

Jiri Tihverä

Keskijännitekojeiston asennusohje

Opinnäytetyö

Insinööri

sähkö- ja automaatiotekniikka

2025



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri AMK
Tekijä/Tekijät	Jiri Tihverä
Työn nimi	Keskijännitekojeiston asennusohje
Toimeksiantaja	Harri Haavikko Oy
Vuosi	2025
Sivut	38 sivua
Työn ohjaaja(t)	Tero Tuhkalainen, Risto Kuitunen

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia selkeä ja käytännönläheinen asennusohje keskijännitekojeistolle Harri Haavikko Oy:n laitetilaympäristöissä tapahtuvaa käyttöä varten. Työ kattaa kojeistojen tyypit, rakennerratkaisut, asennusprosessin vaiheet sekä sähköaseman keskeiset järjestelmät ja turvallisuusnäkökulmat. Ohjeessa kuvataan vaihe vaiheelta kojeiston esivalmistelu, kaapeliläpivientien ja kennojen asentaminen, virtakiskojen kokoaminen, tarkastaminen ja asennuksen päättäminen. Erityistä huomiota kiinnitettiin laitetilatyypin erityispiirteisiin, kuten virtakiskojen löysäämiseen kuljetusta varten sekä modulaarisuuden hyödyntämiseen nopeassa käyttöönotossa.'

Työssä hyödynnettiin useita lähteitä, kuten valmistajien teknisiä ohjeita (ABB, Siemens), standardeja (esim. SFS 6001), Fingridin ja Tukesin ohjeistuksia sekä aiempia tutkimuksia, myös Harri Haavikko Oy:n muiden asentajien osaaamista ja kokemusta. Näiden avulla muodostettiin kokonaisuus, joka vastaa niin käytännön asentajien kuin suunnittelijoiden tarpeisiin. Ohjeistus parantaa turvallisuutta, helpottaa työvaiheita ja tukee sähköasemien tehokasta toteutusta erityisesti esivalmistelluissa laitetilaratkaisuissa. Työ toimii jatkossa perehdytysmateriaalina asentajille ja projektihenkilöstölle.

Avainsanat: keskijännitekojeisto, sähköasema, asentaminen

Degree	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Jiri Tihverä
Thesis title	Installation manual for medium voltage switchgear
Commissioned by	Harri Haavikko Oy
Time	2025
Pages	38 pages
Supervisor	Tero Tuhkalainen, Risto Kuitunen

ABSTRACT

The objective of this thesis was to create a clear and practical installation guide for medium-voltage switchgear, specifically tailored for use in prefabricated substation rooms by Harri Haavikko Oy. The work covers switchgear types, structural solutions, installation steps, as well as essential substation systems and safety considerations. The guide outlines the entire process from site preparation to cable entry installation, switchgear module alignment, busbar assembly, inspection procedures, and final commissioning. Special attention was paid to the characteristics of prefabricated switchgear rooms, such as loosening busbars for transportation and utilizing modularity to enable fast deployment.

The thesis utilized several sources, such as manufacturers' technical manuals (ABB, Siemens), standards (e.g., SFS 6001), guidelines from Fingrid and Tuukes, as well as previous studies and the expertise and experience of other installers at Harri Haavikko Oy. Using these, a comprehensive guide was created to meet the needs of both practical installers and designers. The instructions enhance safety, simplify work phases, and support the efficient implementation of substations, especially in preassembled equipment room solutions. The guide will serve as an orientation material for installers and project personnel in the future.

Keywords: medium voltage switchgear, substation, installation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	KESKIJÄNNITEKOJEISTO	5
2.1	Ilmaeristeiset keskijännitekojeistot.....	6
2.2	Kaasueristeiset keskijännitekojeistot	7
2.3	Liityntäkenno.....	8
2.4	Katkaisijakenno.....	9
2.5	Mittauskenno	10
2.6	Vaunukatkaisijakenno.....	11
3	ASENNUS-OHJEET	12
4	KESKIJÄNNITEKOJEISTON TILA/KYTKINASEMA.....	13
4.1	Aseman/tilan maadoitus	14
4.2	Apusähköjärjestelmät	15
4.3	Turvallisuus	16
5	KESKIJÄNNITEKOJEISTON ASENNUS-OHJE.....	17
5.1	Laitetila asennuksen erityispiirteet.....	17
5.2	Esivalmistelu.....	18
5.2.1	Kojeiston asennusalue.....	18
5.2.2	Kaapeli läpiviennit.....	20
5.3	Asennuksen aloitus.....	26
5.4	Asennus.....	29
5.5	Asennuksen tarkastaminen	33
5.6	Asennuksen päättäminen	35
6	YHTEENVETO	36
	LÄHTEET.....	37

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on keskijännitekojeiston asennusohje. Ohje on laadittu Harri Haavikko Oy:lle. Opinnäytetyö sai alkunsa Harri Haavikko Oy:n Tero Tuhkalaisen pyynnöstä laatia/suunnitella asennusohje keskijännitekojeisto asennuksiin.

Työn alussa käydään läpi keskijännitekojeistomalleja, yleisimpiä kennotyypejä, mitä kojeisto saattaa sisältää, ja niiden kennojen toimintaperiaatteita. Käydään läpi kytkinasema/sähköasema käsitteenä, millainen maadoitusjärjestelmä tulee olla, apusähköjärjestelmät, joita kytkinasemille tulee, ja turvallisuusvaatimukset, joita kytkinasemilla on.

Harri Haavikko Oy on Mikkelistä kotoisin oleva laitetilojen valmistaja. Yritys valmistaa laitetiloja CRoom-nimikkeellä kahdella tehtaalla Mikkelissä. Pääasialliset toimialat, joille laitetiloja valmistetaan, ovat teleoperaattorit ja kanta-verkko/jakeluverkkoyhtiöt.

2 KESKIJÄNNITEKOJEISTO

Keskijännitekojeistot (MV switchgear) ovat keskeisiä komponentteja sähkönjakelussa 1–52 kV jännitetasoilla. Ne mahdollistavat sähkön luotettavan ja turvallisen jakamisen, kytkemisen ja suojaamisen jakeluverkon eri osissa. Kojeistot sijoitetaan sähköasemille joko sisä- tai ulkotiloihin, ja ne koostuvat moduulirakenteisista kentistä (kennoista), kuten katkaisija-, mittaus-, kuormanerotin- ja kaapelikennoista. Näissä kentissä käytetään laitteita, kuten katkaisijoita, mittamuuntajia ja erottimia, ja ne voidaan suunnitella yksittäisiksi tai yhdistetyiksi kokonaisuuksiksi tilatehokkuuden ja käyttötarpeen mukaan /3, s. 117–125./

Keskijännitekojeistojen rakenne perustuu joko ilmaeristykseen (AIS) tai kaasu-eristykseen (GIS), ja ne voidaan toteuttaa eri järjestelmätyypeillä: yksikiskoisina, kaksikiskoisina, rengaskiskollisina tai puolitoista katkaisijan järjestelminä. Järjestelmärakenne vaikuttaa suoraan käyttövarmuuteen, huoltomahdollisuuksiin ja vikasietoisuuteen. Esimerkiksi kaksikiskoratkaisussa voidaan suorittaa

huoltoja käyttökatkotta, mutta se edellyttää monipuolisempaa suojauslogiikkaa /1, s. 1–4./

Valokaarikestävyys on yksi kojeiston tärkeimmistä turvallisuusominaisuuksista. Useimmat nykyaikaiset kojeistot on rakennettu valokaarikestäviksi niin, että mahdollinen sisäinen valokaari ohjataan hallitusti ulos kojeistosta erityisten ylipainekanavien ja suojarakenteiden avulla. Lisäksi kojeistoissa käytetään mekaanisia estolaitteita ja lukituksia, jotka estävät vaaralliset käyttötoimenpiteet – kuten katkaisijan vetämisen ulos jännitteisessä tilassa – ja parantavat siten työturvallisuutta. Kojestojen huoltoa on pyritty helpottamaan lohkomaisella rakenteella, jossa yksittäiset laitteet tai laitekokonaisuudet voidaan irrottaa ja vaihtaa ilman suuria purkutöitä. Tyypillisiä huoltotoimia ovat mekaanisten lukitusten ja kontaktipintojen tarkistus, eristepintojen puhdistus, toimintakoheet ja mahdollisten kuluvien osien vaihto. Vaunuratkaisujen ansiosta katkaisijat voidaan irrottaa kennosta vetämällä ne testiasentoon, jolloin ne voidaan koestaa tai vaihtaa turvallisesti ilman sähkökatkoa koko kojeistolle /3, s. 122–125; 1, s. 3–4./

2.1 Ilmaeristeiset keskijännitekojeistot

Ilmaeristeiset kojeistot (AIS) ovat yleisesti käytetty ratkaisu keskijänniteverkoissa niin sähkönjakelussa kuin teollisuudessakin. Niissä ilma toimii pääasiallisena eristysaineena, ja rakenteen selkeys, huollettavuus sekä kustannustehokkuus tekevät niistä kilpailukykyisen vaihtoehdon erityisesti silloin, kun asennustilaa on riittävästi. Kojestot koostuvat moduuleista eli kentistä, jotka jakautuvat osastoihin: katkaisija-, kaapeli-, kokoojakisko- ja suojarieleosastot. Nämä tilat erotetaan toisistaan metalliseinillä ja niiden mekaaninen rakenne on suunniteltu siten, että jokainen osa voidaan testata ja käyttää turvallisesti. Kojestoissa käytetään tavallisesti tyhjiökatkaisijoita, mutta ne voidaan varustaa myös SF₆-kaasukatkaisijoilla sovelluksen mukaan. /1, s. 13; 3, s. 91–92; 6, s. 8–14./

AIS-kojestojen nimellisjännitealue on tyypillisesti 12–24 kV, nimellisvirta 630–3150 A ja oikosulkukestoisuus 25–40 kA kolmen sekunnin ajan. Eristystasot –

kuten syöksyjännitekestoisuus – vaihtelevat yleensä 75–125 kV välillä. Kojeistot täyttävät IEC 62271 -sarjan standardien vaatimukset ja niissä hyödynnetään kattavia turvaominaisuuksia: mekaaniset lukitukset estävät virheelliset kytkennät, valokaarikanavat ohjaavat syntyneen energian hallitusti ulos kojeistosta ja ylipaineenpurkausluukut suojaavat käyttäjiä mahdollisilta sisäisiltä vioilta. Suunnittelussa painotetaan myös käytettävyyttä: esimerkiksi ABB:n UniGear ZS1 mahdollistaa kaikki käyttö- ja huoltotoimenpiteet kojeiston etupuolelta ovi suljettuna, mikä parantaa turvallisuutta ja lyhentää huoltoajoa. /6, s. 8–14./

Vaikka ilmaeristeiset kojeistot vaativat enemmän tilaa kuin kaasueristeiset ratkaisut (GIS) suurempien eristysvälysten vuoksi, ne tarjoavat silti samat perustoiminnot. Kenttätyyppit – kuten katkaisija-, kuormanerotin- ja mittauskentät – ovat pitkälti samoja riippumatta siitä, käytetäänkö ilma- vai kaasueristystä. Tämä yhdenmukaisuus helpottaa huoltoa ja varaosien saatavuutta. Kojeeistojen asennus ja testaus voidaan toteuttaa tehtaalla tai työmaalla. Asennuksen aikana voidaan käyttää nostolaitteita, joiden kapasiteetti vaihtelee 2000–5000 kg välillä sen mukaan, siirretäänkö yksittäisiä moduuleja vai kokonaisia kenttäkokonaisuuksia. Maadoitus toteutetaan kytkemällä kojeiston galvaaninen runko useista pisteistä sähköaseman maadoitusverkkoon, ja kojeisto voidaan koe ponnistaa suurjännitekokeilla ennen käyttöönottoa. /1, s. 13; 3, s. 91–92; 6, s. 8–14./

