



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville Rinta-Runsala

KESKUSVALMISTUS MYYNNIN,  
SUUNNITTELUN JA VALMISTUKSEN  
NÄKÖKULMASTA

Tekniikka  
2016

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Ville Rinta-Runsala
Opinnäytetyön nimi	Keskusvalmistus myynnin, suunnittelun ja valmistuksen näkökulmasta
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	33 + 3 liitettä
Ohjaaja	Vesa Verkkonen

---

Tämä työ tehtiin yhteistyössä pienjännitekojeistoja valmistavan Ilmajoen Sähkökoje Oy:n kanssa. Yritys ottaa paljon työharjoittelijoita sekä kesätyöntekijöitä, joille oli tarkoitus saada yhtenäinen ja lyhyt koulutuspaketti, jonka avulla he pääsisivät alkuun kojeistoasentajan töissä. On huomattu, että ammattikoulusta tulevilla työharjoittelijoilla on hyvin vaihteleva tietotaito yleisestä sähköjärjestelmästä sekä kiinteistöjen sähköasennuksiin liittyvistä perusasioista. Uusien kojeistoasentajien perehdyttämisen avuksi laadittiin lyhyt ohje ryhmäkeskuksen kokoonpanoon.

Uusien asentajien perehdyttämisen lisäksi tämä työ käsittelee kojeistosuunnittelijan sekä myyntihenkilöstön toimenkuvaan ohjeistamista. Yrityksen ollessa pieni, sekä suunnittelu että myynti ovat yhden henkilön hoidettavana. Sen vuoksi suunnittelu- ja myyntihenkilöstön tehtäviin laadittiin lyhyt ohjeistus, jolla henkilöstö saa peruskäsityksen kyseisistä tehtävistä. Työtä tultaisiin käyttämään uusien työntekijöiden kouluttamisen apuna.

Tämän työn lisäksi laadittiin erilliset täsmällisemmät yrityskohtaiset ohjeet kojeistoasentajan, kojeistosuunnittelijan ja myyntihenkilöstön töihin opastamista varten. Tällä tavoin voidaan helpottaa uuden henkilöstön työhön opastusta ja ehkäistä äkillisten poissaolojen aiheuttamia hankaluuksia yritykselle.

## ABSTRACT

Author	Ville Rinta-Runsala
Title of thesis	Switchgear Manufacture from the Point of View of Sales, Design and Production
Year	2016
Language	Finnish
Number of pages	33
Supervisor	Vesa Verkkonen

---

This thesis was made in collaboration with Ilmajoen Sähkökoje Oy, a company which manufactures low voltage switchgears and distribution boards. The company takes a lot of trainees and it was seen necessary to put together a training package which would help new in the training of new employees. New trainees from vocational school has a variable knowledge in common electricity distribution and installations. It was considered useful to teach them the absolute basics before starting a new job.

In addition to orientate new assemblers this thesis gives basic information to new personnel in designing and sales work. Since the company is small, the sales and designing are both up to one person. Because of that it was seen useful to have a short guidance to these tasks, so other personnel would be able to cover in these tasks in case of absence of an employee.

In addition to this thesis, a more specific instructions were made to guide new assembles, designers and sellers. This way the company can make the orientation of new personnel easier and prevent difficulties caused by sudden absences.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO .....	6
2	TÖIHIN PEREHDYTTÄMINEN .....	7
	2.1 Perehdyttämisen tärkeys .....	7
	2.2 Kenelle perehdytystä annetaan?.....	8
	2.3 Kuinka perehdyttäminen voidaan toteuttaa?.....	8
3	PERUSTEET KOJEISTOASENTAJAN TOIMENKUVAAN .....	9
	3.1 Kojeistoasentajan tehtävät .....	9
	3.2 Sähköjärjestelmän perusasiat .....	9
	3.2.1 Sähkönjakelujärjestelmä .....	10
	3.2.2 Maadoittaminen.....	11
	3.2.3 Johdonsuojat ja vikavirtasuojat .....	12
	3.2.4 Kosketussuojat ja IP-luokitus.....	13
	3.3 Mekaaninen kokoonpano .....	14
	3.3.1 Keskustyyppit.....	14
	3.3.2 Mekaaniset vaatimukset.....	15
	3.4 Sähköinen kokoonpano .....	15
	3.4.1 Johtimien valinta .....	15
	3.4.2 Arvokilpi ja merkinnät .....	17
	3.4.3 Sähköiset liitokset .....	18
4	PERUSTEET KOJEISTOSUUNNITTELIJAN TOIMENKUVAAN .....	20
	4.1 Kojeistosuunnittelijan tehtävät.....	20
	4.2 Selvitettävät esitiedot .....	20
	4.2.1 Kaapelointisuunnat.....	21
	4.2.2 Kaapelikoot .....	21
	4.2.3 Asennustila .....	22
	4.3 Suunnittelu .....	23

4.3.1	Hahmotelman piirtäminen.....	23
4.3.2	Järkevä tilankäyttö ja komponenttien sijoittelu.....	23
4.4	Valmiin kuvan hyväksyttäminen asiakkaalla.....	25
5	PERUSTEET MYYNNIN TOIMENKUVAAN.....	27
5.1	Myynnin tehtävät .....	27
5.2	Vaatimukset kojeistolle.....	28
5.3	Laskenta .....	28
5.3.1	Rakenteellinen laskenta.....	28
5.3.2	Valmistusajan arviointi .....	29
6	YHTEENVETO .....	31
6.1	Työhön opastamisen onnistuminen.....	31
6.2	Ohjeistuksen kehittäminen.....	31
	LÄHTEET.....	33
	LIITTEET .....	34

## 1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on toimia apuvälineenä uusille työntekijöille sekä uusien työntekijöiden perehdytyksen suorittaville henkilöille pienjännitekojeistoja valmistavassa Ilmajoen Sähkökoje Oy:ssä. Työssä käydään läpi keskusvalmistuksen tärkeät perusasiat kojeistoasentajan, kojeistosuunnittelijan sekä myyntihenkilöstön näkökulmasta katsoen. Työssä on käytetty hyväksi omakohtaisia kokemuksia jokaisesta työnkuvasta ja täydennetty niitä kirjallisuudesta löytyvillä ohjeistuksilla ja standardeilla.

Yritys työllistää paljon kesätyöntekijöitä sekä ammattikoulusta tulleita harjoittelijoita, joiden tietotaitotasot vaihtelevat suuresti. Toiveena oli saada aloittaville työntekijöille yhteistä opetusmateriaalia, jolloin uuden työn aloittaminen tuntuisi mielekkäämmältä ja helpommalta. Tähän asti uusilla työntekijöillä ei ole ollut mitään ohjetta mihin turvautua, vaan kaikki on opetettu työn kautta.

Koska ammattikoulutasoisessa sähköalan koulutuksessa sähkökeskusten valmistus jää usein vähälle huomiolle, se on näin pysynyt Suomessa jokseenkin harvojen yritysten erikoisalana. Tästä syystä uusilla työntekijöillä ei voidakaan olettaa olevan riittävää tietotaitoa aloittaa työskentelyä keskuksia valmistavassa yrityksessä ilman riittävää perehdytystä.

## 2 TÖIHIN PEREHDYTTÄMINEN

### 2.1 Perehdyttämisen tärkeys

Alun perin perehdyttämisellä tarkoitettiin työhönopastusta, jolloin niin sanottu taustatieto, esimerkiksi organisaatiosta jäi vähemmälle huomiolle. Kirjallisuudessa perehdyttämisellä tarkoitetaan työntekijän alkuohjausta uuteen työpaikkaan tai tehtävään tullessa, jonka jälkeen alkaa varsinainen opastus itse työn tekemiseen. Käytännössä kuitenkin perehdytys-käsite nähdään nykyään yleisterminä, joka pitää sisällään työnopastuksen sekä alku- ja yleisperehdytyksen.

