



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

NIKO HYVÖNEN

# **Sähkönjakelujärjestelmän kriittisyysluokittelu voimalaitoksella**

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN  
KOULUTUSOHJELMA

2020

Tekijä Hyvönen Niko	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Kuukausi Vuosi 29.5.2020
	Sivumäärä 34, liitteitä 4	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi <b>Sähkönjakelujärjestelmän kriittisyysluokittelu voimalaitoksella</b>		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Tiivistelmä <p>Kriittisyysluokittelu on teollisuudessa usein kunnossapitojärjestelmän tukena toimiva apuväline, jota käytetään laitteiston toimintavarmuuden- ja sitä myötä tuotantoprosessin parantamiseen. Laitekohtaisten riskien tarkastelulla ja kriittisyyslaskennalla saadaan tärkeää informaatiota, jota voidaan hyödyntää vikaantumisen ennaltaehkäisemisessä ja ennakkohuoltojen suunnittelussa.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehdä kriittisyysluokittelu Porin Kaanaassa sijaitsevan voimalaitoksen sähkönjakelujärjestelmästä. Luokittelu tehdään Pori Energia Oy:lle, joka vastaa voimalaitoksen käynnissäpidosta. Luokittelussa tarkastellaan laitteiden riskejä ja niiden vaikutusta muun muassa ympäristöön, henkilöturvallisuuteen sekä tuotantoprosessiin. Riskitasoille annetaan arvot, joiden avulla saadaan laskettua laitteille niiden osakriittisyys, kokonaiskriittisyys sekä kriittisyysluokka.</p> <p>Luokittelu pohjautuu standardin PSK 6800 mukaiseen menetelmään, jota on muokattu hieman sopimaan voimalaitoskunnossapidon tarkoituksiin paremmin. Työn tuloksena saadaan jakelujärjestelmän kriittisyysluokittelu, sekä itse taulukko, jota voidaan käyttää myös tulevien kriittisyysluokittelujen laskennassa.</p> <p>Opinnäytetyössä käydään ensin läpi Pori Energian yritysasettelu ja kerrotaan työn taustasta sekä tavoitteista. Seuraavaksi kriittisyysluokittelun eri vaiheet selitetään. Sähkönjakelujärjestelmästä esitellään sen pääkohdat, ja työn lopussa kerrotaan paremmin työn toteutuksesta ja jakelujärjestelmän kriittisistä kohteista.</p>		
Asiasanat Sähkönjakelu, kriittisyys, voimalaitos, muuntaja, kojeisto, kunnossapito, riski		

Author Hyvönen, Niko	Type of Publication Bachelor's thesis	Date Month Year 29.5.2020
	Number of pages 34, appendices 4	Language of publication: Finnish
Title of publication <b>Criticality classification of the power distribution system at the powerplant</b>		
Degree programme of electrical- and automation engineering		
<p data-bbox="312 696 424 723">Abstract</p> <p data-bbox="312 768 1449 947">Criticality classification is a tool, often supporting maintenance and upkeep systems. It is used to improve the operational reliability of equipment and therefore improving the production process. Equipment based risk examination and criticality calculations give away important information which can be utilized to prevent malfunctions and when designing advance maintenance.</p> <p data-bbox="312 992 1449 1238">The goal of this thesis is to make a criticality classification of the power distribution system at a powerplant located in Kaanaa, Pori. The Classification is made for Pori Energia Oy, a company that handles the maintenance at the powerplant. Areas of examination in the classification process are equipment risks and their impact on personal safety, the environment and on the production process itself. Giving values for the risk levels enables the calculations of the equipment's sub-criticality-index, criticality index and the criticality-class.</p> <p data-bbox="312 1283 1449 1417">The classification is based on the PSK 6800 standard's method which is modified a bit to better suit the maintenance system of a powerplant. The works outcome is the criticality classification of the power distribution system and the classification chart itself, that can be used in future classification calculations.</p> <p data-bbox="312 1462 1449 1641">The thesis starts by introducing the Pori Energia company, followed by telling about the background and the goals of the work. Then the different phases of the criticality classification are explained. The power distribution systems main parts are explained and at the end of the thesis there is a more thorough explanation about the works execution and of the distribution systems critical subjects.</p>		
Key words Power distribution, criticality, powerplant, transformer, switchgear, maintenance, risk		

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	PORI ENERGIA KONSERNI.....	6
2.1	Pori Energia Sähköverkot Oy .....	8
2.2	Sähkönmyyntiyhtiö Oomi.....	8
2.3	Kaanaan voimalaitos .....	9
2.4	Aittaluodon voimalaitos.....	11
3	TYÖN TAVOITTEET .....	12
4	KRIITTISYYSLUOKITTELU .....	13
4.1	PSK 6800 Standardi.....	13
4.2	Kriittisyys.....	13
4.3	Kriittisyysluokittelutaulukko .....	14
4.4	Riskitasot ja kertoimet .....	15
4.4.1	Vikaantumisväli.....	16
4.4.2	Turvallisuusriskit.....	17
4.4.3	Ympäristöriskit .....	17
4.4.4	Tuotannon menetys .....	18
4.4.5	Korjauskustannukset.....	19
4.4.6	Varaosien saatavuus .....	19
4.4.7	Kriittisyysluokat .....	20
4.4.8	Laskentakaavat .....	21
5	SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ .....	22
5.1	Muuntajat .....	23
5.2	Kojeistot.....	24
5.2.1	Kennotermiinaalit ABB REF 541 ja -543 .....	25
5.2.2	Muuntajatermiinaalit ABB RET 543.....	27
5.2.3	Valokaarisuojaus ABB REA 101 .....	28
5.2.4	Tyhjiökatkaisijat ABB VD4.....	29
6	TYÖN TOTEUTUS .....	30
7	SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄN KRIITTISET KOHTEET .....	31
8	TULOKSET .....	32
9	YHTEENVETO .....	33
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe tulee Kaanaan voimalaitoksen käynnissäpidosta vastaavalta Pori Energia Oy:ltä, jonka tarpeena on saada voimalaitoksen sähköjakelujärjestelmästä tehty kriittisyysluokittelu. Laitteiston kriittisyysluokittelua ei ole aiemmin tehty laitoksella ja luokittelun avulla halutaan helpottaa ja selventää laitteiden kunnossapito- ja huoltosuunnitelmia. Laittekohtaisten riskien tarkastelulla pystyttäisiin myös ennalta ehkäisemään vikaantumistilanteista aiheutuvia tuotannon menetyksiä ja täten parantamaan tuotantoprosessin jatkuvuutta. Tarkastelun avulla voitaisiin lisäksi kohdentaa varaosien varastointia paremmin, kriittisimpien laitteiden kohdalla. Luokittelun toivotaan tulevaisuudessa kattavan koko voimalaitoksen tärkeimmät sähkölaitteistot, mutta opinnäytetyötä varten se rajataan sisältämään jakelujärjestelmän laitteistot 110 kilovoltin linjan ja 20 kilovoltin kojeistojen väliltä, CFB-kattilalaitoksella.

Luokittelun laitelistaukseen sisällytetään sähköjakelujärjestelmän muuntajat, jakelumuuntajat, keskijännitekojeistot ja niiden tärkeimmät kojeet. Itse luokittelu tehdään kokoamalla laitteet Excel ohjelmalla tehtyyn taulukkoon, jolla kriittisyydet saadaan laskettua standardin PSK 6800 laskentakaavojen mukaisesti. Riskien tarkasteluvaiheessa laitteille annetaan osa-alueittain riskien tasokohtaiset arvot ja niiden avulla saadaan laskettua kriittisyysarvot.

Opinnäytetyössä käydään ensin työn taustaa, työn tavoitteita ja voimalaitosympäristöä läpi sekä esitellään työn tilaajana toimivaa Pori Energia konsernia. Tämän jälkeen kerrotaan PSK 6800 standardin mukaisesta kriittisyysluokittelumenetelmästä ja esitellään työssä käytetyt riskien osa-alueet, riskitasot ja niiden kertoimet. Seuraavaksi perehdytään laitoksen sähköjakelujärjestelmään ja sen pääkohtiin ja laitteisiin. Laitteista käydään läpi niiden perustoimintaperiaatteet sekä hieman teknisiä yksityiskohtia. Lopuksi käydään läpi työn tuloksia ja kriittisimpiä kohteita, työn toteutus ja työn yhteenveto. Liitteenä lopussa on jakelujärjestelmän sähkökuvia ja valokuvia laitteistosta.

## 2 PORI ENERGIA KONSERNI

Pori Energia Oy on Porin kaupungin kokonaan omistama energiayhtiö, joka myy energiaa ja energia-alan palveluja asiakkailleen pääasiassa Satakunnan alueella. Yhtiön liiketoiminta-alueita ovat energian tuotanto, sähkön myynti, energiapalvelut sekä käynnissäpito-, urakointi- ja tuulivoimapalvelut.

Pori Energia -konserniin kuuluvat emoyhtiö Pori Energia Oy:n lisäksi täysin omistettut tytäryhtiöt Pori Energia Sähköverkot Oy (PESV) sekä tuulivoimayhtiö Tuulia Energia Oy. Pori Energia Sähköverkot Oy on keskittynyt sähkömarkkinalain tarkoittamaan jakelu- ja alueverkkotoimintaan omalla verkkoalueellaan. Taulukossa 1 esitetään konsernin talouden tunnuslukuja vuosilta 2017-2019. Taulukossa 2 nähdään konsernin henkilöstö yhtiöittäin samalta aikaväliltä.

(Pori Energia Oy:n toimintakertomus 2019.)

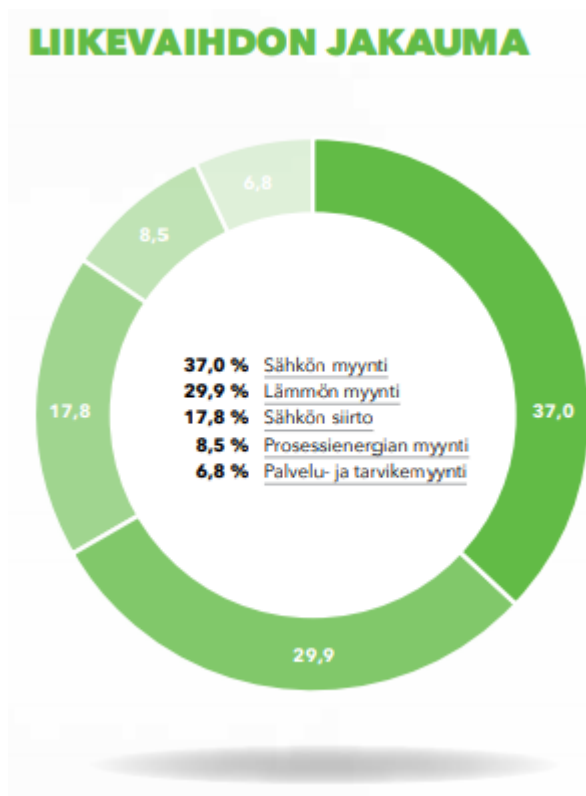
Taulukko 1. Pori Energia -konsernin talouden tunnuslukuja 2019  
(Pori Energia Oy:n toimintakertomus 2019, 5).