2.2 Kaasueristeiset keskijännitekojeistot

Kaasueristeiset kojeistot (GIS, Gas-Insulated Switchgear) ovat suljettuja ja kompakteja kojeistoratkaisuja, joissa kaikki sähköiset komponentit – kuten katkaisijat, erottimet ja kokoojakiskot – on sijoitettu SF₆-kaasulla täytettyihin metallikoteloihin. GIS-järjestelmät soveltuvat erityisesti kaupunkikohteisiin ja tilarajoitteisiin ympäristöihin. Tyypillisiä teknisiä ominaisuuksia ovat 7,2–800 kV jännitealue, jopa 63 kA oikosulkukestoisuus ja 1250–5000 A virrankesto. Laittekokoonpano voi olla yksi- tai kolmivaiheinen jännitetason mukaan. /3, s. 128–129; 1, s. 5–6; 8, s. 17–19./

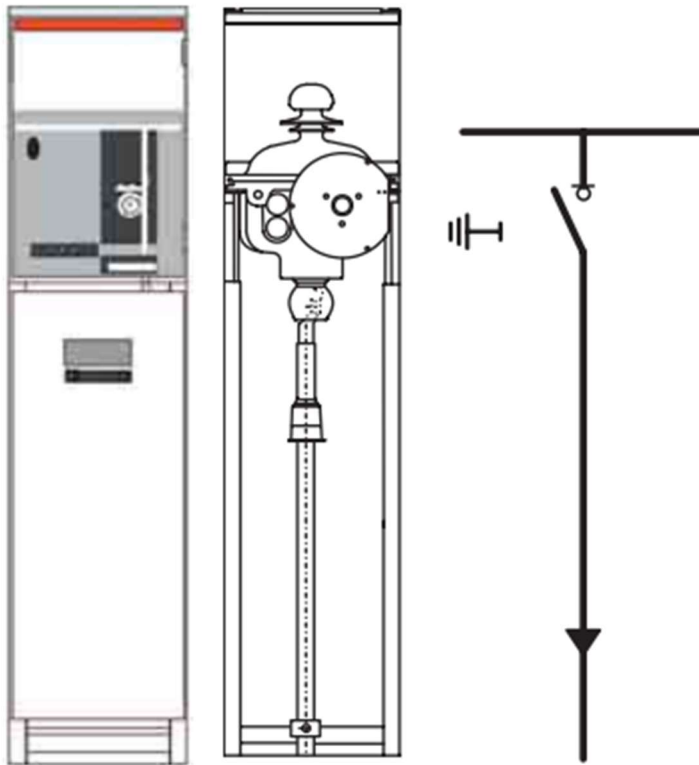
GIS:n etuja ovat pieni tilantarve, korkea käyttöturvallisuus, vähäinen huollontarve ja pitkä käyttöikä. SF₆-kaasu toimii tehokkaana eristeenä ja valokaaren sammutusaineena, mikä mahdollistaa laitteiden tiiviin rakenteen ja varman toiminnan vaihtelevissa olosuhteissa. Tehdasasenteisuus lyhentää käyttöönottoaikaa ja parantaa laatua. /8, s. 17–19/.

SF₆-kaasun suurin haaste on sen voimakas ilmastovaikutus – noin 23 500 kertaa CO₂:ta suurempi. Tämän vuoksi EU on asettanut asteittaiset kiellot kaasun käytölle: alle 24 kV kojeistot kielletään vuodesta 2026, 52 kV laitteet vuodesta 2030 ja kaikki uudet SF₆-kytkinlaitteet vuodesta 2031 alkaen. Tämä on lisännyt SF₆-vapaiden vaihtoehtojen, kuten tyhjiö- ja puhdasilmaeristeisten kojeistojen, käyttöönottoa myös Suomessa. /17; 18; 19; 20./

GIS-ratkaisut ovat edelleen yleisiä kohteissa, joissa vaaditaan suurta toimitusvarmuutta, vähäistä huoltotarvetta ja rakenteellista tiiviyttä. SFS 6001 -standardi ohjeistaa muun muassa eristystasojen, SF₆-kaasun käsittelyn ja huoltoturvallisuuden vaatimuksista. /5, s. 73–74/.

2.3 Liityntäkenno

Kuormanerotinkkenno SDC on Uniswitch-ilmaeristeisen kojeiston keskeinen komponentti, jota käytetään yleisesti syöttö-, rengas- tai haarakennona. Se sisältää SF₆-eristeisen 3-asentoisen kuormanerotin (kiinni, auki, maadoitettu), mikä estää virheelliset toiminnot ja parantaa turvallisuutta. Kuormanerotin asennot voidaan tarkistaa toisiokojetilan oven tarkistusikkunasta. Kennossa on tilaa kaapelipäätteille ja lisävarusteille, kuten virtamuuntajille ja ylijännitesuojille. Turvallisuutta lisää oven lukitus, joka sallii pääsyn kaapelipäätetilaan vain, kun kuormanerotin on maadoitettu. Teknisesti kenno kattaa jännitealueet 12–24 kV ja virran 630–800 A sekä kestää oikosulkuja jopa 25 kA 2–3 sekunnin ajan. Kennon leveysvaihtoehdot ovat 375 ja 500 mm, ja se voidaan varustaa useilla lisävarusteilla kuten moottoriohjaimella, jännitteen osoituksella ja valokaaripaineen purkauskanavalla. /2, s. 13./

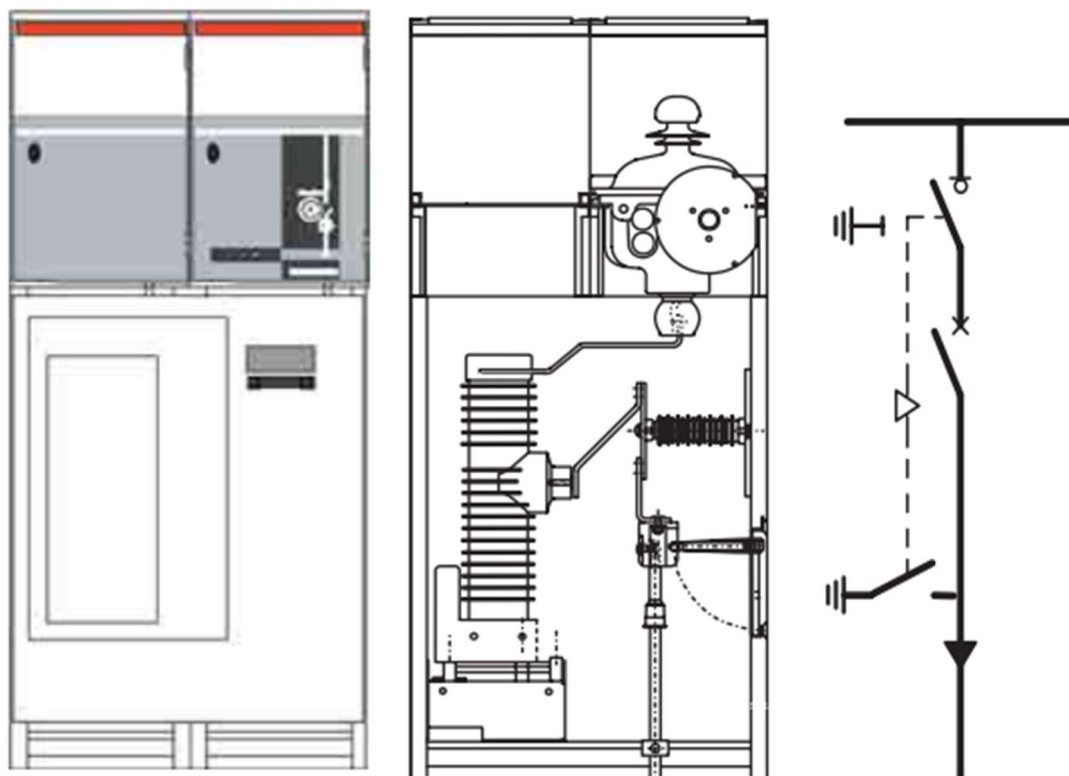


Kuva 1. Uniswitch Kuormanerotinkkeno SDC /2, s. 13/

2.4 Katkaisijakenno

Uniswitch-kojeiston katkaisijakenno (CB-kenno) toimii sähkönsyötön katkaisu- ja suojausyksikkönä erityisesti syöttö- ja lähtölinjoilla. Kennossa käytetään tyyppillisesti tyhjiökatkaisijaa, joka on asennettu kiinteästi tai vaunurakenteella. Katkaisijan toimintatilat ja kunnossapito on helppo tarkistaa etupuolelta. Kenno on varustettu mekaanisilla lukituksilla ja valokaarisuojauksella, mikä varmistaa turvallisen käytön myös vikatilanteissa. Komponenttien käyttöikä on pitkä ja huoltotarve vähäinen. CB-kenno on mitoitettu 12–24 kV jännitteille ja jopa 25 kA oikosulkukestoisuudelle.

/2, s. 14–15./

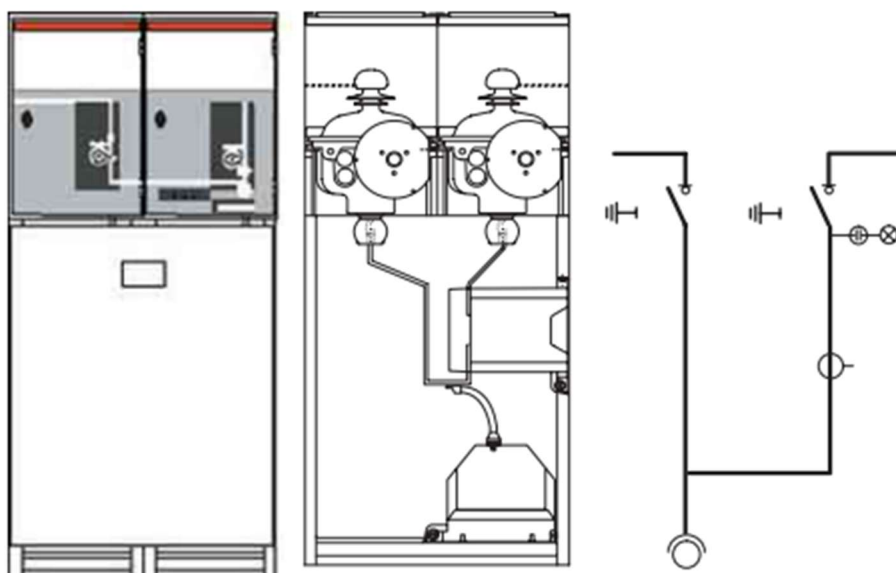


Kuva 2 Uniswitch katkaisijakenno CBC /2, s. 14–15/

2.5 Mittauskenno

Mittauskennot ovat oleellinen osa keskijännitekojeistoa, ja niitä käytetään virta- ja jännitemittausten sekä suojausreleiden syöttöjen toteuttamiseen. ABB:n Uniswitch-kojeistossa mittauskennoja on useita eri tyyppisiä, kuten pitkittäismittauskenno (SMD), katkaisijakenno mittauksella (SMC), kiskomittauskenno (BMC) ja erikoismittauskenno (UMC) /2, s. 23–26./