Ensisijaisesti perehdyttäminen helpottaa uuden henkilön oppimista uuteen työkuvaan. Siihen kannattaa panostaa alusta asti, jolloin riskit virheiden sattumisiin pienenevät huomattavasti. Perehdytyksessä on otettava huomioon perehdytettävän henkilön lähtötiedot aiheeseen liittyen ja näitä hyväksi käyttäen räätälöidään perehdytysuunnitelmaa mahdollisimman yksilölliseksi ja sitä kautta tehokkaaksi. Hyvän perehdytyksen lähtökohta on, että se kattaa sekä käytännön toimet että tulokkaan osaamisen kehittämisen ja varsinaisen opastuksen työtehtävään, työympäristöön ja koko organisaatioon.

Kun perehdytys ja työnopastus on hoidettu hyvin, se antaa henkilöstölle hyvän tieto- ja taitoperustan omatoimiselle kehittämiselle sekä kyvyn itsenäiseen vastuunottoon, aktiivisuuteen ja yhteistyöhön eri osa-alueiden kanssa organisaatiossa. Perehdytystapahtuma on vuorovaikutusprosessi, jossa perehdytettävä on aktiivinen toimija. Kuitenkaan vuorovaikutus ei tapahdu pelkästään perehdyttäjän ja perehdytettävän välillä, vaan sen on oltava yhteydessä koko työyhteisöön. /6/

## 2.2 Kenelle perehdytystä annetaan?

Perehdytystä toteutetaan uusille työntekijöille, mutta myös pidempään työssä olleet voivat tarvita opastusta, mikäli työtehtävät ja toimintatavat muuttuvat. Mikäli työntekijä palaa työhönsä pitkältä sairauslomalta, perhevapaalta tai muuten vain pitkältä poissaolojaksolta, tulee yhdessä työntekijän kanssa pohtia, tarvitseeko hän perehdytystä palatakseen työtehtäviinsä.

Perehdyttämisen kannalta on tärkeää, että vanhat työntekijät käyttävät samoja opastettuja työtapoja kuin uudet. Ilman samanlaisia oikeita työtapoja voivat uudet työntekijät oppia väärät työtavat kokeneita työntekijöitä seuraamalla. /7/

## 2.3 Kuinka perehdyttäminen voidaan toteuttaa?

Hyvä perehdytys saadaan aikaan suunnitelman laatimisella. Hyvä lähtökohta on miettiä, vastaako suunnitelma kysymyksiin:

- Ketä perehdytetään?
- Mitä perehdytetään?
- Mitkä ovat perehdytyksen tavoitteet?
- Miten perehdytys toteutetaan käytännössä?
- Miten ohjausvastuu jaetaan eli kuka tai ketkä osallistuvat?
- Miten perehdytysprosessia seurataan ja arvioidaan?

Joissain yrityksissä pyritään vanhan säilyttämisen ohella myös jonkin asian jatkuvaan parantamiseen ja toivotaan, että uusi tulokas toteuttaisi tätä periaatetta. Tällöin perehdytyksen suunnittelijan tulee pohtia, mitkä asiat halutaan säilyttää ennallaan ja mihin halutaan muutosta. Silloin suunnitelmaa laatiessa tulee miettiä, millainen perehdytyksen toimintakonsepti toteuttaa perehdytyksen parhaiten ja auttaa sekä työntekijöitä että koko organisaatiota menestymään. /6/



### **3 PERUSTEET KOJEISTOASENTAJAN TOIMENKUVAAAN**

#### **3.1 Kojeistoasentajan tehtävät**

Kojeistoasentajan tehtäviin kuuluu rakentaa jakokeskus oikein niin mekaanisesti kuin sähköisesti suunnittelijan laatiman kokoonpanopiirustuksen mukaan. Asentajan tulee omata perustiedot sähkönjakeluverkosta sekä kiinteistön sähköasennuksiin liittyvistä määräyksistä. Kokoonpantaessa jakokeskusta on asentajan vastuulla asentaa keskuksen suunnitellut komponentit niiden vaatimalla asennustavalla sekä määräyksiä noudattaen.

Komponenttien lisäksi asentajan on kiinnitettävä huomiota oikean kokoisten ja tyyppisten johdinten valintaan. Oikean tyyppisten johtimien valinnan lisäksi asentajan vastuulle jää miettiä johdinten järkevä kuljetusreitti. Johtimien tulee olla oikean kokoiset, tyyppiset ja asennuksen jälki tulee olla siisti.

Keskus on rakennettava siten, että se täyttää kokoonpanokuvassa ilmoitetut kotelointiluokan vaatimukset. Kotelointiluokan lisäksi keskuksen on täytettävä vaadittavat kosketussuojausvaatimukset. Myös suojausluokka ja iskunkestävyys tulevat joissain tapauksissa kysymykseen.

#### **3.2 Sähköjärjestelmän perusasiat**

Aloittavan kojeistoasentajan on tärkeää omata perustiedot Suomessa käytettävästä sähköverkosta. Perusasioihin kuuluu sähköverkon karkea rakenne voimalaitostasolta tavallisen asuinkiinteistön sähköjärjestelmän tasolle. Koska kyseessä on pienjännitekojeistoja (alle 1000 V) valmistava yritys, tärkeimmiksi asioiksi sähkönjakelun kannalta nousevat pienjännitejakeluverkon rakenne ja käytössä oleva kaapelointi.

Tärkeää on myös osata oikeanlainen ja turvallinen maadoittaminen sekä sähköisten liitosten tekeminen. Näiden lisäksi on tiedettävä, miksi maadoitus tehdään ja miten maadoitetaan oikeaoppisesti. Maadoitusjohtimen poikkipinta on osattava määrittää keskuksen nimellisvirran mukaan.

Pienjännitekojeiston yleisimmät komponentit, varsinkin tavallisten ryhmäkeskusten tasolla, ovat johdonsuojakatkaisijat ja virkavirtasuojakytkimet. On huomattu, että työharjoitteluun tulevat henkilöt eivät aina omaa kunnollista käsitystä johdonsuojakatkaisijan tai tavallisen sulakkeen toiminnasta ja niiden tarkoituksesta sähköverkossa. Vaikeimmaksi perusasiaksi on kuitenkin ilmennyt vikavirtasuojakytkimen toimintaperiaate ja käyttötarkoitus.