Pori Energia -konserni	2019	2018	2017
Vakinainen henkilökunta	202	206	212
Liikevaihto, M€	141,5	138,3	137,1
Liikevaihto/henk. (1000€)	700,3	671,5	646,9
Käyttökate, M€	32,5	32,4	32,7
Käyttökate/henk. (1000€)	160,9	157,4	154,4
Käyttökate -%	23,0	23,4	23,9
Liikevoitto, M€	18,8	18,6	18,9
Liikevoitto/henk. (1000€)	92,9	90,5	89,0
Liikevoitto -%	13,3	13,5	13,8
Taseen loppusumma, M€	351,6	316,7	276,3
Investoinnit, M€	60,3	42,0	17,9
Sijoitetun pääoman tuotto -%	6,6	7,4	7,9
Omavaraisuusaste (%)	27,0	26,7	27,1

Taulukko 2. Konsernin henkilöstö yhtiöittäin  
(Pori Energia Oy:n toimintakertomus 2019, 5).

Henkilöstö yhtiöittäin	2019	2018	2017
Pori Energia Oy	177	183	188
PESV Oy	25	23	24

Kuviossa 1 esitetään Pori Energia konsernin liikevaihdon jakaumaa vuodelta 2019, prosentuaalisin osuuksin. Suurin osuus (37,0%) on sähkön myynnillä.



Kuvio 1. Pori Energia -konsernin liikevaihdon jakauma 2019  
(Pori Energia Oy:n toimintakertomus 2019, 5).

## 2.1 Pori Energia Sähköverkot Oy

Pori Energia Sähköverkot Oy:n päätoimena on sähkömarkkinalain mukainen sähköverkkoliiketoiminta. Yhtiö vastaa sähkön siirrosta ja sen jakelusta yli 50 000:lle verkon käyttäjälle. Yhtiö vastaa myös verkonhallinnasta sekä sähköverkkojen rakennuttamisesta Porin alueella. Toiminnan lähtökohta on korkealaatuisen ja häiriöttömän sähkön toimitus asiakkaille taloudellisesti, turvallisesti ja ympäristönäkökohdat huomioiden. Yhtiö on perustettu vuonna 2006, kun Pori Energia Oy:n verkkoliiketoiminta erotettiin sähkömarkkinalain eriyttämisvaatimuksen mukaan yhtiöstä omaksi liiketoimintayksiköksi. Pori Energia Oy:llä on tytäryhtiö Pori Energia Sähköverkot Oy:n 100 prosenttinen omistus.

(Pori Energia Oy:n www-sivut 2020.)

## 2.2 Sähkönmyyntiyhtiö Oomi

Pori Energian sähkönmyynti siirtyi 1.4.2020 sähkönmyyntiyhtiö Oomille. Oomi on Pori Energian ja neljän muun energiayhtiön perustama uusi valtakunnallinen sähkönmyyntiyhtiö, jonka tavoitteena on pitää palvelut korkealla tasolla, kilpailukykyisin hinnoin. Oomi vastaa jatkossa myös Pori Energian aurinkosähköjärjestelmien myynnistä. Yritykset, jotka perustivat Oomin ovat Pori Energia Oy, Lahti Energia Oy, Oulun Seudun Sähkö, Oulun Sähkönmyynti Oy ja sen osakkaat ja Vantaan Energia Oy.

(Pori Energia Oy:n www-sivut 2020.)



### 2.3 Kaanaan voimalaitos

Porin Kaanaassa Venator P&A Finland Oy:n tehdasalueella sijaitseva voimalaitos on Pohjolan Voima Oy:n tytäryhtiön Porin Prosessivoima Oy:n omistama. Voimalaitoksen käytöstä ja kunnossapidosta vastaa Pori Energian henkilöstö. Pori Energia hallinnoi 40,8 prosenttia yhtiön osakkeista. Kaanaan biovoimalaitos valmistui vuonna 2008. Voimalaitos tuottaa energiaa Kaanaan ja Pihlavan teollisuudelle sekä kaukolämpöä Pori Energia Oy:n kaukolämpöverkkoon. Näiden yhteydessä laitos tuottaa myös vastapainesähköä. Kotimaisten polttoaineiden käyttö työllistää suoraan ja välillisesti useita satoja henkilöitä Satakunnan alueella.

Kaanaan voimalaitoksen pääkoneiston muodostavat kaksi kiertopetikattilaa, Pyroflow ja CFB kattila. CFB tulee sanoista ”circulating fluidized-bed” eli suomeksi ”kierto leiju-peti”. Kattiloiden yhteinen lämpöteho on 283 MW. Pyroflow-kattila käyttää polttoaineenaan hiiltä, kun taas CFB-laitoksessa on mahdollista polttaa turvetta, biopolttoainetta, hiiltä, sekä hyvälaatuista esikäsiteltyä REF kierrätyspolttoainetta (”Recovered fuel”). Kotimaisten polttoaineiden käyttö työllistää suoraan ja välillisesti useita satoja henkilöitä Satakunnan alueella. Laitoksella on käytössä myös vanhat kaasusekä kevytöljykattilat, jotka toimivat varakattiloina. Voimalaitoksella on yksi pääkäytössä oleva turbiinigeneraattori (TG4), jonka sähköteho on 78 MW. Voimalaitoksen kaukolämpöteho on noin 100 MW.

Venator P&A Finland Oy:n pigmenttitehtaalla Porin Kaanaassa oli tammikuussa 2017 tulipalo, joka aiheutti merkittäviä aineellisia vahinkoja sekä keskeytti tehtaan tuotannon. Venator ilmoitti syyskuussa 2018 sulkevansa pigmenttitehtaansa, jonka korjaustyöt tulipalon jälkeen eivät sujuneet suunnitellusti. Toimintakertomuksen mukaan voimalaitokselle ei aiheutunut palosta johtuvia merkittäviä vahinkoja. Pori Energialle aiheutuneet kulut ja tulojen menetykset korvattiin vakuutuksesta. Tulipalolla ei sinänsä ollut merkittävää vaikutusta yhtiön tulokseen. Kuvassa 1 ilmakuva Kaanaan laitosalueesta ja kuvassa 2 ilmakuva Aittaluodon teollisuusalueesta.

(Pori Energia Oy:n www-sivut 2020; Pori Energia Oy:n toimintakertomus 2017, 2018 ja 2019.)



Kuva 1. Ilmakuva Kaanaan voimalaitosalueesta  
(Pori Energia Oy:n www-sivut 2020)



Kuva 2. Ilmakuva Aittaluodon teollisuusalueesta  
(Pori Energia Oy:n www-sivut 2020)

## 2.4 Aittaluodon voimalaitos

Aittaluodon voimalaitos sijaitsee keskellä Porin kaupunkia Aittaluodon teollisuusalueella. Voimalaitos tuottaa lähes 600 GWh energiaa vuodessa. Tuotannosta lähes puolet on kaukolämpöä, joka toimitetaan Porin ja Ulvilan kaukolämpöverkkoihin. Kaukolämmön lisäksi voimalaitoksella tuotetaan prosessihöyryä Aittaluodon ja Kupariteollisuuspuiston teollisuuden tarpeisiin sekä yhteistuotantona syntyvää sähköä Pori Energian asiakkaille. Sähkön siirrosta ja jakelusta vastaa Pori Energia Oy:n tytäryhtiö Pori Energia Sähköverkot Oy. Voimalaitoksen polttoaineena käytetään pääasiassa kotimaista biopolttoainetta ja turvetta.

Aittaluodon voimalaitoksen pääkoneiston muodostavat kaksi leijukerroskattilaa. Kattiloiden yhteinen lämpöteho on 206 MW. Voimalaitoksella on kaksi generaattoria, joiden sähköteho on 55 MW. Voimalaitoksen kaukolämpöteho on noin 100MW.

Pori Energia investoi vuonna 2018 alkaneessa Aittaluoto 2020- hankkeessa noin 60 miljoonaa euroa voimalaitoksen modernisointiin. Hankkeessa Aittaluodon pääkoneiston vanhempi kattila ja turbiini korvataan uudella BFB-tyyppisellä kattilalaitoksella ja vastapaineturbiinilla. Lisäksi uuteen kattilalaitokseen kytketään savukaasulauhdutin, jonka avulla polttoaineen energiasta saadaan entistä suurempi osa talteen ja polttoaineen kulutuksessa saavutetaan huomattavaa säästöä. Hankkeen on määrä valmistua keväällä 2020.

(Pori Energia Oy:n www-sivut 2020; Pori Energia Oy:n toimintakertomus 2018.)

### 3 TYÖN TAVOITTEET

Työn tavoitteena on luoda Porin Kaanaassa voimalaitoksen CFB- kattilalaitoksen sähkönjakelujärjestelmän laitteistosta kriittisyysluokittelu, jossa pääosin keskitytään 110 kilovoltin linjasta kytkinlaitokselta 20 kilovoltin keskijännitekojeistoihin rajattuun alueeseen ja sen sisältämiin laitteistoihin. Työn tilaajana toimii Pori Energia Oy, joka vastaa Kaanaan voimalaitoksen käynnissäpidosta. Luokittelun perusteena on laitekoh- taisten riskien tarkastelu eri osa-alueilla, ja taulukon arvoista saatujen tulosten hyö- dyntäminen ja huomioiminen laitoksen huolto- ja kunnossapitojärjestelmän suunnitte- luissa. Työssä apuna käytetään ennalta olemassa olevaa kriittisyyden luokittelun tau- lukkotyökalua sekä standardia PSK 6800.

Kriittisyysluokittelua pystyttäisiin tulevaisuudessa hyödyntämään voimalaitoksen kunnossapitojärjestelmässä muun muassa laitteiston ennakkohuoltoja ja varaosien va- rastointia sekä hankintaa suunniteltaessa. Tuotantoprosessin kannalta kriittisimpien laitteiden tarkastelulla ja riskien arvioinnilla myös vikaantumisien ennaltaehkäise- minen helpottuisi. Luokituksen avulla laitteita pystyttäisiin vertailemaan ja tarkastele- maan keskenään, sekä laitteen riskiosa-alueittain esimerkiksi pelkästään ympäristöris- kien kannalta. Luokituksen lopputuloksena tavoite on saada laitteistolle vertailukel- poiset luokitusarvot, joista ilmenisi laitteen kokonaisvaltainen kriittisyys ja osa-alue- kohtaiset kriittisyydet eri riskien kannalta.

