



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KUOPION YLIOPISTOLLISEN SAIRAALAN KESKIJÄNNITEJA- KELUVERKON PERIAATE- JA REITTISUUNNITTELU

TEKIJÄ/T: Jari Tolvanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Jari Tolvanen	
Työn nimi Kuopion yliopistollisen sairaalan keskijännitejaketuverkon periaate- ja reittisuunnittelu	
Päiväys 16.04.2018	Sivumäärä/Liitteet 33/9
Ohjaaja(t) lehtori Timo Savallampi, yliopettaja Juhani Rouvali	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Granlund Kuopio Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä uusi keskijänniteverkon reittisuunnitelma Kuopion yliopistolliselle sairaalalle. Suunnitelman oli toteutettava asiakkaan vaatimat tavoitteet, joita olivat selektiivisyyden parantaminen, varasyöttöyhteyksien säilyminen, vakaampi verkko ja tulevaisuuden saneerausten huomioon ottaminen. Opinnäytetyössä perehdyttiin Kuopion yliopistollisen sairaalan nykyisen verkon rakenteeseen ja kojeistoihin. Lisäksi perehdyttiin keskijänniteverkkoa koskeviin standardeihin ja selektiivisyyteen.</p> <p>Työn laatimisessa käytettiin apuna erilaisia pohjapiirroksia, kojeistokuvia, ST-kortistoa sekä alan kirjallisuutta. Työ tehtiin kartoittamalla verkon nykytilanne tutkimalla vanhoja kuvia ja dokumentteja, joiden perusteella tehtiin uuden reittisuunnitelman raakaversio. Suunnitelman toteutettavuus varmistettiin käymällä läpi suunnitellut kaapelireitit KYS:n tiloissa. Lopulliset suunnitelmat piirrettiin MagiCAD-suunnitteluohjelmalla sairaalan pohjapiirroksiin. Lopputuloksena saatiin tavoitteiden mukainen suunnitelma KYS:n uudistetusta keskijänniteverkosta. Opinnäytetyön tulokset ovat luottamuksellisia.</p> <p>Tämä työ on tarkastelu suurjänniteverkon rakenteesta ja sen suunnittelusta. Asiakkaalle opinnäytetyö on pohja tulevaa keskijänniteverkon muutostyötä varten. Se selvittää KYS:n verkon nykytilannetta ja antaa vaihtoehtoja uusille muutostöille. Työ auttaa opiskelijoita ymmärtämään keskijänniteverkon rakennetta ja reittisuunnittelua.</p>	
Avainsanat keskijännite, siirtoverkko, selektiivisyys, sairaala	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Jari Tolvanen			
Title of Thesis Principle and planning of the medium voltage distribution network for Kuopio University Hospital			
Date	16 April 2018	Pages/Appendices	33/9
Supervisor(s) Mr. Timo Savallampi, Lecturer, Mr. Juhani Rouvali, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Granlund Kuopio Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to make new plans for the medium voltage distribution network for Kuopio University Hospital. Plan was to fulfil client's requirements for the network. Those requirements were better selectivity, maintain backup power possibilities, stable network and taking redevelopment of the old networks into consideration. The focus of this thesis was to get acquainted with the medium voltage distribution network of Kuopio University hospital and research laws, terms and recommendations regarding distribution networks principles.</p> <p>Thesis was done by using many different blueprints, system blueprints, electrical standards and literature from field of electricity. The Work started by mapping the current situation of the hospital's distribution network by researching old documents which new plans were made of. Feasibility of the plans were confirmed by going through the planned cable paths in hospital's premises. Final plans were drawn with MagiCAD-planning program to hospital's blueprints. Final result was a plan according to given requirements. Results of this thesis are confidential.</p> <p>This thesis was a review of principle and planning of the medium voltage distribution network. For client this thesis is a base for the alteration work of the distribution network. It clarifies current situation of Kuopio University Hospital's distribution network and provides alternative ideas for rebuilding it. This thesis helps students to understand structure and planning of the medium voltage distribution network.</p>			
<p>Keywords medium voltage, distribution network, selectivity, hospital</p>			

ESIPUHE

Haluan kiittää opinnäytetyön tilaajaa Granlund Kuopio Oy:tä ja ohjaajaani Jukka Kolehmaista opettavaisesta ja mielenkiintoisesta aiheesta sekä ammattitaitoisesta ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää KYS:n Timo Säisää sekä Kuopion Energia Oy:n ja Itä-Suomen huoltopalvelut liikelaitoskuntayhtymä Servican työntekijöitä, jotka auttoivat ja jakoivat tietoa opinnäytetyötä koskien. Lopuksi haluan kiittää ohjaavaa opettajaani Timo Savallampea työni ohjaamisesta.

Opinnäytetyö syvensi ymmärrystäni keskijänniteverkon suojauksesta ja reittisuunnittelusta sekä antoi mahdollisuuden tutustua sairaalan keskijänniteverkon rakenteeseen. Toivon työstäni olevan apua tulevaisuudessa KYS:n keskijänniteverkon muutostöiden tapahtuessa.

Kuopiossa 26.3.2018

Jari Tolvanen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	POHJOIS-SAVON SAIRAANHOITOPUORI	9
2.1	Kuopion yliopistollinen sairaala, KYS.....	9
3	STANDARDIT, MÄÄRÄYKSET JA SUOSITUKSET	11
3.1	Kaapelien risteämät ja etäisyydet muihin laitteisiin	11
3.2	Kaapelien asentamista koskevat vaatimukset	11
4	SELEKTIIVISYYS.....	13
4.1	Sähköverkon selektiivinen suojaus	13
4.2	Suurjännite ja ylivirtarelyypit.....	13
4.3	Esimerkki selektiivisyyden tarkastelusta	14
5	KESKIJÄNNITEVERKON SUOJAUS	19
5.1	Kytinlaitteet	19
5.2	Katkaisijat (circuit breaker).....	19
5.2.1	Tyhjiökatkaisijat (vacuum circuit-breaker).....	19
5.2.2	SF ₆ -Katkaisijat.....	20
5.2.3	Vähäöljykatkaisijat (minimum-oil circuit-breaker)	21
5.3	Suojarele (protection relay, protective relay)	22
5.4	Back up -suojaus eli varasuojaus	23
5.4.1	Kompaktikatkaisija	23
6	VERKOSTORAKENTEET	24
6.1	Säteittäinen verkko	24
6.2	Rengasverkko	24
6.3	Silmukoituverkko	25
7	KUOPION YLIOPISTOLLISEN SAIRAALAN KESKIJÄNNITEJAKELUVERKKO	26
7.1	Nykyinen sähkönjakeluverkko	26
7.2	Uusi reittisuunnitelma.....	26
7.3	Maastosuunnittelu.....	27
7.4	Nykyiset ja uudet kaapelit	29
8	YHTEENVETO JA POHDINTA	30
9	LAINATUT LÄHTEET	31
	LIITE 1: S0100 REITTISELOSTUS	33

LIITE 2: S1001 NYKYTILANNE	33
LIITE 3: S1002 LOPPUTILANNE	33
LIITE 4: S1003 KAAPELITUNNUKSET	33
LIITE 5: S2000 KAAPELIT 00-KERROS.....	33
LIITE 6: S20-0 KAAPELIT 0-KERROS	33
LIITE 7: S20-1 KAAPELIT 1-KERROS	33
LIITE 8: KAUKOKYLMÄKARTTA.....	33
LIITE 9: S3001 KOJEISTOT	33

LYHENTEET JA SANASTO

KUKS	Kuopion keskussairaala
KYS	Kuopion yliopistollinen sairaala
USI	Uusi Sydän itä
USL	Uusi Sydän länsi
Selektiivisyys	”Sähköverkon suojauksen selektiivisyydellä tarkoitetaan sitä, että ainoastaan lähinnä vikapaikkaa oleva syötönpuoleinen suoja toimii erottaen vikapaikan ja mahdollisimman pienen osan verkosta jännitteettömäksi.” (Sähkötieto ry, 2017)
Jännitekuoppa	Syntyy esimerkiksi salaman osuessa ilmalinjaan, epäsymmetrisistä vioista tai isoista kuormituksista. Nämä aiheuttavat jännitekuoppia ja jännitteen nousua. (ABB Oy, 2000)
Porrasaika	Porrasaika tarkoittaa peräkkäisten suojausportaiden toiminta-aikojen erotusta. (ABB Oy, 2000)
Pysla	Kuopion yliopistollisen sairaalan parkkitalo
Verkkotopologia	Verkkotopologialla tarkoitetaan verkon perusrakennetta, eli tapaa jolla laitteet on kytketty toisiinsa.

1 JOHDANTO

Kuopion yliopistollisen sairaalan (KYS) kiinteistöillä on nykyisin kolme keskijänniteliittymää. Samassa liittymässä KYS:n kanssa ovat Julkulan ilmajohdot, jotka ovat aiheuttaneet KYS:lle turhia pikajälleenkytkentöjä. Nykyisen keskijänniteverkon suojausta ei myöskään saada toimimaan täysin selektiivisesti, sillä peräkkäisiä katkaisijoita on liian monta. Keskijänniteverkon parantaminen tulee mahdolliseksi Kuopion Energian uusiessa Savilahden sähköasemaa. Aseman uusimisen yhteydessä on tarkoitus rakentaa KYS:lle oma 110/20 kV -kojeisto, jolloin nykyiset keskijänniteliittymät korvattaisiin yhdellä 110 kV liittymällä. Se mahdollistaa keskijänniteverkon muuttamisen enemmän säteittäiseksi ilman liittymämaksujen kohoamista.

Selektiivisyys tarkoittaa sitä, että ainoastaan lähinnä vikapaikkaa oleva syötönpuoleinen suoja toimii erottaen vikapaikan ja mahdollisimman pienen osan verkosta jännitteettömäksi. Sähköverkossa selektiivisyyden puute huomataan yleensä vasta vian tapahduttua. Tällaisessa tilanteessa vika aiheuttaa useamman kohteen jännitekatkoksen, eli vika vaikuttaa myös verkon terveeseen osaan, jolloin vika voi kerrannaisvaikutuksineen aiheuttaa kalliita häiriöitä sairaalaympäristössä. (Sähkötieto ry, 2017)

Opinnäytetyön tarkoituksena on laatia Kuopion yliopistolliselle sairaalalle uudistuvan keskijännitejakaiverkon reittisuunnitelma ja päivitettyt kojeistokuvat. Uuden keskijänniteverkon suunnitelman tulee huomioida, että nykyisiä kojeistoja muutetaan mahdollisimman vähän ja vanhoja kaapeleita sekä kaapelireittejä hyödynnetään mahdollisimman paljon. Vaatimuksena on myös varasyöttömahdollisuuden säilyttäminen ja lisääminen.

