



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

SANTERI SALMINEN  
SÄHKÖKESKUKSEN SUUNNITTELUOHJE

Diplomityö

Tarkastaja: professori Seppo  
Valkealahti  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
11. tammikuuta 2018

## TIIVISTELMÄ

**SANTERI SALMINEN:** Sähkökeskuksen suunnittelu ohje

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 43 sivua

Elokuu 2018

Sähkötekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Sähköverkot ja markkinat

Tarkastaja: professori Seppo Valkealahti

Avainsanat: sähkökojeisto, sähkökeskus, sähkösuunnittelu

Diplomityönä laadittiin sähkökeskuksen suunnitteluohje Ilmajoen Sähkökoje Oy:lle. Sähkökeskuksen suunnittelun perusteena toimivat voimassa olevat standardit ja määräykset. Pienjännitekeskuksia koskeva tärkein standardi on SFS-EN 61439. Standardissa määritellään yleiset vaatimukset sähkökeskuksen toteuttamiselle.

Työssä perehdytään sähkökeskuksen valmistamisen kannalta oleellisiin rakenteisiin ja komponentteihin. Sähkökeskuksen rungon tulee täyttää sille asetetut koteloitiluokka vaatimukset sekä sähkökeskuksen lämpötilan tulee pysyä sallituissa rajoissa. Sähkökeskuksesta lähteville kaapeleille tulee olla riittävät asennustilat sekä riittävä määrä läpivientejä.

Automaation lisääntyessä sähkökeskuksiin asennetaan yhä enemmän erilaisia väyläpohjaisia ohjauslaitteita. Esimerkiksi KNX ja Dali väylään asennettavat kojeet ovat yleistyneet sähkökeskuksissa. Myöskin erilaiset energian mittaukseen liittyvät laitteet ovat yleistyneet. Energian mittaukseen liittyvät laitteet yhdistetään myös usein väylällä ja mitattu tieto kerätään suurempaan järjestelmään.

Sähkökeskuksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon useita eri asioita ja on tärkeää ottaa huomioon sähkökeskuksen loppusijoituspaikan asettamat vaatimukset. Asiakkaan toimitamien kaavioiden ja tietojen perusteella voidaan laatia suunnitelma sähkökeskuksesta. Suunnitelma sisältää sijoittelukuvan sähkökeskuksesta sekä kojeluettelon sähkökeskuksessa käytettävistä kojeista. Sijoittelukuva piirretään cad ohjelmistolla ja mittakaavana tavallisesti käytetään 1:10 mittakaava.

## ABSTRACT

**SANTERI SALMINEN:** Design instruction for low-voltage switchgear

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 43 pages

August 2018

Master's Degree Programme in Electrical Engineering

Major: Electrical Networks and Markets

Examiner: Professor Seppo Valkealahti

Keywords: switchgear, electrical design

This master thesis is a design guide and it is made for Ilmajoen Sähkökoje Oy. Basis of designing a switchgear, is to know and apply all switchgear related standards and instructions. The main standard to follow is SFS-EN 61439 low-voltage switchgear and control-gear assemblies.

This thesis covers the basic information that is needed for designing a switchgear. The frame of the switchgear must fill requirements for enclosure class and the frame must be able to transfer heat losses out from the frame. Various types of components are used in the assembly of switchgears. Mostly used components are main switch, circuit breaker and residual current device. There needs to be enough lead-troughs for cables coming and going out of the switchgear.

Building automation has increased a lot in the past years and more building automation related components are being installed in switchgears. For example, KNX and Dali bus devices are being used more often. Also, different kinds of energy measurement devices are used in switchgears. Energy measurement devices are also connected to a bus and the information is collected to a building automation system.

When designing a switchgear, various things needs to be considered. The environment where the switchgear is installed sets a requirement for enclosure class and cabling. Designing is based on electric diagram that the customer has delivered. Designer creates a layout picture and a list of components that are used in the switchgear. Layout is made with cad designing program.

## **ALKUSANAT**

Diplomityö on laadittu Ilmajoen Sähkökoje Oy:lle. Työn tarkastajana on toiminut Seppo Valkealahti. Kiitän Mikko Alhoa ja muita yrityksen työntekijöitä, jotka mahdollistivat tämän työn tekemisen.

Ilmajoella, 29.8.2018

Santeri Salminen

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
2.	ILMAJOEN SÄHKÖKOJE OY .....	3
3.	STANDARDIT JA OHJEET .....	4
3.1	Sähkökeskuksen liitântäarvot.....	4
3.2	Sähkökeskuksen rakennevaatimukset .....	5
3.2.1	Sähkönjakelujärjestelmät .....	6
3.2.2	Huolto ja käytettävyys .....	7
3.3	Sähkömagneettinen yhteensopivuus .....	9
3.4	Sähkölaitosten asettamia määräyksiä energian mittaamisesta .....	10
4.	SÄHKÖKESKUSTEN RUNGOT .....	13
4.1	IP -luokitukset .....	13
4.2	Lämpenemisen rajat .....	15
4.3	Kehikkorunko.....	16
4.4	Asuntojen ryhmäkeskukset .....	17
4.5	Koteloidut keskukset.....	17
4.6	Kennokeskukset .....	18
4.7	Muovinen kaksoiseristetty kotelorakenne.....	19
5.	SÄHKÖKESKUKSISSA KÄYTETTÄVÄT KOMPONENTIT .....	21
5.1	Pääkytkin.....	21
5.2	Varokealustat ja kytkinvarokkeet.....	22
5.3	Kontaktorit .....	23
5.4	Johdonsuojat ja vikavirtasuojat .....	23
5.5	Ylijännitesuojaus .....	24
5.6	Ohjauskojeet.....	25
6.	TALOAUTOMAATIOSSA KÄYTETTÄVÄT VÄYLÄT.....	29
6.1	KNX-väylä .....	29
6.2	Modbus-väylä.....	30
6.3	M-Bus-väylä.....	31
6.4	DALI-väylä .....	32
6.5	Dupline-väylä.....	32
6.6	C2 valaistuksen ohjaus .....	33
7.	SÄHKÖKESKUKSEN SUUNNITTELU .....	34
8.	YHTEENVETO .....	42
	LÄHTEET.....	44