Opinnäytetyön ja oppimisen kannalta itselläni tavoite on perehtyä paremmin voima- laitoksen kunnossapitoon vaikuttaviin tekijöihin ja riskeihin sähkönjakelujärjestelmän toiminnassa. Työssä isossa osassa on myös tiedon hankkiminen ja etsiminen monin eri tavoin.

## 4 KRIITTISYYSLUOKITTELU

### 4.1 PSK 6800 Standardi

Kriittisyysluokittelun tekemisessä apuna käytetään suomalaista standardia PSK 6800 ”Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa”. Standardin ovat vuonna 2008 laatineet PSK Standardisointiyhdistys ry:n asiantuntijoiden työryhmät.

Standardi kuvaa menettelyn teollisuuden eri kohteiden kriittisyyden arviointiin, jossa kriittisyyttä arvioidaan muun muassa taloudellisten vaikutusten, henkilöturvallisuuden sekä ympäristövaikutusten näkökulmista. Standardissa kuvattua menetelmää voidaan käyttää kunnossapitosuunnitelman lähtötiedon tuottamiseen sekä tukena hankintavaiheessa, kun kriittisen laitteen ominaisuuksia, laatutasoa ja kriteerejä määritellään. Standardissa kerrotaan yleisimmät määritelmät ja käsitteet liittyen kunnossapitoon, teollisuuteen ja riskeihin sekä kriittisyysluokittelumenetelmän kuvaus ja ohjeistus. Lisäksi standardissa annetaan esimerkkitaulukot sekä suuntaa antavat kertoimet ja arvot riskeille. Kriittisyyden laskemiseen standardissa kerrotaan laskentakaavat, jotka sijoitetaan Excel taulukkolaskentaohjelmaan. Työturvallisuuteen PSK 6800 standardi ei ota kantaa, sillä sitä varten on olemassa omat säädöksensä ja ohjeistuksensa. (PSK 6800 2008.)

### 4.2 Kriittisyys

”Kriittisyys on ominaisuus, joka kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Kohde on kriittinen, jos siihen liittyvä riski ei ole hyväksyttävällä tasolla” (PSK 6800 2008).

Voimalaitoksella laitteiston kriittisyyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota, jotta laitoksen tuotantoprosessit säästyisivät turhilta katkoksilta. Kriittisyysluokittelun avulla laitteiston kunnossapito- ja huoltosuunnitelmissa voidaan määritellä prosessin kannalta kriittisimmät, vikaantumisherkeimmät ja eniten huoltoa vaativimmat kohteet. Kriittisyys tulee ottaa huomioon myös ennakkohuoltojen suunnittelussa, sillä kriitti-

simmillä kohteilla vikaantumisen ehkäisy ja riskien ennakointi on tärkeintä. Ennakoinnissa isossa osassa on myös varaosien saanti ja varastointi. Kriittisimpien kohteiden varaosiin sijoittamisella ja niiden ennakoivalla varastoinnilla voidaan säästyä huomattavilta tuotannollisilta tappioilta.

### 4.3 Kriittisyysluokittelutaulukko

Kriittisyysluokittelutaulukko tehdään hyödyntämällä aiemmin Pori Energialle opinnäytetyönä tehtyä kriittisyysluokittelutyökalua, jota on muokattu arvoiltaan ja osioiltaan sopimaan paremmin voimalaitoskunnossapidon käyttöön. Excel-tilukkolaskentaohjelmalla tehty työkalu pohjautuu PSK 6800 standardiin. Työkalua on parannettu muokkaamalla hieman sen asettelumallia ja ulkonäköä sekä korjaamalla virheet laskentakaavoissa. Sähkönjakelujärjestelmän laitteisto jaetaan kahteen erilliseen taulukko-osioonsa, joista ensimmäisessä on muuntajat ja toisessa keskijännitekojeistot ja niiden pääosat.

Standardin menetelmän mukaan kriittisyyden luokittelu alkaa päättämällä ensin viisi kriittisyyteen vaikuttavaa pääosa-alueita, ja antamalla niille omat painoarvonsa yhdestä viiteen (1-5). Painoarvoina käytettiin aiemman työkalun suunnittelussa päätetyjä voimalaitoskäyttöön sopivia osioita ja arvoja seuraavanlaisesti. Turvallisuus = 5, Ympäristö = 4, Tuotannon menetys = 4, Korjauskustannukset = 2 ja Varaosien saatavuus = 3. Näitä lukuarvoja käytetään laskennassa sellaisenaan eikä niille anneta niitä vastaavaa kerrointa. Kuvassa 3 nähdään painoarvot taulukossa.

Vikaantumisväli	Turvallisuus	Ympäristö	Tuotannon menetys	Korjauskustannukset	Varaosien saatavuus
Painoarvot (1-5) -->	5	4	4	2	3

Kuva 3. Kriittisyyden osa-alueet ja painoarvot.

Seuraavaksi laitteiden odotettua vikaantumistodennäköisyyttä tarkastellaan ja annetaan jokaiselle laitteelle arvot vikaantumisväliä vastaaville riskitasoille. Lopuksi laitteiden eri riskiosa-alueita tarkastellaan ja annetaan osa-aluearvot eri osioille vastaamaan riskin tasoa. Riskin tasot vastaavat laskennassa aina tiettyä kerrointa, jossa tasot kasvattavat kerroinarvoa huomattavasti mitä korkeampi riskin taso on.

Vikaantumisväliarvojen, painoarvojen ja osa-aluearvojen avulla taulukko laskee tietyillä standardin mukaisilla kaavoilla jokaiselle laitteelle osa-aluekohtaisen osakriittisyysindeksin. Osakriittisyysarvo kertoo laitteen tietyn osa-alueen kriittisyyden lukuarvona. Osakriittisyysindeksin avulla voidaan laskea laitteen kokonaiskriittisyysindeksi. Kokonaiskriittisyysindeksi kertoo laitteen kokonaisvaltaisen kriittisyyden lukuarvona, johon on huomioitu mukaan kaikkien kriittisyysosa-alueiden yhteisvaikutus. Kokonaiskriittisyyden lukuarvo kertoo laskennan avulla sitä vastaavan kriittisyysluokan laitteelle. Kriittisyysluokat ovat A, B ja C. Kuvassa 4 nähdään taulukon osakriittisyydet kokonaiskriittisyys ja kriittisyysluokka.

Turvallisuuden osakriittisyys	Ympäristön osakriittisyys	Tuotannon menetysten osakriittisyys	Korjauskustannusten osakriittisyys	Varaosien saatavuuden osakriittisyys		Kokonaiskriittisyys	Kriittisyysluokka
0	0	0	0	0		0	C

Kuva 4. Osakriittisyydet, kokonaiskriittisyys ja kriittisyysluokka.

#### 4.4 Riskitasot ja kertoimet

Laitteen kriittisyyttä luokiteltaessa tulee tarkastella sen käyttöön liittyviä riskejä. Riskejä pystytään arvioimaan aiempien tietojen ja käyttökokemusten sekä odotettavissa olevien tapahtumien pohjalta laitekohtaisesti. Kriittisyysluokittelussa tietyille riskitasoille on annettu oma kerroin. Tasoja vastaavat kertoimet on päätetty aiemman kriittisyysyökalun suunnittelun yhteydessä. Riskin tason ollessa korkea, kerroin kasvattaa laskennassa saatua tulosta huomattavasti, jotta kriittisyyksien luokat saadaan oikeille

kohdilleen. Kertoimia vastaavien riskien tasot ovat 1-4, kaikissa muissa paitsi varaosien saatavuus osiossa, jossa käytössä on myös taso 5 ja sitä vastaava kerroin 16. Taulukossa 3 on esitetty riskien tasot ja niitä vastaavat kertoimet.

Taulukko 3. Riskien tasot ja niitä vastaavat kertoimet.

Riskin taso	Kerroin
1	2
2	4
3	8
4	12
5 (vain ”varaosien saatavuus”)	16

#### 4.4.1 Vikaantumisväli

Vikaantumisväli on aikaväli, jonka sisällä laitteen odotetaan todennäköisesti vikaantuvan, joko uuden laitteen asennuksen ja käyttöönoton jälkeen, tai huolto- ja korjaustoimenpiteiden jälkeen. Lyhyempi vikaantumisväli tarkoittaa korkeampaa riskitasoa, josta annetaan laskennassa vastaavasti korkeampi kerroin. Sähkönjakelujärjestelmässä laitteiden vikaantumisvälit ovat esimerkiksi kojeistoilla todella pitkiä, niiden huoltovapaan käytön sekä yksinkertaisen ja vähäisillä liikkuvilla osilla suunnitellun rakenteen takia. Taulukossa 4 on selitetty vikaantumisvälikertoimet.

Taulukko 4. Vikaantumisvälikertoimet.

Riskin taso	Selostus
1	Pitkä vikaantumisväli. Yli 10-vuotta.
2	Pitkähkö vikaantumisväli. 3-10-vuotta.
3	Lyhyehkö vikaantumisväli. 1-3-vuotta.
4	Lyhyt vikaantumisväli. Alle 1-vuosi.



#### 4.4.2 Turvallisuusriskit

”Turvallisuusriskillä tarkoitetaan henkilön terveyteen kohdistuvaa vaaran mahdollisuutta” (PSK 6800 2008). Kohteen turvallisuusriskien ollessa suuria, kohteen parissa saa työskennellä vain riittävän perehdytyksen ja koulutuksen saaneet ammattihenkilöt. Näin säästytään turhilta henkilövahingoilta. Sähkölaitteiston huolto- ja korjaus tulee aina jättää sähköalan ammattilaisille. Etenkin sähkönjakelujärjestelmän muuntajien asennus-, korjaus- ja huoltotöissä on otettava huomioon sähköiskulta suojautuminen erityisen vakavasti. Taulukossa 5 nähdään turvallisuusriskikertoimet.

Taulukko 5. Turvallisuusriskikertoimet.

Riskin taso	Selostus
1	Ei turvallisuusriskiä. Laitteen vikaantuminen ei aiheuta loukkaantumis- tai terveysturvaa.
2	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa lievän loukkaantumisen tai sairastumisen. Tai korkeintaan 1-3 päivän poissaolon.
3	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa vakavan sairastumisen tai loukkaantumisen, josta jää pysyvä haitta.
4	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolonuhrin ja vakavan vaaratilanteen laitoksen ympäristössä.