SMD-kenno perustuu kahteen SF₆-eristeiseen 3-asentoiseen kuormanerottimeen, joiden avulla saadaan turvallinen pääsy kaapelipäätetilaan vain maadoitetussa tilassa. SMC-kenno yhdistää mittauksen ja katkaisijan, jolloin sekä suojaus- että mittaustoiminnot voidaan toteuttaa yhdessä kentässä. BMC ja UMC mahdollistavat muuntajien asennuksen ilman kuormanerottimeita, ja UMC soveltuu erityisesti asiakaskohtaisten ratkaisujen toteuttamiseen. Kaikissa mittauskennoissa painotetaan lukituksia, turvallisuusominaisuuksia ja lisävarusteiden mahdollisuuksia, kuten valokaarisuojauksia ja lämmittämiä /2, s. 23–26./

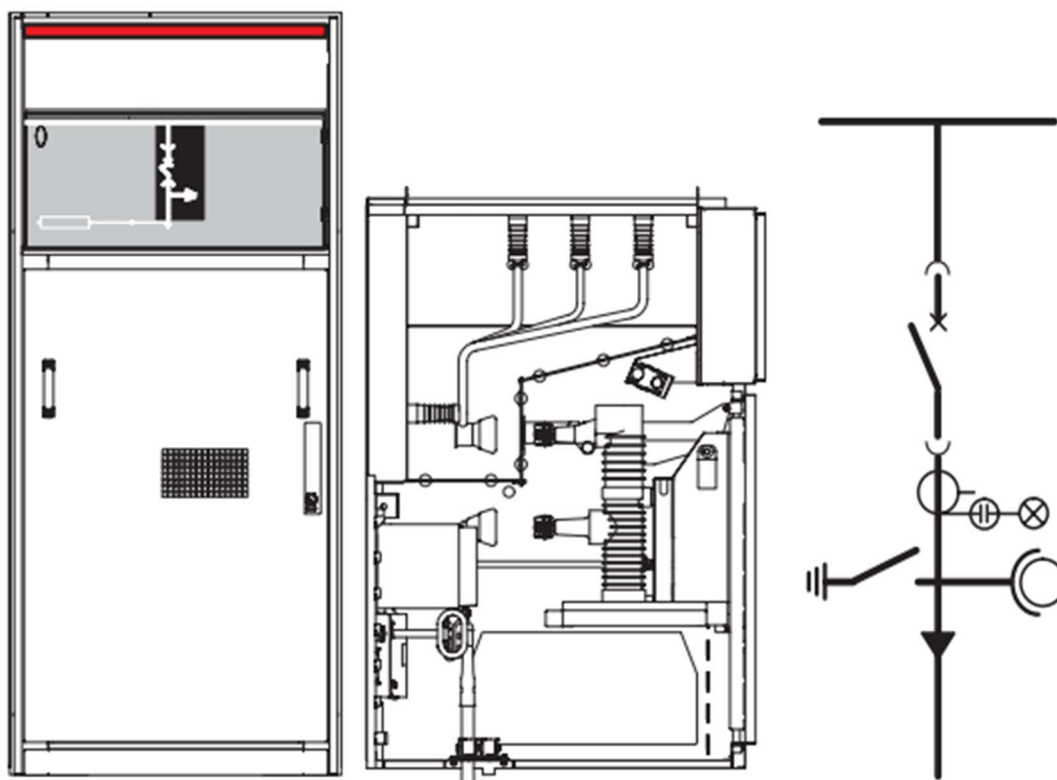


Kuva 3 Uniswitch Pitkittäismittauskenno SMD /2, s. 23/

2.6 Vaunukatkaisijakenno

Vaunukatkaisijakenno yhdistää liikuteltavan katkaisijan ja kojeiston rakenteen mahdollistamaan helpon huollon ja turvallisen irtikytkennän. Katkaisija on asennettu vaunuun, jota voidaan siirtää ulos palveluasentoon tai sisään käyttöasentoon mekaanisesti ohjattuna. Tämä rakenne helpottaa huoltoa ja vikatilanteiden hallintaa, sillä katkaisija voidaan turvallisesti erottaa muusta kenstä. Vaunukatkaisijakenno on varustettu ohjauksilla, lukituksilla ja visuaalisilla asennonosoittimilla. Mitoitus kattaa tyypillisesti 12–24 kV jännitteet ja 630–1250 A virrat.

/2, s. 16./



Kuva 4 Uniswitch Vaunukatkaisijakenno /2, s. 16/

3 ASENNUS-OHJEET

Asennusohjeet ovat olennainen osa tuotteen tai rakenteen turvallista ja tehokasta käyttöönottoa. Hyvin laadittu ohje takaa, että asennus voidaan suorittaa valmistajan määrittelyjen ja voimassa olevien standardien mukaisesti. Selkeä rakenne, looginen eteneminen ja tarkka sisältö parantavat sekä työn laatua että turvallisuutta /21./

Asennus-ohjeen laatimisessa on huomioitava useita osa-alueita. Ensimmäinen selkeys ja yksinkertaisuus ovat avainasemassa: ohjeiden tulee olla helposti ymmärrettäviä, ja niissä tulee käyttää yksiselitteistä kieltä. Tämä auttaa varmistamaan, että ohjeita noudatetaan oikein myös haastavissa olosuhteissa. Työkalujen ja materiaalien listaaminen ennen työn aloittamista helpottaa valmistautumista ja ehkäisee keskeytyksiä asennusprosessissa /21./

Visuaaliset elementit, kuten kaaviot ja valokuvat, tukevat tekstin ymmärtämistä merkittävästi. Esimerkiksi hirsikehikon tai lattiamateriaalien asennusohjeissa työvaihekuvat auttavat hahmottamaan oikean työtavan ja asennusjärjestyksen

[22, s. 2–5]. Myös sähkölaitteiden, kuten keittotasojen, ohjeissa visuaalisuus tukee oikeaa liitännätapaa ja asennuspaikan vaatimusten täyttämistä /23, s. 5–10./

Turvallisuusohjeet ovat olennainen osa ohjetta. Niissä korostetaan esimerkiksi henkilökohtaisten suojaruusteiden käyttöä ja toimenpiteitä vikatilanteissa. Rakennustuotteissa, kuten betonielementeissä, painotetaan nostoturvallisuutta ja tuentojen varmistamista ennen asennuksen viimeistelyä /24./

Lisäksi ohjeiden tulee noudattaa kansallisia ja eurooppalaisia standardeja. Esimerkiksi betonirakentamisessa ohjeiden on vastattava EN 1992-1-1 -standardia ja mahdollisia kansallisia määräyksiä /24./

Lopuksi ohjeiden tulee olla elävä dokumentti – niihin on mahdollista kerätä palautetta ja tehdä parannuksia käyttäjäkokemusten ja teknisten muutosten perusteella /21./

4 KESKIJÄNNITEKOJEISTON TILA/KYTKINASEMA

Sähköasemat ovat sähköverkon keskeisiä solmupisteitä, joissa hallitaan sähkönsiirtoa, jakelua ja jännitteenmuutoksia eri verkon osien välillä. Asema toimii linkkinä tuotannon, siirron ja kulutuksen välillä, ja sen tehtävänä on varmistaa sähkönsiirto tehokas ja turvallinen kulku verkossa. Tyypillisesti sähköasemilla on käytössä laitteita, kuten muuntajia, katkaisijoita, mittamuuntajia ja kojeistoja, jotka muodostavat aseman sähköisen ytimen. Kojeysto voi olla ilmaeristetty (AIS) tai kaasueristetty (GIS), ja valintaan vaikuttavat muun muassa käytettävissä oleva tila ja jännitetaso /3, s. 76–78./

Sähköasemia toteutetaan useilla eri tavoilla riippuen käyttötarkoituksesta ja ympäristövaatimuksista. Yleisimmät rakennustyyppit ovat ulkosähköasema, sisäsähköasema ja konttirakenteinen asema. Ulkotyyppiset asemat sijoittuvat avoimelle kentälle ja perustuvat ilmaan eristysväliaineena, ja ne ovat yleisiä suurjänniteasemilla. Sisäsähköasemat rakennetaan erillisen rakennuksen sisään, ja niitä suositaan erityisesti taajama-alueilla, joissa ympäristövaatimukset ja tilan käyttö ovat kriittisiä. Konttiratkaisuilla voidaan toteuttaa kompakteja,

tehdasvalmisteisia asemia, jotka ovat helposti siirrettävissä ja nopeita ottaa käyttöön esimerkiksi työmailla tai uusiutuvan energian liityntäpisteissä /1, s. 36–38./

Suunniteltaessa sähköasemaa ja sen järjestelmiä tulee huomioida SFS 6001 -standardin määritelmät eristystasoille, suojaetäisyyksille, laitteiden sijoittelulle ja maadoituksille. Maadoituksen avulla voidaan minimoida vaaralliset kosketusjännitteet ja estää, ettei laitevikoja tai muita virhetilanteita pääse syntymään, jotka voisivat aiheuttaa vaaraa henkilöturvallisuudelle tai laiterikkoja /3, s. 427–437./

Vikatilanteissa ja käyttötilanteissa sähköasemalla olevien laitteistojen tulee kestää sähköiset ja mekaaniset rasitukset. Suojausjärjestelmien on toimittava nopeasti ja selektiivisesti, jotta vikojen vaikutus voidaan rajata mahdollisimman pienelle alueelle. Suojareleiden ja ohjausjärjestelmien yhteistyö on avainasemassa, ja niiden oikea mitoitus ja sijoittelu ovat osa sähköaseman toimintavarmuutta /1, s. 86–100./

Kunnossapitomahdollisuudet ja käyttöhenkilöstön turvallisuus otetaan huomioon jo suunnitteluvaiheessa, esimerkiksi laitteiden sijoittelussa ja koestusmahdollisuuksissa /3, s. 437–451./

4.1 Aseman/tilan maadoitus

Maadoitusjärjestelmän tarkoitus on suojata henkilöitä ja laitteistoja sähköasemalla kaikissa verkon tiloissa. Järjestelmä koostuu maadoituselektrodeista, maadoituskiskoista ja maadoitusjohtimista, jotka yhdessä muodostavat sähköaseman toimivan maadoitusjärjestelmän. Kaikki sähköaseman sähkölaitteet, johtavat rakenteet ja jopa alueen aitaus liitetään tähän kokonaisuuteen /11, s. 5–6./

Kaapeloiduissa jakeluverkoissa maadoitukset yhdistyvät keskijännitekaapeleiden kosketussuojien ja PEN-johtimien kautta. Tällöin syntyy laajoja, galvaanisesti yhtenäisiä maadoitusjärjestelmiä, joiden kautta vikavirta voi jakautua useille maadoituselektrodeille. Tämä vähentää jännite-eroja yksittäisten pistei-

den välillä ja parantaa koko verkon sähköistä turvallisuutta. Laajan maadoitusjärjestelmän etuna on sen kyky muodostaa tasapotentialipinta, joka alentaa askel- ja kosketusjännitteitä erityisesti maasulkutilanteissa /12, s. 6–8/.