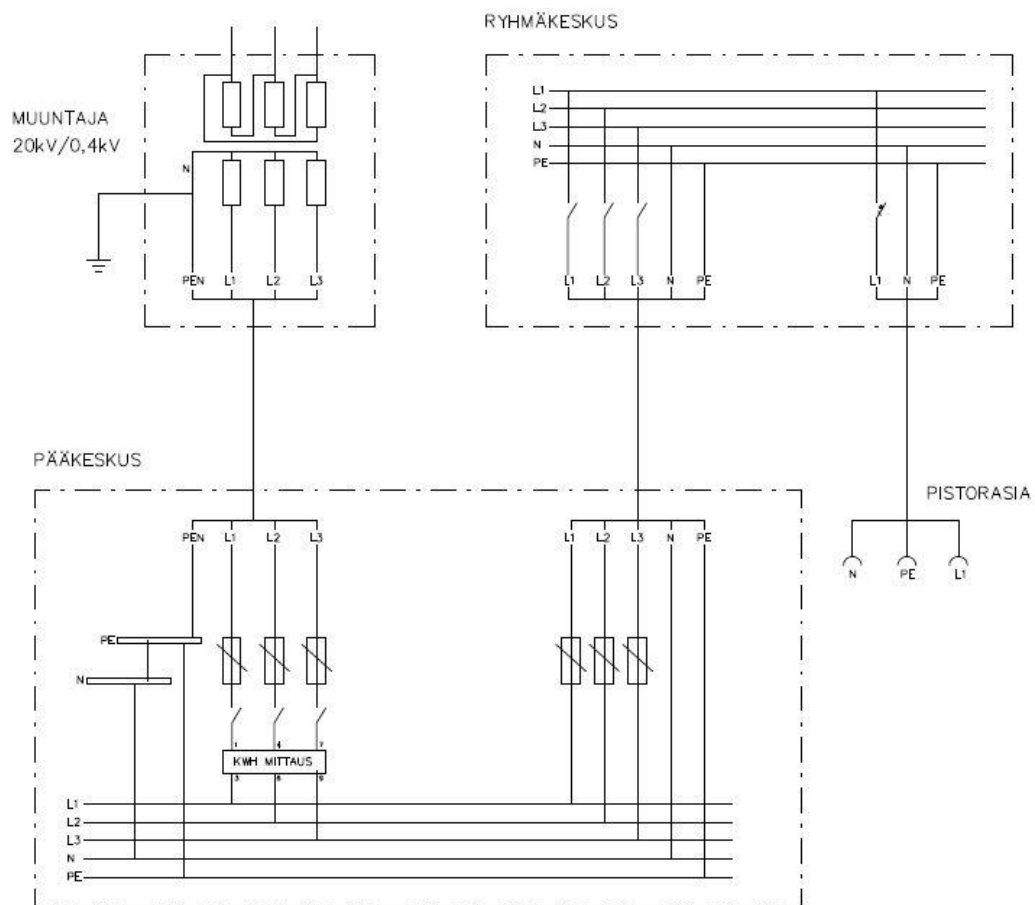
### **3.2.1 Sähkönjakelujärjestelmä**

Suomen suurjännitesiihtoverkkoa kutsutaan kantaverkoksi. Kantaverkkoon kuuluvat kaikki 400 kV ja 220 kV voimajohdot, sähköasemat sekä osa 110 kV järjestelmistä. Voimalaitokset ja suurimmat sähköasemat on yhdistetty toisiinsa kantaverkon avulla. Kulutusalueille sähköenergia siirretään voimalaitoksilta kantaverkon kautta. Kantaverkon suuren jännitteen ansiosta virrat saadaan mahdollisimman pieniksi ja sähkönsiirron häviöt kohtuullisiksi.

Keskijänniteverkon nimellisjännite on yleisimmin 20 kV. Keskijänniteverkko alkaa muuntoasemasta, jossa on esimerkiksi 110 kV/20 kV muuntaja (kuva 1). Siirtohäviöiden pienentämiseksi myös keskijänniteverkossa käytetään suurta jännitettä ja johtimina käytetään alumiinikaapeleita. Keskijänniteverkko on maasta erotettu verkko. /4/

Suomessa käytettävän pienjännitejakeluverkon pääjännite on 400 V ja vaihejännite 230 V. Pääjännite mitataan kahden vaiheen välistä ja vaihejännite vaiheen sekä nollan välistä. Pienjännite muunnetaan keskijännitteestä, esimerkiksi 21 kV/400 V muuntajan avulla. Pienjännitejakeluverkkoon saadaan tähtipiste kytkemällä muuntajan pienjännitepuolen käämit tähteen.

Pienjännitekojeistoon sähkönsyöttö tuodaan syöttökaapelilla, jossa on neljä tai viisi johdinta. Syöttökaapelin ollessa nelijohtiminen (TN-C), erotetaan PEN-johdin omiksi erillisiksi N- ja PE-johtimiksi. PEN-liitos on oltava luokse päästävissä ja sen yhdistävä osa on oltava helposti purettavissa.



**Kuva 1.** Sähkönjakelujärjestelmä.

### 3.2.2 Maadoittaminen

Maadoittaminen tarkoittaa tässä tapauksessa keskuksen osan tai esineen (yleisimmin rungon) liittämistä maadoitusjohtimeen tai maadoituskiskoon, jotka ovat yhteydessä maahan. Maadoittaminen on oleellinen osa syötön automaattiseen poiskytkentään liittyvää vikasuojausmenetelmää. Vikatilanteessa, jossa runko tulee jännitteiseksi, virta palaa suojajohdinta pitkin keskukselle, missä suojalaite toimii ja katkaisee virtapiirin.

Maadoitusjohdin liitetään keskuksen PE-kiskosta tai syötön PE-liittimestä rungon metalliseen osaan. Liitos runkoon tehdään kuten sähköinen liitos yleensä. Isommissa kojeistoissa maadoitus runkoon voidaan tehdä useammasta paikasta. Maa-

doitusjohdinta ei saa katkaista kytkimellä, vaan sen tulee olla aina yhtenäinen. Maadoitusjohdin mitoitetaan keskuksen nimellisvirran mukaan.

Se keskuksen osa, missä pääsuojamaadoitus tehdään, on merkittävä kannen ja oven ulkopinnalle sijoitetulla suojamaadoitusmerkillä. Tila, jossa PE-PEN erotus tehdään, on merkittävä eriytysmerkillä. Keskuksen osa, missä potentiaalintasausjohdin yhdistetään keskuksen suojapiiriin, merkitään maadoitusmerkillä, missä on mainittu kirjain G.

### **3.2.3 Johdonsuojat ja vikavirtasuojat**

Tänä päivänä SFS6000-standardi edellyttää lähes kaikkien pistorasioiden suojaamista ylivirtasuojan lisäksi 30 mA:n vikavirtasuojakytkimellä. Ilman vikavirtasuojaa voidaan jättää pistorasiat, jotka toimivat vain liitäntäpisteenä määrätylle laitteelle, esimerkiksi pyykinpesukone. Vikavirtasuojamattomassa pistorasiassa ei tule käyttää muuta laitetta kuin sitä mille se on suunniteltu.

Johdonsuojakatkaisijan tehtävä on suojata käyttäjää ja keskusta oikosululta sekä johtoa ylikuormitukselta. Johdonsuojakatkaisijoita on saatavilla eri nimellisvirroilla ja laukaisukäyrillä. Yleisimmät laukaisukäyrät ovat B, C ja D.

B-tyypin johdonsuojakatkaisija on pääasiallisesti tarkoitettu asuinrakennusten valo- ja pistorasiaryhmien kaapeleiden ja johtimien suojaksi. Nopean laukaisunsa ansiosta sitä käytetään usein kiinteistöissä, joiden liittymän oikosulkuvirta on pieni, esimerkiksi maaseudulla.

Yleisimmin johdonsuojakatkaisija on laukaisukäyrältään tyyppiä C. Sitä käytetään kaapeleiden ja johtimien suojaamiseen silloin, kun kytkettävällä kuormalla on suuri kytkentävirta. Käytännössä kuitenkin C-tyypin johdonsuojakatkaisijaa käytetään aina, kun mitään erikoisia vaatimuksia ei ole.

D-tyypin johdonsuojakatkaisija on tarkoitettu erityisen suurille kytkentävirroille, esimerkiksi moottoreiden ja hitsauslaitteiden suojaamiseen. Sitä käytetään joskus myös alakeskusta syöttävinä sulakkeina selektiivisyyden saavuttamiseksi. D-tyypin laukaisuaika on huomattavasti pidempi kuin B- ja C-tyypillä.

Vikavirtasuojakytkimen tarkoitus on havaita vaihe- ja nollajohtimen välinen virtaero (englanniksi residual current device = summavirtalaite). Vikavirtasuoja mittaa vaihe- ja nollajohtimen summavirtaa summavirtamuuntajalla. Jos summavirta poikkeaa nollasta vikavirtasuojan toimintavirran verran, laitteen tuntoelin havaitsee sen ja aukaisee suojan koskettimet. /5/

Vikavirtasuojakytkin ei suojaa vaihe-nolla-oikosulkua vastaan, vaan sen kanssa on käytettävä johdonsuojakatkaisijaa tai sulaketta. On olemassa yhdistelmäsuojia, joissa on yhdistetty vikavirtasuojakytkin sekä johdonsuojakatkaisija. Vikavirtasuojakytkin voi syöttää johdonsuojakatkaisijaa tai toisinpäin.

### **3.2.4 Kosketussuojat ja IP-luokitus**

Kojeistojen suojausjärjestelmien tavoitteena on suojata sitä käyttävät henkilöt sekä omaisuus vaaroilta ja vahingoilta. Suomessa ei hyväksytä kosketussuojaamattomia kojeistorakenteita. Kyseessä on niin sanottu kaksoissuojaus. /1/

Kosketussuojauksella estetään ihmisen tai esineen pääsy kojeiston jännitteisiin osiin. Kosketussuojauksesta käytettiin ennen nimitystä perussuojaus. Yleisimmin kosketussuojauksen vaatimukset tulevat täytetyksi kojeiston koteloinnilla.

