



Karelia-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennus ja yhdyskuntatekniikka, Talotekniikka

# 10-20Kv kojeistot teollisuuslaitoksissa, suunnittelijan opas

Matti Valjus

Opinnäytetyö, toukokuu 2024

[www.karelia.fi](http://www.karelia.fi)



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2024**  
**Rakennus ja yhdyskuntatekniikka,**  
**talotekniikka**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

Tekijä(t)  
Matti Valjus

Nimeke  
10-20Kv kojeistot teollisuuslaitoksissa, suunnittelijan opas  
Toimeksiantaja  
Granlund Oy

**Tiivistelmä**

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin, millaiset valmiudet sähkösuunnittelijoilla on keskijännite kojeistojen valintaan ja suunnitteluun. Tutkielman perusteella laadittiin myös suunnittelijan opas keskijännitekojeistojen suunnittelua varten. Oppaan tarkoituksena on antaa suunnittelijalle käsitys aiheesta ja olla työkaluna suunnittelutyössä.

Tutkimuskohteina olivat Granlund Oy:n sähkösuunnittelijat. Tutkimusotteeksi valittiin kvalitatiivinen tutkimus. Aineisto kerättiin haastatteluilla ja havainnoimalla. Kerättyä aineistoa analysoitiin havainnoimalla ja esitettiin erilaisia kaavioita tuloksista. Teoriataustassa käytettiin paljon eri laitetoimittajien materiaaleihin perustuvaa tietoa. Lähtökohtaisesti käytettävät materiaalit perustuvat erilaisien standardien kautta perustuvaan kokonaisuuteen. Näin ollen lähteitä voidaan pitää luotettavina.

Opinnäytetyön tulokset osoittavat, että KJ-kojeistojen suunnittelun osaamisessa on paljon parannettavaa ja osaamista puuttuu. Lisäkoulutusta tarvittaisiin ihan yleisesti aiheeseen liittyen. Jatkoa ajatellen opinnäytetyö pystyy varmasti tukemaan suunnitteluun tulevia uusia työntekijöitä keskijännitekojeistojen suunnittelun perusteiden luomisessa.

Kieli  
suomi

Sivuja	47
Liitteet	1
Liitesivumäärä	1

Asiasanat  
KJ-kojeistosuunnittelu, koulutus, tutkimus, sähkösuunnittelu, teollisuus



**THESIS**  
**Maj 2024**  
**Degree Programme in Building**  
**Services Engineering**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
TEL.+ 358 13 260 600

Author  
Matti Valjus

Title  
Designer's Guide for 10-20MV Substations in Industrial Plants  
10-20MV substations in industrial plants, designer's guide  
Commissioned by  
Granlund Oy

Abstract

In this thesis, the preparedness of electrical designers for the selection and design of medium-voltage switchgear was investigated. In addition a guide for the selection and design of medium-voltage switchgear was prepared as part of the work. The purpose of the medium-voltage switchgear guide would be to provide the designer with an understanding of the topic and to serve as a tool in the design work.

The research subjects were the electrical designers of Granlund Oy. The chosen research approach was qualitative research. The data was collected through interviews and observations. The collected data was analysed by observation and various graphs of the results were presented.

The results of the thesis show that there is much room for improvement and a lack of competence in the design of MV installations. Further training is needed on the subject in general. For the future, the thesis will most likely be able to support new employees in the design department in establishing the basics.

Language  
Finnish

Pages	47
Appendices	1
Pages of Appendices	1

Keywords  
KJ-installations, education, research, electrical design, industry

## Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	Keskijännitekojeistot teollisuusympäristössä .....	7
2.1	Yleistä .....	7
2.2	Aiemmat tutkimukset .....	7
2.3	Keskijännitekojeistot .....	8
2.3.1	Valokaarisuojaus .....	16
2.3.2	Lämpötilan seuranta .....	20
2.3.3	Suojareleet.....	22
2.3.4	Suojareletyypit .....	24
2.3.5	Kytkinlaitteet .....	27
2.3.6	Keskijännitekojeistojen luokitukset.....	31
3	Opinnäytetyön toteutus .....	33
4	Suunnittelijan opas.....	34
5	Tulokset .....	38
6	Pohdinta.....	41
	Lähteet.....	44

### Liitteet

Liite 1      Forms kysely kaavake

### Lyhenteet

KJ	Keskijännite
kV	Kilovoltti
DSP	Digitaalinen signaali prosessori
ASIC	Asiakaslähtöinen integroitu piiri
EMI	Häiriönsuojaus
IR	Infrapuna
IEC	Kansainvälinen sähköalan standardi
SFS	Suomalainen sähköalan standardi
NAL	Kuormavarokeytkin
SF6	Voimakas kasvihuonekaasu → rikkiheksafluoridi
SFG	Kuormanerotin
PM	Osastointiluokka
PI	Osastointiluokka
LSC1	Käyttökatkosluokitus



# 1 Johdanto

KJ-jakelujärjestelmien käytöstä saatavien tehokkuusetujen ja kustannussäästöjen myötä on otettava huomioon myös turvallisuus. Keskijännitetehto voi olla erittäin vaarallista, ja on tärkeää ryhtyä asianmukaisiin turvatoimiin ihmisten ja laitteiden suojelemiseksi. Sähköjärjestelmä on suunniteltava ja asennettava oikein. (Bruce Young, 2023. LinkedIn.)

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, millaiset työkalut Granlund Oy:n sähkösuunnittelijoilla on keskijännitekojeistojen valintaan ja suunnitteluun. Keskijännitekojeistoista tarkasteluun on otettu 10-20kV jännitealue, mutta opinnäytetyön tuloksia voidaan suurilta osin soveltaa myös muihin keskijännitealueisiin. Työssä on tarkasteltu ilmaeristeisiä kojeistoja ja SF6-kaasueristeisiä kojeistoja, koska ne ovat yleisimmin käytettyjä. Kojeistojen käyttöympäristöinä ovat normaali sähkönjakelu ja teollisuus. Tavoitteena opinnäytetyössä on havainnoida tutkielmassa esille nousseita asioita sekä tutkia uusien toimintatapojen mahdollisuuksia ja saada niistä nidottua opas sähkösuunnittelijoille. Lisäksi työssä tarkastellaan eri sidosryhmien näkökulmista kytköksiä ja sidonnaisuuksia koskien keskijännitekojeistojen suunnittelua (tilaaja, urakoitsija, laitetoimittaja).

Tutkielman tutkimuskysymys esitettiin kaikille Granlund Oy:n sähkösuunnittelijoille. Tarkoitus oli saada mahdollisimman laaja otanta, että nähtäisiin kokonaiskuva keskijännitekojeistojen suunnittelun osaamisesta.

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen, koska teollisuuden sähkösuunnittelua ollaan kehittämässä ja viemässä isosti eteenpäin. Tutkielman tavoitteena on selvittää tämän hetkinen taitotaso ja mahdolliset lisäkoulutus tarpeet keskijännitekojeistojen suunnittelussa. Opinnäytetyön kirjoittajalla ei ole juurikaan aikaisempaa kokemusta keskijännitekojeistojen suunnittelu työstä, mutta perustieto yleisesti sähkösuunnitteluun liittyvistä sähköteknisistä määräyksistä.

Granlund Oy:lle suunnatun opinnäytetyön tutkielmassa oli mukana suunnittelijoiden lisäksi myös eri kojeistojen toimittajia, mutta tässä opinnäytetyössä keskitytään tutkimaan tutkielman onnistumista suunnittelijoiden näkökulmasta. Tutkielman kohteena oli Granlund Oy:n sähkösuunnittelijat. Opinnäytetyössä selvitetään tutkielman onnistumista ensisijaisesti teollisuuden keskijännitekojeistosuunnittelussa.

Tämän opinnäytetyön tutkimusotteeksi valittiin kvalitatiivinen tutkimus ja tutkimusmenetelminä hyödynnettiin kyselyä ja havainnointia. Tavoitteena oli saada mahdollisimman laaja näkemys tutkittavasta aiheesta ja kerätä aineistoja eri keskijännitekojeistojen kanssa tekemisissä olevilta henkilöiltä. Tärkein tavoite työssä oli saada kartoitettua kohdehenkilöiden osaaminen keskijännitekojeistojen suunnitteluun liittyen ja löytää konkreettisia toimintamalleja suunnitteluun liittyen. Lisäksi tavoitteena oli arvioida, sitä miten hyvin 10-20kv kojeistot teollisuuslaitoksissa, suunnittelijan opas soveltuu itse suunnittelutyön tueksi.

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa aineisto kerätään haastattelemalla ihmisiä heidän kokemuksistaan. Yleensä käytetään aineistojen keräämiseen myös kyselyä, havainnointia ja erilaisista dokumenteista kerättyä tietoa. (Vilka. 2015, 122)

Tämä opinnäytetyö liittyy oleellisena osana Granlund Oy:n jo olemassa oleviin toimintamalleihin, joihin tätä edellä mainittua 10-20kv kojeistot teollisuuslaitoksissa, suunnittelijan opasta olen kehittämässä. Suunnittelijan opasta on tarkoitus soveltaa tulevaisuudessa todellisiin hankkeisiin. Suunnittelijan oppaan avulla suunnittelijan on helpompi löytää oikeat toteutustavat ja toimintamallit keskijännitekojeistoihin liittyen ja valita oikeat komponentit erilaisiin toimintaympäristöihin. Opinnäytetyön aiheesta ei löytynyt aiempaa tutkimusta. Yleisesti keskijännitekojeistoihin liittyviä tutkimuksia on jonkin verran, mutta vastaavanlaista ”kehityshanketta”, jossa ensisijaisesti pyrittäisiin selvittämään suunnittelijoiden nykyisiä työkaluja keskijännitekojeistojen

suunnitteluun liittyen ei löytynyt. Parhaiten opinnäytetyön tutkimusaihetta vastaa Jarmo Niemelän vuonna 2010 julkaisema insinööriö ”20kv kojeiston suunnittelu sähkövoimalaboratorioon”

## **2 Keskijännitekojeistot teollisuusympäristössä**

### **2.1 Yleistä**

Keskijännitekojeistot/keskijännitekytkinlaitteet ovat sähkölaitteita, joita käytetään KJ -sähkönjakelujärjestelmien sähkölaitteiden ohjaamiseen, suojaamiseen ja eristämiseen. Niitä käytetään tyypillisesti teollisuudessa ja kaupallisessa ympäristössä hallitsemaan sähkön virtausta virtalähteiden ja kuormien välillä. Keskijännitekytkinlaitteisiin kuuluu erilaisia komponentteja, kuten katkaisijoita, varokkeita, erottimia, releitä ja ne on suunniteltu toimimaan turvallisesti ja luotettavasti erilaisissa ympäristöolosuhteissa. Kytkinlaitteet ovat tärkeä osa sähköinfrastruktuuria, ja niillä on ratkaiseva rooli turvallisen ja tehokkaan sähkönjakelun varmistamisessa. (Granlund, 2012.)

Keskijännitteen nimelliset tehollisarvot sähkönjakelussa on 1000V - 36000V. Suurjännitteen nimelliset tehollisarvot sähkönjakelussa on 36000V - 150 000V. (SFS-EN 50160)

### **2.2 Aiemmat tutkimukset**

Tässä luvussa tarkastellaan opinnäytetyön aiheeseen liittyviä aiempia tutkimuksia. Luvussa perehdytään keskijännitekojeistojen käsitteistöön, joka liittyy opinnäytetyön tietoperustaan. Lisäksi tässä luvussa on tarkasteltu, mitä olennaisia tekijöitä liittyy teollisuuslaitoksiin kohdistuvissa sähkösuunnittelu töissä, kun jännitealueena on 10-20kv.



Niemelä (2010) on perehtynyt opinnäytetyössään kojeistoihin, kojeisiin, relesuojaukseen, apusähköjärjestelmään sekä sähkölaitosautomaatioon liittyvään teoriaan ja määritelmiin. Kojestoon liittyvät opetustavoitteet ovat määritelty yhteistyössä sähkötekniikan opettajien kanssa. Aihepiiri oli rajattu 400 V:n, 690 V:n ja 20kV:n jännitteille. Haasteiksi muodostuivat sopivien komponenttien valinta. Koska järjestelmä tuli erikoiskäyttöön, komponentteja ei yleisesti ollut saatavilla. Myös järjestelmän suunnittelu ilman tarkempaa budjetointia toi omat ongelmansa. (Niemelä, 2012.)