Maadoitusjärjestelmien suunnittelussa hyödynnetään impedanssilaskentaa ja simulointityökaluja, joilla arvioidaan järjestelmän toimivuutta ja mahdollisia vaarajännitteitä eri olosuhteissa. Näiden perusteella voidaan mitoittaa esimerkiksi maadoitusjohtimien poikkipinta-alat siten, että ne kestävät vikavirtojen aiheuttamat termiset ja mekaaniset rasitukset. Myös maaperän resistiivisyys, joka voi vaihdella huomattavasti eri maalajeissa, on keskeinen tekijä maadoitusjärjestelmän tehokkuudessa ja otetaan huomioon suunnittelun lähtöarvoina /11, s. 7–9; 12, s. 5–11./

4.2 Apusähköjärjestelmät

Sähköaseman apusähköjärjestelmä on oleellinen osa aseman kokonaisuutta – sen tehtävänä on varmistaa, että suojaus, ohjaus ja valvonta pysyvät toiminnassa kaikissa tilanteissa, myös häiriöiden aikana. Ilman luotettavaa apusähköä sähköasema ei pystyisi reagoimaan vikoihin tai kommunikoimaan valvontajärjestelmien kanssa /13, s. 14–15/.

Apusähköjärjestelmät jakautuvat kahteen pääryhmään: vaihtosähköön (AC) ja tasasähköön (DC). Vaihtosähköä käytetään valaistukseen, lämmitykseen ja muihin pienjännitelaitteisiin. Se tuotetaan yleensä omakäyttömuuntajalla, joka muuntaa keskijännitteen 400 voltin kolmivaiheiseksi jännitteeksi. Muuntaja syöttää virran pääkeskuksen kautta käyttökuormille. AC-puolen järjestelmä perustuu TN-S-verkkomalliin, jossa nolla- ja suojajohtimet kulkevat erillään [14].

Tasasähköjärjestelmät hoitavat kaikkein tärkeimpien laitteiden sähkönsyötön – kuten suojarleiden ja kaukokäyttöjärjestelmien. Nämä järjestelmät toimivat tasasuuntaajan ja akuston avulla. Akut varmistavat, että kriittiset toiminnot pysyvät käynnissä myös sähkökatkon aikana, mikä on ratkaisevaa koko aseman turvallisuuden kannalta [13, s. 15–16].

Apusähköjen suunnittelussa kiinnitetään huomiota erityisesti toimintavarmuuteen ja huollettavuuteen. Perusparannuksissa päivitetään usein suojaus- ja automaatiojärjestelmien lisäksi myös apusähköt, jotta asema täyttää nykyiset tekniset vaatimukset ja pystyy palvelemaan verkkoa luotettavasti pitkälle tulevaisuuteen [14].

4.3 Turvallisuus

Kytinasemilla suojaus sallitaan koteloinnilla, suojuksilla tai sijoittamalla laitteet kosketusetäisyyden ulkopuolelle. Kotelointiluokan tulee olla vähintään IP2X. Valokaarisuojausta varten voidaan tarvita erityisiä toimenpiteitä /5, s. 64./

Sähköasemalla työskentely vaatii erityistä tarkkuutta ja turvallisuusosaamista, sillä kyseessä on ympäristö, jossa esiintyy korkeita jännitteitä ja suuria virtoja. Työskentelyalueella on noudatettava tarkkoja ohjeita, jotka suojaavat sekä ihmisiä että laitteistoja mahdollisilta vaaratilanteilta. Ennen töiden aloittamista on aina suoritettava riskien arviointi ja varmistettava, että työntekijöillä on tarvittava koulutus ja oikeudet asema-alueella työskentelyyn /15, s. 5–12; 16, s. 4–6./

Sähköasemalle pääsy edellyttää voimassa olevaa kulkulupaa ja asemakohtaista turvallisuusopastusta. Kaikki liikkuminen tulee tapahtua selkeästi merkityillä kulkuväylillä, ja jännitteisiin osiin on säilytettävä riittävät turvaetäisyydet. Asema-alueella käytettävät henkilösuojaimet, kuten kypärä, suojalasit, palosuojatut vaatteet ja turvajalkineet, ovat pakollisia /15, s. 14–17; 16, s. 8–11./

Ennen sähkötöiden aloittamista on todettava jännitteettömyys mittalaitteiden avulla ja tarvittaessa tehtävä maadoitus. Työn aloituksesta ja lopetuksesta ilmoitetaan käyttöhenkilöstölle, jotta kaikilla asemalla työskentelevillä on ajantasainen tieto käynnissä olevista töistä. Tämän lisäksi sähköasemalla tulee olla valmiit toimintaohjeet poikkeus- ja hätätilanteita varten, ja henkilöstön on tiedettävä, kuinka toimitaan esimerkiksi tulipalon tai sähkölaitteiden vikatilanteen yhteydessä /15, s. 21–26, 30–31; 16, s. 15–19, 24–26, 38./

Turvallisuus ei ole yksittäinen toimenpide, vaan osa sähköaseman päivittäistä toimintaa. Noudattamalla turvallisuusohjeita ja pitämällä huolta koulutuksesta ja tiedonkulusta voidaan vähentää riskejä ja parantaa työympäristön luotettavuutta /16, s. 38/.

5 KESKIJÄNNITEKOJEISTON ASENNUS-OHJE

Tässä asennusohjeessa perehdytään keskijännitekojeisto asennukseen. Asentaessa laitetiloihin kojeistoja, poikkeaa asennus ns. normaalista itse kohteessa asennettavasta kojeisto asennuksesta hieman virtakiskojen, ja kaapelivirtamuuntajien osalta.

5.1 Laitetila asennuksen erityispiirteet

Laitetila tyyppinen sähköasema poikkeaa paikan päällä rakennettavasta perinteisestä sähköasemasta monella eri tapaa. Laitetila mallisessa sähköasemassa voidaan tehtaalla, jossa laitetila valmistetaan asentaa lähes kaikki aseman tekniikka, kuten keskijännitekojeisto, kojeiston vaatimat hallinta järjestelmät, omakäyttömuuntaja, muut apusähköjärjestelmät, maadoitusjärjestelmä, kaapelointi voidaan suorittaa lähes kokonaan, ja järjestelmät voidaan testata ja integroida tehtaalla ennen toimitusta. Suurilta osin myös käyttöönotto tarkastaa. Käyttöönotto toimenpide kohteessa on huomattavasti nopeampaa, kuin perinteisissä sähköasemissa, koska osa käyttöönotto toimenpiteistä on suoritettu tehtaalla ennen laittilan toimitusta. Tehdasvalmisteinen sähköasema on myös helppo siirtää/uudelleen käyttää toisessa kohteessa verrattuna perinteisiin asema ratkaisuihin. Tehdasympäristöissä pystytään saavuttamaan korkeampi ja tasalaatuisempi lopputulos, kuin perinteisessä rakentamisessa.

Laitetilaan asennettavassa keskijännitekojeistoissa ja sen asentamisessa on otettava muutama asia huomioon. Koska kojeisto asennetaan tehtaalla eikä paikan päällä tulee kojeiston virtakiskosto asennuksen päätyttyä jättää löysälle. Eli, kun kojeisto on kasattu, virtakiskosto kasattu, kiristetty momenttiin, ja virtakiskostolle suoritettu eristysvastusmittaus tulee virtakiskosto käydä löysäämässä kuljetusta varten. Keskijännitekojeistoissa on kaapelivirtamuuntajia,

joilla pystytään suojautumaan maasulkuja vastaa. Nämä voidaan asentaa laitetila tyypisissä sähköasemissa vasta asennuspaikalla, koska ne sijaitsevat aseman kellarissa.

5.2 Esivalmistelu

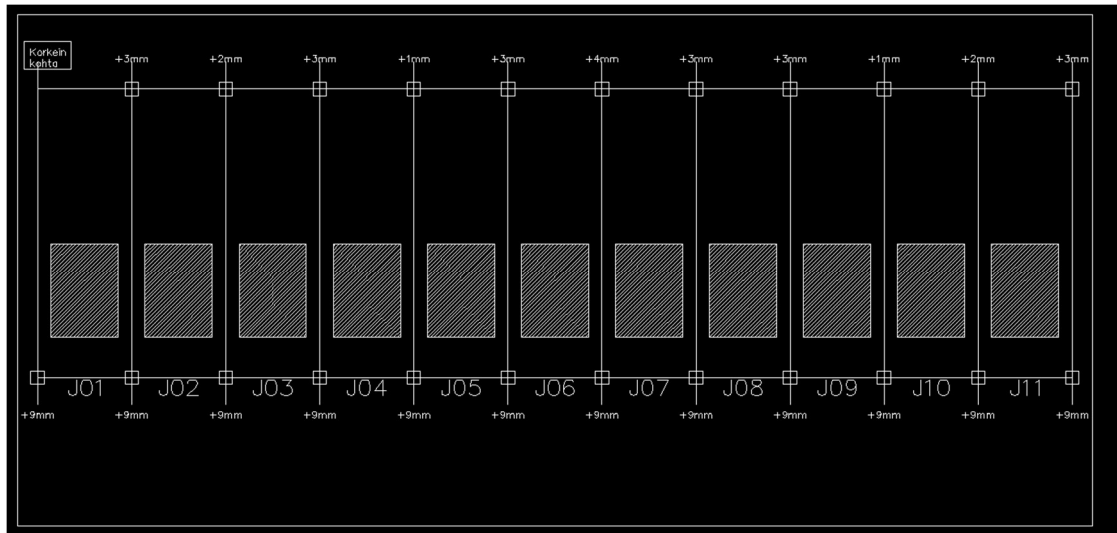
Ennen keskijännitekojeiston saapumista tulee asentajien tutustua kyseisen keskijännitekojeiston asennus- ja käyttöohjeisiin, pääkaavioon, laitetilaan, kojeiston asennusalueeseen, kaapeli läpivienteihin, paineenpurkauskanavan luukkuun ja sen sijaintiin. Asentajien tulee myös ennen kojeiston saapumista hoitaa kaikki vaadittavat työvälineet ja dokumentit työmaalle.

Myös ennen kojeiston saapumista tulee asentajien mittaamalla varmistua siitä, että laitetilän perustukset ovat suorassa. Tämän jälkeen asentajat aloittavat kaapeli läpivientien teon ja kojeiston asennusalueen suoristamisen.