Mikäli kojeiston sisällä on huoltotoimenpiteitä vaativia komponentteja, on tilassa olevat jännitteiset osat suojattava tahattomalta koskemiselta. Suojauksella varmistetaan eristyskyky kaikissa olosuhteissa. Esimerkiksi pöly voi haitata laitteen jäähdytyskykyä, mikä voi johtaa ylikuumentumiseen. Pöly kostuessaan myös heikentää laitteen eristyskykyä.

IP-luokituksella määritellään sähkölaitteen tiiveys kosteutta, pölyä ja kosketusta vastaan. IP-luokka antaa tarkemman kuvauksen sähkölaitteen suojauksesta kuin pelkästään merkintä ”kosteussuojattu”. Merkinnässä ensimmäinen kirjain viittaa suojaukseen kiinteää esinettä vastaan, esimerkiksi sormi, ruuvimeisseli, rautalanka tai pöly. Toinen numero viittaa suojaukseen nestettä vastaan. Jossain tarkoissa IP-luokituksissa kahden numeron lisäksi voidaan käyttää tarkennuksena kolmatta numeroa ja lisäkirjaimia. Sähkötiloihin sijoitetut laitteet on yleensä suojattava vähintään kotelointiluokan IPXXB tai IP2X mukaisella koteloinnilla.

### 3.3 Mekaaninen kokoonpano

#### 3.3.1 Keskustyyppit

Rakenteensa mukaan keskukset voidaan jakaa kehikkokeskuksiin, koteloituihin keskuksiin sekä kennokeskuksiin. Rakenteeseen viittaavan tyyppityksen lisäksi keskukset voidaan jaotella myös käyttötarkoituksensa perusteella, esimerkiksi pää-, ryhmä-, pistorasia- ja mittauskeskuksiin. Keskukset voidaan jaotella myös suojausluokkansa perusteella suojausluokkaan 1 tai 2.

Kehikkokeskus on yleensä kiinteistörakentamiseen ja pieneen teollisuuteen suunnattu kuivan tilan kevyt keskusrakenne. Tavallisesti kehikkokeskuksessa ei käytetä taustalevyä, koska kotelointiluokka ei sitä vaadi. Asennettaessa keskus palavasta materiaalista valmistetulle seinälle, on taustalevyä käytettävä. Kehikkokeskuksina ymmärretään melkein kaikenlaiset kuivantilan keskukset pienistä ryhmäkeskuksista suurempiinkin jakokeskuksiin. Kehikkokeskus on usein rakenteeltaan huomattavasti kevyempi kuin kotelo- tai kennokeskus.

Koteloitua keskusrakennetta voidaan käyttää teollisuudessa ja kiinteistörakentamisessa tilanteissa, joissa keskukselta vaaditaan suurempaa kotelointiluokkaa. Koteloitu keskus on yleensä rakenteeltaan tukevampi kuin kehikkokeskus. Koteloitu keskus voidaan asentaa seinälle, tai se voidaan valmistaa sokkelirakenteella lattialla seisovaksi. Koteloitu keskus on yleensä varustettu takalevyllä ja on näin kosketussuojattu joka suunnasta.

Kennokeskus on pääasiallisesti suunnattu teollisuuden ratkaisuihin, joissa laitteiden nimellisvirrat ovat huomattavasti tavallisia kiinteistöjä suurempia. Kennokeskus on rungoltaan yleensä koteloitua ja kehikkoa syvempi. Kennorakenteessa kiskostojärjestelmät ovat usein piilossa kojeiston takaosassa sisällä ja käyttötoimenpiteitä vaativat komponentit esillä ovien takana.

Pääkeskus on usein ensimmäisenä keskuksena sähköliittymässä. Pääkeskuksessa suoritetaan liittymän kuluttaman tehon mittaus. Liittymän mittaus voidaan myös suorittaa erillisissä mittauskeskuksissa, joita syötetään pääkeskuksesta. Pääkeskus voi syöttää useita ryhmä- tai jakokeskuksia.

### **3.3.2 Mekaaniset vaatimukset**

Keskuksen mekaanisilla vaatimuksilla ymmärretään kotelon riittävää kestoja isku- ja vastaan sekä oikeanlaista kokoonpanoa, minkä ansiosta se kestää kuljetuksen asennuspaikalle ja myös siellä tapahtuvan siirtelyn aiheuttamat mekaaniset rasitukset. Isommissa keskuksissa kysymykseen tulee myös mekaaninen kesto valo-kaaren aiheuttamaa rasitusta vastaan. Keskuksen koteloinnin on myös muodostettava vaadittu kotelointiluokka.

Vaikka keskuksen kotelointiluokka ei vaatisi rakenteeseen kuuluvaa takaseinää, on sellainen asennettava, jos keskus tullaan asentamaan paloa kestävämmälle pinnalle. Takaseinää ei ole pakko käyttää jos keskuksen taakse asennetaan esimerkiksi palamatonta materiaalia oleva kipsilevy. Käytettäessä takaseinää on keskus varustettava tarkoituksenmukaisilla kaapeliläpivienneillä.

Koteloinnin lujuutta voidaan ilmaista standardin SFS-EN 62262 mukaisella IK-koodilla. Tavallisten jakokeskusten valmistuksessa kuitenkin tätä koodausta harvemmin käytetään. Tyhjien kotelointien perusvaatimukset ja testausmenetelmät annetaan standardissa EN62208. /2/

## **3.4 Sähköinen kokoonpano**

### **3.4.1 Johtimien valinta**

Johtimien väreissä noudatetaan voimassa olevia väristandardeja. Keskuksen sisäisissä johdotuksissa vaihejohtimen värinä käytetään pääasiassa mustaa, joskus myös ruskeaa. Suojajohdin on voitava erottaa selkeästi muista johtimista sijoituksen tai merkinnän avulla. Jos tunnistamiseen käytetään väriä, on se oltava keltavihreä. Myös pääpiirin nollajohdin on voitava tunnistaa selkeästi muista johtimista. Nollajohtimen värinä on käytettävä sinistä. /1/

Keskuksen sisäisten johdotusten johtimien poikkipinta-ala määräytyy keskuksen nimellisvirran mukaan. Kojeen syöttöjohdin mitoitetaan kojeen mukaan ja lähtevän piirin johdin sitä suojaavan ylivirtasuojan mukaan. Keskuksen syöttökaapelointi voidaan joutua toteuttamaan huomattavasti suuremmalla kaapelin poikki-

pinnalla, mitä nimellisvirran mukaan voisi päätellä, johtuen syöttökaapelin asennustavasta.

Päävirtojen haarautuessa useampaan kuin yhteen paikkaan voidaan poikkipinta-ala jakaa johdinten kesken, kuitenkin huomioiden syötettävien kojeiden nimellisvirrat. Käytännössä kaikki keskuksen piirit eivät joudu kuljettamaan mitoitusvirtaa jatkuvasti ja samanaikaisesti. Tällaisissa tapauksissa voidaan käyttää tasoituskertoimia, joilla voidaan saada käytettävää johtokokoa pienemmäksi (taulukko 1). Jos kojeisiin liitetään pitkäaikaisesti niiden mitoitusvirran ottavia laitteita, ei tasoituskertoimia voida ottaa niiden osalta huomioon. /2/

**Taulukko 1.** Tasoituskertoimet.

Kojeen tai Ryhmän $I_N/A$	Tasoitettu kuormitusvirta/A								
	Ryhmien lukumäärä x)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	6	9	12	14	15	17	19	21	22
10	10	15	19	22	25	29	31	34	36
16	16	24	30	36	40	46	50	54	58
25	25	38	47	55	63	71	77	84	90
Tasoituskerroin	1	0,75	0,62	0,55	0,50	0,47	0,44	0,42	0,40

Keskuksen sisäisissä johdotuksissa käytetään yksilankaisia, monilankaisia tai taipuisia johtimia. Johtimen poikkipinnan ollessa 1,5 - 2,5 mm<sup>2</sup> käytetään yleensä ML-tyyppistä yksilankaista johdinta. Poikkipinnan ollessa 4 mm<sup>2</sup> tai suurempi, käytetään monilankaista MK-tyyppistä johdinta. Ovikojeita johdottaessa käytetään hienolankaista MKEM-tyyppistä johdinta.