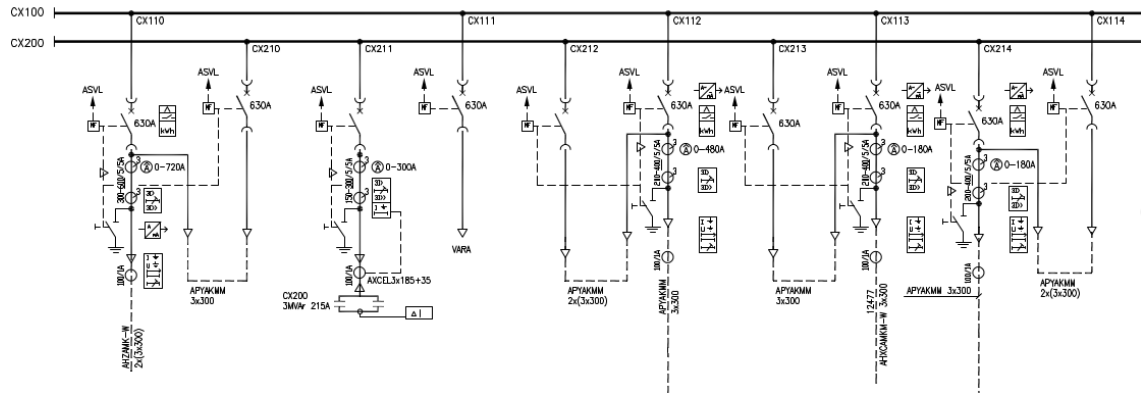
Työssä havaittiin, että käyttöjännite vaikutti useisiin toteutukseen liittyviin seikkoihin. Lisäkustannukset pienjännitevaihtoehtoihin aiheuttivat suuri välimuuntajien määrä, keskijännitekaapelointi kaapelipäätteineen ja mahdolliset lisärakennustyöt. Myös suurjännitteen käyttö laboratorio olosuhteissa ei ole täysin ongelmatonta turvallisuus syistä. Opinnäytetyö pitää sisällään myös johdannon sähkötekniikkaan ja tehonjakelun käsitteisiin sekä perehtymisen asiaa koskeviin standardeihin ja kirjallisuuteen. (Niemelä, 2012.) Työ on hyödyllinen hakuteos kaikille sähkönsjakelujärjestelmän suunnittelusta kiinnostuneille, kuten opiskelijoille, tutkijoille ja käytännön insinööreille. (Niemelä, 2012.)

### **2.3 Keskijännitekojeistot**

KJ -kojeistot teollisuusympäristössä eroavat normaalista sähkönsjakelusta eli niin sanotusta kaupallisesta sähköverkosta. Teollisuudessa KJ -kojeistot on suunniteltu käsittelemään suurempia virtoja ja -jännitteitä kuin normaalissa sähkönsjakelussa. Tyypillisesti käytetään raskaissa sovelluksissa, kuten sähköntuotannossa, -siirrossa ja jakelussa. Teollisuuden kytkinlaitteet ovat usein normaalin jakeluverkon kytkinlaitteita lujempia ja kestävämpiä, koska ne joutuvat alttiiksi haastavammille sääolosuhteille ja ympäristöille. (Tonteri, A. 2005.)

Teollisuus ympäristössä usein KJ -kojeistot voi olla duplex kojeistoja, eli kojeisto, joka koostuu kahdesta identtisestä osasta, joista kumpikin pystyy

hoitamaan koko järjestelmän toiminnan. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että jos toinen kojeisto vikaantuu tai tarvitsee huoltoa, voi toinen osa ottaa sen paikan. Näin järjestelmä voi jatkaa toimintaansa ilman keskeytyksiä. (Short, T. 2006.)



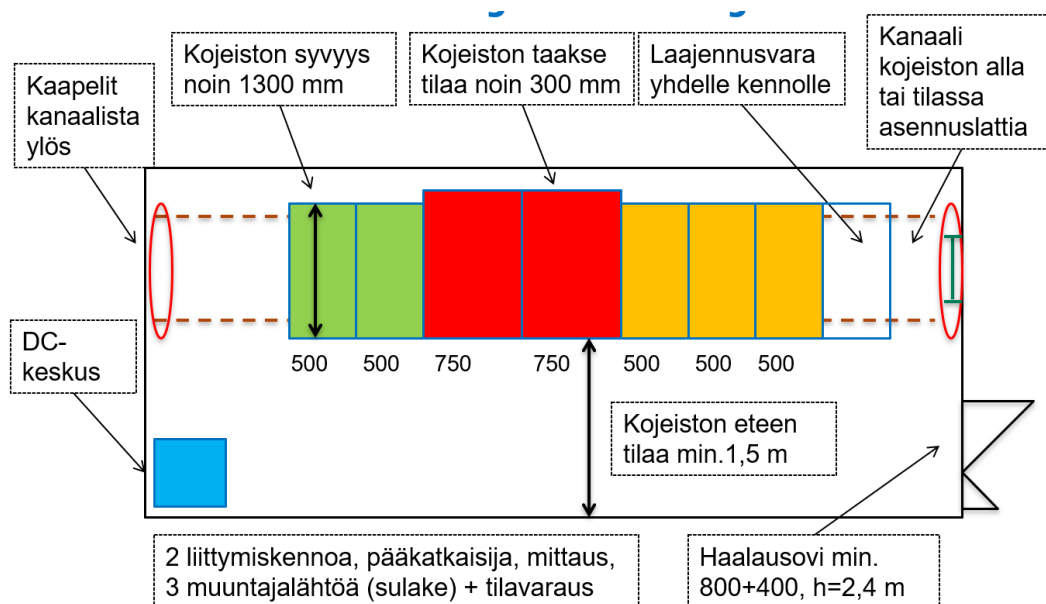
Kuva 1. Duplex kojeisto. (Granlund. 2024)

Yleisimpiä kiskojärjestelmiä keskijännitekojeistoissa ovat kiskoton järjestelmä, yksikiskojärjestelmä, kisko -apukiskojärjestelmä, kaksoiskiskojärjestelmä, kaksoisapukiskojärjestelmä ja kaksikatkaisijajärjestelmä (duplex) (kuva 1). Erilaiset kiskotyypit mahdollistavat erilaiset kytkentäratkaisut verkon käyttötilanteissa. Kiskotyyppiä valittaessa olisi syytä huomioida esimerkiksi onko tarvetta tulevaisuudessa laajentaa kojeiston sisältöä. Tämä on mahdollista esimerkiksi ilmaeristeisessä kojeistossa, jossa lähtökohtaisestikin on jo enemmän tilaa, vaikka kaksikatkaisijajärjestelmää varten. Myös kustannukset on otettava huomioon kiskotyyppin valinnassa, koska lähtökohtaisesti kojeistot, joissa on enemmän laajennus varaa ovat kalliimpia, kuin kompaktit kojeistot.

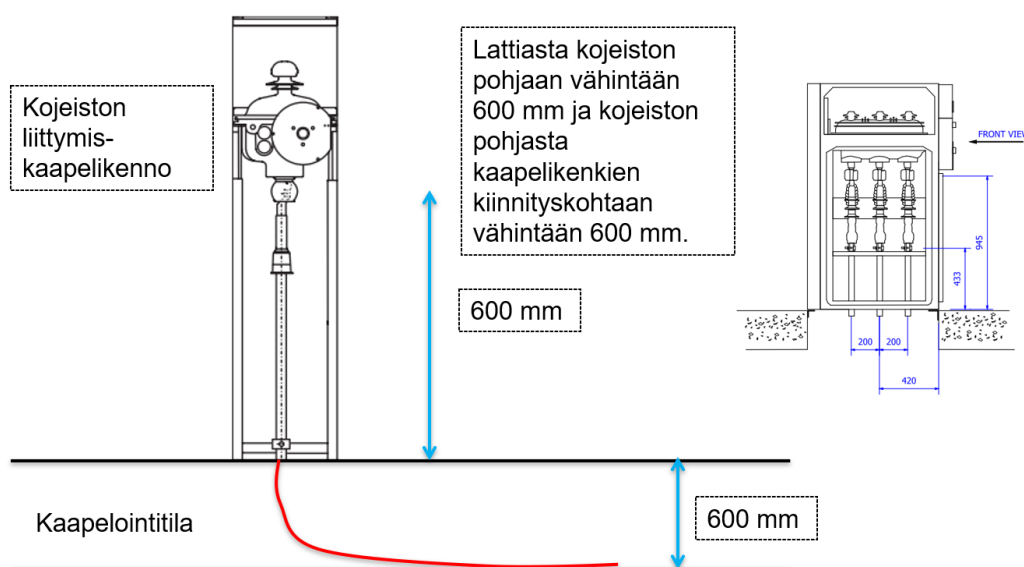
Keskijännitekojeistot sijoitetaan (kuva 2) erilliseen kojeistotilaan sekä mahdollinen apusähkökeskus ja kaukokäytön keskuskeskukset. Kaapelointia varten kojeiston alla on joko kanaali tai tilassa on asennuslattia. (kuva 3). Syvyystarve on vähintään 0,6 metriä. (Huomioitava sähkölaitoksen ohjeet ja käytettävien kaapeleiden taivutussäteet).

Kojeiston sijoittaminen pelkästään sokkelin päälle ei ole järkevää, koska kojeiston käyttökojeet nousevat käytön kannalta liian korkealle. Käsien

käytettävät erottimet tms. vaativat hieman voimaa, jolloin kojeiston käyttö istuimelta on jopa vaarallista. Kojeistoa ei saa sijoittaa seinään kiinni, kuitenkin pääsy taakse estettävä, ellei kojeisto ole valokaariestoinen myös takaa. Laajennusvaran huomioiminen. Öljymuuntajia käytettäessä muuntajan alle tehtävä ennen asennusta öljykuoppa, johon öljy valuu sorapatjan lävitse. (Granlund. 2012.)



Kuva.2 muuntamotilat ja laitesijoittelu (Granlund. 2012.)

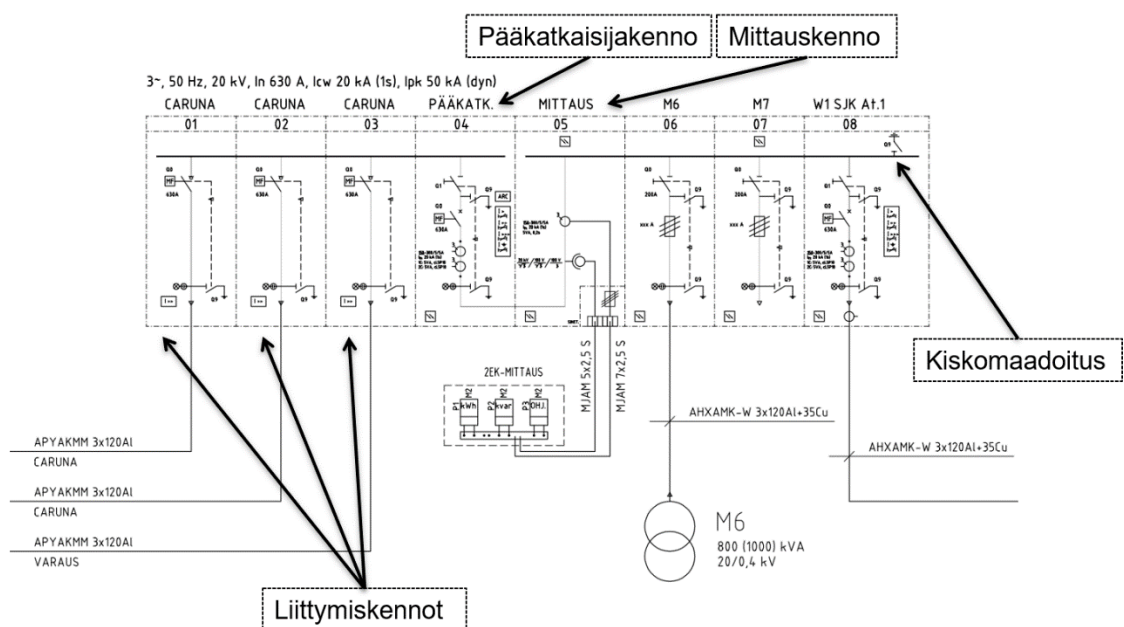


Kuva 3. Muuntamotilat ja laitesijoittelu (Granlund. 2012.)

Kojeistoissa on keskijännitemittaus eli niin sanottu sähkölaitoksen veloitusmittaus ja liittymiskojeisto. Kojeston (kuva 3) ensimmäisen kennon varustelu on aina verkkoyhtiön ohjeiden mukaan, lähes aina seuraavasti. Ensimmäisenä on liittymiskkenno, joka sisältää kuormanerotin ja maadoituserottimen verkkoyhtiön liittymiskaapelia varten. Liittymiskkenno sisältää myös moottorijousiohjaimen, joka on varusteltu kaukokäyttöä varten. Toimintajännite on usein 24VDC. Kenno sisältää myös jännitteenilmaisimet ja oikosulkuilmaisimen. Kojesto sisältää myös toisen liittymiskennon, joka on sisällöltään samanlainen kuin ensimmäinen liittymiskkenno.

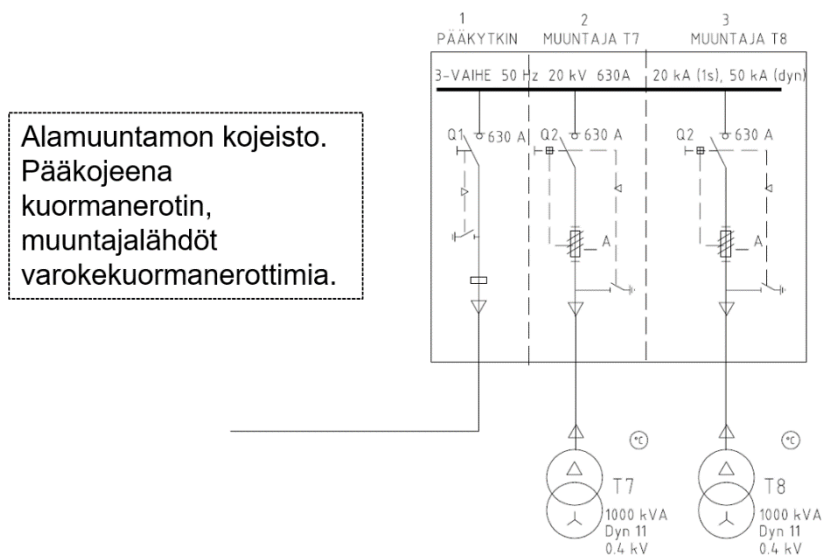
Kojeistossa on myös pääkytkinkkenno, joka sisältää katkaisijan. Jos käytössä on useampi kuin yksi muuntaja, täytyy olla käytössä kolmivaiheinen ylivirtasuojarele ja releessä oltava maasulkusuojaus. Kyseiset suojaukset on otettava huomioon myös, silloin jos on alamuuntamo tai muuntajien syöttökaapelit yli 50 metriä pitkiä. Yhden muuntajan kojeistoissa pääkoje voi olla esimerkiksi varokekuormanerotin.