5.2.1 Kojeiston asennusalue

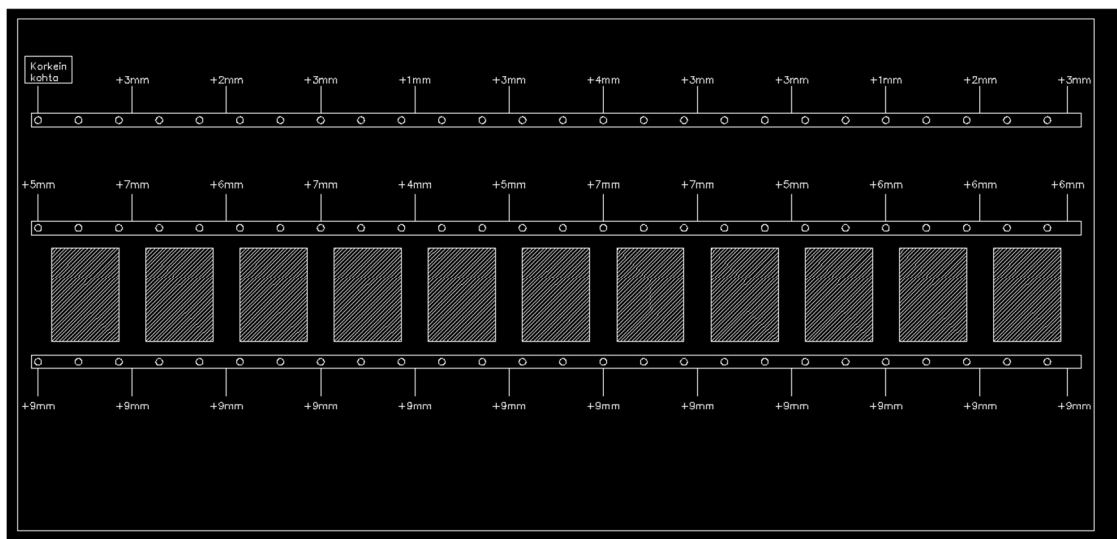
Keskijännitekojeistoa asennettaessa kojeistotilaan ja tilassa määritetylle asennusalueelle on ennen asentamista varmistuttava asennusalueen suoruudesta. Suoruus todetaan laserin, mittatikun ja vastaanottimen avulla. Ensiksi on mitattava määritetyltä asennusalueelta korkein kohta. Tämän jälkeen tasattava muu asennusalue tähän korkeimpaan kohtaa.

Asennusalueen tasaaminen voidaan suorittaa kahdella tavalla. Kuvassa 5 esitetty tapa on ensimmäinen asennustapa, jota käytämme Harri Haavikko Oy:llä. Tällä asennustavalla asennusalueelle piirretään kojeisto kokonaisuudessaan. Mittaamalla selvitetään kojeiston kennojen kulmien kohdilta korkein kohta ja muut tasoitetaan siihen. Kennojen kulmien alle asennetaan korkolappuja siinä suhteessa mitä sen matalammalla kuin korkein kohta.



Kuva 5. Asennusalue tasoitettu korkolapuilla.

Toinen tapa, jota käytämme Harri Haavikko Oy:llä, on niin sanottu kiskoasennus, eli asentaa koko kojeiston matkalla sen alle kolme kappaletta lattarautakiskoja, jotka kiinnitetään lattiaan. Tälläkin tavalla pitää suorittaa korkeimman kohdan selvittäminen mittaamalla ja myös tasoittaa kaikki kolme kiskoja asennusalueen korkeimpaan kohtaan. Tämä tapa on työläämpi kuin aikaisemmin esitelty tapa, mutta tämä tyyli on vakaampi ja asennusystävällisempi. Kiskojen alle asetettavat korkolaput tulee sijoittaa jokaisen ruuvausreiän molemmin puolin ja myös kennojen yhdistyskohtiin.



Kuva 6. Asennusalue tasoitettu kiskoilla.

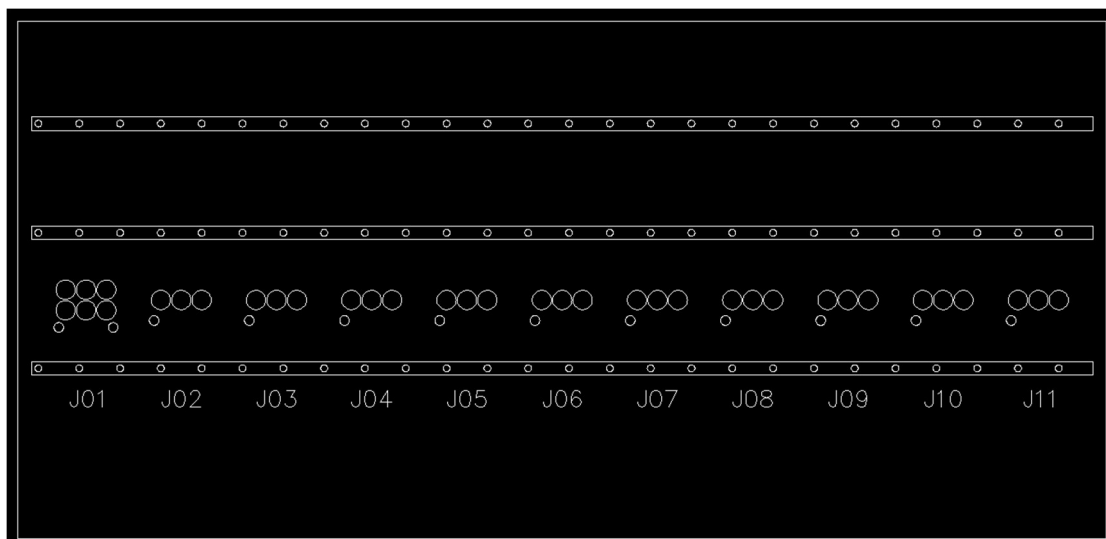


Kuva 7. Asennusalue tasoitettu kiskoilla.

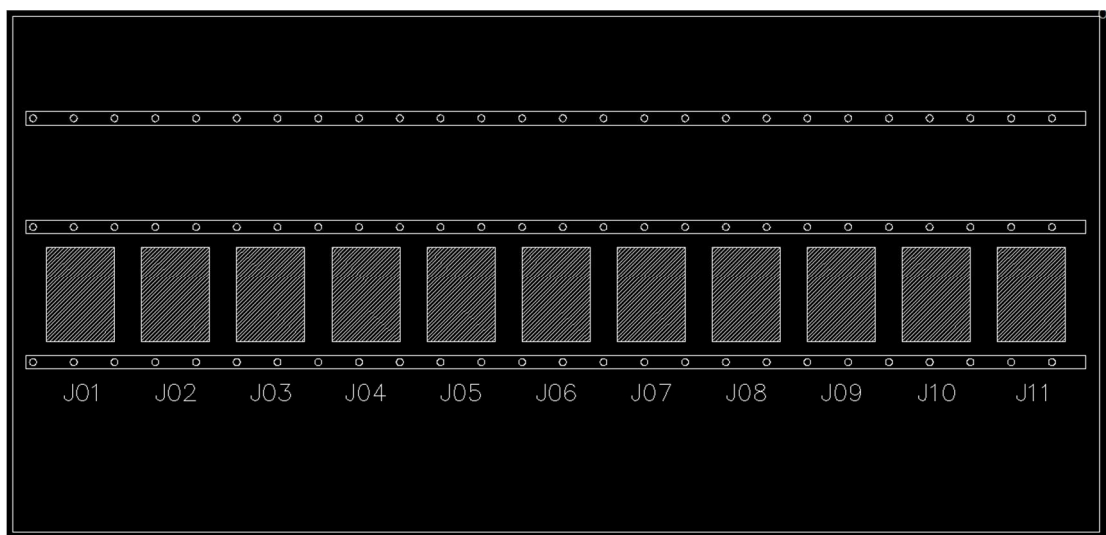
5.2.2 Kaapeliläpiviennit

Kojeiston kaapelien läpiviennit tulee myös tehdä ennen kojeiston asennusta. Ennen läpivientien tekoa tulee asentajien tutustua kojeiston pääkaavioon. Pääkaaviosta tulee selvittää onko kenoissa syöttö tai lähtö toteutettu useammalla kaapelilla ja onko kaapelivirtamuuntajat kellarissa tai muita ohjauskaapelointia.

Ohjauskaapelien ja kaapelivirtamuuntajille tehdään oma läpivienti kellariin. Kojesto valmistajat antavat kaapeliläpivienneille kennokohtaiset paikat tai vaihtoehtoisesti läpivienti voi olla valmistajan mukainen aukko.



Kuva 8. Pohjakuva kaapeliläpivienneistä

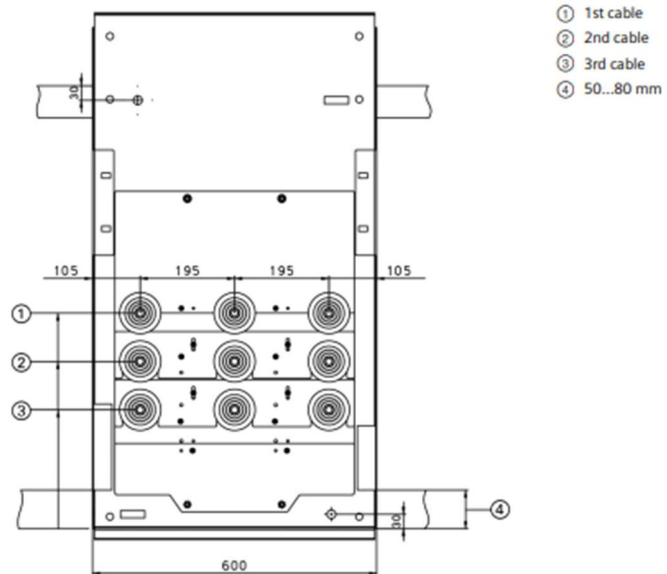


Kuva 9. Pohjakuva kaapeliaukoista

Keskijännitekojeistovalmistajat ovat omiin asennusohjekirjoihinsa tehneet asennusta helpottavia mittapiirroksia, kuten kaapeliläpivientejä varten esimerkiksi Siemens NXPLUS C -asennusohjeessa on annettu tarkat mitat kaikille mahdollisille läpivientitavoille, kuten aukko- tai reikätyyppiset ratkaisut. Läpivientien sallittu määrä ja paikka vaihtelevat kennotyypin, nimellisjännitteen ja nimellisvirran mukaan. Läpivientien eroavaisuus nähdään (ks. kuva 10), (ks. kuva 11) ja (ks. kuva 12) väleillä. Ensimmäisessä kennossa voidaan käyttää maksimissaan kolmea kaapelia per vaihe, kun taas jälkimmäisessä voidaan käyttää neljää kaapelia. Tämä johtuu siitä, että jälkimmäisessä kennossa nimellisvirta on suurempi. /4, s. 70–71/.