Dokumenteja käytetään tulevaisuudessa apuna Kuopion yliopistollisen sairaalan vanhan liittymän saneerauksessa. Aiheen opinnäytetyöstä tarjosi Granlund Kuopio Oy:n osastonjohtaja Timo Oravainen. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan pääosin 20 kV:n reittisuunnittelun huomioon ottaen tulevaisuudessa tehtävän 10 kV:n kojeistojen muuttamisen 20 kV:n kojeistoiksi. 110 kV:n reittisuunnittelu ja kojeistokuvat eivät kuulu opinnäytetyöhön.

2 POHJOIS-SAVON SAIRAANHOITOPIIRI

Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin omistaa Pohjois-Savon 18 kuntaa, jotka koordinoivat Kuopion yliopistollisen sairaalan toimintaa. Nykyisin KYS vastaa noin 248 000 pohjoissavolaisen erikoissairaanhoidosta ja jopa miljoonan itä- ja keskisuomalaisen erityistason erikoissairaanhoidosta. Pohjois-Savon lisäksi KYS:n erityisvastuualueeseen kuuluvat Pohjois-Karjalan sairaanhoito- ja sosiaalipalvelujen kuntayhtymä, Keski-Suomen ja Itä-Savon sairaanhoitopiirit sekä Etelä-Savon sosiaali- ja terveystalvet. (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013c)

2.1 Kuopion yliopistollinen sairaala, KYS

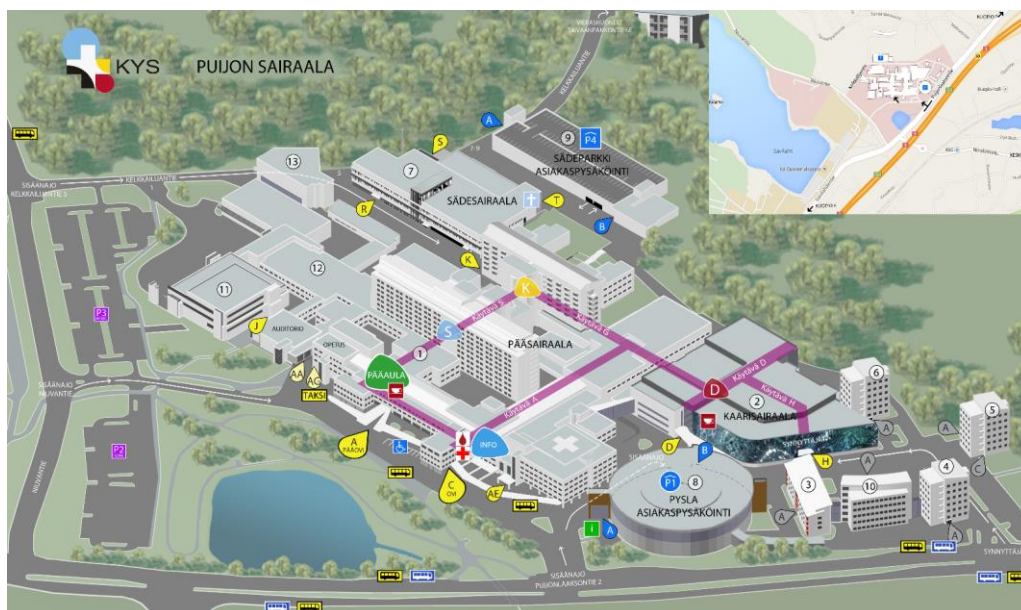
Tammikuussa 1959 Erikoissairaanhoidosta vastaava Kuopion länsisairaala siirsi palvelunsa kuntien omistamalle Kuopion keskussairaalle eli KUKS:lle. Tällöin hoitopalvelut eivät olleet hyvin kattavia, sillä useat erikoisalut ja vaativat hoidot kuten aivo- ja sydänleikkaukset sekä syöpähoidot puuttuivat. Tämän vuoksi kyseiset hoidot haettiin yhä Etelä-Suomesta. Tieteellistä tutkimusta ja opetustoimintaa Kuopion keskussairaalla oli tuolloin vielä vähäistä. (Pohjois-Savon Sairaanhoitopiiri, 2013a)

Lääketieteen opetuksen alettua uudessa yliopistossa vuonna 1972 KUKS:sta tuli Kuopion yliopistollinen keskussairaala. Toiminta kasvoi ja tehostui, joten vuosina 1980 - 1989 sairaalan tiloja laajennettiin. Sairaalan henkilöstömäärä kaksinkertaistui 4 000 työntekijään. (Pohjois-Savon Sairaanhoitopiiri, 2013a)

Vuonna 1990 Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri aloitti toimintansa ja sairaalan nimi muuttui Kuopion yliopistolliseksi sairaalaksi eli KYS:ksi. Yksityisellä puolella jo toimiva tulosjohtaminen otettiin käyttöön KYS:ssä, jonka seurauksena taloudellinen vastuu ja valta yhdistettiin. Tulosjohtamisen myötä sairaalan palvelut hinnoiteltiin todellisten kustannusten mukaan. KYS kehittyi Suomen eturivin sairaalaksi ja KYS palkittiin kehittämistyöstä valtakunnallisella Suomalainen avainteko -palkinnolla. 2000-luvun taitteessa KYS:lle valmistui paljon uudisrakennuksia. (Pohjois-Savon Sairaanhoitopiiri, 2013a)

Vuonna 2015 alkoi uudistushanke, jonka perustana toimi samana vuonna valmistunut Kaarisairaala, johon on sijoitettu sairaalan ydintoiminnot. Syksyllä 2015 valmistui toinenkin uudisrakennus, Säde-sairaala, johon sijoittuvat sädehoitoyksikkö, syöpätautien poliklinikka ja infuusioyksikkö sekä patologian ja oikeuslääketieteen avaustilat. Nykyiset ja tulevat rakennushankkeet tukevat KYS:n tavoitetta kehittää hoitoprosesseja ja toiminnan tuottavuutta. Uudet toimivat tilat lisäävät potilasturvallisuutta ja tehostavat hoitokäytäntöjä. (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013b)

Nykyisin KYS on yksi Suomen viidestä yliopistosairaalasta. Se antaa korkeatasoista hoitoa kaikilla lääketieteen erikoisaloilla, tekee kansainvälisesti arvostettua tutkimusta ja kouluttaa tulevaisuuden huippuosajia. KYS on Suomen suurin lääkärikouluttaja ja terveydenhuoltoalan opetussairaala. (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013c) Kuvassa 1 on esitetty KYS:n alueen navigointikartta ja kuvassa 2 on esitetty ilmakuva KYS:stä.



Kuva 1. KYS:n alueen navigointikartta. (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013f)



Kuva 2. Ilmakuva KYS:stä. (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013d)

KYS:n tuorein projekti on KYS Uusi Sydän 2025, jonka tarkoituksena on toteuttaa vuosina 2018 – 2025 Puijon sairaalan vanhan päärakennuksen saneeraus. Tämän lisäksi vuodeosastotornin yhteyteen rakennetaan 11-kerroksinen uudisrakennus, johon on tulossa poliklinikkatiloja ja vuodeosastoja. (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013e)

KYS lukuina vuonna 2016:

- 4300 työntekijää
- 96 000 hoidettua potilasta
- 490 000 poliklinikkakäyntiä
- 2300 synnytystä
- 20 000 leikkausta

(Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, 2013c)

3 STANDARDIT, MÄÄRÄYKSET JA SUOSITUKSET

Reittisuunnitelmaa tehdessä on oltava tietoinen nykypäivän määräyksistä ja standardeista. Tässä luvussa kerrotaan keskijänniteverkon suunnittelun keskeiset standardit ja määräykset.

3.1 Kaapelien risteämät ja etäisyydet muihin laitteisiin

SFS -käsikirja 6001 kertoo kaapeleiden risteämistä ja etäisyyksistä laitteisiin:

”Kun kaapelit risteävät tai ovat lähellä kaasu-, vesi- tai muita putkia, niiden välisen keskinäisen etäisyyden on oltava riittävät. Jos riittävää etäisyyttä ei voida taata, kaapeleiden ja putkien välinen kosketus on estettävä esimerkiksi eristysvaippoja tai -levyjä käyttämällä. Näistä toimenpiteistä on sovitava putken haltijan kanssa. Jos kaapeli ja putki kulkevat pitkän matkan rinnakkain, on oikosulun aikainen putken indusoituva ylijännite selvitettävä. Ylijännitteiden rajoittamiseksi voi olla tarpeen ryhtyä asianmukaisiin toimenpiteisiin (esim. kaapelien tai putkien vaihtoehtoinen reititys tai niiden välisen etäisyyden kasvattaminen).

Kun kaapelit risteävät tai ovat lähellä tietoliikenneasennuksia, on niiden keskinäisen etäisyyden oltava riittävä. Jos kaapelin ja teleasennuksen reitit kulkevat pitkän matkaa rinnakkain, on tietoliikenneasennukseen oikosulun aikana indusoitunut ylijännite selvitettävä.

Kun kaapelit risteävät tai ovat lähellä muita kaapeleita, niiden keskinäiset lämpövaikutukset on selvitettävä kaapelien välisen vähimmäisetäisyyden ja muiden asiaankuuluvien toimenpiteiden määrittämiseksi (esim. kuormituksen pienentäminen). Kaapelit on asennettava riittävän etäälle lämmönlähteestä tai ne on erotettava niistä lämpöä eristävillä suojilla.” (Suomen standardisoimisliitto SFS ry, 2015)

3.2 Kaapelien asentamista koskevat vaatimukset

SFS -käsikirjan 6001 kertoo kaapeleiden asentamisesta:

”Kaapelien huoltoa ja testausta varten niihin tulee päästä käsiksi.