Johdotuksia tehtäessä on otettava huomioon edellä mainittujen lisäksi seuraavia asioita:

- Komponenttien liittimiä ei käytetä haaroitusliittiminä, ellei niitä ole suunniteltu ja testattu tällaiseen käyttöön.
- Työn yhteydessä tulee tarkastaa ja varmistaa asennettujen johtimien liitosten tiukkuus.
- Liiallinen johtimien niputus ei ole suotavaa varsinkaan kojeistoissa, joissa voidaan olettaa olevan mitoitusvirran pitkäaikaisesti ottavia laitteita.
- Johtimien koskettaminen teräviin reunoihin ja kulmiin on estettävä.

### 3.4.2 Arvokilpi ja merkinnät

Kojeistovalmistajan tulee varustaa kukin keskus yhdellä tai useammalla arvokilvellä. Arvokilven tulee olla kulutusta kestävä ja sijoitettava paikkaan, jossa se on luettavissa ja näkyvillä keskuksen ollessa käytössä. Arvokilvessä on annettava seuraavat keskusta koskevat tiedot:

- keskuksen valmistajan nimi tai tavaramerkki
- tyyppi- tai tunnusmerkintä, jonka avulla kojeistovalmistaja voi yksilöidä kojeistotyypin ja näin antaa siitä tarkempia tietoja
- valmistusajankohta vähintään vuoden tarkkuudella
- mitoitusvirta
- kotelointiluokka, jos se on suurempi kuin IP 2XC.

Kaikki kojeet merkitään kokoonpanokuvaa vastaavalla kojettunnuksella tai numerolla. Kojettunnus voidaan kiinnittää joko komponenttiin tai komponentin asennusalueeseen. Joissain tapauksissa vaaditaan käytettäväksi kaksoismerkintää, jolloin komponentti sekä komponentin sijoituspaikka merkitään kojettunnuksella. Keskuksen sisällä olevan kojettunnuksen parhaana sijoituspaikkana pidetään asennuslevyä.

Keskuksen pääkytkin on merkittävä selvästi ja pääkytkinkilven on oltava näkyvillä ja helposti erotettavissa. Merkinnät tehdään yleensä suomeksi sekä ruotsiksi ja joissain tapauksissa myös englanniksi. Jos samassa rungossa on kaksi eri kojeis-

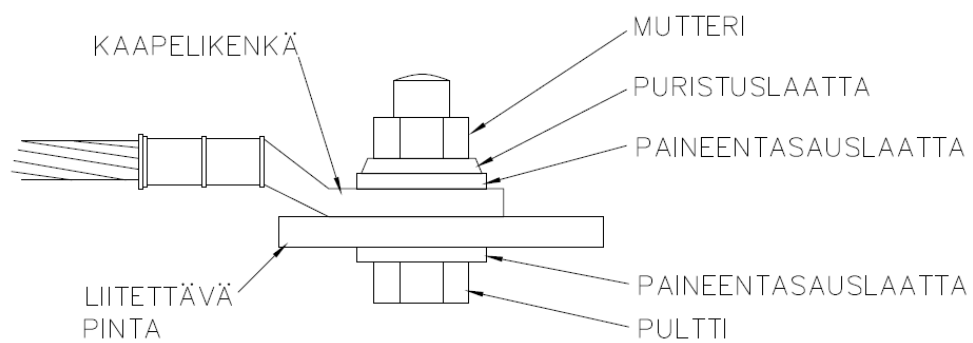
toa, on molempien pääkytkimet merkittävä erikseen, sekä kojeistojen raja merkittävä selkeästi. Jos keskuksen pääkytkin sijoitetaan kannen tai oven alle, on keskus varustettava merkinnällä ”pääkytkin kannen alla”.

### 3.4.3 Sähköiset liitokset

Kojeistojen tärkeimmät liitostyypit ovat: ruuviliitos, pulttiliitos, puristusliitos, jousiliitos, juotosliitos ja lattapistokeliitos (ns. abiko). Yleisin liitántätapa on ruuviliitos. Siinä johtimen kuorittu pää puristetaan kojeen liitoskohdan metallipintojen väliin. Ruuviliitännällä liitetään lankamaisia, muutamalankaisia ja hienolankaisia johtimia. Lähiaikoina myös jousiliitoksen käyttö on yleistynyt kojeissa ja riviliitimissä. Käytettäessä hienolankaista johdinta, liitoksissa on suositeltavaa käyttää johtimen pääteholkkia.

Liitoksessa on otettava huomioon riittävä kiristysmomentti. Liitoksen liiallisen lämpiämisen estämiseksi on kuitenkin vältettävä liiallista kiristämistä. Komponentissa on usein mainittu valmistajan suosittama liittimen kiristysmomentti. Johdon tulee pysyä liittimessään ja kestää kevyttä vetoa. Liitoksen kosketinpaine ei saa kohdistua johtimen eristykseen.

Suuremmat johtimet liitetään kojeisiin pulttiliitoksella (kuva 2). Pulttiliitosta tehtäessä on varmistettava, että liitospinta on puhdas. Esimerkiksi tehtäessä maadoitusliitos maalatulle pinnalle on maali ensin poistettava liitoksen kohdalta. Hyvä tapa on suojata maalattavan pinnan liitoskohta ennen maalausta. Pulttiliitoksessa käytetään joko jousi- tai kartiolaattaa estämään liitoksen löystyminen.



**Kuvio 2.** Sähköinen liitos.

## **4 PERUSTEET KOJEISTOSUUNNITTELIJAN TOIMENKUVAAAN**

### **4.1 Kojestosuunnittelijan tehtävät**

Suunnittelijan on osattava muuttaa asiakkaan tarpeet ja halut toteutuskelpoisiksi ja standardeja noudattaviksi vaatimuksiksi. Keskuksen tulee olla käyttötarkoitukseensa sopiva, käyttäjälleen turvallinen ja hinnaltaan edullinen. /1/

Kojestosuunnittelijan tehtävä on piirtää kokoonpanokuva rakennettavasta keskuksesta. Kokoonpanokuva suunnitellaan yleensä valmiin pääkaavion mukaan. Yrityksestä riippuen, pääkaavion piirtää itse kojestosuunnittelija, toinen suunnittelija tai täysin eri yrityksen suunnittelija. Usein tasokuvan, pääkaavion, piirikaavion sekä keskuksen kokoonpanokuvan piirtävät eri henkilöt.

Kokoonpanokuvaan suunnitellaan pääkaaviossa vaaditut komponentit järkevään järjestykseen. Kuvasta on käytävä ilmi keskuksen mitat, sinne sijoitettavat kojeet sekä muut perustiedot. Suunnittelijan on otettava huomioon asiakkaan toiveet, mutta tuotava esille myös mahdolliset ristiriidat ja ongelmakohdat, mitä asiakas ei välttämättä itse huomaa.

### **4.2 Selvitettävät esitiedot**

Pääkaavion piirtänyt suunnittelija liittää yleensä pääkaavion mukaan niin kutsutun etulehden, josta käy ilmi keskuksen perustiedot ja vaatimukset. Tietynlaisia asioita on kuitenkin hyvä varmistaa keskuksen asentavalta yritykseltä tai asentajalta, sillä usein suunnittelija ei ole käynyt työmaalla henkilökohtaisesti varmistamassa asioita. Suunnitelmat voivat myös muuttua paljon pääkaavioiden piirtämisen jälkeen.

Tärkeitä varmistettavia asioita ovat esimerkiksi keskuksen kaapelointisuunnat, mahdolliset tilarajoitukset keskukselle, tulevien ja lähtevien kaapeleiden koot ja tyypit. Myös mahdolliset erikoisvaatimukset on syytä olla tiedossa. Esimerkiksi onko tilan ilmassa syövyttäviä aineita tai onko tila räjähdysvaarallinen.