#### 4.4.3 Ympäristöriskit

Ympäristöriskillä tarkoitetaan laitosalueelle tai sen ulkopuolelle kohdistuvaa ympäristön saastumisen mahdollisuutta. Ympäristön kriittisyys on verrannollinen vain tarkasteltavan teollisuusalan sisällä. Esimerkiksi kemianteollisuudessa, vakava turvallisuus- tai ympäristöriski on usein paljon tuhoisampi kuin jollain muulla teollisuuden alalla. Sähkönjakelujärjestelmässä laitteilla ei itsessään ole vikaantuessaan kovin suurta mahdollisuutta aiheuttaa ympäristölle haittoja. Melko lailla ainoita saastumista mahdollisesti aiheuttavia kohtia järjestelmässä ovat muuntajien öljyt ja kytkinten tietynlaiset kaasut, jotka saattavat vikaantumistilanteessa vuotaa pienelle alueelle. Taulukossa 6 on esitetty ympäristöriskikertoimet.

Taulukko 6. Ympäristöriskikertoimet.

Riskin taso	Selostus
1	Ei ympäristöriskiä. Laitteen vikaantuminen ei aiheuta ympäristön saastumisen vaaraa.
2	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa pientä paikallista ympäristön likaantumista laitosalueella.
3	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa laitosalueen saastumista.
4	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa saastumista laitosalueella ja laajalla alueella sen lähiympäristössä, jonka korjaaminen vaatii suuria taloudellisia panostuksia ja palautuminen voi kestää useita vuosia.

#### 4.4.4 Tuotannon menetys

Tuotannon menetyksellä tarkoitetaan menetettyä tuotantoa ja sitä vastaavaa taloudellista tappiota, joka on aiheutunut suunnittelemattomasta seisokista. Voimalaitoksella tuotannolla tarkoitetaan höyryn, kaukolämmön ja sähkön tuotantoa. Kriittisen laitteen vikaantumisesta johtuvassa tuotannon pysähtymisessä on tärkeää, että varaosia on saatavilla nopealla aikataululla, jotta tuotannon menetykset saataisiin pidettyä mahdollisimman pieninä ja tuotantoprosessi käynnistettyä jälleen. Tuotannon menetyksissä kerroin on aina sitä korkeampi, mitä isompi tuotannonmenetyssumma odotetaan olevan. Tuotannon menetyksen kertoimet on selostettu taulukossa 7.

Taulukko 7. Tuotannon menetyksen kertoimet.

Riskin taso	Selostus
1	Laitteen vikaantumisesta aiheutuvat mahdolliset tuotannonmenetykset ovat alle 10 000€.
2	Laitteen vikaantumisesta aiheutuvat mahdolliset tuotannonmenetykset ovat 10 000 – 50 000€.
3	Laitteen vikaantumisesta aiheutuvat mahdolliset tuotannonmenetykset ovat 50 000 – 100 000€.
4	Laitteen vikaantumisesta aiheutuvat mahdolliset tuotannonmenetykset ovat yli 100 000€.

#### 4.4.5 Korjauskustannukset

Korjauskustannuksilla tarkoitetaan vikaantuneen laitteen korjaustoimenpiteisiin käytettävää rahallista summaa. Summat ovat suuntaa antavia, sillä korjauskustannukset voivat yllättäen kasvaa korjauksen yhteydessä ilmenevien komplikaatioiden myötä. Varalla olevien- sekä korvaavien osien ennakoiva hankinta pienentää korjauskustannuksia. Korjauskustannusten kertoimet nähdään taulukossa 8.

Taulukko 8. Korjauskustannusten kertoimet.

Riskin taso	Selostus
1	Laitteen vikaantumisesta aiheutuvat korjauskustannukset ovat 0 – 1000€.
2	Laitteen vikaantumisesta aiheutuvat korjauskustannukset ovat 1000 – 10 000€.
3	Laitteen vikaantumisesta aiheutuvat korjauskustannukset ovat 10 000 – 100 000€.
4	Laitteen vikaantumisesta aiheutuvat korjauskustannukset ovat yli 100 000€.

#### 4.4.6 Varaosien saatavuus

Varaosien saatavuus osiolla tarkoitetaan aikaväliä, minkä kuluessa vikaantuneen laitteen korjaus- ja huoltotoimenpiteisiin on saatavilla varaosia. Varaosia voidaan pitää laitoksen omissa varaosavarastoissa valmiina, tai niitä voidaan hankkia ulkopuolisilta toimittajilta vikaantumisen jo ilmettyä. Riskin tasoon vaikuttaa varaosan toimitusaika. Mitä pidempi toimitusaika osalla on, sitä korkeampi taso ja vastaavasti korkeampi kerroin laskennassa.

Varaosien nopea saatavuus vaikuttaa huolto- ja korjaustoimenpiteissä huomattavasti, pienentämällä laitteen vikaantumisen aiheuttaman seisokin tuomia taloudellisia menetyksiä. Varaosien saatavuus osio on ainoa osio, jossa käytössä on myös riskitaso 5 ja sen kerroin 16. Tämä on päätetty sen takia, että aikavälejä olisi riittävästi ja että ne

sopivat kunnossapitojärjestelmän käyttöön todenmukaisemmin. Standardin mallissa oleva ”laatukustannus” osio on korvattu ”varaosien saatavuus” osiolla, sillä voimalaitoskunnossapidon kannalta sen katsottiin olevan hyödyllisempi. Tämän takia kaavassa merkki ”q” (engl. ”quality”) vastaa silti ”varaosien saatavuus” osion arvoja, laskukaavan rakennetta muuten muuttamatta. Varaosien saatavuuden kertoimet ja selostus nähdään taulukossa 9.

Taulukko 9. Varaosien saatavuuden kertoimet.

Riskin taso	Selostus
1	Varaosia on saatavilla 24-tunnin sisällä.
2	Varaosien toimitusaika on alle 1 viikko.
3	Varaosien toimitusaika on alle 2 kuukautta.
4	Varaosien toimitusaika on 2kk - 1-vuosi
5	Varaosien toimitusaika on yli 1-vuosi, tai varaosia ei ole enää saatavilla.

#### 4.4.7 Kriittisyysluokat

Kriittisyysluokat määräytyvät kaavan avulla kokonaiskriittisyyslukuarvon mukaan. Kun lukuarvo ylittää tietyn annetun arvon, taulukko merkitsee kriittisyysluokan kirjaimen. Luokat ovat A, B ja C, jossa A luokitus tarkoittaa kaikista korkeinta kriittisyyttä ja täten laite on erityisen kriittinen. Työn tekohetkellä käytetään aiemmin päätettyjä raja-arvoja. Sähköjakelujärjestelmä on kaikkien laitteiden osalta C luokituksessa. Raja-arvoja tullaan muokkaamaan tulevaisuudessa, kun laitteita kirjataan luokitteluun lisää, ja nähdään paremmin, miten arvot elävät. Raja-arvot on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Kriittisyysluokan raja-arvot.

Kriittisyysluokan raja-arvot	
A	1000
B	600
C	0

#### 4.4.8 Laskentakaavat

Taulukko tehdään Excel-tilukkolaskentaohjelmalla, jossa taulukon soluista poimitaan laskentakaavoihin arvot, joiden avulla kriittisyysluokittelu saadaan. Kaavat ovat standardin PSK 6800 mukaiset, vaikka kertoimia ja painoarvoja on hieman muokattu kunnossapidon tarkoituksiin sopivimmiksi. Riskien tasot saadaan vastaamaan tiettyjä kerroinarvoja Excelissä, käyttämällä kaavassa niin kutsuttua JOS-lausetta (engl. IF).

Kriittisyysluokittelun laskukaavat PSK-6800 standardin mukaisesti ovat taulukon 11 mukaiset:

Taulukko 11. Laskentakaavat (PSK-6800 standardi 2008).

Laskettava arvo	Laskukaava
Turvallisuuden osakriittisyys [ <b>K<sub>s</sub></b> ]	$K_s = p * (W_s * M_s)$
Ympäristön osakriittisyys [ <b>K<sub>e</sub></b> ]	$K_e = p * (W_e * M_e)$
Tuotannon menetyksen osakriittisyys [ <b>K<sub>p</sub></b> ]	$K_p = p * (W_p * M_p)$
Varaosien saatavuuden osakriittisyys [ <b>K<sub>q</sub></b> ]	$K_q = p * (W_q * M_q)$
Korjauskustannusten osakriittisyys [ <b>K<sub>r</sub></b> ]	$K_r = p * (W_r * M_r)$
Kokonaiskriittisyysindeksi [ <b>K</b> ]	$K = p * (W_s * M_s + W_e * M_e + W_p * M_p + W_q * M_q + W_r * M_r)$

Jossa: **p** on vikaantumisväli, **W<sub>s</sub>** on turvallisuuden painoarvo, **W<sub>e</sub>** on ympäristön painoarvo, **W<sub>p</sub>** on tuotannon menetyksen painoarvo, **W<sub>q</sub>** on varaosien saatavuuden painoarvo, **W<sub>r</sub>** on korjauskustannusten painoarvo, **M<sub>s</sub>** on turvallisuuden painoarvokerroin, **M<sub>e</sub>** on ympäristön painoarvokerroin, **M<sub>p</sub>** on tuotannon menetyksen painoarvokerroin, **M<sub>q</sub>** on varaosien saatavuuden painoarvokerroin ja **M<sub>r</sub>** on korjauskustannusten painoarvokerroin.

## 5 SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ

Työn rajausta sisällyttää sähköjakelujärjestelmän laitteistot Venatorin kytkinlaitoksen 110 kilovoltin linjasta CFB-kattilalaitoksen 20 kilovoltin keskijännitekojeistoihin. Järjestelmän laitteista keskitytään pääosin muuntajiin ja kojeistoihin. Muuntajia tarkastellaan yksittäisinä kokonaisuuksinaan ja kojeistoista eritellään tarkasteluun niiden pääosat kuten katkaisijat, terminaalit ja suojarieleet.