Seuraavista asioista tulee huolehtia kaapelin suojaamiseksi mekaanisilta vaurioilta ennen asentamista ja sen jälkeen:

- kaapelin vaurioitumisen välttämiseksi kaapelit asennetaan laite- ja kaapelistandardien tai valmistajan määrittämässä ympäristön lämpötilassa
- yksijohtimiset voimakaapelit on asennettava siten, että oikosulkuvirtojen synnyttämät voimat eivät niitä vaurioita
- asennustapaa valittaessa on varmistettava, että ulkoiset vaikutukset rajoittuvat hyväksyttävälle tasolle. Ojaan asennettavat kaapelit tulee asentaa määritettyyn syvyyteen ja niiden päälle on

asennettava kaapelisuojaus tai varoitusnauha ulkopuolisten aiheuttamien vaurioiden estämiseksi. Maa- ja vesistökaapelit on suojattava mekaanisesti siellä, missä ne nousevat esiin vedestä tai maasta.

- kaapeleiden maa-asennuksissa kaapeliojan pohjalla ei saa olla kiviä. Täytemaana käytetään hiekkaa tai kivetöntä maata. Tarvittaessa on ryhdyttävä toimenpiteisiin kaapelin suojaamiseksi kemiallisilta vaikutuksilta
- ylijäivät ajoneuvot eivät saa vahingoittaa ojiin sijoitettuja kaapeleita
- maaperän liikkeet ja värinä tulee ottaa huomioon
- pystysuuntaisissa asennuksissa ko. asennustapaan soveltuva kaapeli on tuettava riittävän tiheästi sopivilla kiinnikkeillä valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti
- jos yksijohtimiset kaapelit on asennettu betoniteräksiä sisältävän katon tai seinien läpi, betoniterästen mahdollinen lämpeneminen on otettava huomioon. Tarvittaessa pitää määritellä sopiva rakenneratkaisu, joilla rajoitetaan lämpenemistä.

Metalliputkiin asennettavat kaapelit on ryhmiteltävä siten, että saman piirin kaikki johtimet sijoitetaan samaan putkeen pyörrevirtojen välttämiseksi. Maadoitusjohtimen sijoitus tulee tarkoin harkita.

Kaapelit on asennettava siten, että kosketusjännitteet pysyvät sallituissa rajoissa tai ne osat, joiden kosketusjännite ylittää sallitut rajat, on suojattava koskettamiselta sopivin toimenpitein.” (Suomen standardisoimisliitto SFS ry, 2015)

4 SELEKTIIVISYYS

KYS:n nykyisen verkon ongelma on peräkkäisten katkaisijoiden aiheuttamat selektiivisyysongelmat. Tässä luvussa on selitetty mitä selektiivisyys tarkoittaa ja miksi sen tärkeys korostuu suuressa kiinteistössä.

ST -kortin 53.13 mukaan selektiivisyys on selitetty:

”Sähköverkon suojauksen selektiivisyydellä tarkoitetaan yksinkertaisesti sitä, että ainoastaan lähinnä vikapaikkaa oleva syötönpuoleinen suoja toimii erottaen vikapaikan ja mahdollisimman pienen osan verkosta jännitteettömäksi. Tyypillisesti vika tapahtuu jossain ryhmäjohtossa, mahdollisesti laitetaso- vikana, jolloin vikavirta kulkee usean sarjassa olevan suojan lävitse.” (Sähkötieto ry, 2017, s. 2)

4.1 Sähköverkon selektiivinen suojaus

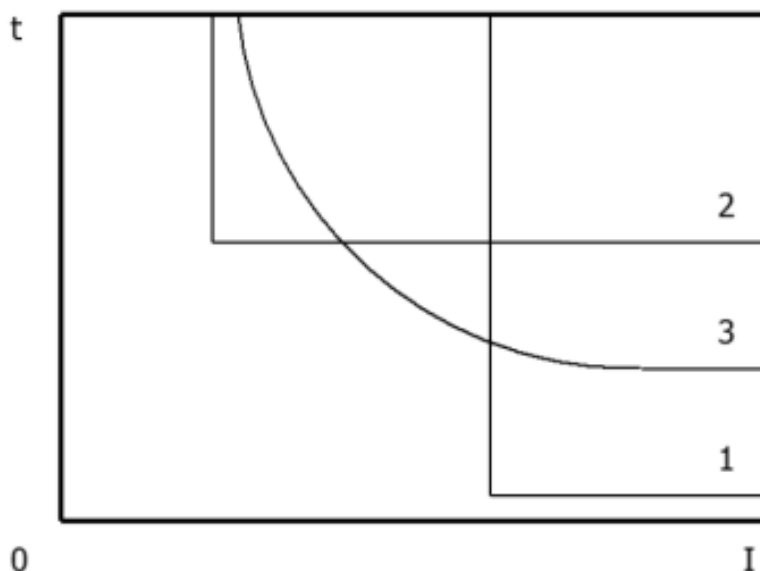
ST -kortti 53.13 kertoo sähköverkon selektiivisestä suojauksesta:

”Yksinkertainen verkoston rakenne on niin käytettävyyden, suojauksen kuin selektiivisyyden saavuttamisen kannalta hyvä lähtökohta. Suojalaitteilla ja niiden valinnalla voidaan vielä erikseen vaikuttaa siihen, kuinka selektiiviseksi jakeluverkon toiminta saadaan eri vikatilanteita silmällä pitäen. Suurjännite- ja pienjänniteverkon suojat pitää tietenkin valita keskenään yhteensopiviksi eikä pelkästään oman jännitetason osalta.” (Sähkötieto ry, 2017, s. 4)

4.2 Suurjännite ja ylivirtareletyypit

ST -kortti 53.13 kertoo suurjännitteen suojauksesta:

”Suurjänniteliittyjän liittymiskojeistossa on yleensä pääkatkaisija, jossa on suojarele sekä muuntajalähtöinä varokekuormanerottimia tai katkaisijoita. Etenkin katkaisijoiden suojarelevalinnoilla sekä jonkin verran myös sulakkeiden valinnalla on vaikutusta selektiivisyyteen. Katkaisijoiden ylivirtasuojareleiden tulee olla mieluiten 3-portaisia ja niissä mahdollisuus käyttää sekä vakioaikaisia että käänteisaikaisia laukaisukäyriä. Sulakkeiden toimintakäyrät ovat valmistajasta riippuen hieman erilaisia ja tällä on eräissä tapauksissa merkitystä.” (Sähkötieto ry, 2017, ss. 4 - 5) Ylivirtareleiden toimintakäyriä on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Ylivirtareiden toimintakäyrät. Kuvassa 1) esittää hetkellistä, 2) vakioaika- ja 3) käänteisai-
kaylivirtatoimintaa. (Mörsky, 1992)

Hetkellinen ylivirtarele toimii välittömästi, kun siihen asetettu virtaraja-arvo ylitetään. Vakioaikaylivirtarele koostuu ylivirtareleestä ja aikareleestä. (Mörsky, 1992)

Vakioaikareleelle asetetaan haluttu aika- ja virta-arvo. Toiminta tapahtuu siten, että kun havaitaan vakioaikareleelle asetetun arvon tai sen ylittämän verran virtaa vakioaikareleelle asetetun ajan verran, toimii rele välittömästi. Vakioaikareleen toimintanopeuteen ei vaikuta se, kuinka paljon virta ylittää asetetun virta-arvon. Vakioaikaylivirtarelettä käytettäessä on huomioitava sen nopea toiminta. Mitoitus tulee tapahtua siten, että virta-arvo asetetaan selkeästi kuormitusvirran yläpuolelle, jotta kuormitusvirrassa tapahtuvat heilahtelut eivät aiheuta releen turhaa toimintaa. (Mörsky, 1992)

Käänteisai-
kaylivirtarele eroaa vakioaikareleestä siten, että toiminta-arvon ylittyessä rele toimii sitä nopeammin, mitä suurempi raja-arvon ylitys on. Käänteisai-
kareleitä käytetään usein sulakkeiden kanssa. (Mörsky, 1992)

4.3 Esimerkki selektiivisyyden tarkastelusta

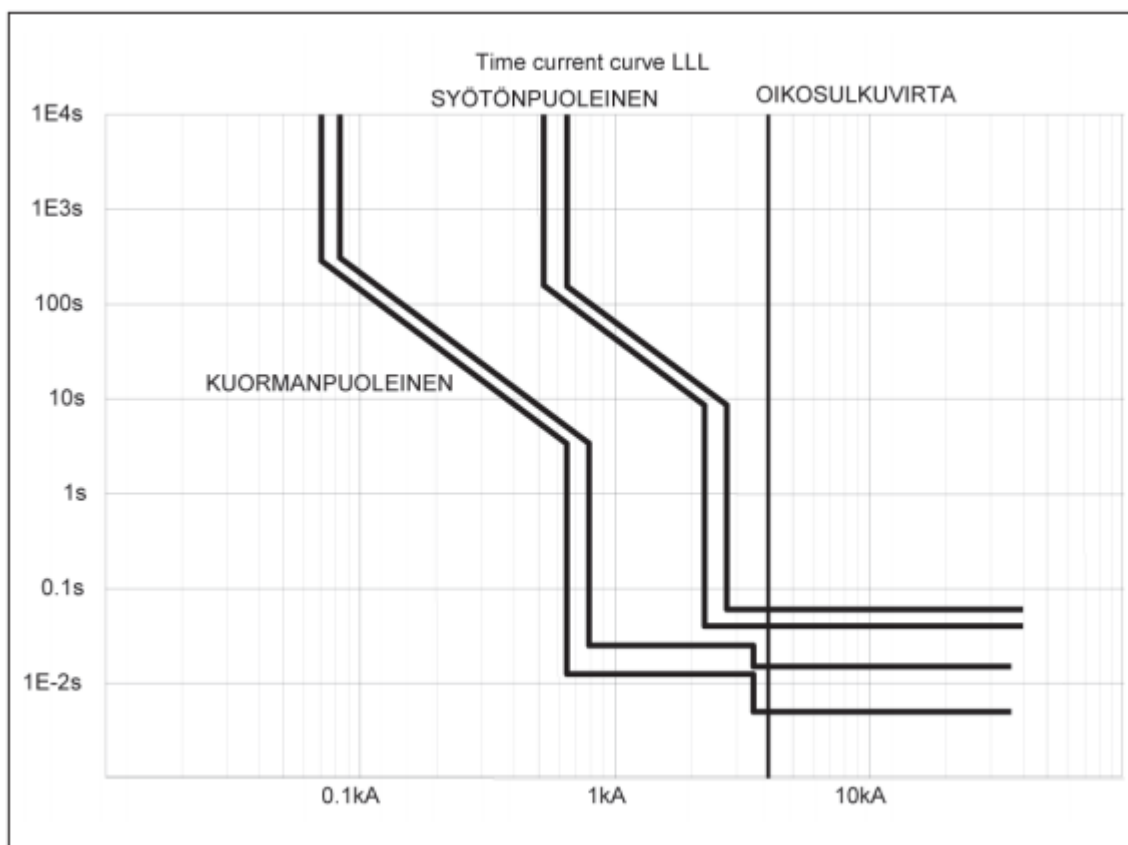
Malliverkko selektiivisyystarkastelua varten on esitetty kuvassa 4. Tarkastelussa käsitellään vain normaalijakelua, mikä tarkoittaa sitä, että varavoima ja UPS-jakelua ei oteta huomioon. Lisäksi tarkastelu rajataan suurjännitekojeiston osuuteen.