#### **4.2.1 Kaapelointisuunnat**

Ennen suunnittelun aloittamista on tärkeää selvittää keskuksen kaapelointisuunnat. Syöttökaapelin tulosuunta vaikuttaa paljon kojeiden järjestykseen keskuksessa. Ideaalitulanteessa syöttökaapeli tuodaan keskuksen alhaalta vasemmalta ja muut lähdöt olisivat ylöspäin. Tämä toteutuu kuitenkin harvoin ja on mietittävä, kuinka muuten syöttökenttä olisi järkevä muodostaa.

Jossain tilanteissa kaapelit voidaan pudottaa tai kiertää keskuksen takaa, jolloin kaapeleiden tulosuunnalla ei ole suurta merkitystä. Syöttökaapelin ollessa poikkipinta-alaltaan suuri, on tärkeää saada syöttökenttä oikealla kohdalle, jolloin kaapelin tuominen keskuksen olisi mahdollisimman helppoa. Jossain kohteissa syöttävää kaapelia varten on kivijalkaan valettu putki, jota pitkin kaapeli tuodaan keskuksen. Tällaisissa tapauksissa on tärkeää saada keskuksen syöttökenttä osumaan oikealle kohdalle. Suuren poikkipinnan kaapeleissa suuri taivutussäde voi aiheuttaa haasteita.

#### **4.2.2 Kaapelikoot**

Keskuksen tulevien ja lähtevien kaapeleiden koot on tärkeä selvittää, jotta kaapeleille osataan varata oikean kokoiset ja tyyppiset liittimet. Kuparikaapelit voidaan liittää useimmiten riviliittimiin, mutta alumiinikaapeleille tarvitaan vaihtoliittimet. Liittimet voivat olla erillisessä liitântätilassa tai suoraan kojeessa kiinni. Joissain tapauksissa pienetkin kaapelit halutaan liittää suoraan kojeisiin. Tällä tavoin säästetään pieni rahallinen säästö sekä keskuksen fyysistä kokoa voidaan saada pienemmäksi.

Suunniteltaessa liitântätilaa isoille kaapeleille on otettava huomioon kaapeleiden vaatima kytkentätila, joka vaihtelee kaapelin poikkipinta-alan mukaan. Poikkipinnan lisäksi on hyvä tietää kaapelityyppien vaipan halkaisija. Halkaisijan perusteella voidaan keskuksen suunnitella oikeanlaiset läpivientimahdollisuudet. Yleensä kaapeleiden läpivienteihin käytetään kalvo- tai holkkitiivisteitä tai multilaippoja. Suuremmilla kaapeleilla voidaan käyttää kaapelipäätteitä. Kaapelikengissä ja liit-

timissä on mainittu, minkä kokoisia kaapeleita kyseiseen liittimeen voidaan liittää niin, että liitos pysyy luotettavana.

Johtimien liittämiseen varatut tilat ovat tärkeimpiä seikkoja kytkettäessä keskuksen ulkopuolisia johtoja. Kytkentätiloja suunniteltaessa on otettava huomioon seuraavia asioita: /1/

- Ulkopuoliset kaapelit on voitava liittää keskuksen turvallisesti. Tämä on otettava huomioon varsinkin tilanteissa, joissa jo jännitteiseen keskuksen kytketään lisää johtoja, eikä keskusta haluta saattaa työn ajaksi jännitteetömäksi.
- Kaapelit voidaan liittää niille varattuihin liittimiin luotettavasti, kun johtimet tulevat liittimiin oikeasta suunnasta ja riittävän suuri johtimen taivutussäde toteutuu.
- Jännitteisenä tehtävä summavirtamittaus on voitava suorittaa helposti ja ilman vaaraa.

#### **4.2.3 Asennustila**

On tärkeää varmistaa työmaan tuntevalta henkilöltä, onko keskukselle rajoituksia koon suhteen. Usein keskuksen tilanneella henkilöllä ei ole käsitystä, kuinka paljon tilaa halutut komponentit vaativat. Isoimmilla keskuksilla on myös syytä varmistaa, missä vaiheessa rakennus on keskusta tuotaessa, koska ongelmaksi voi muodostua pienet oviaukot. Joissain tapauksissa keskus voidaan jakaa moneen osaan, jolloin kuljetus ja keskuksen sijoittaminen helpottuu. Tällaisessa tapauksessa on jo suunnitteluvaiheessa otettava huomioon keskuksen eri osien välinen kaapelointi.

## 4.3 Suunnittelu

### 4.3.1 Hahmotelman piirtäminen

Hyvä tapa aloittaa kojeiston suunnittelu on piirtää hahmotelma paperille. Paperille piirrettyä hahmotelmaa on helppo muuttaa ja muokata verrattuna tietokoneella tehtävään suunnitteluun. Valmiista hahmotelmasta näkee hyvin, kuinka paljon tilaa halutut komponentit vaativat.

Hahmotelman piirtovaiheessa kannattaa ottaa huomioon tiedossa olevien komponenttien lisäksi kaapelointisuunnat ja paljonko mikäkin komponentti vaatii kytkentätilaa. Suunnittelua helpottaa keskuksen esitietojen kerääminen hahmotelmapaperille, missä ne ovat helposti nähtävillä. Kun lyijykynäkuva on hyvin piirretty, se on helppo siirtää sähköiseen muotoon tietokoneelle.

Jos suunniteltavan kohteen pääkaavio on tehty paljon ennen kokoonpanosuunnittelun aloittamista, on hyvä varmistaa, että kyseinen pääkaavio on uusin versio ja ajan tasalla. Muutoksia kuviin tulee helposti ja niitä ei aina muisteta merkitä paperiin tai edes ilmoittaa kojeistovalmistajalle.

Keskuksen rakenteen on oltava helposti hahmotettava. Jos samaan runkorakenteesseen rakennetaan useampia keskuksia, on ne sijoitettava niin, että eri käyttötarkoitusta palvelevat keskuksat on helppo tunnistaa. Keskuksen sisäisten johdotusten tulee olla selkeitä. Eri piirit on asennettava helposti tunnistettaviksi. /1/

### 4.3.2 Järkevä tilankäyttö ja komponenttien sijoittelu

Suunniteltaessa keskuksen rakennetta, on otettava huomioon tulevan käyttäjän ammattitaito. Keskusta käyttävän henkilön on voitava esteettömästi ja turvallisesti hoitaa keskuksen käyttöön liittyvät toimenpiteet, kuten sulakkeiden vaihdot ja käyttökytkimien ohjaus. Ammattitaidottoman henkilön käyttämältä keskukselta edellytetään suojausluokan IP2XC-kosketussuojausta. /1/

Komponenttien sijoittelua miettiessä suunnittelijalla on hyvä olla tiedossa, kuinka kyseiset komponentit kytketään ja paljonko niille on hyvä varata tilaa. Kom-

ponentit, joiden kaikki liittimet kytketään tehtaalla, voidaan suunnitella pienempään tilaan kuin ne, jotka asiakas joutuu kytkemään. Usein keskuksen rakennusvaiheessa on paremmin tilaa ja helpompi johdottaa komponentit.

Kun keskuksen kaapelointisuunnat tiedetään, voidaan suunnitella looginen tehon kulkusuunta. On vältettävä turhaa edestakaisin johdotusta, jolloin rakennusvaiheessa säästyy aikaa ja materiaalia. Usein pyritään tilanteeseen, jossa kojeiston syöttö tulee alhaalta joko vasemmalta tai oikealta ja lähtevät kaapelit ovat ylöspäin. Tällöin keskuksen kaapelointi voidaan suunnitella ja tehdä suoraviivaisesti.

Suurikokoisten kaapeleiden vaatimasta vapaasta kytkentätilasta on olemassa määräykset. Asennuspaikalla keskuksen liitettäville alumiinikaapeleille ja yli 16 mm<sup>2</sup> kuparikaapeleille on varattava liitännättilaa taulukon 1 mukaisesti. Vapaa liitännättila mitataan liittimessä syöttösuunnassa ensimmäisenä olevan johtimen kiinnitysruuvin tai kiinnitysmutterin keskiviivasta suoraan ulospäin kaapelin sisääntulo-kohtaan.