Kojeston kuvassa (kuva 3) nähdään myös viidentenä mittauskenno. Mittauskenno pitää sisällään verkkoyhtiön virta ja jännitemuuntajat, niin sanottu laskutusmuuntajat.



Kuva 4. Keskijännitekojeistot (Granlund. 2012.)

Alamuuntamo, joka näkyy kuvassa 4 ei sisällä veloitusmittausta. Vaan kaikki kojeiston kennot ovat vapaasti valittavissa.



Kuva 5. Alamuuntamon kojeisto (Granlund. 2012.)

1600 kVA muuntaja on käytännössä yläraja varokekuormanerotimella, tällöin on varmistettava, että varokekuormanerotin ja sulakkeen pitimet oikeasti kestävät sulakkeen mukaisen virran. Jos muuntaja sijaitsee kaukana kojeistosta (n. >30 metriä), niin maasulkusuojauksen takia on harkittava katkaisijan käyttöä. (Granlund. 2012.)

Muuntajan ja pääkeskuksen välisen kiskosillan oikosulkusuojaus on varmistettava varsinkin varokekuormanerotinta käytettäessä. Maasulkusuojaus tehdään koko kojeistoon pääkatkaisijalla. Lyhyet kaapelipituudet ei ole välttämättömyys. (Granlund. 2012.)

Valokaaripaineen purkauskanava tulee kojeiston päälle, jonka kautta kojeiston valokaarioikosulussa syntyvä paine johdetaan kojeistotilasta ulos. Joissakin kojeistoissa mahdollista myös kojeiston pohjan kautta. (Granlund. 2012.)

Kojeistotilan korkeustarve on noin 3 metriä + mahdollisen asennuslattian vaatima tila. Jos kojeisto on IAC- luokiteltu, kojeisto kestää hajoamatta valokaarioikosulun. (Granlund. 2012.)

Moduulikojeistot (kuva 5) on yksittäiskemmoista kokoonpantava laajennettu kojeisto. Yleisimpiä kojeisto valmistajia on esimerkiksi: ABB, Schneider, Siemens. Kojestot ovat lähes aina ilmaeristeisiä, mutta voivat olla myös SF<sup>6</sup> -eristeisiä (kaasu eristeinen). (Granlund. 2012.)

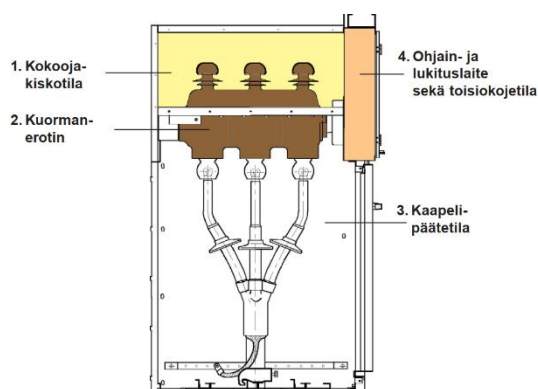


Kuva 6. Moduulikojeisto (Granlund. 2012)

Hyvänä esimerkkinä moduulikojeistosta on ABB:n Uniswitch, joka soveltuu käytettävyytensä ansiosta moniin erilaisiin käyttökohteisiin esimerkiksi: Lentoasemiin, sähkölaitoksiin, sairaaloihin, voimalaitoksiin, teollisuuslaitoksiin, tuulivoimaloihin, vapaa-ajankeskuksiin, metroihin ja liikekeskuksiin. Kojestossa on kokoojakiskotila, kuormanerotin, kaapelipäätetila sekä ohjain- ja lukituslaite sekä toisiokojetila.

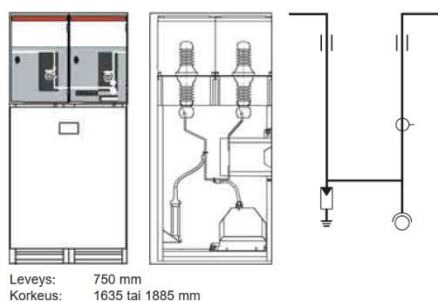


Kuva 7. Moduulikojeisto (ABB. 2004)



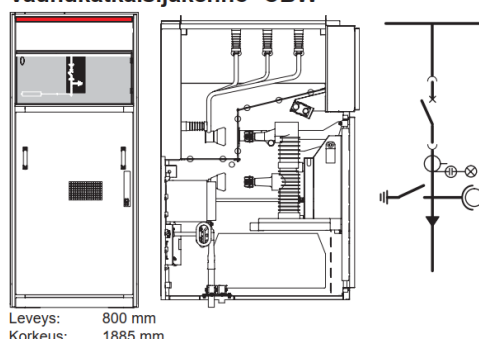
Kuva 8. Kojearkeen rakenne. (ABB. 2004)

Moduulikojeistossa on useita erilaisia kennovalintoja, kuten esimerkiksi Kuormanerotinkkenno, varokekuormanerotinkkenno, katkaisijakenno, vaunukatkaisijakenno, kaapeliliityntäkenno, kiskonousukenno, erilaiset pitkittäiskennot, kiskomittauskennot ja erikoismittauskennot. Kuvissa 8 ja 9 esimerkit kiskomittauskennoista ja vaunukatkaisijakennoista.



Kuva 9. Kiskomittauskenno (ABB. 2004)

#### Vaunukatkaisijakenno CBW



Kuva 10. Vaunukatkaisijakenno (ABB. 2004)

Kompaktikojeisto (kuva 10) on niin sanottu yhden astian SF<sup>6</sup> -kojeisto. Kompaktissa kojeistossa laajentaminen on vaikeaa, mutta etuna pieni koko. Korkeus vain 1200 mm. Yleisimpiä valmistajia Schneider tai Siemens. (Alhainen, 2012.)



Kuva 11. Kompaktikojeisto (Granlund. 2012)

Yleisesti sähkönjakelussa käytetään joko kiinteitä tai vaunukojeistoja. Kiinteät kojeistot ovat edullisempia ja yksinkertaisempia rakenteeltaan. Kojeston komponentit on asennettu kiinteästi, kuten katkaisijat ja kuormakytkimet. Huolettavuudeltaan kiinteä katkaisija on monin tavoin huonompi vaihtoehto. Kojeston komponenttien vaihto on hankalampaa ja enemmän aikaa vievää kuin esimerkiksi vaunukojeistossa. (Joyelectric. 2022)

Vaunukojeistoissa kojeiston tärkeimmät komponentit ovat sijoitettuna ulos vedettävään vaunuun. Yleisimmin käytetyt vaunukojeisto komponentit ovat eristys, mittaus, katkaisija tai kondensaattorivaunut. Vaunukojeiston hyödyt ovat helppo ja nopea vaihdettavuus ja yleisestikin huolto toimenpiteet. Lisäksi sähkönsyötön luotettavuus paranee huomattavasti vaunukojeiston myötä. Kustannuksellisesti vaunukojeisto on kalliimpi, mutta tässäkin otettava huomioon, että vaunukojeistossa on parempi laajennus mahdollisuus tulevaisuutta ajatellen. Voidaan käyttää samaa kojeistoa myöhemmin, eikä tarvitse uusia koko kojeistoa esimerkiksi yhden lisä lähdön takia. (Joyelectric. 2022)



### 2.3.1 Valokaarisuojaus

Valokaarisuojatun kojeiston on IEC 62271-200 standardin mukaan täytettävä seuraavanlaisia ehtoja: Kojeston luukut ja ovet eivät saa aueta valokaaren sattuessa, mutta saavat vääntyä ja muuttaa muotoaan. Valokaari ei saa polttaa kojeistoon aukkoja, sinne minne on kojeiston käyttäjällä mahdollisuus päästä käsiksi. Lisäksi maadoituskytkimen on toimittava vielä valokaarivian jälkeenkin. (Schneider. 2018)

Esimerkkinä valokaarisuojauksesta on VAMP valokaarisuojat (kuva 12) Schneider Electriciltä. Suojausjärjestelmä sisältää keskusyksikön, anturiyksiköt, virranmittausyksiköt ja skaalattavan järjestelmän. Valokaarianturit voidaan myös liittää suoraan suojareleeseen, näin voidaan laajentaa suojareleen toimintaa kattamaan valokaariviat.



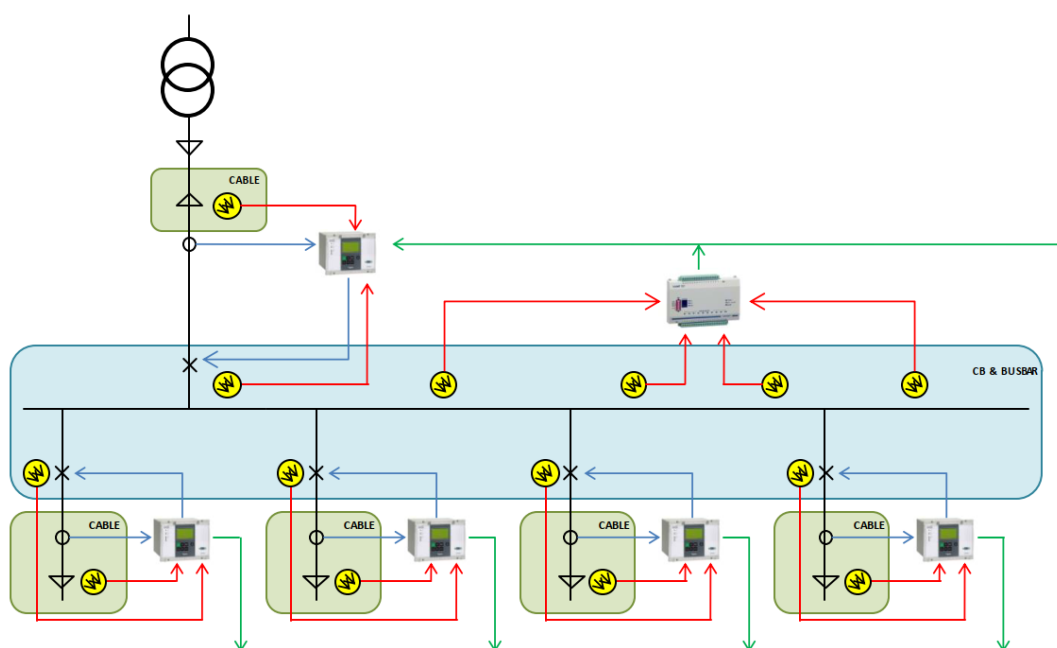
Kuva 12. VAMP valokaarisuoja. (Schneider Electric. 2018)

V120 ja V121 ovat tyyppilliset mallivaihtoehdot valokaarisuojaukseen Schneider Electriciltä. Ja nyt kun käsitellään sähkönjakelua niin V121 mallia (kuva 13) on käytetty tyyppillisesti laukaisemaan syöttökenno. Valokaarivahdit ovat kustannustehokas ratkaisu ja ne toimivat yhdessä myös muiden järjestelmien kanssa.