Esimerkissä käytetään yksinkertaisinta tapaa toteuttaa selektiivinen suojaus, eli aikaselektiivisyyttä. Tämä tarkoittaa sitä, että suojauksen toiminta-aikoja porrastetaan siten, että lähimpänä vikakohtaa oleva rele toimii aina ensimmäisenä. Aikaselektiivisessä suojauksessa käytetään ylivirtareleitä, joita voidaan käyttää vakioaikaisina tai käänteisaikaisina. Vakioaikainen tarkoittaa sitä, että toimintanopeus on ennalta määrätty, eikä se ole riippuvainen mitatusta virran suuruudesta. Käänteisaikainen taas huomioi virran suuruuden siten, että mitä suurempi virta, sitä nopeammin rele toimii. (ABB Oy, 2000)

Tilannetta voidaan lähteä tarkastelemaan sähkölaitoksen suunnasta. Rajoittavana tekijänä asiakkaalle ovat sähkölaitoksen johtolähtökatkaisijoiden ylivirtasuojauksen toimintarajat. Selektiivisyyden pääidea on se, että lähinnä vikaa olevan suojauksen pitää toimia, jotta vika ei aiheuta sähkölaitoksen suuntaan ongelmia. Tästä syystä sähkölaitoksen ja asiakkaan suojaus tulee porrastaa siten, että asiakkaan ylivirtasuojaus toimii ensimmäisenä. (Sähkötieto ry, 2017, s. 9)

Johtolähtökatkaisijoiden jälkeen suojausketjussa on asiakkaan liittymän pääkatkaisija. Tässä esimerkissä on käytetty aikaselektiivistä suojausta, joka ei toteudu pääkatkaisijan suojausreleeltä sähkölaitokselle päin. Tämä johtuu sähkölaitoksen johtolähdöillä olevasta hidastamattomasta pikalaukaisusta. Lähtötiedoista voidaan huomata, miten yli 6000 A:n vian sattuessa sähkölaitoksen ylivirtarele toimii 0,04 sekunnissa, kun taas suurjännitekojeiston suojausrele 0,05 sekunnissa. Tapauksessa on siis porrassaika pielessä. (Sähkötieto ry, 2017, s. 9)

Jos syntyy tilanne, missä asiakkaan suurjännitekojeistossa tapahtuu suurivirtainen vika (≥ 6000 A) pääkatkaisijan ja muuntajasuojien välissä, niin sarjassa olevat katkaisijat todennäköisesti toimivat aiheuttaen laajemman katkoksen verkossa. Merkitystä sähkönsaannin ja selektiivisyyden kannalta vian aiheuttaneelle asiakkaalle ei ole, sillä ko. asiakas kokee samanlaisen jännite katkoksen riippumatta siitä, kumpi katkaisija avautuu. Muut asiakkaat, jotka ovat samassa sähkölaitoksen suurjännitejohdossa saavat kuitenkin saman katkoksen selektiivisyyden puutteen vuoksi. (Sähkötieto ry, 2017, ss. 9 - 10) Tässä tapauksessa selektiivisyys saavutettaisiin hidastamalla syötönpuoleisen katkaisijan katkaisuaikaa kuorman puoleiseen katkaisijaan nähden. (Sähkötieto ry, 2015, s. 12) Kuvassa 5 on esitetty toimintakäyrä aikaselektiivisyydestä tilanteessa, jossa selektiivisyys toteutuu.

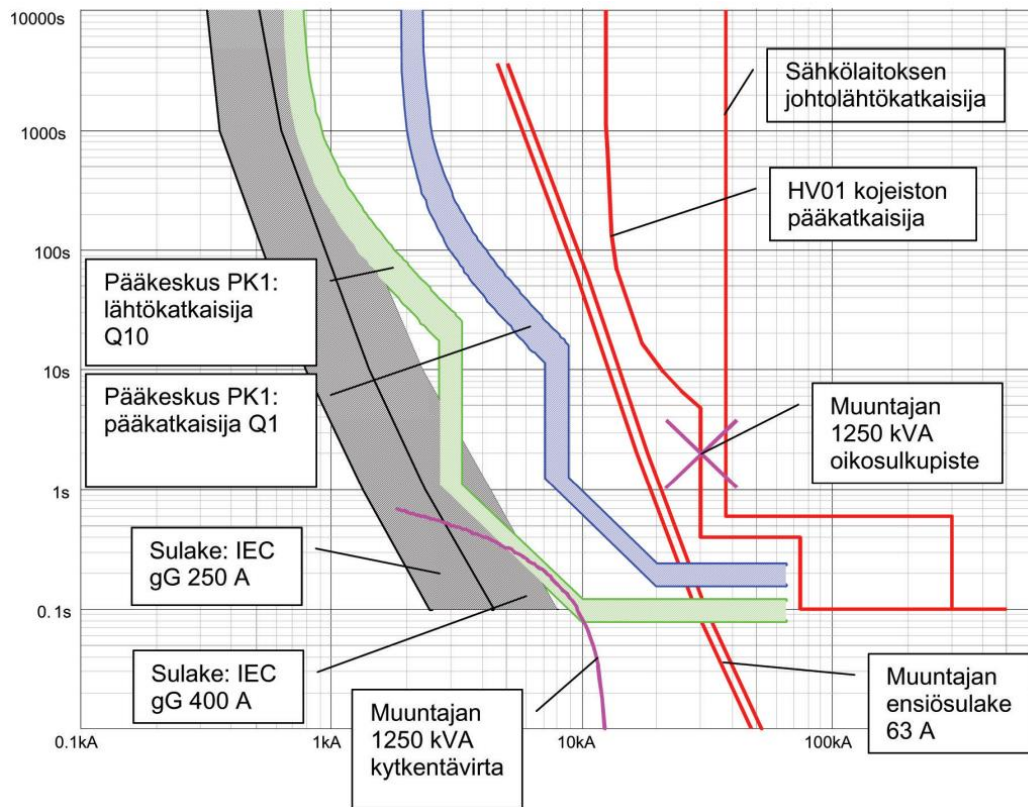


Kuva 5. Ideaalinen aikaselektiivisyys. (Sähkötieto ry, 2015, s. 12)

Kuvasta voidaan huomata, miten kuormanpuoleinen käyrä reagoi oikosulkuvirtaan nopeammin kuin syötönpuoleinen, eli selektiivisyys toteutuu.

Seuraavana esimerkiverkossa on suurjännitekojeiston pääkatkaisijan jälkeen tuleva varokekuormaerotin. Varokekuormaerotin tehtävä on toimia jakelumuuntajan suojana. Kuvassa 6 on esitetty varokekuormaerotin 63 A:n sulakkeen toimintakäyrä toleransseineen. Tätä käyrää vertaamalla pääkatkaisijan käyrään voidaan todeta, että ne ovat keskenään selektiivisiä. Muuntajansulakkeen takana tapahtuva vika ei siis aiheuta järjestelmän pääkatkaisijan turhaa laukeamista. Kuvassa 6 näkyvä sulakkeikäyrä on piirretty valmistajan antamien käyrien perusteella toleransseineen. (Sähkötieto ry, 2017, s. 10)

Kuvasta 6 voidaan tarkastella myös 1250 kVA tehoisen jakelumuuntajan kytkentävirtasäystä ja oikosulkupistettä. Muihin suhteutettuna sulakkeet toimivat muuntajan oikosulkusuojana kun taas ylikuormitukseen se tarvitsee suojauksen erikseen. (Sähkötieto ry, 2017, s. 10)



Kuva 6. Ylivirtasuojien toimintakäyrät. (Sähkötieto ry, 2017, s. 10)

5 KESKIJÄNNITEVERKON SUOJAUS

Tässä luvussa käydään läpi keskijänniteverkon yleisimpiä suojalaitteita, joita käytetään myös KYS:ssa. Näitä ovat erilaiset katkaisijat ja niitä ohjaavat suojarleet.