**Taulukko 2.** Vaadittu vapaa liitännättila.

Kaapelin johtimen poikkipinta / mm <sup>2</sup>	Vapaa liitännättila / mm
16-25	100
35-50	150
70-120	200
150-185	300
240-300	400



Tavallisesti keskuksen sisäiset 16 mm<sup>2</sup>:ä pienemmät kuparikaapelit johdotetaan komponenteilta riviliittimille, joihin lähtevät kaapelit on helppo liittää asennuspaikalla. Joissain tapauksissa riviliittimiä ei haluta käyttää, jolloin keskus voidaan saada hinnallisesti hieman halvemmaksi. Jos riviliittimiä ei haluta käyttää, on otettava huomioon mahdollisuus kaapeloida lähtevät kaapelit suoraan kojeelle. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että keskuksen sisälle on jätettävä enemmän tilaa kaapeloinneille. Hyvätapaista on pyrkiä sijoittamaan kaikki lähtevän kaapeloinnin vaatimat liittimet samaan tilaan. /2/

Keskukseen sijoitettavien käsittelyä vaativien komponenttien sijoittelussa noudetaan seuraavia standardin SFS-EN 61439-1 vaatimuksia: /5/

- Kaapelien helpon kytkennän saavuttamiseksi liittimet sijoitetaan vähintään 0,2 m korkeudelle keskuksen alustasta, pois lukien suojajohdinliittimet.
- Keskusta käyttävän henkilön luettavaksi tarkoitetut laitteet on sijoitettava alueelle 0,2 m ... 2,2 m keskuksen alustasta.
- Käyttöä vaativat ohjauslaitteet, kuten kahvat ja painonapit, on sijoitettava niin, että niitä on helppo käyttää. Niiden keskilinjan on oltava 0,2 m ... 2 m korkeudelle keskuksen alustasta.
- Hätäkytkennän ohjauslaitteiden on oltava käytettävissä 0,8 m ... 1,6 m korkeudella keskuksen alustasta.

#### **4.4 Valmiin kuvan hyväksyttäminen asiakkaalla**

Hyvä tapa on hyväksyttää valmis suunnitelma asiakkaalla ennen keskuksen valmistusta. Joissain sähkösuunnitelmissa jopa vaaditaan keskuksen kokoonpanokuvan hyväksyttämistä rakennuttajalla ennen valmistuksen aloittamista. Kokoonpanokuva hyväksytään yleensä joko asiakkaan, rakennuttajan tai joskus jopa työkohteen arkkitehdin puolesta. On tärkeää tarkistaa, että valmiista suunnitelmasta löytyy kaikki vaaditut komponentit ja että asiakkaan toiveet tulevat täytetyiksi.

Kokoonpanokuvan tarkistanut taho ei välttämättä aina itsekään huomaa tai ymmärrä sattuneita virheitä kuvassa, joten on tärkeää käydä suunnitelma läpi ajatuksella. Mikäli keskukseen tulee muutoksia, asiakkaalle on toimitettava aina uu-

simmat versiot kokoonpanokuvista. Kokoonpanokuvaan kannattaa tehdä merkintä muutoksista.

## 5 PERUSTEET MYYNNIN TOIMENKUVAAN

### 5.1 Myynnin tehtävät

Kojeistovalmistajan tarjouslaskijan tehtävänä on laskea mahdollisimman paljon voittoa tekevä, mutta silti muiden valmistajien kanssa kilpailukykyinen hinta halutulle keskukselle. Myynnille tärkeitä ovat referenssit ja aiemmin luodut asiakassuhteet, jotka helpottavat osaltaan kaupan syntymistä. Laskennan suorittajan on syytä osata keskuksia koskevat määräykset, jolloin hän voi tarvittaessa neuvoa asiakasta oikeanlaisen keskuksen valinnassa.

Myynnin henkilöstö voi hinnoittelullaan vaikuttaa onnistuviin kauppoihin. Mikäli kohde mielletään hankaluuksiksi aiheuttavaksi tai kohteita on niin paljon työn alla, ettei asentajakapasiteetti riitä, voidaan kaupalle laskea tahallaan hieman korkeampi hinta. Tahallaan korkeaa tarjousta tehdessä täytyy kuitenkin pitää mielessä asiakassuhteiden säilyminen myös jatkossa. Mikäli tuotannossa on puutetta töistä, voidaan kaupan hintaa laskea pienemmäksi, jolloin on todennäköisempää, että kauppa toteutuu. Kuitenkaan nollavoitolla tai tappiolla ei kauppaa kannata tehdä.

Keskusvalmistajan on annettava tarjottava pyydetty kohde tarjouspyynnön mukaisesti. Tarjouksessa voidaan luetella erikseen siihen kuuluvia ja kuulumattomia asioita mahdollisten erimielisyystilanteiden varalta. Tarjouksessa on mainittava ainakin seuraavat asiat: /1/

- asiakkaan tiedot
- kokonaishinta (huom. verollinen/veroton)
- maksuehto
- toimitusaika
- tarjouksen voimassaoloaika.

## 5.2 Vaatimukset kojeistolle

Keskusvalmistajan täytyy jo tarjoustaan tehdessään olla mahdollisimman hyvin selvillä keskukselle ja sen toimitukselle asetettavista vaatimuksista. Keskuksen on täytettävä sille asetetut vaatimukset niin rakenteeltaan kuin toiminnaltaankin. Keskuksen tilannut henkilö ei ole aina välttämättä itse perillä uusimmista vaatimuksista ja standardeista, joten keskusvalmistajan vastuulla on varmistaa halutut asiat ja mahdollisesti neuvoa asiakasta tilausvaiheessa.

Keskusvalmistajalle on tarjouspyynnön yhteydessä toimitettava vähintään keskuksen pääkaavio ja perustietolomake, josta selviää keskuksen rakenteen tiedot. Hyvä tapa on toimittaa tässä vaiheessa jo mahdolliset piirikaaviot, koska pelkästä pääkaaviosta ei aina selviä kaikkia vaadittavia kojeita ja tarvittavaa riviliittimien määrää. Suuremmissa kohteissa keskusvalmistajalle toimitetaan myös sähköselostuksen keskuksia koskevat kohdat, nousujohtokaavio sekä mahdollisesti myös maadoituskaavio. Teollisuuden kohteissa tulee kysymykseen myös tarkemmat tiedot ympäristöoloista ja häiriösuojauksesta.

Keskuksen perustietolomakkeesta on käytävä ilmi vähintään keskuksen nimellisvirta, syöttävän kaapelin tyyppi ja koko sekä suunnitellut kaapelointisuunnat. Hyvä on myös ilmoittaa mahdolliset rajoituksen keskuksen koon suhteen, sekä halutaanko pää- ja ohjauskaapelit kytkettävän riviliittimille vai kojeisiin. Myös muut erityisvaatimukset on hyvä mainita tässä kirjallisesti.

## 5.3 Laskenta

### 5.3.1 Rakenteellinen laskenta

Kojeistovalmistajalle toimitetusta keskuksen pääkaavion etulehdestä voidaan selvittää suurin osa rakenteellisista vaatimuksista. Tärkeimpinä voidaan pitää keskuksen nimellisvirtaa ja koteloitiluokkaa sekä asennusympäristöä. Joissain kohteissa kysymykseen tulevat myös oikosulkuvirran- sekä iskun kestävyys. Suurimpia hintaan vaikuttavia rakenteellisia tekijöitä ovatkin juuri koteloitiluokka ja nimellisvirta. Kevyt kehikkokeskus tulee luonnollisesti halvemmaksi kuin raskasrakenteisempi koteloitu keskus. Mikäli etulehden tiedoissa on puutteita tai ristiriit-

toja, kannattaa ottaa yhteyttä sähkösuunnittelijaan tai suoraan asiakkaaseen ja varmistaa epäselvät asiat.