Sähkölaitteiden yleiskaavio ja 20 kilovoltin yleiskaavio esitetään liitteissä 3 ja 4. Sähköjakelu laiteyksiköllä toimii pääosin seuraavasti. Kytkinlaitokselta syötetään 117 kilovoltia generaattorimuuntajalle (1BAT10), joka muuntaa jännitteen omakäyttömuuntajalle (1BBT10) 10,5 kilovoltiin. Turbiinigenaattorilta menee generaattorimuuntajalle 10,5 kilovoltia, joka syötetään takaisin verkkoon. Omakäyttömuuntaja muuntaa 10,5 kilovoltia 21 kilovoltiin, joka taas syötetään 20kV keskijännitekeskukseen (1BBA). Keskijännitekeskuksesta syötöt jatkuvat kojeiston suojaamina ja ohjaamina jakelumuuntajille, jotka muuntavat 20 kilovoltia 0,725 kilovoltiin, 0,42 kilovoltiin ja 3,3 kilovoltiin. 3,3 kilovoltin jännitettä käytetään savukaasupuhaltimissa. Kojeyksikössä on yksi moduuli varasyötölle, jolla 20kV syöttö voidaan vika- tai huoltotilanteissa vaihtaa automaattisesti tai manuaalisesti tulemaan suoraan Venatorin kytkinlaitokselta omakäyttömuuntajan sijasta.

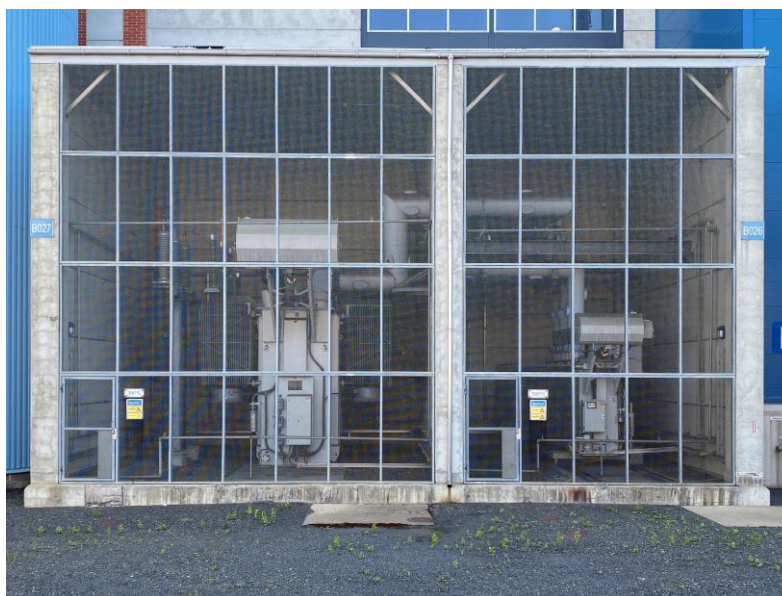
Jakelumuuntajien muuntamalla pienjännitteillä syötetään 400V ja 690V kennokeskukset, jotka sijaitsevat samassa sähkötilassa kojeiston kanssa. Kennokeskukset sisältävät voimalaitoksen laitekohtaisia lähtöjä, jotka jätetään työn rajauksessa pois, jotta luokittelussa voidaan keskittyä paremmin keskijännitejärjestelmään. Myös itse generaattori ja sen katkaisija rajataan työn ulkopuolelle.

## 5.1 Muuntajat

Työssä tarkasteltava sähkönjakelujärjestelmä koostuu muuntajien osalta kahdeksasta eri muuntajasta. Lukitut muuntajahuoneet ovat yhtä huonetta lukuun ottamatta kaikki ulkotilassa, laitoksen ulkoseinämällä. Yksi ilmajäähdytteinen jakelumuuntaja on ilmastoidussa muuntajahuoneessa sisätilassa. Muuntajien väleissä on betoniset suojaseinät. Huoneissa on myös sprinklerijärjestelmät ja niin sanottu öljykuoppa sekä yhteinen öljynerotuskaivo.

Muuntajat toimivat sähkönjakelujärjestelmässä alentaen tai nostaen jännitteen ja virran käyttökohteeseen sopivaksi. Sähkönsiirrossa häviöitä saadaan pienennettyä muuntamalla jännite mahdollisimman suureksi, jolloin virta vastaavasti pienenee. Suurilla jännitteillä toimivat muuntajat käyttävät käämikytkintä, jolla muuntajan muuntosuhdetta voidaan säätää myös jännitteisenä. Jännitemittauksen kanssa yhdistettynä säätölaitteena se pitää tällöin jännitteen halutussa arvossa. (ABB Oy, Öljyeristeiset jakelumuuntajat, tehomuuntajat ja erikoismuuntajat 2007.)

Laitoksen sähkönjakelujärjestelmän muuntajat ovat kaikki ABB Oy:n valmistamia kolmivaihemuuntajia. Generaattorimuuntaja on nimellisteholtaan 95 MVA ja omakäyttömuuntaja 16 MVA. Jakelumuuntajien nimellistehot ovat 1,6 MVA, 3,15 MVA ja 3,9 MVA. Kuvassa 5 generaattorimuuntaja sekä omakäyttömuuntaja.



Kuva 5. Generaattorimuuntaja (1BAT10) ja omakäyttömuuntaja (1BBT10).

## 5.2 Kojeistot

Kojeistolla tarkoitetaan rakennekokonaisuutta, joka koostuu sähkön tuottamisessa, siirrossa, muuntamisessa tai muuttamisessa tarvittavista kytkin-, suoja-, ohjaus- tai valvontalaitteista. Kyseisessä sähkönjakelujärjestelmässä on käytössä ABB UniGear ZS1 keskijännitekojeistot. UniGear- kojeistot ovat sisäasennukseen tarkoitettuja, ilma-risteisiä ja metallikoteloituja kojeistoja. Kojeiston perusyksikkö on tuleva/ lähtevä syöttökenno, joka on varustettu tyhjiökatkaisijalla. Kenno jaotellaan kiskotilaan, katkaisijatilaan, kaapelitilaan ja toisiokojekaappiin. Valokaarisuojatuttuja kojeistoja varten tarvitaan myös erikseen asennettava paineenpurkauskanava, jota pitkin mahdollinen valokaari, sen aiheuttama paineaalto ja kaasut pystytään johtamaan ulos.

UniGear ZS1 soveltuu käytettäväksi nimellisjännitteeltään maksimissaan 24 kilovoltin järjestelmille. Kyseisessä työssä pääosin tarkasteltava järjestelmä on käyttöjännitteeltään 20 kilovoltin yksikiskojärjestelmä. 20 kV kojeistot sijaitsevat laitoksella ilmastoidussa sähkötilassa. Niiden lisäksi generaattorimuuntajan sekä omakäyttömuuntajan suojausta ja ohjausta hoitavat kojeet ovat erillisessä ristikytkentätilassa. Generaattorimuuntajalle on ABB:n muuntajaterminaalimalli RET 521C3 ja omakäyttömuuntajalle ABB RET 543. Kuvassa 6 nähdään ZS1 mallin kojeisto. (ABB UniGear ZS1 catalogue 2013, 4.)



Kuva 6. ABB UniGear ZS1 kojeisto  
(ABB:n www-sivut 2020)



### 5.2.1 Kennotermiinaalit ABB REF 541 ja -543

ABB REF 54\_ -sarjan kennotermiinaalit ovat kojeiston toisiopuolen suojaus, mittaus ja valvonta kojeita. Kennotermiinaaleja voidaan käyttää yksikisko-, kaksikisko- ja dupleksijärjestelmissä. Laitteen suojaustoiminnot tukevat myös erityyppisiä verkkoja kuten maasta erotettua ja sammutettua sekä osittain maadoitettua verkkoa. Kennotermiinaalit on suunniteltu käytettäväksi selektiivisenä oikosulku- ja maasulkusuojana ja ne sisältävät kattavat ylivirta- ja maasulkusuojaustoiminnot. Haluttaessa termiinaaleilla voidaan toteuttaa myös jälleenkytkentätoiminto, joka mahdollistaa viiden peräkkäisen jälleenkytkennän suorittamisen.

Kojeistoissa käytetyt termiinaalimallit REF 541 ja REF 543 eroavat toisistaan laitteissa käytettävien digitaalitulojen ja -lähtöjen määrässä. REF 543- mallin kennotermiinaalia käytetään järjestelmässä pääsyötön suojaukseen, ohjaukseen ja valvontaan. Järjestelmän kaikkien jakelumuuntajien kojeistoissa on käytetty termiinaalimallia REF 541. Digitaalitulojen- ja lähtöjen määrä on esitetty taulukossa 12.

REF 54\_ kennotermiinaalit mittaavat vaihevirtoja, pääjännitteitä, vaihejännitteitä, nol-lavirtaa ja -jännitettä, taajuutta ja vaihekulmaa. Mitatuista arvoista saadaan laskentana muun muassa pätö- ja loistehot ja energiat. Mitatut ja lasketut arvot termiinaali näyttää LCD- näytöllä paikallisesti. Arvot voidaan myös lähettää edelleen skaalattuina primääriarvoina. Arvoja mittaamalla termiinaalit havaitsevat oikosulut ja muut vikaantumistilanteet, joista katkaisijat saavat laukaisusignaalin.

Taulukko 12. ABB REF 54\_ kennoterminaalien digitaalitulot- ja lähdöt  
(ABB REF 54\_ Tuoteopas 2010, 3).

Tulojen ja lähtöjen määrä	REF 541	REF 543	REF 545
Digitaalitulot	15	25	34
Laukaisupiirin valvontatulot	2	2	2
Relelähdöt (yksinapainen sulkeutuva laukaisukykyinen kosketin)	0	2	3
Relelähdöt (kaksinapainen sulkeutuva laukaisukykyinen kosketin)	5	9	11
Signaalilähdöt (sulkeutuva signaalirelekosketin)	2	2	4
Signaalilähdöt (signaalirele/vaihtokosketin)	5	5	8
Itsevalvontarelelähdöt	1	1	1

REF 54\_ kennoterminaalien laajaan toimintovalikoimaan kuuluvat suojaustoiminnot, mittaus-toiminnot, häiriötallennin, sähkönlaadun valvonta, erilaiset ohjaukset, vianetsintä, kunnonvalvonta sekä monet muut vakio- ja lisätoiminnot. Kennoterminaalin toiminnallisuustaso määrittelee siihen sisältyvien toimilohkojen laajuuden ja toimintojen määrän. Toiminnallisuustasot ovat CONTROL, BASIC ja MULTI. Kuvassa 7 REF 541 mallin kennoterminaali.

(ABB REF54\_ Kennoterminaali, tekninen opas 2004, 8.)