Standardin SFS 60500-448 mukaan suojausjärjestelmällä tarkoitetaan suojauslaitteita, mittamuuntajia, johdotusta, laukaisupiiriä, tehonlähteitä ja mahdollisesti myös tiedonsiirtojärjestelmiä ja jälleenkytkentäautomaatiikkaa. Standardin mukaan katkaisijat eivät tähän kuulu. Suojauksen tarkoitus on havaita poikkeavat olosuhteet ja viat voimajärjestelmässä, jotta kyseiset ongelmat saadaan loppumaan. (SFS-IEC 60050-448, 2002)

5.1 Kytkinlaitteet

Sähköjakalessa tärkeimmät kytkinlaitteet ovat katkaisija, erotin ja kuormaerotin. Kytkinlaitteiden tehtävä on muuttaa verkon topologiaa, ohjata sähköenergian kulkua verkossa, erottaa viallinen osa nopeasti irti verkosta ja tarvittaessa toimia erotuskohtana eri verkoston osien välille. (Elovaara & Haarla, 2011, s. 161)

5.2 Katkaisijat (circuit breaker)

Sähkönsiirtoverkon tärkein kytkinlaite on katkaisija. Katkaisija on koje, joka avaa ja sulkee virtapiirin. Nykyisin katkaisijoita voidaan ohjata käsin ja automaattisesti. Yleisimmin katkaisija avautuu automaattisesti oikosulkuvirran tai maasulkuvirran vaikutuksesta. Katkaisijan apuna käytetään suojarlettä, joka vikatilanteessa antaa katkaisijalle avautumiskäskyn. Katkaisijan sulkeutumistoimintoa voidaan käyttää erityisten jälleenkytkentäreleistyksen käynnistämänä. (Elovaara & Haarla, 2011, s. 162 ja 163)

Korvaamattoman katkaisijasta tekee se, että se kykenee vaurioitumatta avaamaan ja sulkemaan piirin, jossa virta on moninkertainen katkaisijan mitoitusvirtaan verrattuna. (Elovaara & Haarla, 2011, s. 163)

KYS:llä on käytössä kolmea erityyppistä katkaisijaa: tyhjiökatkaisijoita, SF₆-katkaisijoita sekä 10 kV:n puolella käytettyjä vanhoja vähäöljykatkaisijoita. Eniten KYS:n laitekanta koostuu kuitenkin tyhjiö- ja vähäöljykatkaisijoista. (Määttä, 2017)

5.2.1 Tyhjiökatkaisijat (vacuum circuit-breaker)

KYS:llä käytetään ABB VD4, Siemens 3AH6 ja Tozzi Green Ecosmart VCB-L tyhjiökatkaisijoita. (Määttä, 2017) Tyhjiökatkaisijat ovat rakenteeltaan hyvin yksinkertaisia verrattuna muihin katkaisijoihin. Sen ansiosta tyhjiökatkaisija voidaan sijoittaa sisä- tai ulkotiloihin. Tyhjiön idea on nostaa jännitelujuutta ja samalla pienentää tarvittavaa avausväliä. Jo 5-15 mm avausväli riittää tarvittavan suureen jännitelujuuteen. Tyhjiökatkaisijoiden mitoitusvirta on yleensä 2 000 – 3 000 A ja käyttöalue maksimissaan 100 kV. Huoltoa tyhjiökatkaisijalle tarvitsee tehdä vain noin 10 vuoden välein.

(Elovaara & Haarla, 2011, ss. 182-184) Kuvassa 7 on esitetty KYS:n 20 kV:n kojeiston ABB VD4 tyhjiökatkaisija.



Kuva 7. ABB VD4 tyhjiökatkaisija (Tolvanen, 2018)

5.2.2 SF₆-Katkaisijat

SF₆-katkaisija keskittyy lähinnä katkaisutekniikkaan. Katkaisijan auetessa valokaaren sammuttamiseen tarvitaan paljon energiaa. SF₆-katkaisijaan on kehitetty tapa ottaa tarvittava energia katkaistavasta virrasta magneettikentän avulla. Katkaisijan auetessa sen pääkosketin avautuu ensin, siirtäen virran valokaarikoskettimelle. Koskettimien avautuminen liikuttaa myös mäntää, joka alkaa puristamaan kaasua kokoon alla olevaan tilaan. Tämä aiheuttaa voimakkaan kaasuvirtauksen, joka kohdistetaan valokaareen. Voimakas kaasuvirtaus sammuttaa valokaaren. Nykyään SF₆-katkaisijan katkaisuenergia on saatu pienemmäksi kuin vähäöljykatkaisijoilla, jonka vuoksi se korvaakin usein vanhan vähäöljykatkaisijan. Etuja ovat sammutusväliaineen palamattomuus, suuri valokaaren jäähdytyskyky, pienet katkaisu ylijännitteet ja vähäinen huollon tarve. Se toimii taloudellisimmin jännitteillä 123 - 765 kV. Ongelmia SF₆-katkaisijoissa ovat olleet kaasukammiossa syntyvät myrkylliset yhdisteet ja kaasun nesteytyminen alhaisissa lämpötiloissa. (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 177 - 181) Kuvassa 8 on esitetty KYS:n ABB HD4 SF₆-katkaisija.



Kuva 8. ABB HD4 SF₆-katkaisija (Määttä, 2017)

5.2.3 Vähäöljykatkaisijat (minimum-oil circuit-breaker)

Vähäöljykatkaisijan toiminta perustuu katkaisijan sammutuskammioissa höyrystyvään öljyyn. Valokaari aiheuttaa painetta sammutuskammioon, jonka seurauksena kammiossa oleva öljy kaasuuntuu. Kaasu ohjataan valokaarta kohti ja sammuttaa sen voimakkaasti. Koskettimien liike saadaan aikaan perinteisesti jousilla. Jousien viritys tapahtuu moottoriohjauksella. (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 174 - 176) Kuvassa 9 on esitetty KYS:n Strömberg OSAM 12 A3 -vähäöljykatkaisija.



Kuva 9. Strömberg OSAM 12 A3 -vähäöljykatkaisija (Määttä, 2017)

5.3 Suojarele (protection relay, protective relay)

Sähkönjakeluverkossa vioittunut verkon osa on saatava erotettua muusta verkosta mahdollisimman nopeasti. Tästä syystä voimalaitokset sekä sähkö- ja kytkinasemat ovat varustettu katkaisijoilla. Kyseisiä katkaisijoita ohjataan suojareleellä. Yleisesti relesuojausta käytetään vain keskijänniteverkossa ja sitä suuremmilla jännitetasoilla. (Korpinen, 1998)

Suojareleen tehtävä on tarkkailla sille määritetyn suuren arvoa. Kun releen tarkkailema suure siivuttaa sille asetetun toiminta-arvon, rele havahtuu. Jos havahtumista kestää riittävän kauan, rele lähettää käskyn katkaisijalle erottaa tietty osa verkosta. Jos taas suure palautuu havahtumisen aikana, ei rele palaakaan tarkkailemaan suuretta. Yleensä toimiessaan rele lähettää myös hälytystiedon valvomoon. Releen toimintaa voidaan muokata sen toiminta-aikaa (operating time) tai palautumisaikaa (reset time) säätämällä. (Elovaara & Haarla, 2011, s. 344)

Esimerkiksi oiko- tai maasulkutilanteessa suojarele erottaa vikaantuneet osat verkosta ja poistaa oikosulkuvirran aiheuttaman vaaran ja mahdollisen laiterikon. Kun suojaus on toiminut, eli vikaantunut osa on erotettu muusta järjestelmästä, voi tehonsiirto jatkua muissa verkon osissa. Oiko- ja maasulkutilanteessa vikavirrat kasvavat suuriksi, joten ilman suojausta seuraukset voivat olla vaarallisia ihmisille ja eläimille. Esimerkiksi sisäkytkinlaitoksissa valokaaren paine- ja lämpövaikutus on hengenvaarallinen. Myös omaisuusvahingot ovat tällöin hyvin suuria. (Elovaara & Haarla, 2011, s. 336)

Releillä voidaan myös parantaa verkon laatua ja parantaa taloudellisuutta. Näitä ovat esimerkiksi jännitekuoppien kesto ja johtojen pikainen käytönpalautus (automaattinen jälleenkytkentäreleisty). Taloudelliset menetykset vähenevät, kun vika saadaan rajattua nopeasti pois toimivasta verkosta. (Elovaara & Haarla, 2011, s. 336)

Relesuojauksen on toteutettava seuraavat vaatimukset:

- Relesuojauksen on toimittava selektiivisesti.
- Releen on toimittava riittävän nopeasti ja herkästi, jotta siitä aiheutuvat haitat jäävät kohtuullisiksi. Haittoja ovat erilaiset vauriot, häiriöt ja verkon stabiilisuus.
- Relesuojauksen tulee kattaa koko järjestelmä aukottomasti.
- Suojauksen on oltava yksinkertainen ja käyttövarma.
- Suojauksen koestaminen on onnistuttava käyttöpaikalla.

(Korpinen, 1998)

Yleisimpiä suojareleitä ovat ylivirtareleet, distanssireleet, nollavirtareleet, suunnatut maasulkureleet, differentiaalireleet, jälleenkytkentäreleet, tahdissaolon valvojat, automaattitahdistimet, taajuusreleet, kiskosuojareleet, katkaisijavikareleet ja kaasureleet. (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 346 - 360)

5.4 Back up -suojaus eli varasuojaus

Back up- eli varasuojasta käytetään silloin, kun oikosulkuvirta ylittää suojalaitteen katkaisukyvyyn. Tämä tarkoittaa sitä, että syötönpuoleinen suojalaite suojaa kuormanpuoleisen laitteen. Back up -suojaukseen käytetään yleensä sulaketta, mutta nykyisin kompaktikatkaisija tarjoaa hyvän back up -suojan pienemmille kompakteille. (Sähkötieto ry, 2015, s. 13)

5.4.1 Kompaktikatkaisija

ST -kortti 53.45 kertoo kompaktikatkaisijasta seuraavasti:

”Kompaktikatkaisija on katkaisija, jonka kotelo on valettu ja eristeaineinen muodostaen kiinteään osan katkaisijan rakennetta. Yleisesti ottaen kompaktikatkaisijassa pääkoskettimia käytetään suoraan käyttövivun avulla mekaanisesti.

Kompaktikatkaisijaa käytetään mm. kaapelin tai kiskoston suojana, pääkytkimenä pienemmissä keskuksissa ja erilaisten laitteiden (esim. moottorit, muuntajat) suojauksessa.