Kuva 13. VAMP 121 valokaarivahti. (Schneider Electric. 2018)

Suojareleeseen integroidut valokaarisuojat ovat tyypillisemmin käytettyjä pienillä sähköasemilla, liityntäkojeistoilla ja teollisuuden kojeistoilla. Suojareleeseen integroidulla valokaarisuojalla on liityntä kahdelle tai kolmelle anturille ja BIO väylä, jonka avulla rele voidaan liittää valokaarisuojaan tai toiseen suojareleeseen. Näin laukaisun siirto voidaan viedä syöttökenttään. Integroitua valokaarisuojausta voidaan täydentää valokaarivahdeilla. Liitetyt anturit sijoitetaan kaapeli ja katkaisijatilaa. Kokoojakiskotila suojataan erillisellä valokaarivahdilla. (Schneider Electric. 2018)



Kuva 14. Integroitu valokaarisuojaus. (Schneider Electric. 2018)

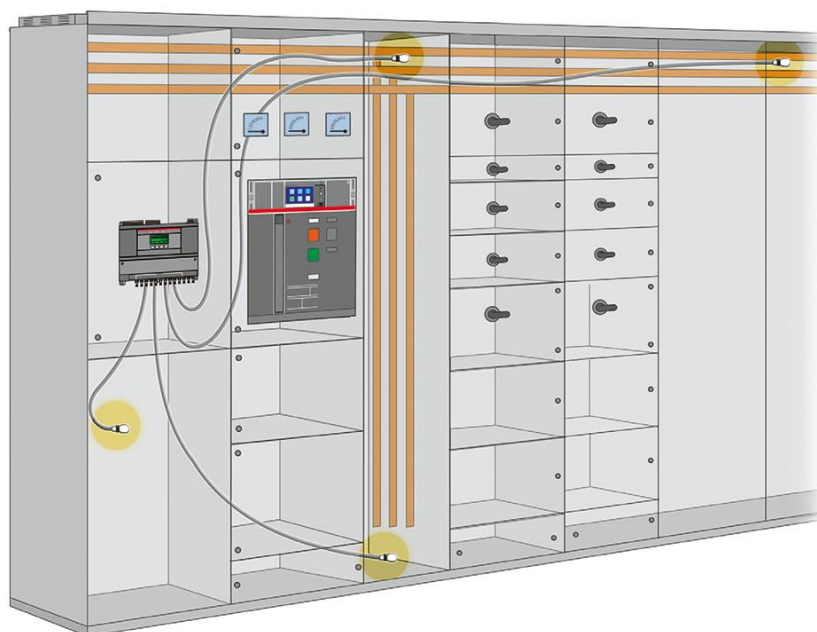
Vaarallisimmat ja vahingollisimmat valokaaret esiintyvät yleensä korkea tehoisissa sähköpiireissä. Valokaarivika kytkinlaitteissa tarkoittaa lyhyttä sähkökatkosta. Ilman kautta tapahtuvat oikosulut jännitteisten osien välillä tai jännitteisten osien ja maan välillä. Normaaleissa lämpötiloissa ilma toimii hyvin eristeenä, mutta vian ääriämpötilan aikana ilma ionisoituu ja muodostaa elektrodien välille johtavan plasmapolun. Plasmapolun muodostuttua, sähköenergia muuttuu nopeaksi säteilyksi, lämpöenergiaksi ja voimakkaaksi paineeksi. Elektronit ja kuumat hiukkaset tuottavat äärimmäisen voimakkaasti kirkasta valoa ja sulaa metallia. Tällainen räjähdys voi olla erittäin vaarallinen ja tappava. (Schneider. 2019)

Progressiiviset kytkinlaitteet ovat vähentäneet selvästi valokaarivikojen riskejä. Oikea lähestymistapa on tehdä yhteistyötä eri toimittajien kanssa, joilla on asiantuntemus ja tarvittavat sertifiointit. On myös tärkeää, että on riittävä koulutus ja huoltoa koskevat turvallisuusprotokollat. Vaikkakin on vaikeaa poistaa täysin kokonaan valokaarihäiriöitä, on useita aktiivisia lähestymistapoja otettu käyttöön, jotka täydentävät ylivirtasuojauksia tehokkaammin ja nopeammin. Vyöhykeselektiivinen lukitus on yksinkertainen ja edullinen tapa estää valokaarihäiriö, mutta ei ole yhtä nopea kuin valokaarisuojaus. Myös virranrajoituslaitteet antavat nopeamman toiminnan virran ja valokaaren rajoittamiseksi, mutta kun vikavirta on alhainen, valokaaret, valokaariaika ja energia ovat suuria. Virranrajoitusreaktorit rajoittavat myös vikavirtaa, mutta lisäävät huomattavasti kustannuksia ja häviöitä. Kiskoerotussuojaus tarjoaa taas nopean suojan, ja sillä on kattavat asetukset kehittyneiden järjestelmien kanssa. Mutta se ei toimi kaapelin päätevikojen yhteydessä. (Schneider. 2019)

Reagoiminen nopeasti valokaariin on avain vikojen selvittämiseen. Katkaisijat ja releet, jotka ovat lähellä virtalähdettä yleensä kärsivät huomattavista aikaviiveistä. Uusi tapa ratkaista tämä ongelma on käyttää releitä, jotka havaitsevat valokaarivian valon välähdyksen. Jotta valokaarivian havaitseminen onnistuisi, se edellyttää suurta virtaa, että valonpurkausta. Kun molemmat olosuhteet toteutuvat optinen rele voi toimia erittäin hyvin. Yleensä tämä tapahtuu ylivirtasuojalaitteen kautta. Optinen rele voi vaihtoehtoisesti aktivoida

oikosulkukytkimen, joka poistaa valokaaren vielä nopeammin kuin virtapiirin kytkin. Optisia releitä voidaan käyttää tarvittaessa myös suojareleenä virtuaalisessa pääkonfiguraatiossa. Valokaari voi pahimmassa tapauksessa levitä kaikkien syöttöpuolella olevien laitteiden koteloon, siksi virtuaaliset pääjärjestelmät laukaisevat ylivirta laitteen. (Schneider. 2019)

Myös hyvänä esimerkkinä voidaan käyttää ABB:n Arc guard system valokaarisuojausta. Se käyttää myös optisia valoantureita. (ABB. 2024)



Kuva 13. Optiset ilmaisimet on sijoitettu strategisesti parhaan peiton takaamiseksi. (ABB. 2024)

Paras sähkömagneettisten häiriöiden (EMI) häiriönsieto saavutetaan, kun käytetään kuituoptisia kaapeleita, jotka eivät ainoastaan ole EMI:tä läpäisemättömiä, vaan myös nopeampia signaalien lähettämisessä. Jokainen mikrosekunti on todella tärkeä valokaarien aikana. Väärät laukaisut, jotka johtuvat esimerkiksi kameran salamasta, hitsaustoiminnasta tai auringonvalosta voidaan yhdistää virranmittausyksikköön ja asettaa aktivoitumaan vain, kun ylivirta on rekisteröity. Käämivirta-anturi (Kuva 9) havaitsee nopean virran nousun, joka seuraa valokaarien välähdyksiä. (ABB. 2024)



Kuva 14. Keskijänniteversio avattavalla kelalla (ABB. 2024)

### 2.3.2 Lämpötilan seuranta

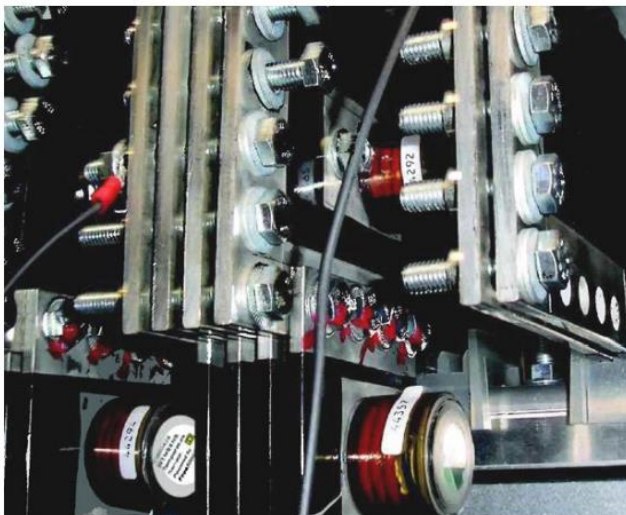
Keskijännitekojeistojen tärkeä turvallisuuden osa alue on lämpötilojen valvonta. Valvonta auttaa havaitsemaan mahdolliset ylikuumenemisongelmat, jotka voi johtaa laitteen vaurioitumiseen tai palovaaraan. KJ -kojeistoissa yleisimmin käytetty lämpötila-anturi on PT100, jotka mittaavat laitteen sisäistä lämpötilaa. Anturit yleensä asennetaan kojeistojen kriittisiin kohtiin, kuten kaapeleiden liitoksiin ja muuntajiin. Valvontaa voidaan toteuttaa erilaisilla järjestelmillä, esimerkiksi antureiden kytkemisellä hälytysjärjestelmään tai automaattisella sammutusjärjestelmällä, joka käynnistyy, jos lämpötila ylittää tietyn rajan. Lämpötilojen valvonta on todella tärkeä olla jatkuvaa, koska silloin mahdolliset hälytykset voidaan käsitellä nopeasti ja asianmukaisesti. Näin varmistetaan, että kojeistot toimivat turvallisesti ja luotettavasti. (SFS-EN 62271-1-standard)

Infrapunaikkunoiden (Kuva 10) asentaminen kiinteästi kojeistoihin mahdollistaa IR -skannauksen tekemisen turvallisesti, näin työntekijä ei altistu vaaralliselle energialle. Infrapunaikkunat (Kuva 10) on valmistettu lasin tapaisesta materiaalista, joka on täysin läpinäkyvä infrapunasäteille. Sen avulla lämpökamera voi rekisteröidä suuret lämpötilat. Tämä helpottaa myös pysyvää pääsyä sähköisten komponenttien tarkastusta varten toimintaa häiritsemättä. (Schneider. 2019)



Kuva 15 Infrapunaikkuna (Schneider. 2019)

Online-lämpötilan valvominen langattomien antureiden avulla antaa mahdollisuuden 24/7 pääsyn kriittisiin liittymispisteisiin, Joihin perinteisellä lämpökuvauksella ei ole mahdollista päästä. Tällaisella tekniikalla voidaan arvioida laitteiden sen hetkinen kunto ilman, että työntekijät joutuisivat alttiiksi jännitteisille osille. Näin laitteiden suojuuksia ei tarvitse poistaa. Anturit voidaan esimerkiksi asentaa suunnitellun seisokin aikana, ja niitä voidaan käyttää laitteissa, joissa on todella korkea valokaarilämpötila, ilman että kojeistoille tai henkilöstölle aiheutuisi vaaraa. Teknisellä valvonnalla parannetaan huomattavasti työntekijöiden työturvallisuutta ja vähennetään yrityksen taloudellisia riskejä. (Schneider. 2019)



Kuva 16. Online-lämpötilan seuranta (Schneider. 2019)

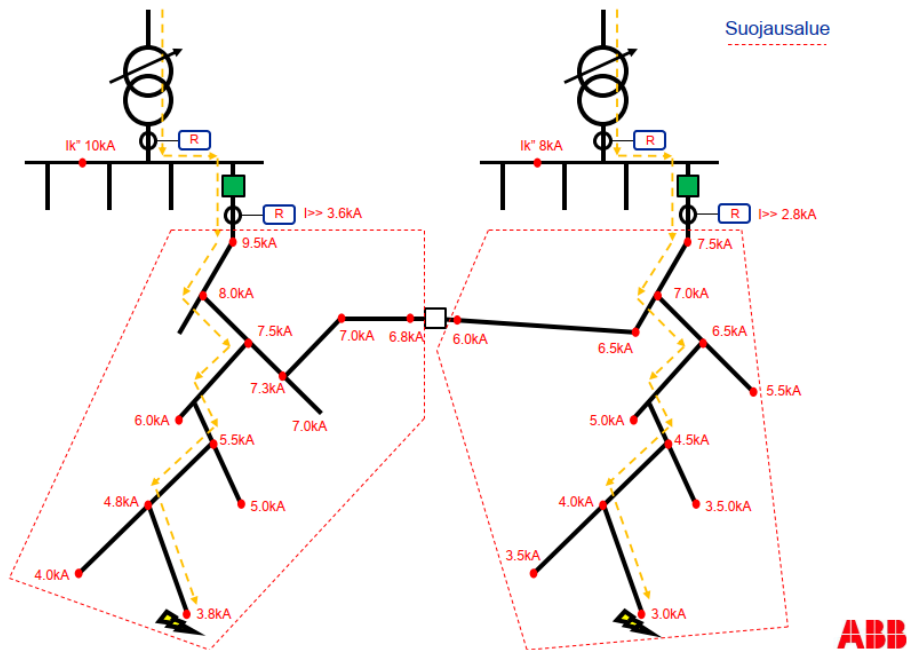
### 2.3.3 Suojareleet

Sähköasemia ja niitä syöttäviä verkkoja on aina suojattava mahdollisia vikoja vastaan riittävällä suojalaitteistolla. Mahdollisimman käyttövarmalla ja yksinkertaisella laitteistolla. Näin varmistetaan käyttäjien ja sivullisten henkilöturvallisuus. (ABB. 2023)

Suojarelesuojauksen oikeanlainen rakenne ja toimintaperiaate ei poista vian syntymisen mahdollisuutta, mutta vian aiheuttamat vahingot ja käyttökeskeytykset saadaan mahdollisesti pienennettyä murto-osaan tapauksista, missä vika tapahtuu laitoksessa, jota ei ole suojattu. Eli rajoitetaan vauriot mahdollisimman pieniksi. (ABB. 2023)

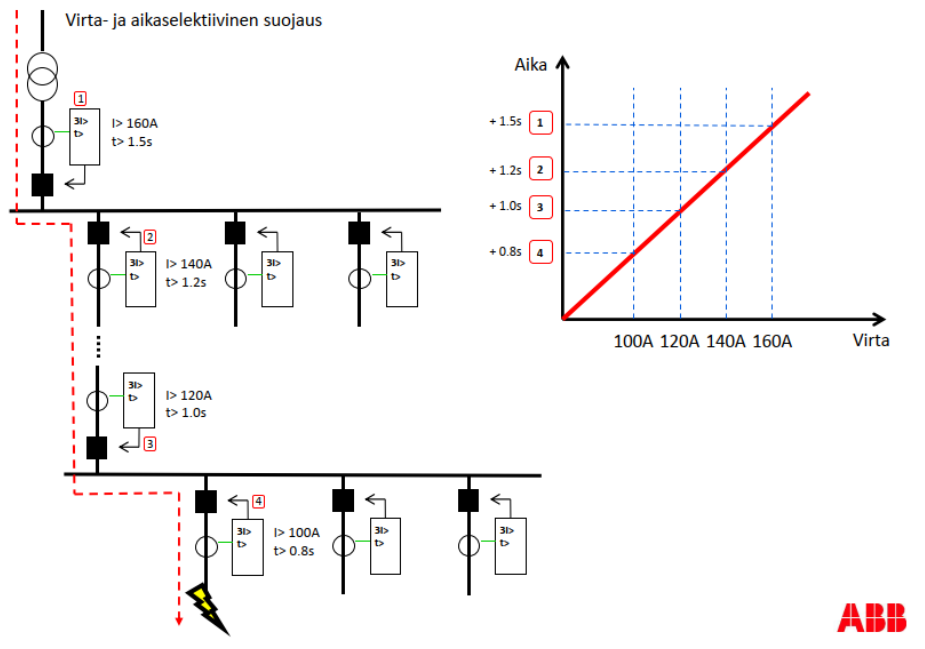
Toimivalla relesuojauksella ja oikealla suunnittelulla voidaan saavuttaa myös se etu, että vain vikaantunut verkonosa erotetaan muusta jakelujärjestelmästä näin ollen relesuojauksen toiminta on selektiivinen. Selektiivisyys on mahdollista saavuttaa porrastamalla toiminta-aikoja ja/tai -arvoja. Mittausherkkyys on oltava suojareleissä riittävän hyvä. Suojaamattomia alueita ei saa olla sähköjakeluverkossa esimerkiksi verkon kytkentämuutoksien yhteydessä. Näin rajoitetaan käyttöhäiriöiden ja häiritsevien tekijöiden määrää. (ABB. 2023)