Kuva 7. ABB REF 541 kennoterminaali  
(ABB:n www-sivut 2020)

### 5.2.2 Muuntajaterminaalit ABB RET 543

RET 541, -543 ja -545 -muuntajaterminaalit on tarkoitettu kaksikämmimuuntajien ja muuntaja-generaattoriyksiköiden suojaukseen, ohjaukseen, mittaukseen ja valvontaan. Voimalaitoksen sähköjakelussa terminaali on käytössä varasyötön sekä omakäyttömuuntajan kojeistoissa. Terminaali soveltuu myös ankariin olosuhteisiin kuten raskaaseen teollisuuteen ja laivakäyttöön. Terminaalin tärkein suojaustoiminto on nopeaan selektiiviseen käämi- ja kierrossulkusuojaukseen tarkoitettu kolmivaiheinen erovirtasuoja. Se sisältää vakavoidun portaan sekä hetkellisportaan.

RET 54\_ muuntajaterminaalien toimintoihin kuuluvat suojaus- ja mittaustoiminnot, ohjaukset, kunnonvalvonta, sekä monet muut vakio- ja lisä- ja yleistöiminnot. Samoin kuten REF 54\_ kennoterminaalit, myös RET 541, 543 ja 545- mallit eroavat toisistaan laitteen käytössä olevien digitaalitulojen- ja lähtöjen mukaan. Mallien toiminnallisuustasotkin jaotellaan samoin. CONTROL, BASIC ja MULTI. Kuvassa 8 nähdään RET 543 mallin muuntajaterminaali.

(ABB RET54\_ Muuntajaterminaali, ostajan opas 2010, 3.)



Kuva 8. ABB RET543 muuntajaterminaali  
(ABB:n www-sivut 2020)

### 5.2.3 Valokaarisuojaus ABB REA 101

Lisätyllä valokaarisuojalla suojattuja kojeistoja kohteessa on kaksi kappaletta. Pääsyötön kojeisto ja varasyötön kojeisto. Valokaarisuojaukseen on käytetty ABB:n REA 101 valokaarirelettä ja sen laajennusosaa REA 107. ABB:n -valokaarisuojajärjestelmä on suunniteltu laukaisemaan nopeasti kaikki katkaisijat, jotka syöttävät vikavirtaa keskijännitekojeistoissa tapahtuvassa viassa, josta on aiheutunut valokaari. Vikapaikka saadaan nopeasti selville valokaaren havainneen sensorin indikoinnista. Sensorin havaitsema valo vahvistetaan ja mittausignaalia verrataan asetettuun vertailutasoon. Kun valon mittasignaali ylittää vertailutason, valosignaali aktivoituu.

Valokaarireleen ominaisuuksiin ja toimintoihin kuuluu: toiminta-arvon asetus kolmitai kaksivaiheiselle ylivirrälle tai maasulkuvirrälle, jatkuva itsevalvonta, taustavalon kompensoinnin automaattinen ja manuaalinen säätö, kaksi nopeaa puolijohdelähtöä katkaisijoiden laukaisuun ja kaksi RJ-45-tyypin porttia laajennusyksiköitä varten.

Käyttämällä laajennusyksikköä REA 107 yhdessä REA 101:n kanssa, suojattavaa aluetta saadaan laajennettua ja kohde pystytään jakamaan pienempiin alueisiin. REA 107 yksikkö sisältää kahdeksan linssityyppistä sensoria valokaaren havaitsemiseen. Valokaarirele ja sen laajennusyksikkö on esitetty kuvassa 9.

(ABB REA101 valokaarirele käyttöohje 2007, 11.)



Kuva 9. ABB REA101 valokaarirele ja laajennusyksiköt REA 103, -105 ja -107.  
(ABB REA 101 valokaarirele ostajan opas 2004, 1)

#### 5.2.4 Tyhjiökatkaisijat ABB VD4

Kojeiston yksi tärkeimpiä osa-alueita on virran katkaisu ja syötön erotus virtapiiristä. Katkaisijoina on kojeistoissa käytössä ABB:n VD4 mallin tyhjiökatkaisijat. Tyhjiökatkaisijat ovat erittäin huoltovapaita ja toimintavarmuudeltaan hyviä. ABB ilmoittaa-kin kojeiston huolto-ohjeistuksessa huoltoväliksi 4 vuotta tai jopa 10000 kytkentäkertaa. Toimintavarmuutta parantaa katkaisijan yksinkertaisen rakenteen lisäksi se, että liikkuvia ja mekaanisesti kuluvia osia on vähän. VD4 malli on myös erittäin yhteensopiva monien kojeiston lisä- ja laajennusyksiköiden kanssa.

Ulosvedettävä katkaisijamoduuli sisältää tyhjiökatkaisijan, kosketinjärjestelmän ja napojen eristetyt kosketinvarret sekä ohjauspistokkeen. Ohjauspistokkeella kytketään vaunu ja katkaisija yhteen. Valokaaren sammuttaminen katkaisijan avautuessa tapahtuu kosketinvarsien sisälle upotetuissa tyhjiökammioissa.

Katkaisijan ohjainmekanismin auki- ja kiinniohjaus sekä kiinniohjausjousen viritys voidaan suorittaa joko käsin tai sähköisesti. Jousen viritys käsin suoritetaan kääntämällä virituskampea, kunnes keltainen osoitin tulee näkyviin. Sähköinen viritys tapahtuu automaattisesti jokaisen kiinniohjauksen jälkeen. Auki- ja kiinniohjaukset voidaan tehdä käsin, painiketta painamalla tai kauko-ohjauksella ohjauspiirin kautta. Kuvassa 10 nähdään VD4 tyhjiökatkaisija. (ABB VD4 Asennus- ja käyttöohje 2018, 7.)



Kuva 10. ABB VD4 tyhjiökatkaisija  
(ABB:n www-sivut 2020)

## 6 TYÖN TOTEUTUS

Työn toteutus alkoi luokitteluun sisällytettävän alueen rajaamisella aloituspalaverissa 31.10.2019, johon osallistui itseni lisäksi käynnissäpitopäällikkö ja sähkölaitteiden käytön johtaja. Työn tekemiseen päätettiin käyttää jo aiemmin Pori Energian kunnossapitojärjestelmän avuksi tehtyä kriittisyysluokittelutyökalua, joka perustui standardiin PSK-6800 ”Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa”.

Tein järjestelmästä laitelistauksen kaikista työssä tarkasteltavista laitteista, ja aloin keräämään taustatietoja niistä. Perehdyin PSK 6800 standardiin ja etsin tietoa verkosta, miten kriittisyysluokitteluja on muissa teollisuuden kohteissa toteutettu. Perehdyin myös paremmin itse sähkönjakelujärjestelmän toimintaan ja sen rakenteeseen laitoksella. Suuntaa työlleni antoi Pori Energialle vuonna 2019 tehty opinnäytetyö, jossa kriittisyysluokittelulle oli suunniteltu taulukkotyökalu. Alun perin sovimme tämän aiemman taulukon käyttämisestä, mutta päädyimme lopputulokseen, jossa paransin hieman taulukon ulkoasua ja kaavojen kirjoitusasua. Muuten luokittelu tapahtui samoilla laskentamenetelmillä ja painoarvoilla.

Laitteet koottiin taulukkoon eritellysti osioihin: muuntajat ja kojeistot. Riskitasot ja arvot käytiin läpi ja päätettiin palaverissa 13.5.2020, johon osallistui lisäksi käynnissäpitopäällikkö, käynnissäpitomestari, kunnossapitosuunnittelija ja sähkölaitteiden käytön johtaja. Arvot syöttämällä taulukko laskee laitteille kriittisyysarvot ja kriittisyysluokat. Sähkönjakelujärjestelmän laitteistosta kaikki saivat C luokituksen eli alimman kriittisyysluokan. Luokitus johtuu osittain laskentakaavasta, jossa vikaantumisvälin painoarvokerroin vaikuttaa kokonaiskriittisyyteen melko paljon. Vikaantumisvälin tason ollessa 1, kerroin on 2 ja laskentakaava pitää tällöin kokonaiskriittisyydenkin alhaisempana, vaikka laitteen muut osa-alueet saisivatkin isompia arvoja. Sähkölaitteiden pitkäikäisyys laskee vikaantumisvälin riskitasoa, mikä on oikeastaan vain hyvä asia.

Liitteenä 1 on kriittisyysluokittelutaulukko, liitteenä 2 on kuvia jakelumuuntajista sekä keskijännitekojeistosta, liitteessä 3 on sähkölaitteiden yleiskaavio ja liitteessä 4 20kV yleiskaavio.

## 7 SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄN KRIITTISET KOHTEET

Sähkönjakelujärjestelmä on vikaantuessaan todella kriittinen, sillä tietyn laitteen vikaantuminen voi pysäyttää koko tuotantoprosessin laitoksella. Onneksi laitteisto on hyvin huollettuna ja oikein käytettynä erittäin pitkäikäistä. Tämä huomataan etenkin järjestelmän laitelistausta tehdessä ja taustatietoihin perehtyessä. Kriittisyysluokittelun riskitasojen läpikäynnissä kaikki järjestelmän muuntajat saavat vikaantumisvälin riskitason 1, joka tarkoittaa pitkää, yli 10- vuoden vikaantumisväliä. Kojeistoissa korkeimpia riskitasoja vikaantumiselle saavat muuntaja/ kennoterminaalit ja valokaarisuojaukset, ja nekin jäävät vain tasolle 2, eli 3-10 vuotta. Vikaantumisvälin riskitasokerroin vaikuttaa laskentakaavassa laitteen jokaiseen kriittisyysarvoon. Sähkölaitteiden pitkäikäisyyden, toimintavarmuuden ja pitkän vikaantumisvälin ansiosta järjestelmän koko laitteisto jää luokittelussa C luokituksen raja-arvoihin.

Muuntajissa ei ole oikeastaan juurikaan liikkuvia osia, joka tekee niistä pitkäikäisiä. Siitä huolimatta muuntajan paha vikaantuminen aiheuttaisi mahdollisesti voimalaitoksen tuotantoprosessin keskeytymisen ja siitä seuraisi taloudellisia tappioita. Järjestelmässä on kuitenkin huomioitu sähkönsaannin varmistaminen varasyötöllä, joka vaihdetaan syöttämään 20 kilovoltin järjestelmiä suoraan kytkinlaitoksen kautta, omakäyttömuuntajan vikaantumisen tai huollon aikana. Ympäristön kannalta muuntajat ovat melko turvallisia. Ainoa mahdollista saastumista aiheuttava seikka on muuntajien käyttämä jäähdytysöljy, joka vuotaessaan voisi saastuttaa paikallisesti ympäristöä. Muuntajahuoneet on kuitenkin rakennettu siten, että vaikka öljyvuoto tapahtuisi, öljy valuisi huoneen pohjalle öljykuoppaan ja sitä kautta öljynerotuskaivoon. Huoneet on paloturvallisuuden vuoksi varustettu myös sprinklerijärjestelmillä. Muuntajissa itsessään on myös monia mittaus- ja suojauskomponentteja niiden turvana.