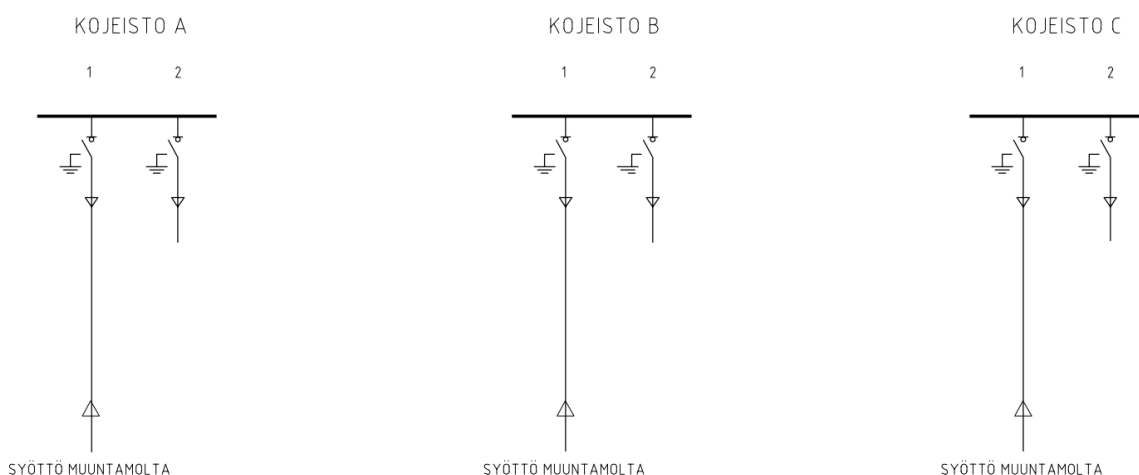
Kompaktikatkaisijaa käytetään yleensä aina ≤ 630 A:lla. 800–1600 A:n kompaktikatkaisija on käytössä esim. liikekiinteistöjen pääkytkimenä ja alakeskuslähdöissä, joissa käyttökertoja tulee vähän.” (Sähkötieto ry, 2015, s. 4 ja 13)

6 VERKOSTORAKENTEET

Nykyisin sähkönjakeluverkossa käytetään kolmea perustyyliä: rengas-, säteittäistä- tai silmukoitua verkkoa. Jokaisella verkostotyypillä on etuja ja haittoja, joita on huomioitava verkkoa suunniteltaessa. Tällaisia seikkoja ovat esimerkiksi investoinnin kalleus, käytön taloudellisuus ja luotettavuus, varasyöttöjen mahdollisuus sekä verkon suojaukseen liittyvät kohdat. (ABB Oy, 2000)

6.1 Säteittäinen verkko

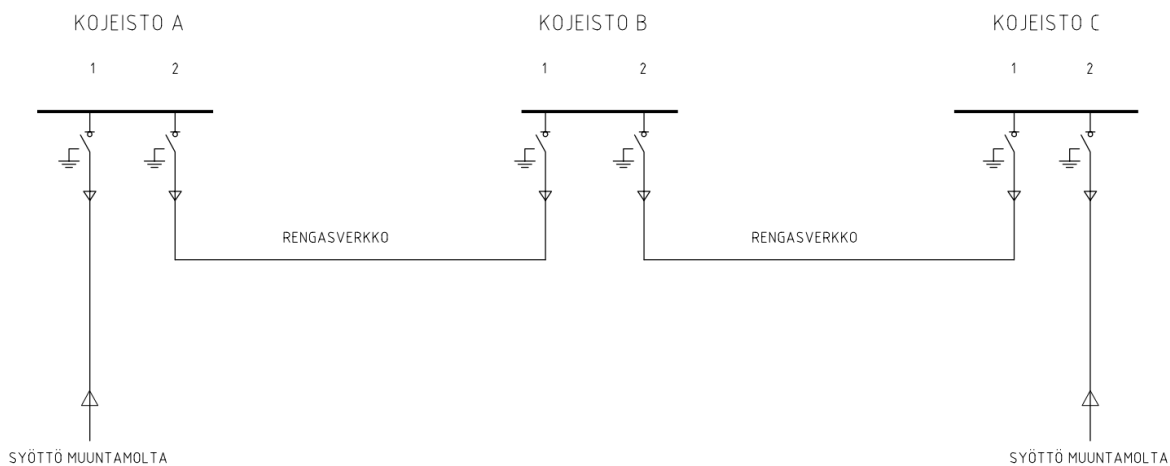
Säteittäisen verkon rakenne on selkeä, käyttö yksinkertaista ja suojaus helppoa. Säteittäisen verkon huono puoli on syötön varmistusmahdollisuuden puuttuminen ja huollon aikana tapahtuvat käyttökeskeytykset. Suomessa säteittäistä verkostorakennetta käytetään keski- ja pienjännitteellä. Säteittäisen verkon ongelmia on pyritty poistamaan rakentamalla kojeistojen välille varayhteyksiä rengasmaisesti. (ABB Oy, 2000) Kuvassa 10 on esitetty esimerkki säteittäisestä verkosta.



Kuva 10. Säteittäinen verkko.

6.2 Rengasverkko

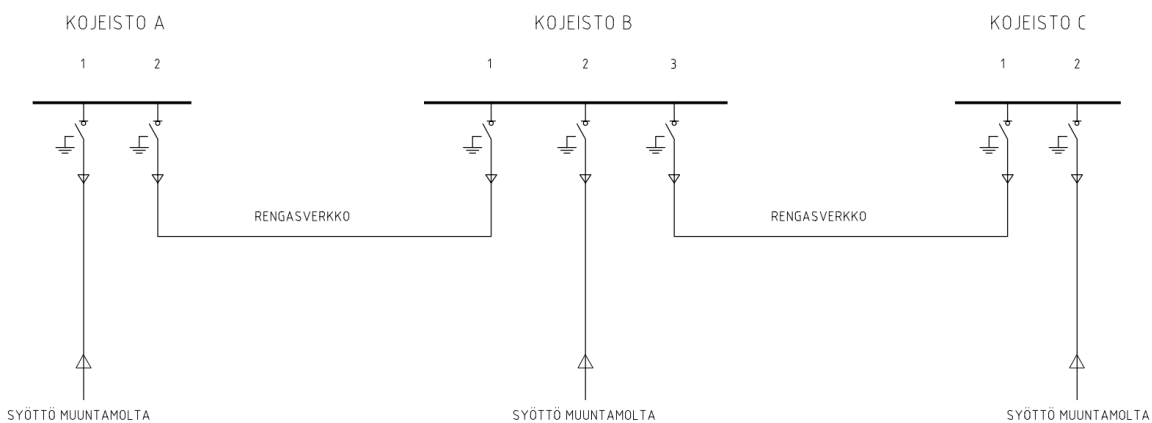
Suomessa rengasverkkoa käytetään lähinnä suuremmilla jännitteillä. Sen etuina ovat varmistettu syöttö, parempi jännitevakaus ja pienemmät tehohäviöt. Varmistettu syöttö tarkoittaa sitä, että kohdetta voidaan syöttää kahdesta eri suunnasta, jolloin esimerkiksi vian sattuessa voidaan kojeistoa syöttää varasyötön kautta. Haittoina rengasverkossa on käytön vaikeutuminen ja relesuojauksen monimutkaistuminen. Suomessa rengasverkkoja ovat 110 kV:n verkot. (ABB Oy, 2000) Kuvassa 11 on esitetty esimerkki rengasverkosta.



Kuva 11. Rengasverkko.

6.3 Silmukoituverkko

Silmukoituverkko muistuttaa rengasverkkoa, mutta renkaan sisällä on lisätty väliyhteyksiä, joilla kohotetaan syöttöjen varmistusmahdollisuuksia. Tällä tavoin parannetaan myös verkon jännitevakavuutta ja pienentää tehohäviöitä. Kuten rengasverkossa, myös silmukoidussa verkossa ongelmana on käytön vaikeutuminen ja relesuojauksen kallistuminen. Suomessa 400 kV:n ja 220 kV:n verkot ovat silmukoituja tarvittavan jännitevakavuuden ja siirtohäviöiden minimoimisen takia. (ABB Oy, 2000) Kuvassa 12 on esitetty esimerkki silmukaverkosta.

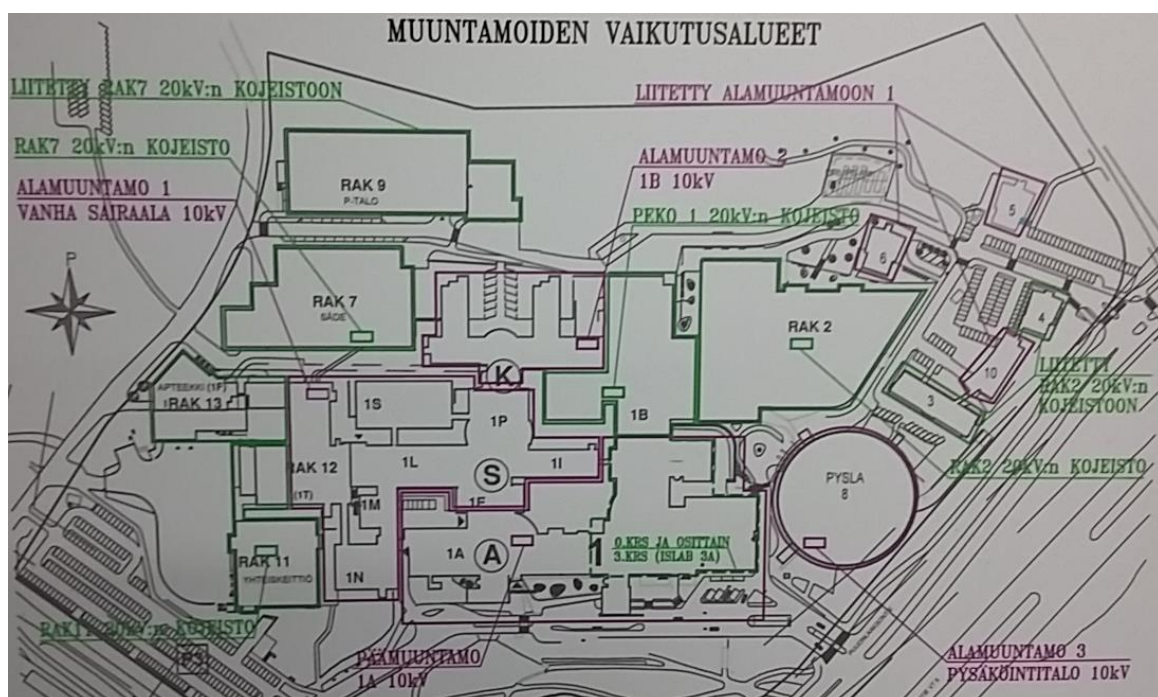


Kuva 12. Silmukoituverkko.