Core drillings for 600 mm panel types (7.2 kV...24 kV)

- Circuit-breaker panel 630 A and 800 A (max. 3 cables per phase)
- Switch-disconnector panel (max. 2 cables per phase)
- Vacuum contactor panel (max. 2 cables per phase)



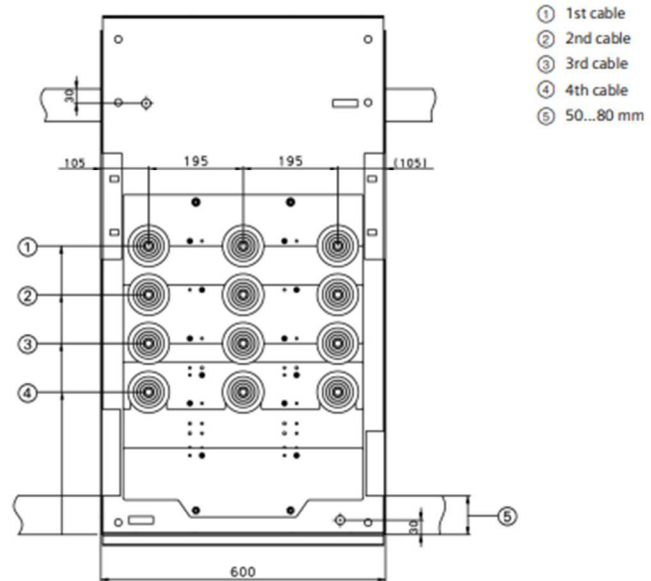
Conductor distances

Product	1st cable		2nd cable		3rd cable	
	Plug type	Distance [mm]	Plug type	Distance [mm]	Plug type	Distance [mm]
Nexans Euromold	(K)(M)(P)430TB/G	448	(K)(M)(P)300PB/G	343	(K)(M)(P)300PB/G	238
	(K)(M)(P)480TB/G	448	(K)(M)(P)800PB/G	343	(K)(M)(P)800PB/G	238
	(K)(M)(P)484TB/G	448	(K)(M)(P)804PB/G	338	(K)(M)(P)804PB/G	228
	(K)(M)(P)489TB/G	448	(K)(M)(P)809PB/G	328	(K)(M)(P)809PB/G	208
nkt cables	CB 24-630	448	CC 24-630	348	CC 24-630	248
	CB 24-1250/2	448	CC 24-1250/2	338	CC 24-1250/2	228
	CB 36-630	448	CC 36-630 M12	338	CC 36-630 M12	228
	CB 36-630(1250)	448	CC 36-630(1250)	338	CC 36-630(1250)	228
	CB 42-1250/3	448	CC 42-2500/3	321	CC 42-2500/3	194
Tyco Electronics Raychem	RSTI-58xx	448	RSTI-CC-58xx	348	RSTI-CC-58xx	248
	RSTI-68xx	448	RSTI-CC-68xx	347	RSTI-CC-68xx	246
	RSTI-395x	448	RSTI-CC-395x	348	RSTI-CC-395x	248
	RSTI-595x	448	RSTI-CC-595x	348	RSTI-CC-595x	248
	RSTI-695x	448	RSTI-CC-695x	328	RSTI-CC-695x	208
Solid-insulated bar	Moser-Glaser	437	-	-	-	-
	Preissinger	437	-	-	-	-
	Ritz	437	-	-	-	-

Kuva 10. Siemens NXPLUS C Kaapeliläpivienti mittapiirros 24kV ja 630–800 A /4, s. 70/

Core drillings for 600 mm panel types (7.2 kV...24 kV)

- Circuit-breaker panel 1000 A and 1250 A (max. 4 cables per phase)
- Disconnecter panel 630 A, 800 A, 1000 A and 1250 A (max. 4 cables per phase)

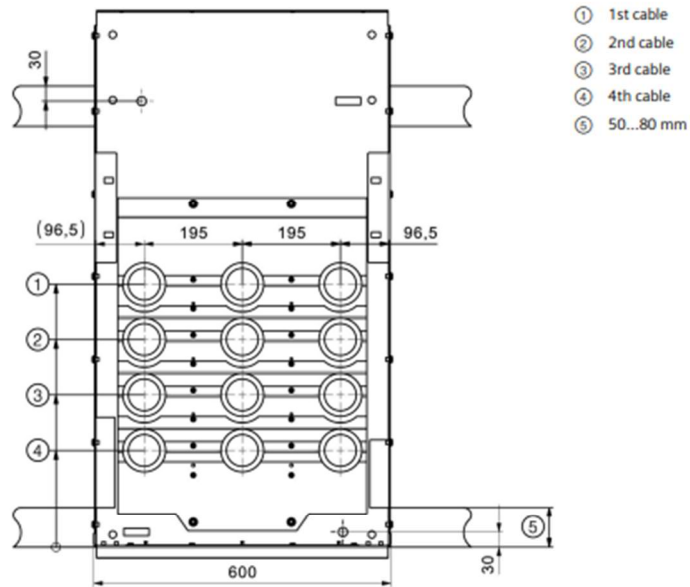

Conductor distances

Product	1st cable		2nd cable		3rd cable		4th cable	
	Plug type	Distance [mm]	Plug type	Distance [mm]	Plug type	Distance [mm]	Plug type	Distance [mm]
Nexans Euromold	(K)(M)(P)430TB/G	595	(K)(M)(P)300PB/G	490	(K)(M)(P)300PB/G	385	(K)(M)(P)300PB/G	280
	(K)(M)(P)480TB/G	595	(K)(M)(P)800PB/G	490	(K)(M)(P)800PB/G	385	(K)(M)(P)800PB/G	280
	(K)(M)(P)484TB/G	595	(K)(M)(P)804PB/G	485	(K)(M)(P)804PB/G	375	(K)(M)(P)804PB/G	265
	(K)(M)(P)489TB/G	595	(K)(M)(P)809PB/G	475	(K)(M)(P)809PB/G	355	(K)(M)(P)809PB/G	235
nkt cables	CB 24-630	595	CC 24-630 M12	495	CC 24-630 M12	395	-	-
	CB 24-1250/2	595	CC 24-1250/2	485	CC 24-1250/2	375	CC 24-1250/2	265
	CB 36-630	595	CC 36-630 M12	485	CC 36-630 M12	375	-	-
	CB 36-630(1250)	595	CC 36-630(1250)	485	CC 36-630(1250)	375	CC 36-630(1250)	265
Tyco Electronics Raychem	CB 42-1250/3	595	CC 42-2500/3	468	CC 42-2500/3	341	CC 42-2500/3	214
	RSTI-58xx	595	RSTI-CC-58xx	495	RSTI-CC-58xx	395	RSTI-CC-58xx	295
	RSTI-68xx	595	RSTI-CC-68xx	494	RSTI-CC-68xx	393	RSTI-CC-68xx	292
	RSTI-395x	595	RSTI-CC-395x	495	RSTI-CC-395x	395	-	-
	RSTI-595x	595	RSTI-CC-595x	495	RSTI-CC-595x	395	-	-
Solid-insulated bar	RSTI-695x	595	RSTI-CC-695x	475	RSTI-CC-695x	355	-	-
	Moser-Glaser	584	-	-	-	-	-	-
	Preissinger	584	-	-	-	-	-	-
	Ritz	584	-	-	-	-	-	-

Kuva 11. Siemens NXPLUS C Kaapeliläpiviendi mittapiirros 24 kV ja 1000–1250 A /4, s. 71/

Core drillings for 600 mm panel types (27 kV...38 kV)

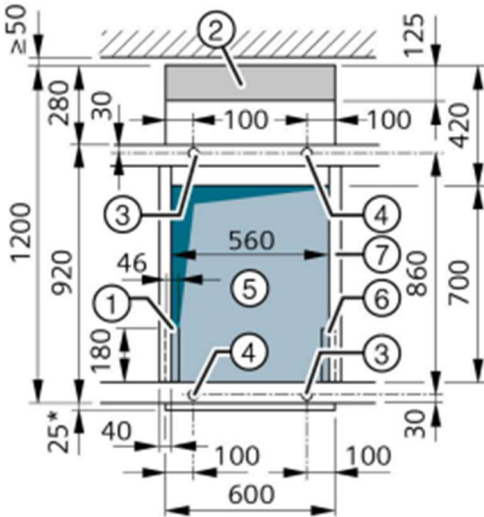
- Circuit-breaker panel 630 A, 800 A, 1000 A and 1250 A (max. 4 cables per phase)
- Disconnector panel 630 A, 800 A, 1000 A, 1250 A (max. 4 cables per phase)


Conductor distances

Product	1st cable		2nd cable		3rd cable		4th cable	
	Plug type	Distance [mm]	Plug type	Distance [mm]	Plug type	Distance [mm]	Plug type	Distance [mm]
Nexans Euromold	(K)(M)(P)430TB/G	525	(K)(M)(P)300PB/G	420	(K)(M)(P)300PB/G	315	(K)(M)(P)300PB/G	210
	(K)(M)(P)480TB/G	525	(K)(M)(P)800PB/G	420	(K)(M)(P)800PB/G	315	(K)(M)(P)800PB/G	210
	(K)(M)(P)484TB/G	525	(K)(M)(P)804PB/G	415	(K)(M)(P)804PB/G	305	(K)(M)(P)804PB/G	195
	(K)(M)(P)489TB/G	525	(K)(M)(P)809PB/G	405	(K)(M)(P)809PB/G	285	(K)(M)(P)809PB/G	165
NKT	CB 24-630	525	CC 24-630 M12	425	CC 24-630 M12	325	-	-
	CB 24-1250/2	525	CC 24-1250/2	415	CC 24-1250/2	305	CC 24-1250/2	195
	CB 36-630	525	CC 36-630 M12	415	CC 36-630 M12	305	-	-
	CB 36-630(1250)	525	CC 36-630(1250)	415	CC 36-630(1250)	305	CC 36-630(1250)	195
	CB 42-1250/3	525	CC 42-2500/3	398	CC 42-2500/3	271	CC 42-2500/3	144
Tyco Electronics Raychem	RSTI-58xx	525	RSTI-CC-58xx	425	RSTI-CC-58xx	325	RSTI-CC-58xx	225
	RSTI-68xx	525	RSTI-CC-68xx	424	RSTI-CC-68xx	323	RSTI-CC-68xx	222
	RSTI-395x	525	RSTI-CC-395x	425	RSTI-CC-395x	325	-	-
	RSTI-595x	525	RSTI-CC-595x	425	RSTI-CC-595x	325	-	-
	RSTI-695x	525	RSTI-CC-695x	405	RSTI-CC-695x	285	-	-
Solid-insulated bar	Moser-Glaser	514	-	-	-	-	-	-
	Preissinger	514	-	-	-	-	-	-
	Ritz	514	-	-	-	-	-	-

Kuva 12. Siemens NXPLUS C Kaapeliläpivienni mittapiirros 27-38kV ja 630–1250 A /4, s. 73/

Kaapeliläpiviennit voidaan myös toteuttaa aukolla. Kojeisto valmistajat ovat tällaiselle tavallekin tehneet mittapiirroksen (ks. kuva 13). Valmistajien tekemät mittapiirroset helpottavat suunnittelijoita, koska voidaan laittilan lattia rungon suunnitella näitä mittapiirroksia käyttäen. /4, s. 67–68/.

Panel width	Panel types	
600 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Circuit-breaker panel 630/800/1000/1250 A • Disconnecter panel 1000/1250 A • Switch-disconnector panel with HV HRC fuses • Vacuum contactor panel with HV HRC fuses 	
		① Left-hand floor opening for control cables
		② Pressure relief duct
		③ Fixing hole for M8/M10
		④ Fixing hole for M8/M10 (only for resistance against earthquakes)
		⑤ Floor opening for high-voltage cables ³
		⑥ Right-hand floor opening for control cables (only required for zero-sequence current transformers in the cable basement)
		⑦ Cross member
		* 45 mm for deep cable compartment cover

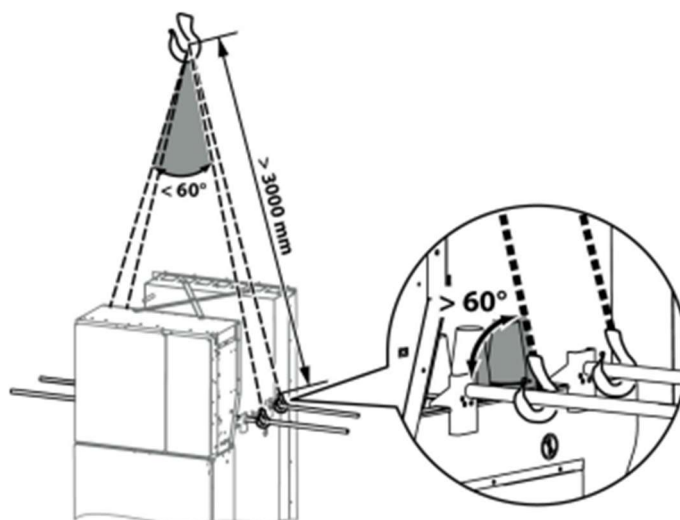
Kuva 13. Siemens NXPLUS C Kaapeliläpiviennin ja kiinnityspisteiden mittapiirros /4, s. 67/



Kuva 14. Tuplasyötön kaapeliläpiviennit.