Kojeiden määrä ja laatu voidaan pääasiassa laskea tarjouspyynnön mukana toimitetusta keskuksen pääkaaviosta. Pääkaaviossa on esitetty, millaisella kaapelilla syöttö tuodaan keskukseseen ja mitä kojeita syöttökaapelin ja kokoomakiskoston välillä on. Keskuksen nimellisvirran perusteella syöttökenttään voidaan laskea oikeanlaiset kojeet. Kokoojakiskolta lähtevät kojeet on hyvä laskea tyypeittäin. Esimerkiksi lasketaan ensin kahvavarokkeet, kytkinvarokkeet, tulppavarokkeet, johdonsuojat, vikavirtasuojakytkimet ja sen jälkeen ohjauskojeet, kontaktorit ja muut releet.

Keskukseseen suunnitellut komponentit voidaan massoitella erilliseen luetteloon, mikäli niitä ei kirjata suoraan laskentaohjelmaan. Massoitelluluettelossa on helppo pitää kirjaa komponenteista ja virheiden korjaus on helpompaa kuin laskentaohjelmassa. Luettelosta voidaan myös arvioida jo keskuksen tulevaa kokoa sekä valmistusaikaa.

Joissain tapauksissa keskuksen pääkaaviot suunnitellaan ennemmin kuin piirikaaviot tai pääkaaviosta laaditaan vain urakkalaskentaa varten oleva hyvin suurpiirteinen ja kevyt versio. Tällaisissa tapauksissa voi olla hankala arvailla lopullista riviliitinmäärää tai ohjauskytkimien tyyppejä, joten laskenta on hyvä suorittaa pahimman tapauksen mukaan.

### **5.3.2 Valmistusajan arviointi**

Usein suurin yksittäinen keskuksen hintaan vaikuttava tekijä on sen valmistukseen kuluva aika. Paljon komponentteja ja johdotusta vaativa keskus vaatii myös paljon valmistusaikaa, jolloin työlle laskettava hinta nousee korkeaksi. Tällaisessa tapauksessa on tärkeää osata arvioida työaika mahdollisimman tarkasti.

Keskukseseen tulevat komponentit on helposti laskettavissa asiakkaan toimittamista tiedoista. Vaikeammaksi työksi muodostuu valmistukseen kuluvan ajan arviointi eli kuinka monta työtuntia keskuksen tarjoukseen lasketaan. Valmistusajan tulee osata arvioida mahdollisimman tarkasti, jolloin keskuksen hinta saadaan alemmas,

mutta kauppa ei silti tuota tappiota. Valmistusaikaa voi arvioida keskuksen sisälön perusteella, kun tiedetään kuinka kauan suurin piirtein minkäkin asian rakentamiseen kuluu.

Komponenttien määrän lisäksi ajankäyttöön on otettava huomioon johdotustyön määrä. Jos kaikki komponentit johdotetaan riviliittimille, aikaa kuluu selvästi enemmän kuin johdotuksen jäädessä kojeiden liittimiin. Mikäli keskuksessa on esimerkiksi useita moottorilähtöjä, sen johdottamiseen kuluva aika nousee merkittävästi. Jotkut suunnittelijat käyttävät ohjauspiirikaaviota suunnitellessaan paljon riviliittimiä. Tämä aiheuttaa paljon lisätyötä asentajalle. Myös keskustyyppi vaikuttaa kuluvaan aikaan. Kevytrakenteinen kehikkokeskus on nopeammin koottava kuin koteloitu tai kennorakenteinen keskus.

Suuri vaikutus on myös asentajan kokemuksella. Ammattitaitoinen vanhempi asentaja tekee luonnollisesti työn huomattavasti nopeammin kuin aloitteleva henkilö. Toisaalta taas kokemattoman asentajan tuntityö on vanhempaa asentajaa halvempaa.

Usein toistuviin asennuksiin kuluvaan aikaan kannattaa seurata ja kirjata ylös. Näin voidaan arvioida yksikkökohtaisesti, kuinka paljon aikaa mihinkin työsuoritukseen kuluu. Esimerkiksi kauanko yhden moottorilähdön tekemiseen menee, kuinka kauan johdonsuojarivin johdottaminen riviliittimille kestää tai kuinka kauan aikaa yhden kentän rungon kokoonpanoon menee. Tällä tavoin rakennettava keskus voidaan hajottaa, esimerkiksi tunnin osiin ja sen avulla laskea kokonaisvalmistusaika.

## **6 YHTEENVETO**

### **6.1 Työhön opastamisen onnistuminen**

Tulevaisuudessa yrityksessä tullaan panostamaan enemmän työhön opastamiseen. Opastuksessa apuna tullaan käyttämään aloitteleville kojeistoasentajille laadittua ryhmäkeskuksen kokoonpano-ohjetta sekä perusasioita tästä opinnäytetyöstä. Ennen uusi henkilö joutui opettelemaan melkein kaikki asiat pelkästään työn kautta ja lähimmän työkaverin pienellä opastuksella.

Keväällä 2016 aloittaneille kolmelle työharjoittelijalle pidettiin noin tunnin perehdytys sähköjakelun perusteista sekä sähkökeskusten yleisimmistä komponenteista ennen varsinaisen työn aloittamista. Alkujohdannon jälkeen harjoittelijoiden työskentelyä seurattiin ensimmäisen päivän ajan jatkuvasti ja sen jälkeen aina tarpeen vaatiessa. Ensimmäiset kokoonpanotyöt tehtiin perehdyttäjän esimerkin avulla, mutta itsenäisesti suorittaen.

Huomattiin, että harjoittelijoille pidetystä alkujohdannosta oli hyötyä sekä perehdyttäjälle, että perehdytettävälle. Aloitteleva harjoittelija oppi joko uutena asiana tai palautti mieleen johdannon aikana tiedot keskusten yleisimmistä komponenteista. Perehdytyksen suorittava henkilö voi oppia myös itse perehdytettävän henkilön tietotason kyseisistä asioista ja näin osata painottaa vielä epäselviä asioita ja jättää vähemmälle jo hyvin tiedossa olevat asiat.

### **6.2 Ohjeistuksen kehittäminen**

Kojeistoasennuksen puolesta ohjeistusta voitaisiin kehittää vielä yksityiskohtaisempia ohjeita laatimalla eri keskustyypeille. Hankaluuksia ohjeiden luomiseen tuo jokaisen keskuksen yksilöllisyys. Joitain asioita ei voi ohjeistaa suoritettavan jokaiseen saman tyyppin keskuksen. Hankaluudeksi voidaan myös lukea kauan kojeistoasentajan töitä tehneen henkilöstön haluttomuus päivittää tietojaan tai tehdä töitä määrättyllä tavalla.

Kojeistosuunniteluun ja myynnin tehtäviin tultaisiin myöhemmin tekemään yksityiskohtaisemmat ohjeet avuksi aloittavalle uudelle henkilölle tai äkillistä poissa-

oloa korvaavalle henkilölle. Ohjeita tulnaisiin tekemään myös ostotilauksen tekemiseen sekä keskustoimitusten hoitamiseen. Nämä tulevat helpottamaan toimimista, eritoten lomakausien aikana.



## LÄHTEET

- /1/ Rousku, H., Autio, I. & Hieta-Wilkman, S. 2014. Jakokeskusopas. Espoo. Sähköinfo Oy.
- /2/ SESKO. 2015. SFS käsikirja 640 Sähkökeskuskäsikirja. Helsinki. Suomen standardoimisliitto SFS.
- /3/ SFS-EN 61439-1. Pienjännitekeskukset. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry. 2006. 254 s.
- /4/ Mäkinen, M., Kallio, R. & Tantarimäki, R. 2009. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset. Helsinki. Otava.
- /5/ SFS 600-1. Pienjännitesähköasennukset. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry. 2012. 627 s.
- /6/ Tarja Frisk. 2003. Ohjaaminen työssä. Helsinki: Euroopan yhteisö. Rakennerahastot
- /7/ Kupias, P. & Peltola, R. 2009. Pehdyttämisen pelikentällä. Helsinki: Oy Yliopistokustannus. HYY Yhtymä.

## **LIITTEET**

**LIITE 1.** Suunnittelijan hahmotelmapohja

**LIITE 2.** Myynnin hahmotelmapohja massoitteluluettelolla

**LIITE 3.** Ryhmäkeskuksen kokoonpano-ohje