7 KUOPION YLIOPISTOLLISEN SAIRAALAN KESKIJÄNNITEJAKELUVERKKO

7.1 Nykyinen sähkönjakeluverkko

KYS:n sähkönjakeluverkko koostuu sairaalan vanhempaa osaa syöttävästä 10 kV:n verkosta sekä uudempia osia syöttävästä 20 kV:n verkosta. Molemmat verkot ovat rakenteeltaan rengasmaisia, eli niitä voidaan syöttää tarvittaessa kahdesta suunnasta ja niissä on neljä kojeistoa. KYS:n 20 kV:n verkko liittyy Kuopion Energian verkkoon kahdesta eri kohdasta. Myös vanhempi 10 kV:n verkko liittyy Kuopion Energian verkkoon kahdella kaapelilla. Sähkökatkojen aikana verkkoon voidaan kytkeä useita diesel-käyttöisiä varavoimakoneita. Kuvassa 13 on esitetty kartta KYS:n alueesta ja sen kojeistojen sijainneista sekä muuntamoiden vaikutusalueista. Liitteessä 2 on esitetty KYS:n nykyisen keskijänniteverkon reitit ja rakenne.



Kuva 13. Kartta KYS:n alueen kojeistoista ja muuntamoiden vaikutusalueista.

7.2 Uusi reittisuunnitelma

KYS:n keskijänniteverkon rakenteen uudistaminen lähti liikkeelle Savilahden sähköaseman muutosten mahdollistamana. Idea on korvata KYS:n kaksi 20 kV:n syöttöä yhdellä 110 kV:n syötöllä ja sijoittaa 110/20 kV:n kojeisto sairaalan eteläpuolelle. Tämä mahdollistaa KYS:n keskijänniteverkon muuttamisen enemmän säteittäiseksi. Uutta reittisuunnitelmaa lähdettiin suunnittelemaan sen pohjalta, että nykyisiä kojeistoja muutetaan mahdollisimman vähän. Tämän lisäksi vanhoja kaapeleita ja kaapelireittejä haluttiin hyödyntää mahdollisimman paljon. Myös verkon varasyöttömahdollisuuksia haluttiin säilyttää ja osittain myös lisätä. Alueen suuresta rengasverkosta kuitenkin haluttiin luopua peräkkäisten katkaisijoiden aiheuttaman selektiivisyys ongelman takia. Uusi Sydän -hankkeen myötä KYS:n alueelle tulee myös kaksi uutta 20 kV:n kojeistoa ja yhteensä 4 uutta muuntajaa. Vanhat 10 kV:n kojeistot muuttuvat 20 kV:n kojeistoiksi saneerausprojektien myötä, joten niiden mahdolliset uudet syöttökaapelit täytyi ottaa huomioon keskijänniteverkon uudelleen suunnittelussa.

Uudesta verkon rakenteesta tehtiin useampi vaihtoehto MagiCAD-ohjelmalla, joista poimittiin parhaat ideat ja ne yhdistettiin yhdeksi suunnitelmaksi. Uudessa suunnitelmassa kaikkia keskijännitekojeistoja syötetään omalla syöttökaapelilla. Syöttöjen määrä nousi siis kahdesta syöttöpisteestä kuuteen. Tämän tarkoituksena on poistaa peräkkäisten katkaisijoiden aiheuttama selektiivisyys ongelma. Rakennuksien kojeistoista luotiin parit, joiden välille suunniteltiin varasyöttöyhteys, joka normaalissa käytössä olisi auki. Renkaan luovat rakennukset 7 ja 11 (tukipalvelut ja sädesairaala), rakennus 2 ja 1B (ns. "kuumat" toiminnot) ja Uusi Sydän -projektin uudisrakennukset uusi sydän länsi (USL) ja -itä (USI) vuodeosastot. Koska rakennuksessa 9 ei ole omaa keskijännitekojeistoa, sen toista muuntajaa syötetään rakennuksen 7 kojeistolta, kuten ennenkin ja toinen rakennuksen 2 kojeistolta, jotta varasyöttöyhteys-idea säilyy myös ko. rakennuksessa. Liitteessä 3 on esitetty suunnitelma uudesta keskijänniteverkon rakenteesta.

Saneerausprojektien myötä 20 kV:n kojeistoiksi muuttuvat 10 kV:n kojeistot otettiin myös huomioon suunnitelmassa. Rakennuksen 12 kojeiston syötölle otettiin huomioon useita vaihtoehtoja. Paras näistä oli tuoda kojeistolle oma kaapeli tulevaisuudessa rakentuvalta USL -rakennuksen kojeistolta. Rakennuksessa 1A sijaitsevaa kojeistoa päätettiin syöttää suoraan uudelta 110/20 kV kojeistolta, sillä se sijaitsee sairaalan alueen eteläpuolella. Pysäköintitalon 10 kV:n kojeisto suunniteltiin liittymään 1B -rakennuksen kojeistoon.

Koska kojeistomuutoksia haluttiin välttää, oli suunnitelmassa otettava huomioon myös kojeistojen vapaat lähdöt. Aiemmin selitetty suunnitelma vaatii vain yhden kojeiston muuttamista. Rakennuksessa 2 joudutaan kojeistoon muuttamaan yhden kentän rakennetta, joka kuitenkin on tehtävissä ilman muun sähkönjakelun keskeyttämistä avaamalla toinen pääkatkaisija. Suunnitelmien pohjalta tehdyt alustavat kojeistokuvat on esitetty liitteissä 9.

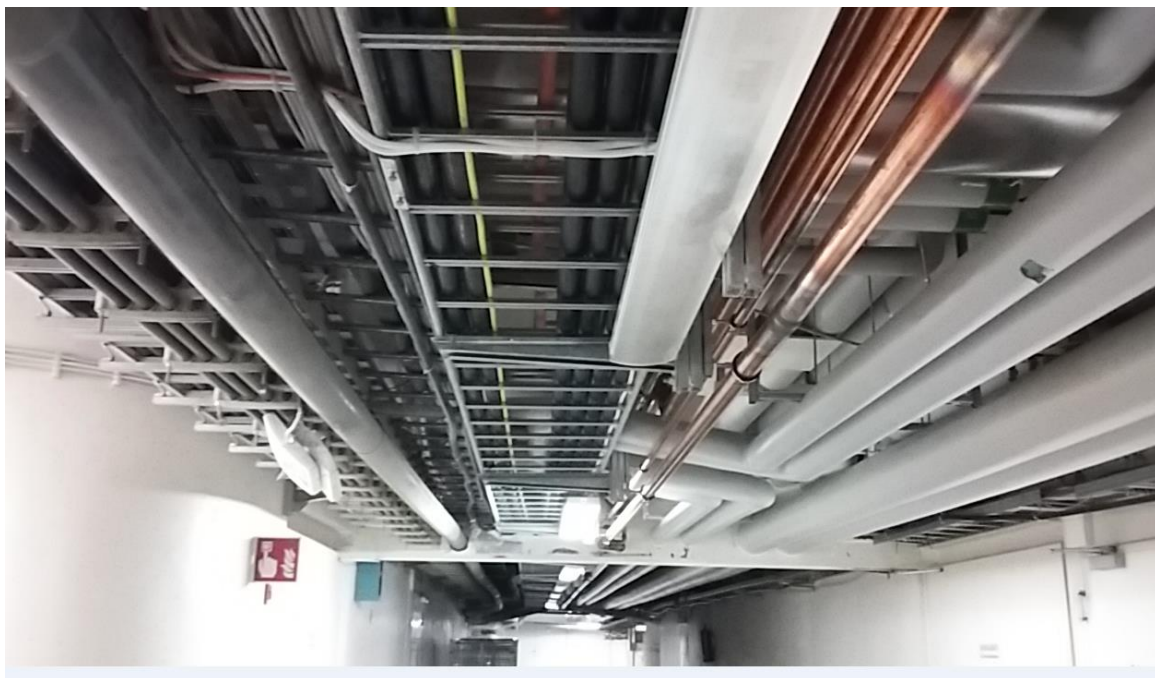
7.3 Maastosuunnittelu

Uuden reittisuunnitelman toteutusmahdollisuus täytyi tarkistaa KYS:n kiinteistön tiloissa. Tarkistus suoritettiin maastosuunnitteluna. Ennen maastosuunnittelun aloittamista oli kuitenkin tutustuttava kiinteistön pohjapiirroksiin, jotta itse maastosuunnittelussa ei menisi aikaa alueella suunnistamiseen. Nykyiset kaapelireitit ja huoltotunnelit tuli kävellä läpi, jotta voitiin varmistua siitä, että suunnitelman mukaiset reitit ja muutokset ovat toteutettavissa. Tunnelleista otettiin valokuvia ja videoita, jotta ongelmakohdat voitiin tarkastella jälkikäteen toimistolta käsin.

Huoltotunnelit ovat hyvä paikka kuljettaa kaapeleita, mutta ne ovat hyvin ahtaita ja täynnä nykyisiä kaapeleita, putkia ja kaapelihyllyjä. Tämä tuotti ongelmia lopullisten kaapelireittien suunnittelussa. Kuvassa 14 ja 15 on esitetty kuvia KYS:n tunneleista.



Kuva 14. Kuva KYS:n huoltotunneleista. (Tolvanen, KYS huoltotunneli, 2018)



Kuva 15. Kuva KYS:n huoltotunneleista. (Tolvanen, KYS huoltotunneli, 2018)

Maastosuunnittelua toteutettiin myös KYS:n kiinteistöjen ulkopuolella. Sairaalan eteläpuolelle tulevalta uudelta 110/20 kV kojeistolta lähtevät syöttökaapelit kiertävät tontin länsilaidalla sairaalan

pohjoispuolelle. Nämä kaapelit hyödyntävät lähitulevaisuudessa Kuopion Energian tekemiä kaukokylmä kaivantoja KYS:n länsipuolella. Kaukokylmäkartta on esitetty liitteessä 8.

Maastosuunnittelun kannalta Kaarisairaalan (rakennus 2) tilanne oli hyvä, sillä kojeistolta lähtevät kaapelit olivat kaikki käyttökelpoisia. Lisäksi kojeistolle ei tarvinnut lisätä uusia kaapeleita.