5.3 Asennuksen aloitus

Esivalmisteltuaan asennuksen asentajat voivat aloittaa keskijännitekojeiston asentamisen. Kojeiston asentaminen aloitetaan yleisesti ottaen kennosta 1, mutta voi olla tiettyjen tila haasteiden takia aloitettava esimerkiksi keskeltä molempiin suuntiin tai viimeisestä kennosta ensimmäiseen kennoon. Asentamissuunta, kun on päätetty, voidaan ottaa ensimmäinen kenno käsittelyyn. Jos kennoissa ei ole jo valmiina nostopaikkoja, tulee ne kiinnittää kennoon. (ks. Kuva 15)



Kuva 15. Siemens NXPLUS C Kojeiston kennon nostopisteet /4, s. 82/

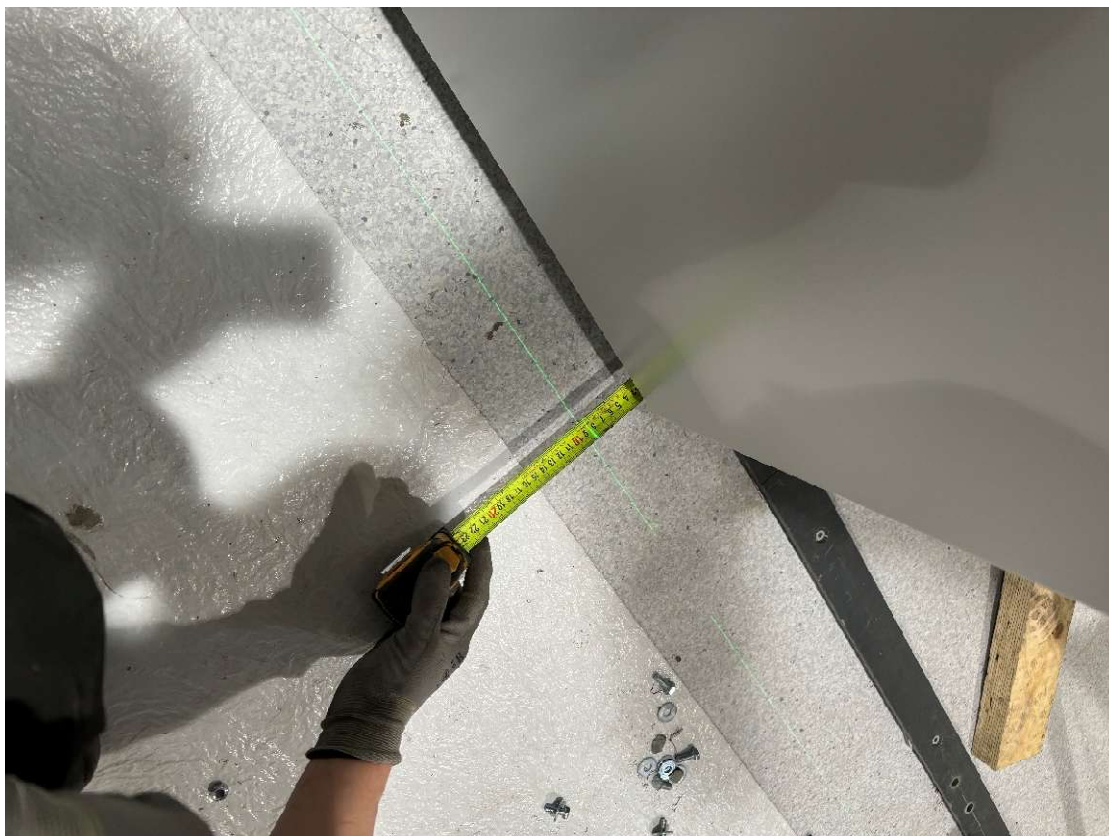
Tulee ensimmäisen kennon asentamisessa aina varmistua, että kenno asennetaan suoraan, koska tämä tulee vaikuttamaan siihen, kasaantuuko loppu kojeisto suoraan. Suoruus voidaan tarkastaa pitkällä linjarilla (ks. Kuva 16) tai ristilinjalaserin avulla (ks. Kuva 17 ja Kuva 18).



Kuva 16. Suoruuden tarkastaminen linjarilla



Kuva 17. Suoruuden tarkastaminen ristilinjalaserin avulla



Kuva 18. Suoruuden tarkastaminen ristilinjalaserin avulla

5.4 Asennus

Keskijännitekojeiston kenttämoduulien eli kennojen asennus tehdään hallitusti joko rullien, nostopukkien tai nostimen avulla. Nostoissa käytetään kojeistovalmistajan ilmoittamia nostopisteitä ja -apuvälineitä, jotta rakenteet eivät vaurioidu. Kun kenno asetetaan paikoilleen, se siirretään varovasti asennuspaikalle ja lasketaan huolellisesti omalle paikalleen alueella. Jokaisen uuden kennon kohdalla toistetaan samat kriittiset vaiheet: tarkistetaan nostopisteet ja nostovälineet, varmistetaan asennuslinjan oikea korkeus ja merkitään kennon sijainti perustukseen. Tämä varmistaa, että koko kojeistorunko pysyy suorana ja mitoitus tasmäävät myöhemmissä liitostöissä



Kuva 19. Kennon asentaminen putkien avulla



Kuva 20. Kennon valmistelu liittämistä varten

Asennuksen jälkeen kenno kiinnitetään viereiseen kenttään ja asennusalueeseen. Kiinnitys asennusalueeseen tehdään valmistajan määrittämistä pisteistä – etu- ja takalaidasta. Kiinnittäminen viereiseen kennoon tehdään yleensä etulaidasta ylhäältä alas, kennon pohja rungosta ja virtakiskotilasta – yleensä pulttiliitoksien. Jokaisen kennon asentamisen jälkeen toistetaan linjauksen tarkistus, ja mikäli havaitaan poikkeamia, suoritetaan oikaisu ennen jatkamista. Linjan suoruus tarkastetaan esimerkiksi vatupassilla tai linjalangalla jokaisen kennon kohdalla. Näin varmistetaan, että koko kojeistorakenne on suora, mikä on oleellista virtakiskojen onnistuneelle liittämiseksi.

Virtakiskojen asennus aloitetaan vasta, kun kaikki kennot ovat paikallaan ja linjassa. Ennen asennusta mitataan tukieristimien välimatkat ja verrataan niitä

valmistajan ilmoittamiin mittatoleransseihin. Jos mitat eivät täsmää, selvitetään syy ja korjataan tilanne ennen kiskojen asennusta. Kiskot puhdistetaan huolellisesti, asetetaan tukieristimien päälle ja liitetään toisiinsa kiristämällä pultit momenttiavaimella valmistajan määräämään arvoon. Jokaisen kiskoliitoksen jälkeen tehdään visuaalinen tarkastus ja varmistetaan liitoksen mekaaninen kiinnitys. Kun kaikki kiskot on liitetty, suoritetaan eristysvastusmittaus 2,5–5 kV testijännitteellä 30 sekunnin ajan, mikä varmistaa eristyksen ja liitosten kunnon.



Kuva 21. Keskijännitekojeiston virtakiskosto

5.5 Asennuksen tarkastaminen

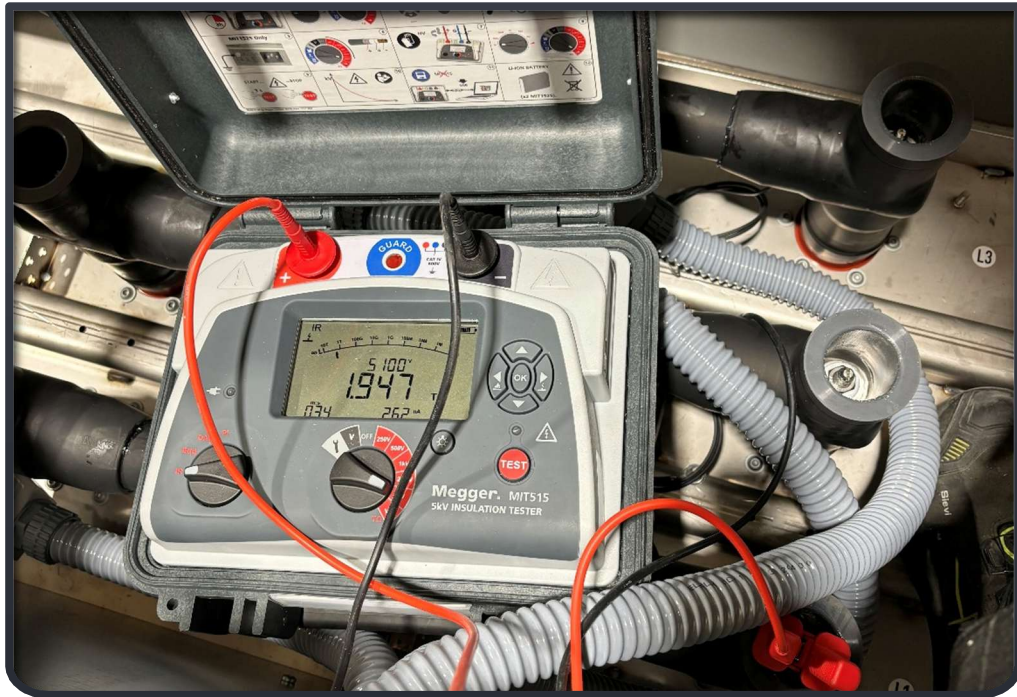
Keskijännitekojeiston asentamisen tarkastaminen on keskeinen vaihe ennen kojeiston ja laittilan luovutusta asiakkaalle. Tarkastusprosessi varmistaa, että kojeisto on asennettu valmistajan ohjeiden ja sähköasennusstandardien mukaisesti, ja että sen turvallisuus, toiminnallisuus ja käyttökunto ovat vaaditulla tasolla. Tarkastus kattaa sekä mekaaniset että sähköiset asennustyöt ja dokumentoinnin.

Tarkastus aloitetaan mekaanisten rakenteiden ja liitosten tarkastuksella. Jokainen kenttä eli kenno tulee olla kiinnitetty sekä toisiinsa että asennusalueeseen oikeista pisteistä, ilman vääntöjä tai virheasentoja. On tärkeää tarkistaa, että kojeiston rakenne on suora, ovien toiminta on esteetöntä ja lukitukset toimivat. Myös tärkeitä tarkastus kohteita ovat kojeiston linjan suoruus ja pintojen kunto. Nämä tulee tarkastaa jokaisen kennon asennuksen jälkeen.

Virtakiskojen ja kiskoliitosten tarkastus sisältää asennusmittojen tarkistamisen sekä kiskopulttien momenttikiristyksen valmistajan ilmoittamilla arvoilla. Liitokset tarkastetaan visuaalisesti ja eristysmittauksella, jossa käytetään 2,5–5 kV koejännitettä 30 sekunnin ajan. Kaapeliläpiviennit ja maadoitusliitokset käydään läpi, ja erityistä huomiota kiinnitetään mahdollisiin vetorasituksiin ja maadoitusjohtimien kuntoon.