## Suojareleistyksen yleiset vaatimukset



Kuva 17. Suojausalue (ABB. 2023)

## Suojareleistyksen yleiset vaatimukset



Kuva 18. Virta ja aikaselektiivinen suojaus (ABB 2023)

Suojareleet on mahdollista liittää käytöntuki- ja käytönvalvontajärjestelmiin kuten myös eri automaatiojärjestelmiin. Kommunikaatioyhteyksien häiriöt eivät saa vaikuttaa suojarleen toimintaan. (ABB 2019)



Suojareleessä pitää olla riittävän kattava itsevalvontatoiminta, joka välittää käyttöhenkilökunnalle hälytyksen, mikäli releessä todetaan sisäinen vika joka voi mahdollisesti aiheuttaa suojauksen virhetoiminnan tai pahimmassa tapauksessa suojauksen toimimattomuuden. Suojareleiden kunto ja toimivuus on varmistettava. Esimerkiksi suojaus on voitava koestaa ja huoltaa käytön aikana ilman käyttökeskeytyksiä. (ABB 2023)

### 2.3.4 Suojareletyypit

Ensiö- eli primäärireleet ovat mekaanisesti kytkettäviä suojareleitä, joiden toiminta perustuu virran aiheuttamaan sähkömagneettikentän muutokseen. Tämä muutos puolestaan aiheuttaa katkaisijan mekaanisen auki ohjauksen. Releen toiminta-arvo ja -aika on säädettävissä. Vaikka primäärireleet ovat mekaanisesti jäykkiä, ne ovat myös erittäin epätarkkoja. (ABB 2023)

Sähkömekaaniset toisioreleet kytketään ensiöpiiriin mittamuuntajien välityksellä, ja niiden toiminta perustuu virran aiheuttamaan sähkömagneettikentän muutokseen. Tämä muutos puolestaan aiheuttaa releen kosketintoiminnan, joka laukaisee katkaisijan sähköisesti. Releet toimivat sähkömagneettisesti, sähködynaamisesti, ferrodynaamisesti sekä induktio- ja lämpöperiaatteella. Toiminta-arvo ja -aika on säädettävissä. Vaikka releet ovat mekaanisesti jäykkiä, ne ovat myös erittäin epätarkkoja. (ABB 2023)

Tasasuuntaajareleet ovat ensiöpiirin mittamuuntajan välityksellä kytkettyjä suojareleitä, joiden toiminta perustuu virran aiheuttamaan sähkömagneettikentän muutokseen. Tämä muutos puolestaan aiheuttaa releen kosketintoiminnan, joka laukaisee katkaisijan sähköisesti. Releet toimivat sähkömagneettisesti, sähködynaamisesti, ferrodynaamisesti sekä induktio- ja lämpöperiaatteella. Toiminta-arvo ja -aika on säädettävissä.. (ABB 2023)

Staattiset releet ovat ensiöpiirin mittamuuntajan välityksellä kytkettyjä suojareleitä, joiden toiminta perustuu elektroniikan käyttöön releen omissa

mittaussignaalin muokkauselimissä. Katkaisijaa ohjataan mekaanisesti kosketintoiminnalla ja releissä on sähköinen lukitus- ja lupapiirien käyttö. Toiminta-arvot ja ajat säädettävissä. Releet pääosin melko tarkkoja. (ABB 2023)

Mikroprosessireleet on ensiöpiiriin mittamuuntajan välityksellä kytkettyjä suojarahleitä, joiden toiminta perustuu elektroniikan sekä mikroprosessorin käyttöön releen omissa mittaussignaalin muokkauselimissä. Katkaisijan ohjaus on mekaanisesti kosketintoiminnalla ja releissä on sähköinen lukitus- ja lupapiirien käyttö. Mikroprosessireleissä on myös jo itsevalvontatoiminnot. Toiminta-arvo ja aika on säädettävissä. Nämä releet ovat erittäin tarkkoja. (ABB 2023)

Numeeriset suojarahleet ovat ensiöpiiriin mittamuuntajan välityksellä kytkettyjä suojarahleitä, joiden toiminta perustuu pääosin elektroniikan sekä DSP- ja ASIC-tekniologian käyttöön. Numeerisissa releissä on myös jo itsevalvontatoiminnot, kuten myös häiriön tallennus ominaisuudet, vianpaikannustoiminnot, kunnonvalvontatoiminnot sekä useita eri kommunikointiprotokollia. Releet ovat todella tarkkoja ja nopeita. (ABB 2023)

Oikeanlainen suojarahle KJ -kojeistoihin riippuu useista tekijöistä, esimerkiksi kojeiston ominaisuuksista, suojarahleksen tarpeesta ja käyttökohteesta. Tekijät, joita on otettava huomioon suojarahleksen valinnassa, on suojarahleksen laitteen ominaisuudet ja suojarahleksen tulee olla yhteensopiva suojarahleksen kanssa. Kuten jännitteen, virran tai taajuuden mukaan. Suojarahleksen pitää olla suunniteltu suojarahleksen tyyppin mukaan, eli esimerkiksi ylikuormitussuojaus tai oikosulkusuojaus. Suojarahle pitää olla myös suunniteltu suojarahleksen tason mukaan. Eli releen pitää pystyä havaitsemaan ja reagoimaan suojarahleksen laitteen mahdollisiin vikoihin ja häiriöihin. Myös erilaiset käyttöympäristöt on otettava huomioon, esimerkiksi kosteat ja pölyiset tilat. Ja Suojarahleksen täytyy täyttää käyttökohteen vaatimukset, kuten turvallisuusvaatimukset ja standardit. (SFS-EN 62271-1-standard)

Nykyään lähes kaikki uudet suojarahleet ovat numeerisia releitä. Yleisimpiä suojarahleetyyppejä ovat esimerkiksi virtareleet, alijännitereleet, ylijännitereleet,

taajuusreleet, suuntareleet ja tehoreleet. Releen tyyppi määräytyy täysin suojausten tyyppin, tason, käyttöympäristön, standardien ja turvallisuusvaatimuksien mukaan. (ABB. 2023)

Tyypillinen teollisuudessa käytettävä suojarele on esimerkiksi ABB:n REF615, (Kuva 14) joka on suunniteltu voimalaitosten, sähköasemien ja teollisuuden sähkövoimajärjestelmien suojaukseen, ohjaukseen, mittaukseen ja valvontaan. (ABB.2014)

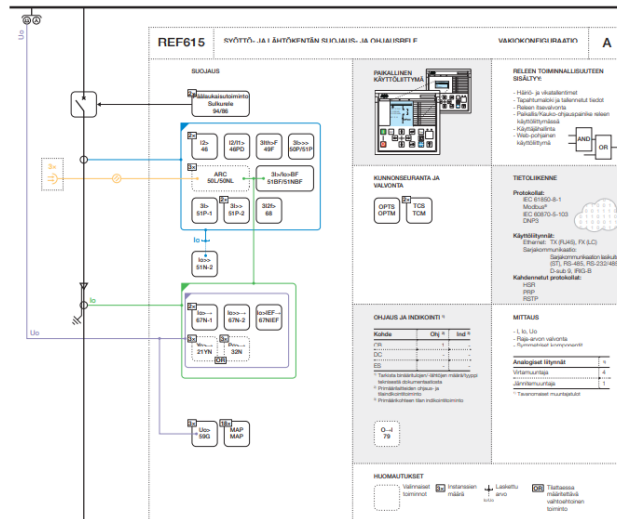
Suojarele toimii mm. jakeluverkkojen ja kaapelisyöttöjen pääsuojana. Sitä voi käyttää myös varmistussuojana sovelluksissa, jotka vaativat itsenäistä rinnakkaissuojausjärjestelmää. Rele soveltuu valitun vakiokokoonpanon mukaan ilmajohtojen ja kaapelisyöttöjen suojaukseen maasta eristetyissä, maadoitusvastusta käytettävissä, sammutetuista ja suoraan maadoitetuissa verkoissa. (ABB.2014)



Kuva 19. REF615 Suojarele. (ABB. 2014)

Seuraavassa havainnekuvassa (Kuva 15) esimerkkinä yksi vakio konfiguraatio mitä REF615 voidaan käyttää.

Suuntaamaton ylivirtasuojaus ja suunnattu maasulkusuojaus ja katkaisijan ohjaus:

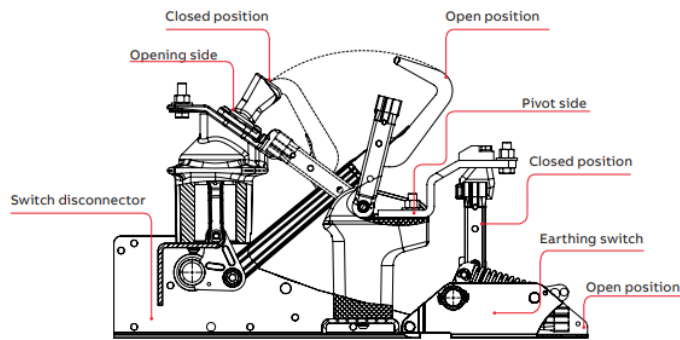


Kuva 20. Vakiokonfiguraatio A (ABB, 2014)

### 2.3.5 Kytkinlaitteet

Erottimia yleisesti käytetään sähköverkon eri osien erottamiseen toisistaan esimerkiksi huolto- tai korjaustöiden ajaksi. Normaalisti käytettyjä erottimia (Kuva 15) voivat olla ilmaeristeiset tai kaasueristeiset erottimet. Ilmaeristeisissä erotettavat osat erotetaan toisistaan ilman avulla, kun taas kaasuerottimissa käytetään eristyskaasua, esimerkiksi rikkiheksafluoridia. Erottimia voi olla myös yksi tai kaksi puolisia ja niitä voidaan ohjata manuaalisesti tai automaatiolla. Erottimella ei voi erottaa sähköverkkoa, jossa on kuormaa, vaan tähän tarkoitukseen käy kuormanerotin. (ABB, 2004)

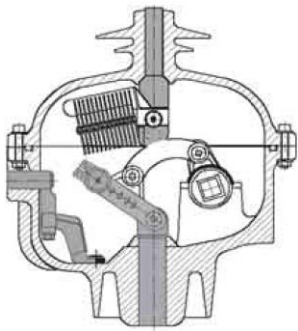
Esimerkkinä ABB erotin NAL (Kuva 15). Erotin koostuu eristimillä varustetusta kehikosta ja virtalähteistä. Kantavista elementeistä. Sisältäen kaksi erilaista toimintamekanismia. (ABB, 2004)



Kuva 21. Erotin ABB (ABB.2004)

Kuormanerotin on kytkinlaite, joka sisältää erottimen sekä kytkimen. Kuormanerotimia käytetään yleensä kuormallisen sähköverkon erottamiseen toisistaan. Yleensä kuormanerotit ovat pienempiä kuin muuntajaerotit ja niitä käytetään monesti pienjänniteverkoissa. Jotta huolto ja kunnossapidotyöt voidaan suorittaa turvallisesti, käytetään sähköverkon kuorman turvalliseen irrottamiseen kuormanerotimia. (ABB. 2004)

Esimerkkinä ABB kuormanerotin SFG (kuva 16). Kuormanerotimella on kolme asentoa, kiinni, auki ja maadoitettu. Valokaaren sammutus- ja eristysaineena on SF6 kaasu. Runkoon on asennettu kaksi termoplastisesta muovista tehtyä tarkastusikkunaa. (ABB. 2004)

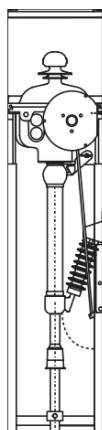


Kuva 22. Kuormanerotin ABB (ABB. 2004)

Varokekuormanerotit (Kuva 17) yleensä ovat suurempia kuin kuormanerotit, näin ollen niitä käytetään suuremmissa sähköverkoissa.