Maastosuunnittelun pohjalta tehtiin asiakkaalle lausunto, jossa kerrottiin kaapeli kohtaisesti tiedot muutoksista. Reittisuunnitelma on esitetty liitteessä 1. Tätä dokumenttia täydentää liitteissä 5-7 on esitetyt pohjakuvat, joihin on sijoitettu kaapelit ja kaapelihyllyt. Nämä dokumentit ovat luottamuksellisia, jonka takia ne eivät ole esillä opinnäytetyössä.

7.4 Nykyiset ja uudet kaapelit

Uudessa keskijänniteverkon suunnitelmassa tarkoituksena oli käyttää mahdollisimman paljon vanhoja kaapeleita hyödyksi. Lähes kaikki uudet ja vanhat kaapelit ovat merkiltään AHXAMK-W 3x185+35 Cu, vain Pyslan (parkkihalli) nykyinen kaapeli on AHXAMK-W 3x120. Tätäkin kaapelia voidaan tulevaisuudessa hyödyntää sen riittävän poikkipintalana vuoksi. Kaikki 10 kV:n kaapelit ovat liian vanhoja uudelleenkäytettäväksi, joten ne menevät jätteiksi ja niiden tilalle vedetään tarvittaessa uudet maakaapelit.

AHXAMK-W 3x185+35 Cu on jakeluverkon kaapelointiin tarkoitettu keskijännitekaapeli. Sitä voidaan käyttää maa-asennuksissa, kiinteissä hyllyasennuksissa ja kanava-asennuksissa sisällä tai ulkona. Sen johtimet ovat alumiinia ja keskusköysi kupari. Kuvassa 13 on esitetty kaapelista leikkauskuvat. (Draka NK Cables Oy, 2004)



Kuva 16. AHXAMK-W 3x185+35 Cu -kaapelin leikkauskuvat. (Draka NK Cables Oy, 2004)

8 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia Kuopion yliopistolliselle sairaalalle uudistuvan keskijännitejalkeluverkon reittisuunnitelma. Reittisuunnitelman päätavoitteena oli poistaa verkon nykyinen selektiivisyysongelma. Tavoitteena oli myös hyödyntää vanhoja kaapeleita sekä kaapelireittejä mahdollisimman paljon, säilyttää ja lisätä varasyöttömahdollisuudet sekä varmentaa nykyistä verkkoa.

Hyvän reittisuunnitelman tekeminen vaatii tarkkaa perehtymistä kohteeseen. Varsinkin KYS:n kaltaisissa suurissa kiinteistöissä on tärkeää tutustua kiinteistöön etukäteen pohjapiirrosten avulla. Sairaalan keskijänniteverkon muutosten suunnittelu on kuitenkin hankala toteuttaa pelkästään pohjapiirrosten ja teorian perusteella. Siksi onkin tärkeää päästä kiinteistön alueelle tutkimaan ja tarkastelemaan uusia sekä vanhoja kaapelireittejä.

Aikataulullisesti työ lähti nopeasti käyntiin ja ensimmäiset suunnitelmat olivat valmiita esiteltäviksi jo toisella työviikolla. Tämän jälkeen jäätin odottamaan Kuopion Energian kustannusarviota. Kolmeen viikkoon työ ei edennyt, joten opinnäytetyötä päätettiin jatkaa kaikesta huolimatta, jotta aikataulussa pysyttäisiin. Suunnitelmiin pyydettiin kommentit ja korjausehdotukset asiakkaalta, jonka jälkeen aloitettiin maastosuunnittelu, jonka perusteella voitiin varmentaa lopulliset kaapelien sijoituspaikat. Lopputuloksena työlle on kohdennettu reittisuunnitelma ja sitä täydentävät liitteet. Työn tulokset ovat luottamuksellisia.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin ja ne näkyvät lopputuloksessa. KYS:n uusi keskijänniteverkon suunnitelma poistaa nykyisen verkon selektiivisyysongelman, parantaa verkon vakautta sekä ottaa huomioon tulevaisuuden muutostyöt hyödyntämällä mahdollisimman paljon vanhoja kaapeleita ja kaapelihyllyjä. Työn suurimpia haasteita oli löytää uusille kaapeleille reitit ahtaissa tunneleissa, joiden katot ja seinät olivat täynnä nykyisiä kaapeleita ja putkia. Kaapelireittiä mietittäessä olikin otettava huomioon sijoitettaisiinko kaapeli olemassa olevalle hyllylle, uudelle hyllylle, vaiko kokonaan erillisille kiinnikkeille.

Tämä työ on tarkastelu suurjänniteverkon rakenteesta ja sen suunnittelusta. Asiakkaalle opinnäytetyö on pohja tulevaa keskijänniteverkon muutostyötä varten. Se selventää KYS:n verkon nykytilannetta ja antaa vaihtoehtoja uusille muutostöille. Uskon myös työn auttavan opiskelijoita ymmärtämään keskijänniteverkon rakennetta ja reittisuunnittelua.

9 LAINATUT LÄHTEET

- ABB Oy. (2000). *TTT-käsikirja 2000-07, luku 13: sähköasemat, kojeistot ja muuntamot*. Helsinki. Haettu 26. tammikuu 2018 osoitteesta http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/13_S%84hk%94asemat-kojaistot-muuntamot.pdf
- Draka NK Cables Oy. (2004). *Sähkönumerot, Draka NK Cables Oy, AHXAMK-W*. Haettu 1. helmikuu 2018 osoitteesta <https://www.sahkonumerot.fi/0623518/id/117978/doc/brochure/>
- Elovaara, J.;& Haarla, L. (2011). *Sähköverkot 2, Verkon suunnittelu, järjestelmät ja laitteet* (2 p.). Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press Oy. Haettu 24. tammikuu 2018
- Korpinen, L. (14. 10 1998). *Leenakorpinen*. Haettu 23. tammikuu 2018 osoitteesta http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/5sahkoverkon_automaatio_ja_suojaus.pdf
- Määttä, J. (21. toukokuu 2017). Opinnäytetyö. *Sairaalan suurjännitelaitteiston huolto ja ylläpito*. Kuopio, Pohjois-Savo: Savonia AMK. Haettu 25. tammikuu 2018
- Mörsky, J. (1992). *Relesuojaustekniikka 1, Otatieto 540* (1 p.). Hämeenlinna: Otatieto. Haettu 12. helmikuu 2018
- Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. (2013d). *Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, materiaalipankki, kuvapankki, ilmakuva*. Haettu 16. tammikuu 2018 osoitteesta <https://www.psshp.fi/documents/7796350/7871049/aula1.jpg/3f8ab23b-57e8-47b4-9a24-ddb0dbbc24ad?t=1510732642725>
- Pohjois-Savon Sairaanhoitopiiri. (2013a). *Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, toiminta ja tehtävät, historia*. Haettu 16. tammikuu 2018 osoitteesta <https://www.psshp.fi/sairaanhoitopiiri/toiminta-ja-tehtavat/historia>
- Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. (2013b). *Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, toiminta ja tehtävät, valmiit rakennushankkeet*. Haettu 16. tammikuu 2018 osoitteesta <https://www.psshp.fi/sairaanhoitopiiri/kys-uudistuu/valmiit-rakennushankkeet>
- Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. (2013c). *Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, toiminta ja tehtävät*. Haettu 16. tammikuu 2018 osoitteesta <https://www.psshp.fi/sairaanhoitopiiri/toiminta-ja-tehtavat>
- Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. (2013e). *Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, toiminta ja tehtävät, KYS uudistuu, Uusi Sydän*. Haettu 23. tammikuu 2018 osoitteesta <https://www.psshp.fi/sairaanhoitopiiri/kys-uudistuu/uusi-sydan>
- Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. (2013f). *Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri, yhteystiedot, KYS sairaalat, aluekartta*. Haettu 1. helmikuu 2018 osoitteesta <https://www.psshp.fi/documents/7796350/7841424/puijonsairaanopaskartta5032017alkaen.jpg/ad98178c-9b89-4235-91cc-3a73ad0c71ce?t=1509106681150>
- SFS-IEC 60050-448. (2002). *Standardi SFS-IEC 60050-448*. Haettu 30. tammikuu 2018
- Suomen standardisoimisliitto SFS ry. (2015). *Suurjännitesähköasennukset* (4 p.). Helsinki. Haettu 24. tammikuu 2018
- Sähkötieto ry. (2015). *ST 53.45, Sulakkeeton suojaus*. Helsinki: Sähkötieto ry. Haettu 30. tammikuu 2018 osoitteesta <http://severi.sahkoinfo.fi.ezproxy.savonia.fi/item/596?search=53.45>
- Sähkötieto ry. (17. 10 2017). *ST 53.13 Kiinteistön sähköverkon suojauksen selektiivisyys*. Espoo: Sähkötieto ry. Haettu 22. tammikuu 2018 osoitteesta <http://severi.sahkoinfo.fi.ezproxy.savonia.fi/item/3088?search=53.13>
- Sähkötieto ry. (17. 10 2017b). *ST 53.13 Kiinteistön sähköverkon suojauksen selektiivisyys*. Espoo: Sähkötieto ry. Haettu 23. tammikuu 2018 osoitteesta <http://severi.sahkoinfo.fi.ezproxy.savonia.fi/item/3088?search=53.13>

Sähkötieto ry. (2017c). *ST 53.13 Kiinteistön sähköverkon suojauksen selektiivisyys*. Espoo: Sähkötieto ry. Haettu 23. tammikuu 2018

Tolvanen, J. (22. tammikuu 2018). ABB VD4 tyhjiökatkaisija. Kuopio.

Tolvanen, J. (21. maaliskuu 2018). KYS huoltotunneli. Kuopio. Haettu 21. maaliskuu 2018

LIITE 1: S0100 REITTISELOSTUS

LIITE 2: S1001 NYKYTILANNE

LIITE 3: S1002 LOPPUTILANNE

LIITE 4: S1003 KAAPELITUNNUKSET

LIITE 5: S2000 KAAPELIT 00-KERROS

LIITE 6: S20-0 KAAPELIT 0-KERROS

LIITE 7: S20-1 KAAPELIT 1-KERROS

LIITE 8: KAUKOKYLMÄKARTTA

LIITE 9: S3001 KOJEISTOT