Toiminnallisten testien aikana tarkistetaan, että kaikki käyttölaitteet – kuten kuormanerotitimet, katkaisijat ja suojareleiden ohjauspiirit – toimivat suunnitellusti. Ohjaus- ja apupiirit, mittaukset ja lukitukset testataan yksi kerrallaan. Lisäksi tarkistetaan, että kojeisto on yhdistetty maadoitusverkkoon valmistajan ohjeen mukaisesti useasta pisteestä.






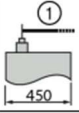
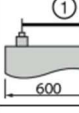
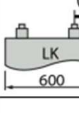
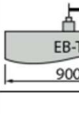

Tarkastuksen lopuksi dokumentoidaan havaintojen tila, mahdolliset poikkeamat ja korjatut kohdat. Vasta kaikkien testien ja hyväksyntöjen jälkeen kojeisto voidaan luovuttaa asiakkaalle.



Kuva 22. Kiskoston eristysvastusmittaus

Kojeiston virtakiskostolle on annettu myös asennustoleranssit. Nämä ovat suoraan riippuvaisia, kuinka suoraan kojeiston on kasattu/asennettu. Alla olevista taulukoista nähdään, minkä pituiset kiskot sopivat mihinkin kennoihin ja pituussuunnassa hyväksyttävän toleranssin. Esim. 600 mm leveä kenno, valitsemme taulukon mukaan L10 kiskon (ks. Kuva 23), joka on 586 mm pitkä ja toleranssia on + 2 mm. Eli kennojen napojen etäisyys toisistaan voi olla maksimissaan 588 mm /4, s. 91/

Busbar lengths for panel types up to 24 kV

Left-hand panel		Right-hand panel				
Busbar lengths Depending on the panel type and panel width						
		LS, RK	LS, TS, TR, VS, ME, EK, QK, LKLS, LKTS	LK	EB-T	aME
	LS, RK	① L5	① L5	① L5	① L15	① L9
	LS, TS, TR, VS, ME, EK, QK, LKLS, LKTS	① L10	① L10	① L10	① L17	① L14
	LK	① L3	① L3	---	① L11	① L6
	EB-T	① L10	① L10	① L10	---	① L14
	aME	① L6	① L6	① L6	---	---

Taulukko 1. Siemens NXPLUS C kiskojen pituuden ja toleranssit. /4, s. 91/

Busbar	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17
Length [mm]	236	281	326	391	436	456	531	541	566	586	626	636	681	716	736	791	886
Reference dimension K1 [mm]	250 ⁺²	295 ⁺²	340 ⁺²	405 ⁺²	450 ⁺²	470 ⁺²	545 ⁺²	555 ⁺²	580 ⁺²	600 ⁺²	640 ⁺²	650 ⁺²	695 ⁺²	730 ⁺²	750 ⁺²	805 ⁺²	900 ⁺²

LS	Circuit-breaker panel	ME	Metering panel	EB-T	Auxiliary transformer panel
TS	Disconnecter panel	aME	Air-insulated metering panel	VS	Vacuum contactor panel
LK	Bus sectionalizer	LKLS	Bus sectionalizer circuit-breaker panel	LKTS	Bus sectionalizer disconnecter panel
TR	Switch-disconnector panel	RK	Ring-main panel		

Taulukko 2. Siemens NXPLUS C kiskojen pituuksien ja toleranssien arvot. /4, s. 91/

5.6 Asennuksen päättäminen

Käytännössä tämä tarkoittaa, että kaikki kojeistokentät on kiinnitetty oikein, kokoojakiskot asennettu ja testattu, eristysvastusmittaukset ja toimintatestit suoritettu sekä tarvittavat maadoitukset liitetty. Jos kojeisto on osa suurempaa sähköaseman kokonaisuutta, asennuksen päättäminen sisältää myös tiedon siirron seuraaville työvaiheille, kuten kaapelasennuksille tai käyttöönottoesteille. Lopuksi kojeisto ja asennusalue siistitään asennuksessa käytetyt työkalut ja apuvälineet kerätään pois. Näin varmistetaan, että kojeiston käyttöönotto voidaan tehdä ilman lisätöitä tai keskeytyksiä.

6 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä laadittiin käytännönläheinen ja kattava asennusohje keskijännitekojeistolle, erityisesti laitetilaympäristöön toteutettavia asennuksia silmällä pitäen. Ohjeessa käsitellään kojeistojen tyyppejä, rakennetta ja ominaisuuksia sekä yksityiskohtaisesti asentamiseen liittyviä työvaiheita ja turvallisuusnäkökohtia. Työssä hyödynnettiin valmistajien teknisiä dokumentaatioita, standardeja sekä käytännön kokemuksia Harri Haavikko Oy:n toteuttamista asennusprojekteista.

Asennusohjeen tarkoituksena on varmistaa, että kojeistoasennus suoritetaan standardien ja valmistajan vaatimusten mukaisesti, tehokkaasti ja turvallisesti. Laitetila pohjainen ratkaisu tuo mukanaan erityispiirteitä, kuten virtakiskojen löysääminen ennen kuljetusta, joka otettiin huomioon ohjeistuksessa. Ohje painottaa huolellista esivalmistelua, oikeiden työkalujen ja dokumenttien käyttöä, sekä järjestelmällistä tarkastamista ja mittaamista jokaisessa vaiheessa.

Keskeisiä aihealueita olivat kojeistotyyppien vertailu (AIS ja GIS), maadoitusjärjestelmien suunnittelu, apusähköratkaisut ja turvallisuus sähköasemilla. Työssä korostuu järjestelmällinen, visuaalisesti tuettu ja säädösten mukainen toteutustapa, jonka tavoitteena on vähentää virheitä ja varmistaa turvallinen käyttöönotto.

LÄHTEET

1. ABB Oy TTT-käsikirja 2000–9 Luku 13. Sähköasemat, kojeistot ja muuntamot. PDF-dokumentti. Saatavissa. <https://heikki-laakso.com/opetus/abb/> /Viitattu 3.3.2025
2. ABB Oy Uniswitch keskijännitekojeisto. PDF-dokumentti. Saatavissa. <https://library.e.abb.com/pub-lic/0c8cf4b3a630586fc12573d2004b1e1d/UNIS5FI%200801.pdf> /Viitattu 3.3.2025/
3. Elovaara, J & Haarla, L. 2011. Sähköverkot 2 - Verkon suunnittelu, järjestelmät ja laitteet. Helsinki: Otatieto /Viitattu 29.3.2025/
4. Siemens Oy NXPLUS-C keskijännitekojeisto. PDF-dokumentti. Saatavissa. <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:e5e44256-cc4b-4120-b870-244af2f1244b/806-90049-en-nxplus-c-v2-0-02-11-18-barra-simples-.pdf> /Viitattu 13.4.2025/
5. SFS 6001 Suurjännitesähköasennukset /Viitattu 29.3.2025/
6. ABB Oy UniGear ZS1 Keskijännitekojeisto. PDF-dokumentti. Saatavissa. <https://storage.electrika.com/manu/man-9031/pdftech/9031-unigr-zs1-17.pdf> /Viitattu 29.3.2025/
7. VEO Oy VECTOR Keskijännitekojeisto. Saatavissa. <https://veo.fi/fi/teknologiat/sahkoistys/kojeistot/keskijannitekojeisto-vector/> /Viitattu 29.3.2025/
8. Pusa, E. Kaasueristeisten kojeistojen käyttö kaupunkiympäristöissä (LUT-yliopisto, Sähkötekniikan koulutusohjelma, Diplomityö). Saatavissa. https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/161136/Diplomityo_Pusa_Erkki.pdf /Viitattu 29.3.2025/
9. ABB Oy *SafePlus- ja SafeRing-kaasueristeiset kojeistot*. Saatavissa. <https://new.abb.com/medium-voltage/fi/keskijannitekojeistot/kaasueristeiset-kojeistot/ansi-gis-rmu-for-secondary-distribution/kaasueristeinen-kompakti-safeplus-ja-safe-ring-kojeistot> /Viitattu 29.3.2025/
10. Norelco. NorSwitch – Kaasueristeinen kojeisto keskijännitejakeluun. PDF-dokumentti. Saatavissa. https://www.norelco.fi/files/2022/February/NorSwitch_esite.pdf /Viitattu 29.3.2025/
11. Weckman, A. *Maadoitusjärjestelmien laskennallinen tarkastelu* (Aalto-yliopisto, Sähkötekniikan koulutusohjelma, Diplomityö). PDF-dokumentti. Saatavissa. <https://aaltodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/c9418d17-4323-4d83-9057-5b9d922c9a2f/content> /Viitattu 31.3.2025/

12. Mäkinen, A. *Selvitys keskijänniteverkon maadoitusjärjestelmistä*. (Tampereen teknillinen yliopisto, Sähkötekniikan laitos, Diplomityö). PDF-dokumentti. Saatavissa. <https://www.elenia.fi/files/0c63041a51828c5e9af6145e9e5dc82032e8b2f0/selvitys-keskija-nniteverkon-maadoitusja-rjestelmista-.pdf> /Viitattu 31.3.2025/
13. Ryyänen, A. *Sähköaseman tasasähköjärjestelmän suunnittelu ja mitoitus* (Tampereen teknillinen yliopisto, Sähkötekniikan laitos, Diplomityö). PDF-dokumentti. Saatavissa. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/24267/Ryyanen.pdf?sequence=3> /Viitattu 31.3.2025/
14. Fingrid Oyj. *Tekniset ohjeet ja suunnitteluperusteet sähköasemille*. PDF-dokumentti. Saatavissa. <https://www.fingrid.fi/> /Viitattu 31.3.2025/
15. Fingrid Oyj. *Liiku ja työskentele turvallisesti sähköasemilla – Turvallisuusopas*. PDF-dokumentti. Saatavissa. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/turvallisuus/liiku-ja-tyoskentele-turvallisesti-sahkoasemilla-low.pdf> /Viitattu 31.3.2025/
16. Kuopion Energia. *Sähköturvallisuusopas*. PDF-dokumentti. Saatavissa. https://www.kuopionenergia.fi/wp-content/uploads/2022/05/ke_sahkoturvallisuus-opas_A5_2022_web_01.pdf /Viitattu 31.3.2025/
17. ECOS *F-Gas Regulation Factsheet*. Saatavissa. <https://ecostandard.org> /Viitattu 31.3.2025/
18. Euroopan komissio *Press release: Strengthening F-gas rules*. Saatavissa. <https://ec.europa.eu> /Viitattu 31.3.2025/
19. Siemens Energy *Greener Finland – SF₆-free switchgear*. / Saatavissa. <https://www.siemens-energy.com> /Viitattu 31.3.2025/
20. ABB *How to migrate to an SF₆-free future*. Saatavissa. <https://new.abb.com> /Viitattu 31.3.2025/
21. Tukes. *Tuotteiden käyttöohjeet ja turvallista käyttöä koskevat merkinnät*. PDF-Dokumentti. Saatavissa. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaativustenmukaisuus/tuotteiden-kayttoohjeet-ja-turvallista-kayttoa-koskevat-merkinnat> /Viitattu 4.4.2025/
22. Orient Occident. *Mattolaattojen asennusohje*. PDF-Dokumentti. Saatavissa: <https://www.orientoccident.fi/media/files/51019/877.pdf> /Viitattu 4.4.2025/
23. Miele. *Käyttö- ja asennusohje: Induktiokeittotas*. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://media.miele.com/downloads/8b/d4/07_F6154D09FD0B1EEC979497AD45D88BD4.pdf /Viitattu 4.4.2025/