Varokekuormanerotimet voivat olla yksi tai kaksipuolisia, riippuen monta sähköverkon osaa halutaan erottaa toisistaan. Ovat yleensä manuaalisesti ohjattavia, ja ne on suunniteltu kestävämpiä virta- ja jännitekuormia kuin kuorman erottimet. Varokekuormanerotin on varustettu vapaalaukaisulaitteella. (ABB. 2004)

Esimerkkikuva (Kuva 17) on varokekuormanerotinkkenno SDF. Peruskenno on varustettu SF6- eristeisellä, 3-asentoisella SFG-kuormanerottimella sekä siihen liittyvällä erillisellä maadoituskytkimellä ja ohjauslaitteella. Varokkeen maadoitus on kuormanerottimen molemmin puolin, joten varoke voidaan vaihtaa turvallisesti jännitteettömänä. (ABB. 2004)



Kuva 23. ABB Varokekuormanerotin SFG (ABB. 2004)

Katkaisijat ovat kojeita, joita käytetään virtapiirien turvalliseen avaamiseen ja sulkemiseen. Niiden on pystyttävä sulkemaan ja katkaisemaan virtapiirin suurin mahdollinen virta ilman vaaran aiheuttamista. Katkaisijan on myös pystyttävä katkaisemaan virtapiirissä esiintyvä suurin oikosulkuvirta ja sillä on voitava kytkeä nimellisjännitteinen virtapiiri verkon oikosulkuun. Katkaisun on tapahduttava niin, että katkaisija ei vahingoitu ja muulle syöttöverkolle aiheutuu mahdollisimman vähän häiriötä. (ABB. 2004)



Kuva 24. ABB tyhjiökatkaisija VD4/S, kiinteä malli. (ABB.2004)

Katkaisija voi toimia joko automaattisesti tai käsiohjauksella. Yleisin syy automaattiseen katkaisuun on ylivirta, jolloin virtapiiriin kytketty rele antaa ohjauksikäskyn katkaisijalle. Katkaisija voi myös sulkeutua automaattisesti. Virtapiirin katkaisussa virta ei katkea heti koskettimien avautuessa, vaan virtapiiri pysyy suljettuna valokaaren välityksellä. Valokaaren sammumista auttaakseen valitaan katkaisukammiossa käytettävä väliaine. Katkaisijat voidaan ryhmitellä sen mukaan, mitä väliainetta niissä käytetään: SF<sub>6</sub>-kaasukatkaisijat, ilmakatkaisijat, öljykatkaisijat, vähäöljykatkaisijat, paineilmatkaisijat ja tyhjiökatkaisijat. (kuva 18). (ABB.2004)

SF<sub>6</sub>-katkaisijat ovat yleensä taloudellisin vaihtoehto suurilla jännitteillä, ja ne ovat syrjäyttäneet lähes täysin muut katkaisinlajit. Keskijännitealueella yleisimpiä katkaisinlajeja ovat tyhjiökatkaisijat ja kaasukatkaisijat. Öljy- ja paineilmatkaisijoita ei enää käytetä uusissa kojeistoissa. Öljykatkaisijan ongelmana on sen mahdollinen räjähdysalttius, sillä öljyn määrä katkaisijassa on suuri. Lisäksi valokaari aiheuttaa öljyn likaantumisen ja heikentää sen eristävyyttä. Paineilmatkaisijoiden huonona puolena on, että ne tarvitsevat toimiakseen paineilmaverkoston ja ilmankuivauksen. (Granlund. 2023)



*HD4/S-katkaisija, jossa PR521-ylivirtalaukaisin*

Kuva 25. ABB SF6-katkaisija HD4/S, kiinteä malli. (ABB.2004)

Kaasukatkaisijat ovat huoltovapaita ja joissa on suuri ohjaustoimintojen määrä. Pitkä sähköinen ja mekaaninen elinikä, kauko-ohjaus, kattavat lisävarusteet ja monia mukautusmahdollisuuksia. SF6 on palamaton kaasu, ja tämän ansiosta sillä on erinomaiset eristysominaisuudet. Sen puhallus- ja jäähdytysvaikutukset sekä koskettimien erityinen muotoilu saavat valokaaren sammumaan asteittain ja palauttavat nopeasti kaasun eristysominaisuudet ilman uudelleensyttymistä. Tämän prosessin takia ylijännitearvot ovat erittäin alhaiset ja valokaarien kesto on lyhyt. Juuri näiden ominaisuuksien ansiosta HD4/S (Kuva 19) katkaisija on käyttökelpoinen keskijännitemuuntamoille. (ABB. 2004)

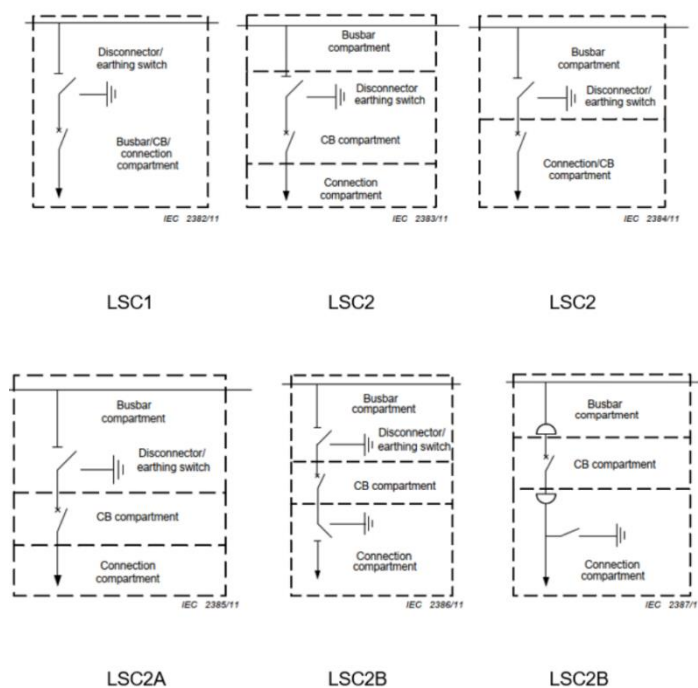
Vaunukatkaisijat tulivat käyttöön 1970-luvulla, joissa katkaisijaa ympäröivät erottimet korvattiin katkaisijavaunulla. Kun katkaisijavaunu vedettiin ulos, se muodosti riittävän ilmavälin. Nämä kehitettiin vastaamaan sähkölaitosten ja teollisuuden vaativiin käyttötarpeisiin, jotta huolto voitiin suorittaa nopeammin ja erottimien aiheuttamat viat voitiin vähentää. Vaunukatkaisija on fiksumpi valinta esimerkiksi teollisuuden kriittisiin sähkösyötön kohteisiin. Huolto ja vaihtotöissä säästetään aikaa, rahaa ja vaunukojeisto on katkaisija tyypeistä yksi turvallisimmista tehdä huoltotöitä. (Granlund. 2023)

### **2.3.6 Keskijännitekojeistojen luokitukset**



Keskijännitekojeistot voidaan jakaa kahteen osastointiluokkaan, PM ja PI, jotka määrittävät käytetyn materiaalin väliseinissä. Osastoinnin tarkoitus on erottaa jännitteiset osat ja avattavat osastot toisistaan, jolloin saadaan aikaan tietty suojaustaso. Osastointiluokka PM tarkoittaa, että väliseinät ovat valmistettu metallista ja ne on kytketty maadoitukseen. Osastointiluokka PI tarkoittaa, että yksi tai useampi väliseinä on muuta materiaalia kuin metallia, kuten muovia tai lasikuitua, eivätkä ne ole maadoitettuja. (IEC Standard 2382/11)

Käyttökatkosluokitus määrittää, kuinka paljon jännite voi säilyä kojeiston muissa osissa, kun kojeterä avataan. LSC1-luokassa jännite ei säily kojeiston muissa osissa luukkujen avattaessa, ja tämä voi edellyttää kojeiston erottamista virtapiiristä. LSC2-luokka mahdollistaa kojeiston luukkujen avaamisen samalla kun muut kojeiston osat pysyvät jännitteisinä. Vähimmäisvaatimuksena on, että kaapelipäättilan pystyy avaamaan, kun kokoojakisko on jännitteinen. LSC2A-luokka koskee kojeistoja, joissa on avattavat osastot muille kuin kaapelipäätetilalle, esimerkiksi pääkojeterälle. Tämä mahdollistaa minkä tahansa osaston avaamisen samalla kun kokoojakiskotila on jännitteinen, kunhan avattava osasto on jännitteetön ja maadoitettu. LSC2B-luokassa lisänä LSC2A-luokkaan verrattuna, myös kaapelipäättila voidaan pitää jännitteisenä. (IEC Standard 62271-200)



Kuva 26. Käyttökatkosluokitukset. (IEC Standard 2382/11)

### 3 Opinnäytetyön toteutus

Opinnäytetyö toteutettiin toimeksiantona Granlund Oy:lle. Työ tehtiin 2024 kevään työharjoittelun aikana, joten Granlundin työtehtävät ja opinnäytetyön tekeminen tukivat hyvin toinen toisiaan. Opinnäytetyöhön liittyviä kysymyksiä pystyi kysymään aina työpäivän aikana muilta suunnittelijoilta ja esihenkilöiltä. Tutkielman kysymykset ja kyselyn jakelutapa muodostettiin yhdessä kollegoiden kanssa. Tutkimusmenetelmäksi muodostui kvalitatiivinen tutkimus, josta on kerrottu alempana tarkemmin. Tutkielman tulokset esitetään erilaisten kaavioiden avulla.

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa täytyy huomioida, mitä ilmiötä ollaan tutkimassa. Järkevää olisi valita haastateltavat henkilöt niin että heillä on mahdollisimman paljon asiantuntemusta tai kokemusta kyseisestä aiheesta. On, todella tärkeää että asiantuntemus perustuu haastateltavan henkilön omaan kokemuspohjaan. (Kananen. 2010, 36)

Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus on yksi tapa suorittaa mikä tahansa tutkimus, jossa tavoitteena on tehdä uusia havaintoja tutkittavasta aiheesta. Laadullisessa tutkimuksessa ei ole määrällisiä tai tilastollisia tutkimuskeinoja apuna kuten määrällisessä on tapana, vaan havainnot ja löydökset esitetään sanallisesti. Laadullisen tutkimuksen tavoitteena on mahdollistaa tutkijan ymmärryksen lisääminen sekä tuottaa uutta tietoa tutkittavasta aiheesta. Laadulliselle tutkimukselle tyypillistä on iterointi. Aineistoa kerätään ja analysoidaan koko tutkimuksen ajan, ja työvaiheet voivat sekoittua. Aineistoa analysoidaan ja kerätään niin kauan, kunnes tutkijan asettama tutkimusongelma selviää ja tutkija itse on ymmärtänyt tutkittavan ilmiön riittävän laajasti. (Kananen. 2014, 18-19.)

Kvalitatiivinen tutkimus kohdistetaan monesti yksittäiseen tapaukseen, koska tavoitteena ei ole tutkia aihetta yleisellä tasolla vaan saada mahdollisimman hyvä käsitys tapaukseen liittyen. Tärkeimmät tiedonkeruumenetelmät ovat laadullisessa tutkimuksessa esimerkiksi teemahaastattelut ja tutkijan omat havainnot. (Kananen. 2014, 19.)

Työn tavoitteena on havainnoida tutkielmassa esille nousseita asioita ja tunnistaa asioita mitkä vaativat kehittämistä. Tutkimusongelmaksi määritettiin kysymys ”Miksi keskijännitesuunnittelussa osajia on normaalia vähemmän?” Tutkimusongelmasta johdettiin seuraavat tutkimuskysymykset: Tarvitseeko sähkösuunnittelijat lisäkoulutusta KJ-kojeisto suunnitteluun? Missä aihealueissa tarvitaan eniten lisäkoulutusta? Ja miten 10-20kv kojeistot teollisuuslaitoksissa, suunnittelijan opas opinnäytetyö voi olla tukena suunnittelussa?

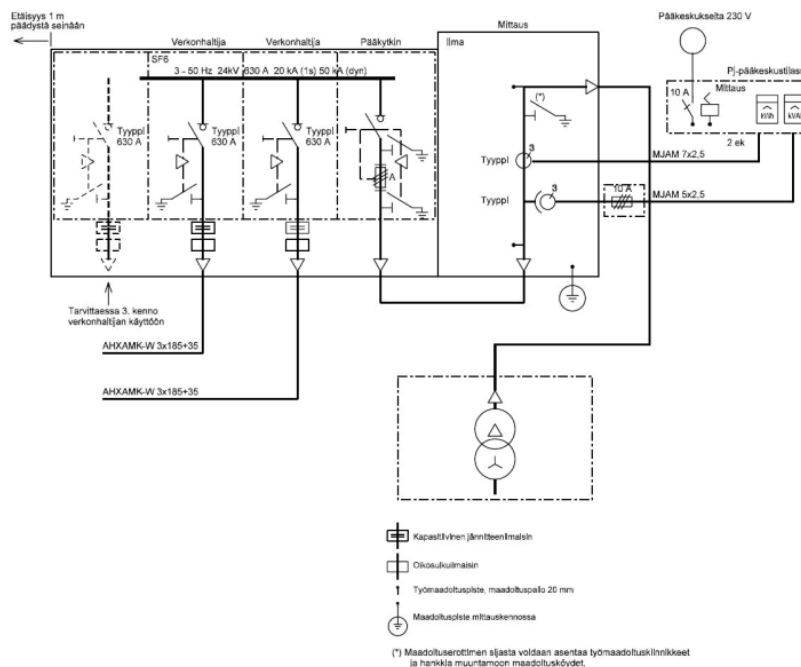
#### **4 Suunnittelijan opas**

Kojeistosuunnittelun vaiheet mitä suunnittelijan pitää ottaa huomioon suunnittelun alussa ovat: Kojeiston kuormitus, suunnittelussa otettava huomioon kuormituksen tyyppi ja suuruus. Esimerkiksi valaistus ja moottorit vaativat erilaisia kojeistoja. Kojeistojen jännitetaso, KJ-kojeistoja käytetään jännitteillä 3.3kv – 36kv. Suunnittelussa erittäin tärkeää valita oikea jännitetaso käyttökohteen mukaan. Turvallisuus, kun KJ-kojeistoja suunnitellaan, on otettava huomioon turvallisuusnäkökohdat, kuten eristys- ja maadoitusjärjestelmät sekä suojalaitteet. Olosuhteet, sijoituspaikka vaikuttaa merkittävästi suunnitteluun. Esimerkiksi kosteissa ja pölyisissä ympäristöissä voidaan tarvita erityisiä suojausjärjestelmiä. Käyttöikä, käyttöikä on otettava huomioon, kun kojeistoa suunnitellaan ja myös huolto-ohjelma. Kustannukset, suunnittelussa on mietittävä myös kustannukset, kuten laitteiden asennuskustannukset, käyttökustannukset ja hankintakustannukset.

