta															

P J - O I K O S U L K U L A S K E N T A

M U U N T A M O : M83360
N I M I : MAIKKALANTIE 102
Muuntaja: M83360T1
Muuntamon osoite: Maikkalantie 102
Muuntamon rakenne: Puistomuuntamo: ulkoa hoidettav
Valmistuspäivämäärä: 05.02.2019
Muuntajan valmistaja: Koncar
Muuntajan mitoitusteho (kVA): 50
Muuntajan valmistusvuosi: 2019
Väliliottokytkimen asento: Ei määritelty
Tähtipisteen maadoittamistapa: Suoraan maadoitettu

LASKENTAJÄNNITE (V) : Jokaiselta muuntajalta
JÄNNITEKERROIN IK3-LASKENNASSA : 1.00
JÄNNITEKERROIN IKMIN-LASKENNASSA : 0.95
JOHDINLÄMPÖTILA (°C), IK3-LASKENTA : 20
JOHDINLÄMPÖTILA (°C), IKMIN-LASKENTA : 40
SULAKETYYPIN OLETUSARVO : IEC:n keskipäikäyrä
SULAMISAIKA (s) : 5.0
LIITTYMÄN OIKOSULKUVIRTAA (A) : 250.0
KJ-OIKOSULKURESISTANSSSI (OHM) : 0.000
KJ-OIKOSULKUREAKTANSSSI (OHM) : 0.000

T U L O K S E T P J - L Ä H D Ö I L L E (VIIMEISIMMÄN LASKENNAN TULOKSET)

Lähdön tunnus	Lähdön suunta	Jakokeskus/ Rinn.lähtö	Sulake (A)	Ik3max (A)	Ik1min (A)	A (%)	B (%)
M83360T1	M83360T1		500	1760	1602		97
M83360N1	Pylväsosu Nummentie 813	PM83360	80	1760	464		
M83360N2	105864 Maikkalantie 102	PM83360	63	1760	793		
M83360N3	Pylväsosu Maikkalantie 98	PM83360	63	1760	213		
M83360NOKM	Keskitin	PM83360	32	1760	1602		

T U L O K S E T P J - J O H T O - O S I L L E

Alkusuolmun tunnus	Loppusuolmun tunnus	Johtolaji	Pit (m)	Etäis (m)	Ik3 (A)	Ik1 (A)	SulA (A)	SulL (A)	Ikmin /In	Aika (s)	H U O M A B C D E F G H I	
L Ä H T Ö : M83360T1												
VIIMEISIMMÄN LASKENNAN TULOKSET												
2	3	PJ-kisko	1	1	1760	1602	500	500	2.9	999.9	A H	
L Ä H T Ö : M83360N1												
3	M83360N1	5	AX95	320	321	1760	651	80	80	8.1	0.6	G
5	6	AM25	29	350	1051	550	80	80	6.9	1.5	G	
6	7	105862 AM25	34	384	928	464	80	50	5.8	2.6	G	
L Ä H T Ö : M83360N2												
3	M83360N2	8	105864 AX50	122	123	1760	793	63	35	12.6	0.1	G
L Ä H T Ö : M83360N3												
3	M83360N3	9	AX150	109	110	1760	1164	63	63	18.5	0.1	
9	10	AM35	56	166	1494	820	63	63	13.0	0.1		
10	11	105865 MMJK10	5	171	1201	771	63	25	12.2	0.2	G	
10	12	AM35	148	314	1201	439	63	63	7.0	0.2		
12	13	AM35	196	510	755	268	63	63	4.3	2.0		
13	14	AM35	118	628	495	217	63	63	3.4	6.3	G H	
14	15	118307 OUTO	3	631	409	213	63	25	3.4	6.7	G H I	
13	16	100877 AX16	23	533	495	241	63	25	3.8	3.7	G I	
12	17	105866 MMJK10	4	318	755	427	63	25	6.8	0.2	G	
L Ä H T Ö : M83360NOKM												
3	M83360NOKM	4	PJ-kisko	1	2	1760	1602	32	32	45.3	999.9	H
Huomautuskoodien selitykset												
A - 1. nolausehto ei voimassa			E - Sulake > johdon sallittu oikosulkusuoja									
B - 1. nolausehto liittymän verkossa			F - Rinnankytketty johto-osuus									
C - Epäselektiivinen sulakekoko			G - Liittymisjohto									
D - Rinnankytkennän rakennevirhe			H - Liian hidas suojaus									
I - Liian pieni liittymän oikosulkuvirta												

Tyhjennä Raportti

Tulokset Muistista Kohde Aktiivinen verkko

OK Hyväksy Peruuta Ohje