Kojeistoissa niiden tyhjiökatkaisijat ovat myös todella pitkäikäisiä. Valokaarisuojareleet ja kennoterminaalit ovat hieman alttiimpia vikaantumiselle, mutta niidenkin käyttöikä on melko pitkä. ABB:n kojeet on suunniteltu myös sopimaan toisten järjestelmien kanssa hyvin yhteen ja vikaantuneen laitteen vaihtaminen on tehty helpoksi. Kojestossa yhden kojeen vikaantuminen aiheuttaisi mahdollisesti kyseisen syötön keskeytymisen ja prosessilaitteiston pysähtymisen. Tämä on onneksi melko harvinaista.

## 8 TULOKSET

Työn tuloksena saatiin CFB kattilalaitoksen sähköjakelujärjestelmän laitteistosta tehty kriittisyysluokittelu sekä itse luokittelutaulukko, jota paranneltiin hieman aikaisemmasta. Työn tavoitteeksi päätetty luokittelu saatiin toteutettua, ja luokitusta tullaan tulevaisuudessa hyödyntämään sähköjakelujärjestelmän kunnossapitosuunnittelussa, varaosien varastoinnissa sekä ennakkohuoltojen suunnittelussa. Sähkölaitteistoista tullaan todennäköisesti tekemään koko Kaanaan voimalaitoksen laitteet kattava luokittelu. Täten tuotantoprosessin jatkuvuus voidaan optimoida kaikista parhaiten. Kriittisyysluokittelupohjaa voidaan tietenkin hyödyntää myös muiden kuin sähkölaitteistojen luokitteluun. Taulukkoon voidaan listata mitä tahansa tuotantoprosessille kriittisiä laitteita.

Luokitusten A, B, ja C rajapintoja voidaan jatkossa hieman muokata, kun laitteita saadaan kasattua luokitteluun lisää, jotta nähdään miten arvot vaihtelevat. Luokitustasoja voidaan lisätä, tai tarvittaessa rajapintojen lukuarvoja vaihtaa sopivimmiksi. Työn tehokohetkellä rajapinnat jäivät seuraavanlaisiksi:  $A = 1000$ ,  $B = 600$  ja  $C = 0$ . Sähköjakelujärjestelmän laitteet asettuivat luokkaan C. Tulos ei sinänsä yllättänyt, sillä muuntajat ja kojeistojen sähkölaitteisto ovat niin pitkäikäisiä ja toimintavarmoja.

Taulukosta näkee hyvin eri riskiosa-alueiden kriittisyydet laitekohtaisesti, jos halutaan tarkastella juuri tiettyä aluetta kokonaisuuden sijasta. Osa-alueet ovat: vikaantumisväli, turvallisuusriskit, ympäristöriskit, tuotannon menetys, korjauskustannukset sekä varaosien saatavuus. Osa-alueiden pääpainoarvoja voidaan tarvittaessa myös muokata tulevaisuudessa, vastaamaan sen hetkistä tilannetta.



## 9 YHTEENVETO

Tavoitteena työssä oli tuottaa standardiin pohjautuva sähkönjakelujärjestelmän kriittisyysluokittelu, jota voitaisiin hyödyntää kunnossapitojärjestelmässä. Tavoitteeseen päästiin muokkaamalla ennalta olemassa olevaa taulukkopohjaa ja tarkastelemalla riskien arvot kohdilleen laskentaa varten. Työ vaati melkoisen määrän taustatietojen keräämistä ja perehtymistä sähkönjakelujärjestelmään ja sen laitteiston toimintaan ja tekniisiin tietoihin. Kokonaisuutena työ oli kuitenkin sopivan laaja ja haastava. Luokittelun laitteisto rajattiin aloituspalaverissa sisällyttämään opinnäytetyöhön sopiva laajuus. Jos järjestelmän laitteistoa olisi halunnut lähteä tarkastelemaan pidemmälle, työn pääasiallinen keskittyminen itse kriittisyysluokitteluun ja keskijännitelaitteistoon olisi hajaantunut liikaa ja työ olisi paisunut liian laajaksi.

Haasteena työssä kohtasin taustatietoja etsiessä tiedon puutteen tai vähäisen määrän muutamien laitteiden kohdalla. Itse kriittisyysluokittelusta, varsinkin PSK 6800 standardiin pohjautuen, on esimerkiksi verkossa melko vähän materiaalia mihin tutustua. Voimalaitoksen omasta arkistosta sekä tietojärjestelmistä löytyi onneksi tärkeää materiaalia ja dokumentteja, joita pystyin hyödyntämään taustatietoja kerätessäni.

Käyttämällä kriittisyysluokittelua kunnossapitojärjestelmän tukena, yhtiölle tulisi toivon mukaan taloudellisia säästöjä sekä pystyttäisiin ennakoimaan paremmin vikaantumistilanteista johtuvia riskejä. Olen tyytyväinen työn lopputulokseen ja koin työn olleen hyödyllinen sekä koulutukseni kannalta erittäin opettavainen kokemus.

## LÄHTEET

ABB UniGear ZS1 Catalogue 2013, 4-20. Viitattu 16.4.2020 [https://library.e.abb.com/public/0863c56209c44bb69e565b15f7448b31/Catalogue%20UG%20ZS1\\_RevF\\_2013\\_12\\_en.pdf](https://library.e.abb.com/public/0863c56209c44bb69e565b15f7448b31/Catalogue%20UG%20ZS1_RevF_2013_12_en.pdf)

ABB Oy www-sivut 2020. Viitattu 21.4.2020 <https://new.abb.com/>

ABB Oy, Öljyeristeiset jakelumuuntajat, tehomuuntajat ja erikoismuuntajat. Asennus-, käyttö ja hoito-ohjeet 1LFI1010-fi- rev. C 2007.

ABB Oy, VD4 Asennus- ja käyttöohjeet 2018, 7-35. Viitattu 15.4.2020 [https://library.e.abb.com/public/26bdd5a125924d0492613ed5c8644051/MA\\_VD4-50KA\(FI\)Z\\_647654.pdf](https://library.e.abb.com/public/26bdd5a125924d0492613ed5c8644051/MA_VD4-50KA(FI)Z_647654.pdf)

Kennoterminaali ABB REF54\_ tekninen ohje 2004, 8-16. Viitattu 20.4.2020 [https://library.e.abb.com/public/62e52b4424f25f24c2256e5200321e6d/ref54\\_techfic.pdf](https://library.e.abb.com/public/62e52b4424f25f24c2256e5200321e6d/ref54_techfic.pdf)

Kennoterminaali ABB REF54\_ tuoteopas 2010, 3-44. Viitattu 20.4.2020 [https://library.e.abb.com/public/f9eb02a6dff44160c12577c90029b8bd/REF54\\_tob\\_755512\\_FId.pdf](https://library.e.abb.com/public/f9eb02a6dff44160c12577c90029b8bd/REF54_tob_755512_FId.pdf)

Kennoterminaali ABB RET54\_ ostajan opas 2010, 3-36. Viitattu 20.4.2020 [https://library.e.abb.com/public/63fa53213e5be17dc12577c9002d48bf/RET54\\_tob\\_755943\\_FIc.pdf](https://library.e.abb.com/public/63fa53213e5be17dc12577c9002d48bf/RET54_tob_755943_FIc.pdf)

Pori Energia Oy:n toimintakertomus 2017, 22-23. Viitattu 11.3.2020 <https://www.porienergia.fi/globalassets/vuosiraportit/201803-porienergia-toimintakertomus-210x210-web.pdf>

Pori Energia Oy:n toimintakertomus 2018, 10-28. Viitattu 2.3.2020 <https://www.porienergia.fi/globalassets/vuosiraportit/201902-porienergia-toimintakertomus-210x210-web-lowres.pdf>

Pori Energia Oy:n toimintakertomus 2019, 5-13. Viitattu 8.4.2020 <https://www.porienergia.fi/globalassets/yritys/vuosikertomus/2019-toimintakertomus-pori-energia.pdf>

Pori Energia Oy:n www-sivut 2020. Viitattu 11.3.2020 <https://www.porienergia.fi/Tietoa/Hankkeet/Aittaluoto-2020--hanke#.XmjDfcgzaUk>

Pori Energia Oy:n www-sivut 2020. Viitattu 5.3.2020 <https://www.porienergia.fi/Tietoa/Ymparisto/Yhteistuotanto/Aittaluodon-voimalaitos#.XmDbo8gzaUl>

Pori Energia Oy:n www-sivut 2020. Viitattu 2.3.2020 <https://www.porienergia.fi/Tietoa/Ymparisto/Yhteistuotanto/Kaanaan-voimalaitos#.XI0D8cgzaUk>

Pori Energia Oy:n www-sivut 2020. Viitattu 8.4.2020 <https://www.porienergia.fi/oomi#.Xo1nacgzaUk>

PSK 6800. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Criticality Classification of Equipment in Industry. 2008. PSK Standardisointiyhdistys ry. Helsinki: PSK <https://docplayer.fi/69623471-Psk-standardisointi-standardi-psk-6800-psk-standards-association.html>

Valokaarirele ABB REA101 käyttöohje 2007, 11-22. Viitattu 20.4.2020 <https://kkt.fi/wp-content/uploads/ABB-REA101-valokaarirele.pdf>

Valokaarirele ABB REA101 ostajan opas 2004, 1. Viitattu 20.4.2020 [https://library.e.abb.com/public/aeb604545b3f35cbc2256f54004ce034/rea101\\_tobFla.pdf](https://library.e.abb.com/public/aeb604545b3f35cbc2256f54004ce034/rea101_tobFla.pdf)