Keskijännitekojeistojen suunnittelussa suunnittelijan on otettava huomioon verkkoyhtiöiden vaatimukset. Verkkoyhtiö voi määrittää sähkötekniset suureet, erilaiset suojausmääräykset, mittaus ja ohjaus tiedot ja turvaetäisyydet.

Verkkoyhtiöiden vaatimuksissa voi olla eroavaisuuksia ja erilaisille kojeistotyypeille on erilaiset vaatimuksien sisällöt. (Vantaan energia. 2019)

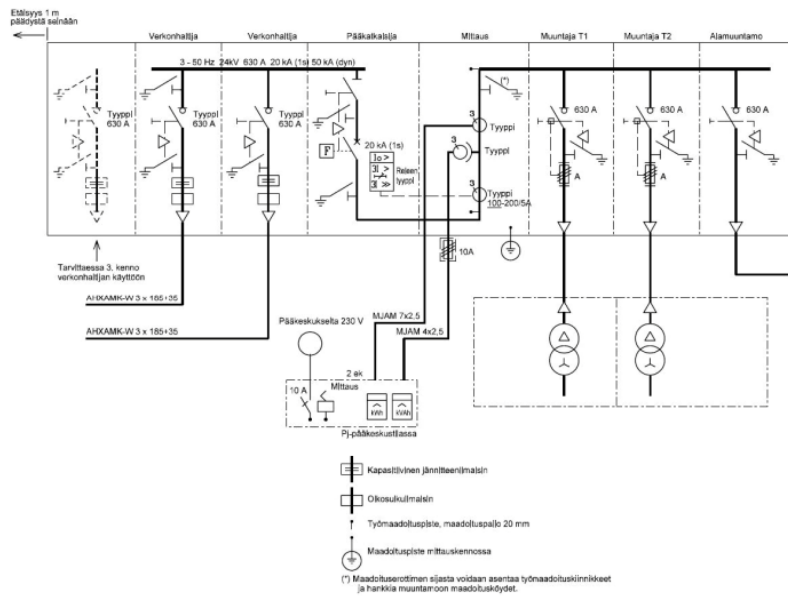
SF6-kaasueristeisen kojeiston mahdollisia vaatimuksia voi olla pääkytkin (varokekuormanerotin), maksimi sulakekoko 63A ja vain yksittäisen muuntajan suojaukseen. Kolmas kalustettu kenno on tarkoitettu verkonhaltijan käyttöön, kuormanerotin on varustettava moottoriohjaimilla, joissa käyttöjännite 24v. Liittymiskennossa on oltava SF6-kaasupaineen mittauspiste, josta kosketintietona lähtee hälytys kaasun alipaineesta. Ja kaapelipäätteiden kaapelikenkien korkeus oltava vähintään 1,5 metriä kaapelikanaalin pohjasta. (Vantaan energia. 2019)



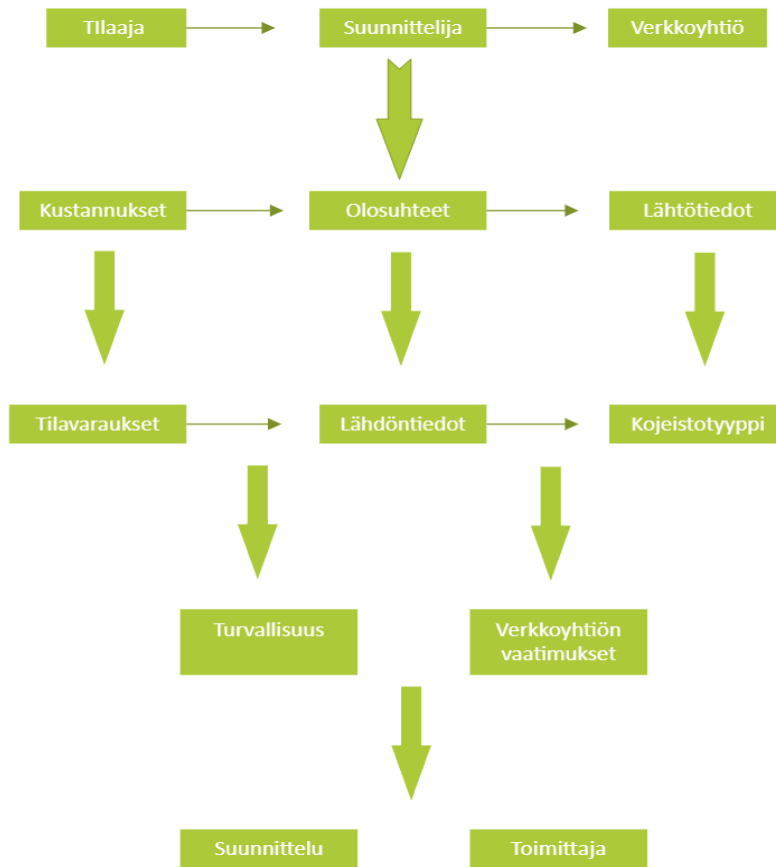
Kuva 27. Kaasueristeisen kojeiston pääkaavio (Vantaan energia. 2019)

Ilmaeristeisen kojeiston mahdollisia vaatimuksia voivat olla: pääkatkaisija on varustettava maasulkusuojauksella, jos muuntajia on enemmän kuin yksi. Kolmas varustettu kenno on tarkoitettu verkonhaltijan käyttöön ja

kuormanerotimet on varustettava moottoriohjaimilla, joissa ohjausjännite on 24V. Kaapelipäätteiden kaapelikenkien korkeus oltava vähintään 1,5 metriä kaapelikanaalin pohjasta. (Vantaan energia. 2019)



Kuva 28. Ilmaeristeisen kojeiston pääkaavio. (Vantaan energia. 2019)



Kuva 29. Kojeisto suunnittelun järjestelmäkaavio

Yllä olevassa prosessikaaviossa on esitetty eri tekijöiden vaikutuksista kojeiston valintaan liittyen. Kun kojeistoa lähdetään valitsemaan, täytyy ensimmäisenä suunnittelijan selvittää tulevan sähköverkon kuormitukset. Kun lähdön tiedot ovat selvillä tulee tilaajalta selvittää millainen tilavaraus kojeistoa varten, on varattu. Seuraavana voidaan lähteä miettimään voiko kojeistolle varattuun tilaan asentaa moduulikojeiston tai jos tila ei riitä täytyykö valita kompaktikojeisto. Kojeiston kokoon vaikuttaa suoraan myös se, onko kojeisto kaasueristeinen vai ilmaeristeinen tai onko kojeisto kiinteä vai vaunukojeisto. Kojeiston tyyppin valintaan vaikuttaa myös tilaajan budjetti. Kompaktit kiinteät kojeistot ovat edullisempia kuin esimerkiksi vaunukojeistot. Tilaajan täytyy, myös miettiä tuleeko tulevaisuudessa laajennukselle tarvetta. Tällöin vaunukojeisto on järkevin valinta.

Kojeiston tyyppin ratkettua täytyy ottaa huomioon verkkoyhtiön vaatimukset. Verkkoyhtiöillä on omat vaatimuksensa niin ilmaeristeiselle kuin SF6-kaasu eristeisille kojeistoille. Kojeistojen komponenteissa on eroavaisuuksia eri

kojeistotyyppien välillä. Kun verkkoyhtiönkin vaatimukset on otettu huomioon mitä kojeiston täytyy, pitää sisällään voidaan siirtyä tarjouspyyntö vaiheeseen. Näin ollen eri laitetoimittajat voivat tarjota omaa ratkaisuaan kojeiston malliksi.

Tarjouspyyntö vaiheeseen on laadittu alla oleva Excel taulukko (taulukko 1), josta laitetoimittaja näkee suoraan kojeiston vaatimukset. Vaatimukset on täytetty taulukkoon aikaisemmin selvitettyjen lähtötietojen perusteella.

Laitetoimittaja voi suoraan täydentää, heidän tarjoamansa kojeiston tekniset tiedot taulukkoon ja laittaa taulukon tarjouksen liitteenä tilaajalle.

1				
2	Technical Specifications W1 SJK xxx <input type="text"/>			
3				
4	24 kV Main Switchgear 1250 A, Short Circuit (3s / Peak): 20 / 50 kA, LSC 2A, PM, IAC-AFLR (16 kA 1 s), Single Bay modules			
5	<b>Description</b>	<b>Unit</b>	<b>Requested (EoR to fill in)</b>	<b>Provided (Vendor to fill in)</b>
6	Manufacturer's Name			
7	Country of Manufacture			
8	Type		Air Insulated, SF6 free, Fixed Vacuum Circuit Breakers	
9	Loss of Service Continuity (LSC)		2A	
10	Partition between compartments		PM	
11	Construction		Single Bay modules	
12	Standards		IEC 62271, IEC 60265-1, IEC 60529	
13	Installation		Indoor	
14	Utilisation		Main Switchgear	
15				
16	<b>Normal Service conditions</b>			
17	• Ambient temperature	°C	0°C to +40°C	
18	• Relative humidity	%	90	
19	• Altitude of installation above sea level	m	< 1000	
20	Rated maximum voltage	kV	24	
21	Rated service voltage	kV	10 (Future 20)	
22	Rated frequency	Hz	50	
23				
24	<b>Rated current</b>			
25	Rated current (W1 SJK LDK1.1)	A	1250	
26	Rated Short Circuit current (3 s)	kA	20	
27	Rated Peak Short Circuit current	kA	50	
28				
29	<b>Rated Withstand voltages</b>			
30	Rated power frequency withstand voltage	kV	50	
31	Rated lightning impulse withstand voltage	kV	125	
32				
33	<b>Internal Arc Flash Protection</b>			
34	Internal Arc Classification (IAC)		AFLR	
35	Internal Arc Flash Current	kA	16 kA 1 s	
36	Arc Flash Energy mitigation measures		Arc Flash Relay, current & light	
37	On Detection		Trip all CBs feeding the fault zone	
38	Operation Time	ms	≤ 4	

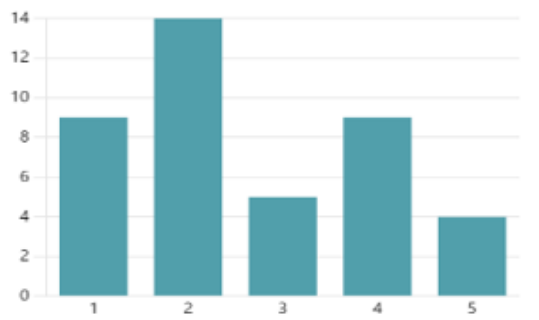
Taulukko 1. Keskiännitekojeisto tekniset määräykset. (Granlund. 2024)

## 5 Tulokset

Tulokset perustuvat Granlundin sähkösuunnittelijoille tehtyyn kyselyyn. Kyselyn tulokset on kuvattu tässä luvussa auki sanoin ja erilaisilla kaavioilla. Tulokset osiossa tehdään päätelmiä, kuinka saatujen vastauksien perusteella voidaan kehittää ongelma kohtia.

Kyselyn rajaus ja aiheet mietittiin yhdessä Granlund Oy:n esihenkilöni kanssa. Koska aihealue on todella laaja, piti kysely rajata aika suurpiirteisesti menemättä enemmän kyseisen aiheen sisälle. Kyselyn kysymyksiä laatiessa, otettiin myös huomioon teollisuusryhmän suunnittelijoiden mielipiteitä.

Kyselyn ensimmäinen kysymys liittyy yleisesti, millaiset valmiudet suunnittelijalla on KJ-kojeisto suunnitteluun. Taitoasteikkona yhdestä viiteen, pistettä. 1 vastaa, huonoa ja 5 vastaa asiantuntijaa. Vastauksia saatiin yhteensä 43 kpl ja vastausten keskiarvo arvosananana oli 2.63. Kuvassa (kuva 29) tulokset esitetty myös pylväsdiagrammina.



Kuva 30. Suunnittelijan valmiudet suunnitteluun

Kyselyn tuloksista voidaan päätellä, että KJ-kojeisto suunnittelun tietämys on melko heikkoa isommassa kuvassa. Tämä on yleinen käsitys, minkä itse olen myös havainnoinut Granlund Oy:n palveluksessa työskennellessä.

Toinen kyselyn kysymyksistä liittyi tarkentamaan ensimmäisen kysymyksen vastausta. Onko jokin seuraavista aiheista, missä erityisesti tarvitsisit lisäkoulutusta tai tukea KJ-kojeisto suunnitteluun. Rajasin aiheet opinnäytetyön



tietoperustan mukaan tähän kyselyyn. Aiheet on esitetty seuraavassa kuvassa. (Kuva 30)



Kuva 31. Suunnittelijan lisäkoulutuksen tarve taulukko.

Vastauksista voidaan havainnoida, että eniten lisäkoulutus tarvetta olisi suojareleisiin liittyen. Mutta kokonaisuutta kun katsotaan ja huomioidaan kyselyyn vastanneiden lukumäärä niin lisäkoulutus tarve olisi ihan yleisesti KJ-kojeistoihin liittyen ja kaikkeen mitä kojeisto voi pitää sisällään. Muu osioon oli myös tullut vastauksia ”yleisesti kojeistot” ja ”maasulkusuojaus”.

Taustalla vaikuttaa varmasti se, että yleisesti teollisuussähkösuunnittelu on melko vieras suunnittelun ala Granlund Oy:llä. Teollisuuden sähkösuunnittelua ollaan koko ajan viemässä eteenpäin ja yritetään näin kasvattaa liiketoimintaa. Teollisuudensähkösuunnittelu on monin tavoin erilaista ja monimutkaisempaan normaaliin sähkösuunnitteluun verraten. Erilaiset standardit ja lainalaisuudet tekevät suunnittelusta paljon haastavampaa. Jo itsessään se, että jännitealue on 1000V:in ja 36000V:in välillä, lisää paljon erilaisia turvallisuuteen liittyviä teknisiä vaatimuksia, mitä ei pienemmillä käyttöjännitteillä tarvitse huomioida.

Granlund Oy:llä on jo itsellään hyvä koulutusmateriaali KJ-kojeistoihin liittyen, mutta ongelmana oli aineistojen löytyminen. Yleinen mielikuva mikä kyselystä jäi ensimmäisenä mieleen oli, että ei oikein tiedetä edes mistä aiheesta puhutaan. Koulutusmateriaaliin voisi lisätä, ihan perusteet kojeistoihin liittyen mikä niiden tehtävä on sähkönjakelussa ja mitä ne voivat pitää sisällään. Ja

mikä määrittelee sen, millaista tekniikkaa kojeiston täytyy sisältää, että se soveltuu teollisuus käyttöön.

Kun niin sanotut perusteet on käyty läpi, voitaisiin keskittyä aihe aiheelta mitä kaikkea kojeisto pitää sisällään. Kun teoria laitteiden osalta on käyty, voitaisiin perehtyä sitten mitä vaatimuksia kojeistoihin ja laitteisiin liittyy. Esimerkiksi mitä verkkoyhtiö vaatii eri mallisten kojeistojen sisältävän.

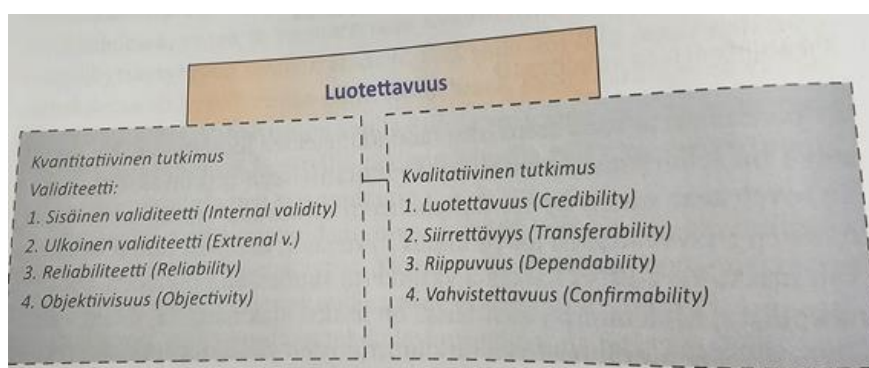
## 6 Pohdinta

Tutkielman perusteella voidaan todeta, että KJ-kojeisto suunnitteluun liittyvät asiat ovat melko tuntemattomia suurimmalle osalle sähkösuunnittelijoista. Toki osaajia myös löytyy, mutta jos teollisuuden keskijännite puolen suunnittelua halutaan viedä eteenpäin, osaajia tarvitaan enemmän. Näin ollen koulutukseen täytyy panostaa. Toki kasvamiseen tarvitaan myös tarvittavia resursseja, joten koulutus ei ole ainoa ratkaisu ongelmiin.

KJ-kojeisto suunnittelu ja yleisesti teollisuuden sähkösuunnittelu on vielä melko vieras suunnittelun haara Granlund Oy:llä. Teollisuuden suunnittelussa tarvitaan erilaista osaamista ja vieläkin laajempaa kokemusta sähkötekniikkaan ja olosuhteisiin liittyen. Näin ollen kasvu ei tapahdu hetkessä.

Työssä käytetty tutkimusmenetelmä kvalitatiivinen tutkimus eli laadullinen tutkimusmenetelmä ei ole ehkä paras mahdollinen tai ei täysin vastaa juuri tämän tutkimuksen rakenteisiin. Työssä on kuvattu laadullista tutkimusmenetelmää tarkemmin, koska se suurimmilta osin kuitenkin toimii tässäkin tutkielmassa. Lopputuloksesta voisi tutkielman osalta tehdä yhteenvedon tutkimusmenetelmästä, että tässä on sovellettu laadullista sekä määrällistä tutkimus menetelmää.

Laadullisessa tutkimuksessa luotettavuutta voidaan lisätä monilla yksinkertaisilla asioilla, nämä asiat täytyy muistaa jo siinä vaiheessa, kun opinnäytetyötä aletaan kirjoittamaan. Kaikki mahdollinen dokumentaatio mikä tarttuu opinnäytetyön matkalla mukaan kannattaa säilyttää, koska jälkeen päin muistaminen on lähes mahdotonta. Valittaessa tiedonkerjuu-, analysointi- ja tulkintamenetelmiä, voidaan kirjata valinnan syyt ja perustelut. Tämä on eräänlainen menetelmien ja koko työn arvioitavuus. Kun tulkitaan aineistoa, tarvitaan omanlaistansa ammattitaitoa. ”Joskus on sanottu tulkintoja olevan yhtä monta kuin on tulkitsijoitakin” (Kananen, J. 2010). Samanlaisista aineistoista voidaan tehdä monenlaisia erilaisia tulkintoja vaihtamalla tarkastelu kulmaa ja tutkimusongelmaa. Koodaamisessa ja teemoittelussa on tulkinnan varaa, mutta tulkinnan saa varmistaa sillä, että joku toinen tutkija tekee saman johtopäätöksen tutkittavasta aiheesta. Kahden eri tutkijan sama lopputulos lisää tutkimuksen luotettavuutta. Tulkinnan ristiriidattomuus on eräänlainen reliabiliteetti. (Kananen, J. 2010)



Kuva 32. Luotettavuuksien erot (Kananen, J. 2010)

Yksinkertainen varmentamistapa on antaa aineisto luettavaksi ja tulkittavaksi aineisto sille, jota se koskee. Tekstin lukee informantti ja vahvistaa tutkijan tulkinnan ja tutkimustuloksen, tällöin voidaan todeta tutkimuksen olevan luotettava. Ongelmakohdaksi voi tulla, jos lukija päätyy tulkinnassaan eri linjoille. Jos tilanne menee pahaksi, informantti voi kieltää tietojen julkistamisen. Joskus yksi havaintoyksikkö ei aina riitä. Jos on sellaisia ilmiöitä, johon liittyy vain yksi havaintoyksikkö, on määrään tyydyttävä. (Kananen, J. 2010)

Loppujen lopuksi laadullisessakin opinnäytetyössä on pohdittava oman työn luotettavuutta. Aikaisemmin esitetyt luotettavuuskäsitteet soveltuvat erilaisiin tilanteisiin. Laadullisen tutkimuksen pääluotettavuuskriteerit ovat: Saturaatio, luotettavuus tutkitun kannalta, tulkinnan ristiriidattomuus ja arvioitavuus / dokumentaatio. (Kananen, J. 2010)

Opinnäytetyössä haastattelin useita alan ammattilaisia eri sidosryhmistä. Sain luotettavaa sisältöä työhön ja erilaisia näkökulmia. Teoriaosassa käytetyt aiheet olivat pääosin täysin uutta tietoa opinnäytetyöntekijälle, joten kokonaiskäsitys laajeni teollisuuden sähkösuunnittelusta ja etenkin kojeistoista. Perehtymällä erilaisiin komponentteihin, joita kojeistot sisältää antaa paljon selvemmän kuvan teollisuuden sähköjakelusta ja mitä kaikkea joudutaan ottamaan huomioon. Yleisesti opinnäytetyön tekeminen kasvatti kriittistä aineiston arviointia sekä auttoi luomaan kokonaisuuksia eri lähteiden pohjalta.

Kvalitatiiviseen tutkimusmenetelmään tutustuminen oli myös osana tätä opinnäytetyötä. Tutkimusmenetelmä ei ollut alun perin tuttu. Vaikkakin tässä työssä ei täysin käytetty laadullisen tutkimuksen periaatteita, niin tutkimusmenetelmän perusteet tulivat hyvin tutuiksi. Opinnäytetyö tehtiin yksilötyönä, joka opetti aikataulujen laatimista ja niiden noudattamista. Varsinkin kun työhön käytettävä aika oli todella rajallinen aloitus ajan takia. Joten nopeat ratkaisut ja päätöksen teot olivat todella paljon läsnä. Uskon että tästä on paljon apua työelämässä.

Merkittävin ammatillinen kasvu tässä opinnäytetyössä liittyi siihen, että opinnäytetyön tekijälle karttui paljon uutta tietoa ja toimintamalleja teollisuuden keskijännite suunnitteluun liittyen. Kokonaiskäsitys teollisuuden sähkösuunnittelusta kasvoi huomattavasti. Asioita pitää osata tarkastella monesta eri näkökulmasta ja ottaa paljon muuttuvia asioita huomioon. Granlund Oy:llä aiotaan kasvattaa teollisuuden sektoria sähkösuunnittelun osalta, joten työssä käsitelty aihe ja työ itsessään on varmasti tukena uusien suunnittelijoiden kouluttautumisessa teollisuuden sähkösuunnitteluun ja nimenomaan keskijännite kojeistoihin.

## Lähteet

ABB Oy. 2004. Koulutusmateriaali.

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK106713A3226&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

ABB Oy. 2014. Koulutusmateriaali.

<https://new.abb.com/products/fi/1SCA022753R5500/ot800e12>

ABB Oy. 2023. Koulutusmateriaali.

<https://new.abb.com/medium-voltage/apparatus/isolators-switches-disconnectors/indoor-switches>

Bruce, Y. 2023. Artikkel.

<https://www.linkedin.com/pulse/medium-voltage-brings-cost-savings-efficiencies-powering-bruce-young>

Granlund Oy. 2012. Koulutusmateriaali.

Joyelectric. 2022. Switchgear classification

<https://www.joyelectric-china.com/info/switchgear-classification-73017116.html>

Kananen, J. 2010. Opinnäytetyön kirjoittamisen käytännön opas.

Kananen, J. 2014. Laadullinen tutkimus opinnäytetyönä : miten kirjoitan kvalitatiivisen opinnäytetyön vaihe vaiheelta.

Niemelä, J. 2010. Opinnäytetyö.

<https://www.theseus.fi/handle/10024/21394>

Short, T. 2006. Electric Power Distribution Handbook

[https://www.academia.edu/28197916/ELECTRIC\\_POWER\\_DISTRIBUTION\\_EQUIPMENT\\_AND\\_SYSTEMS](https://www.academia.edu/28197916/ELECTRIC_POWER_DISTRIBUTION_EQUIPMENT_AND_SYSTEMS)

SFS-EN 62271-1 – standardi. High-voltage switchgear and controlgear.

<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/6/1019451.html.stx>

Schneider electric. 2024. Keskijännitekojeistot.

<https://www.se.com/fi/fi/product-category/87897-keskij%C3%A4nnitekojeistot/>

(Schneider Electric. 2018) Valokaarisuojaus – perusteet ja esimerkkejä.

Tietoarkisto. 2024. Analyysitavan valinta ja yleiset analyysitavat.

<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/analyysitavan-valinta-ja-yleiset-analyysitavat/analyysi-ja-tulkinta/>

Vantaan energia. 2019. Keskijännitekojeistojen pääkaaviot.

<https://frantic.s3.eu-west-1.amazonaws.com/vantaanenergia-ves/uploads/20220404111815/Keskijannitekojeistojen-paakaaviot.pdf>

(Vilkkä. 2015) Tutki ja kehitä.



1. Millaiset valmiudet sinulla on KJ-kojeisto suunnitteluun?  
(Taitoasteikko 1-5 Hehkulamppua. 1=Huono, 5= Asiantuntija)



2. Onko jokin seuraavista aiheista missä erityisesti tarvitsisit lisäkoulutusta tai tukea KJ-kojeisto suunnitteluun?

- Kojeistorakenteet
- Valokaarisuojaus
- Suojareleet
- Kytkinlaitteet (katkaisijat, erottimet...)
- Muu

+ Lisää vast