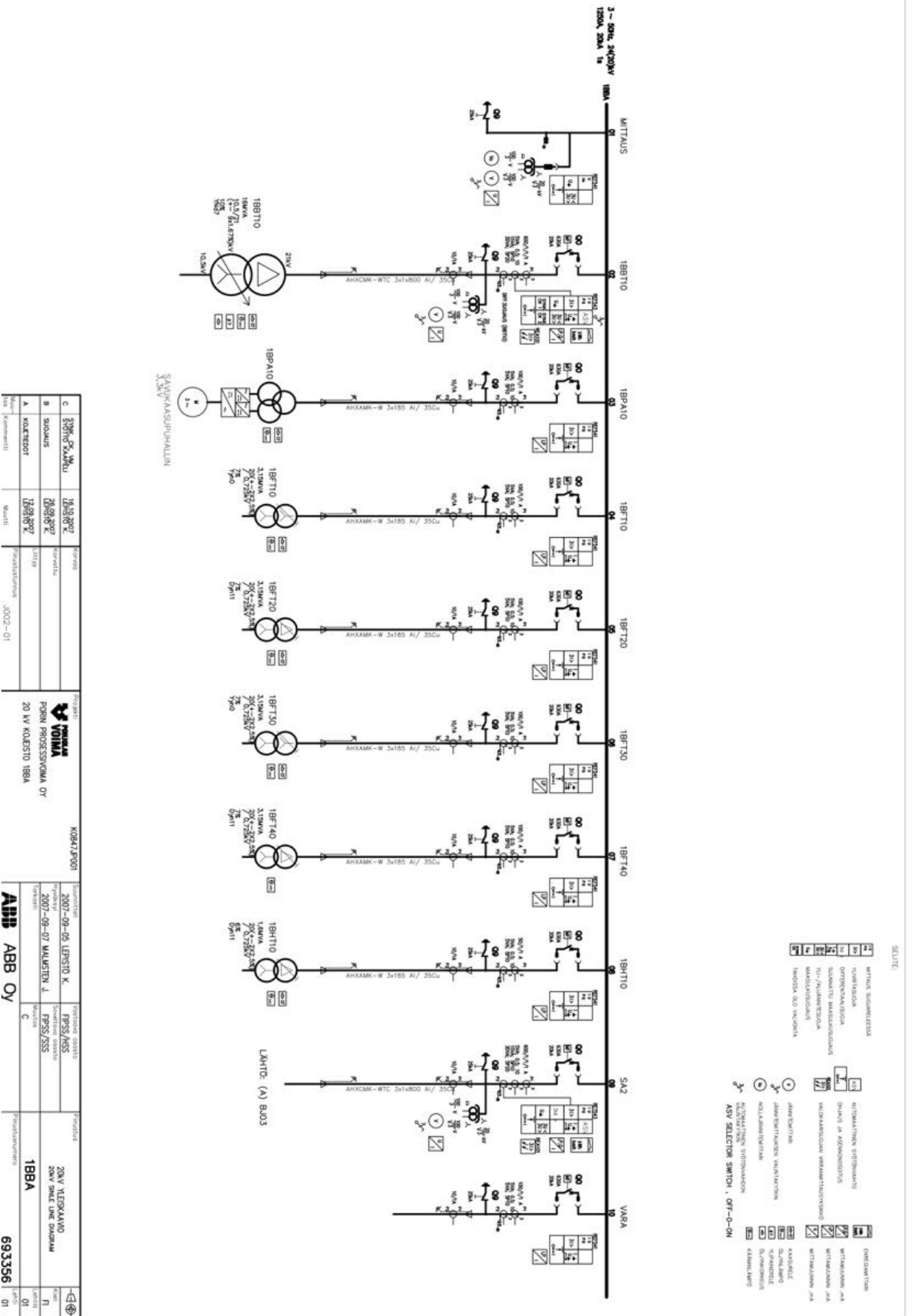
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
31									
32									
33		Kojeistot							
34									
35	Tunnus	Nimi	Vikaantumis- väli	Turvallisuus	Ympäristö	Tuotannon menetykset	Korjaus- kustannukset	Varaosien saatavuus	
36			Painoarvot (1-5) -->	5	4	4	2	3	
37	01. Mittaus	Mittaus, Kennoterminaali	1	1	1	4	2	2	
38	02. 1BBT10	Pääsyttö, Muuntajaterminaali	2	1	1	4	2	2	
39	02. 1BBT10	Pääsyttö, Valokaarisuojaus	2	1	1	4	3	2	
40	02. 1BBT10	Tyhjiökatsisija	1	1	1	4	3	1	
41	03. 1BPA10	Savukaasupuhallin, Kennoterminaali	2	1	1	4	2	2	
42	03. 1BPA10	Tyhjiökatsisija	1	1	1	4	3	1	
43	04. 1BFT10	Muuntaja, Kennoterminaali	2	1	1	4	2	2	
44	04. 1BFT10	Tyhjiökatsisija	1	1	1	4	3	1	
45	05. 1BFT20	Muuntaja, Kennoterminaali	2	1	1	4	2	2	
46	05. 1BFT20	Tyhjiökatsisija	1	1	1	4	3	1	
47	06. 1BFT30	Muuntaja, Kennoterminaali	2	1	1	4	2	2	
48	06. 1BFT30	Tyhjiökatsisija	1	1	1	4	3	1	
49	07. 1BFT40	Muuntaja, KPA-käsitteily Kennoterminaali	2	1	1	4	2	2	
50	07. 1BFT40	Tyhjiökatsisija	1	1	1	4	3	1	
51	08. 1BHT10	Muuntaja, Kennoterminaali	2	1	1	4	2	2	
52	08. 1BHT10	Tyhjiökatsisija	1	1	1	4	3	1	
53	09. SA2	Varasyttö, Muuntajaterminaali	2	1	1	4	2	2	
54	09. SA2	Varasyttö, Valokaarisuojaus	2	1	1	4	2	2	
55	09. SA2	Tyhjiökatsisija	1	1	1	4	3	1	
56	10. Vara	Kennoterminaali	2	1	1	1	2	2	
57	10. Vara	Tyhjiökatsisija	1	1	1	1	3	1	
58	1BAT10	Gen. muuntaja, muuntajaterminaali	2	1	1	4	2	2	
59	1BBT10	Omakäyttömuuntaja, muuntajaterminaali	2	1	1	4	2	2	











<table border="1"> <tr> <td>3</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td>2007-09-06</td> <td>LEHTO K.</td> <td>PIIRISTÄ</td> <td>20kV VIESKALAN</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td>2007-09-07</td> <td>MAUNSTEN J.</td> <td>PIIRISTÄ</td> <td>20kV SINKKALAN</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KOKEETUS</td> <td>18.10.2007</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>20kV SINKKALAN</td> </tr> </table>		3	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-06	LEHTO K.	PIIRISTÄ	20kV VIESKALAN	B	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-07	MAUNSTEN J.	PIIRISTÄ	20kV SINKKALAN	A	KOKEETUS	18.10.2007				20kV SINKKALAN	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td>2007-09-06</td> <td>LEHTO K.</td> <td>PIIRISTÄ</td> <td>20kV VIESKALAN</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td>2007-09-07</td> <td>MAUNSTEN J.</td> <td>PIIRISTÄ</td> <td>20kV SINKKALAN</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>20kV SINKKALAN</td> </tr> </table>		1	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-06	LEHTO K.	PIIRISTÄ	20kV VIESKALAN	2	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-07	MAUNSTEN J.	PIIRISTÄ	20kV SINKKALAN	3	300V 24/230V	18.10.2007				20kV SINKKALAN
3	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-06	LEHTO K.	PIIRISTÄ	20kV VIESKALAN																																							
B	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-07	MAUNSTEN J.	PIIRISTÄ	20kV SINKKALAN																																							
A	KOKEETUS	18.10.2007				20kV SINKKALAN																																							
1	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-06	LEHTO K.	PIIRISTÄ	20kV VIESKALAN																																							
2	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-07	MAUNSTEN J.	PIIRISTÄ	20kV SINKKALAN																																							
3	300V 24/230V	18.10.2007				20kV SINKKALAN																																							
<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td>2007-09-06</td> <td>LEHTO K.</td> <td>PIIRISTÄ</td> <td>20kV VIESKALAN</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td>2007-09-07</td> <td>MAUNSTEN J.</td> <td>PIIRISTÄ</td> <td>20kV SINKKALAN</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>20kV SINKKALAN</td> </tr> </table>		1	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-06	LEHTO K.	PIIRISTÄ	20kV VIESKALAN	2	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-07	MAUNSTEN J.	PIIRISTÄ	20kV SINKKALAN	3	300V 24/230V	18.10.2007				20kV SINKKALAN	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td>2007-09-06</td> <td>LEHTO K.</td> <td>PIIRISTÄ</td> <td>20kV VIESKALAN</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td>2007-09-07</td> <td>MAUNSTEN J.</td> <td>PIIRISTÄ</td> <td>20kV SINKKALAN</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>20kV SINKKALAN</td> </tr> </table>		1	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-06	LEHTO K.	PIIRISTÄ	20kV VIESKALAN	2	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-07	MAUNSTEN J.	PIIRISTÄ	20kV SINKKALAN	3	300V 24/230V	18.10.2007				20kV SINKKALAN
1	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-06	LEHTO K.	PIIRISTÄ	20kV VIESKALAN																																							
2	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-07	MAUNSTEN J.	PIIRISTÄ	20kV SINKKALAN																																							
3	300V 24/230V	18.10.2007				20kV SINKKALAN																																							
1	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-06	LEHTO K.	PIIRISTÄ	20kV VIESKALAN																																							
2	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-07	MAUNSTEN J.	PIIRISTÄ	20kV SINKKALAN																																							
3	300V 24/230V	18.10.2007				20kV SINKKALAN																																							
<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td>2007-09-06</td> <td>LEHTO K.</td> <td>PIIRISTÄ</td> <td>20kV VIESKALAN</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td>2007-09-07</td> <td>MAUNSTEN J.</td> <td>PIIRISTÄ</td> <td>20kV SINKKALAN</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>20kV SINKKALAN</td> </tr> </table>		1	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-06	LEHTO K.	PIIRISTÄ	20kV VIESKALAN	2	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-07	MAUNSTEN J.	PIIRISTÄ	20kV SINKKALAN	3	300V 24/230V	18.10.2007				20kV SINKKALAN	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td>2007-09-06</td> <td>LEHTO K.</td> <td>PIIRISTÄ</td> <td>20kV VIESKALAN</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td>2007-09-07</td> <td>MAUNSTEN J.</td> <td>PIIRISTÄ</td> <td>20kV SINKKALAN</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>300V 24/230V</td> <td>18.10.2007</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>20kV SINKKALAN</td> </tr> </table>		1	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-06	LEHTO K.	PIIRISTÄ	20kV VIESKALAN	2	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-07	MAUNSTEN J.	PIIRISTÄ	20kV SINKKALAN	3	300V 24/230V	18.10.2007				20kV SINKKALAN
1	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-06	LEHTO K.	PIIRISTÄ	20kV VIESKALAN																																							
2	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-07	MAUNSTEN J.	PIIRISTÄ	20kV SINKKALAN																																							
3	300V 24/230V	18.10.2007				20kV SINKKALAN																																							
1	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-06	LEHTO K.	PIIRISTÄ	20kV VIESKALAN																																							
2	300V 24/230V	18.10.2007	2007-09-07	MAUNSTEN J.	PIIRISTÄ	20kV SINKKALAN																																							
3	300V 24/230V	18.10.2007				20kV SINKKALAN																																							

ABB AB B OY  
693356  
01