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

CAD	engl. Computer-aided Design, tietokone avusteinen suunnittelu
DALI	engl. Digital Addressable Lighting Interface, digitaalinen osoitteellinen valaistuksen ohjausjärjestelmä
EMC	engl. electromagnetic compatibility, sähkömagneettinen yhteensopivuus
IP-luokitus	engl. International Protection, kansainvälinen koteloitiluokkien järjestelmä
KNX	avoin taloautomaatio väylä
N	engl. Neutral, sähköjärjestelmän nolla
PE	engl. Protective Earth, sähköjärjestelmän suojamaadoitus
PEN	engl. Protective Earth and Neutral, yhdistetty sähköjärjestelmän suojamaadoitus ja nolla
VAK	valvonta-alakeskus

$I_n$	nimellisvirta
$I_{pk}$	mitoitusvirran huippuarvo
$I_{cw}$	lyhytkestoinen mitoitusvirta
$k$	tasoituserroin
$U_n$	mitoitusjännite
$S$	johtimen taakka
$I_{SN}$	nimellistoisiovirta
$\rho$	johtimen ominaisvastus
$A$	johtimen poikkipinta-ala
$n$	varokkeiden määrä
$l$	johtimen pituus

# 1. JOHDANTO

Sähkökojeistoja eli sähkökeskuksia käytetään jakamaan energiaa ja suojaamaan erilaisten kojeiden avulla sähkön turvallista käyttämistä. Sähkökeskus löytyy nykyään käytännössä jokaisesta rakennuksesta, ja isommissa liike- ja teollisuuskohteissa keskuksia on useita. Tässä työssä perehdytään keskusvalmistajan näkökulmasta sähkökeskuksen suunnitteluun sekä osittain valmistamiseen liittyviin asioihin ja standardeihin.

Sähkökeskuksen suunnittelun pohjana toimivat sähköalan standardit ja määräykset. Sähkökeskusten valmistusta eniten ohjaava standardi on SFS-EN 61439, joka määrittelee yleisiä vaatimuksia sähkökeskukselle. Standardeja ja muita ohjeistuksia käsitellään luvussa 3. Sähkölaitokset asettavat myös omat vaatimuksensa sähkökeskuksen toteuttamiselle. Energian mittaamiseen tulee käyttää tietynlaisia virtamuuntajia sekä keskuksen osien, joissa esiintyy mittaamatonta sähköä, tulee olla sinetöitävissä.

Sähkökeskuksessa käytettävä runko on oleellinen osa suunnittelua. Rungon valinta määrittelee mahdolliset koteloitiluokat, keskuksen mitat sekä monia muita asioita. Runkoon liittyvät asiat on käsitelty luvussa 4. Sähkökeskuksen lämpeneminen ja EMC-suojaus liittyvät myös sähkökeskuksen rungon valintaan. Nimellisvirraltaan suuremmat keskuksot toteutetaan aina kennokeskuksina.

Sähkökeskuksissa yleisimmin käytettävät komponentit ovat esiteltynä luvussa 5. Turvallisuuden kannalta tärkeimmät komponentit ovat sähkökeskuksen pääkytkin ja erilaiset johdonsuojat. Standardin SFS 6000 uusimmassa päivityksessä vikavirtasuojien käyttö lisääntyy myös valaistusryhmissä, mikä kasvattaa keskusten fyysistä kokoa. Luvussa 5 käydään myös läpi erilaisia sähkökeskuksen lähtöjen ohjaamiseen tarvittavia komponentteja ja laitteita. Ohjatuilla lähdoillä voidaan toteuttaa monia erilaisia toimintoja valaistuksesta moottoreiden ohjaamiseen.

Automaatio, ohjaukset ja mittaukset ovat lisääntyneet sähkökeskuksissa viime vuosina paljon. Esimerkiksi liikekiinteistöissä halutaan tietää paljonko valaistus ja ilmanvaihto kuluttavat energiaa. Valaistusta ohjataan erilaisilla väyläteknologioihin perustuvilla laitteilla. Yleisimpiä väyläratkaisuita on esiteltynä luvussa 6. Valaistuksen ohjaukseen käytetty DALI-väylä on yleistynyt paljon. Väylän avulla voidaan kytkeä valaistusta päälle ja pois sekä himmentää valaistusta.

Luvussa 7 käsitellään sähkökeskuksen suunnittelun vaiheita ja suunnitteluun tarvittavia tietoja. Erilaisten kaavioiden ja tietojen pohjalta suunnittelija voi tehdä suunnitelman,

noudattaen voimassa olevia standardeja ja ohjeita. Lisäksi suunnittelijan tulee huomioida käytettävien komponenttien erikoisvaatimukset ja asennusohjeet.



## 2. ILMAJOEN SÄHKÖKOJE OY

Ilmajoen Sähkökoje Oy on sähkökojeistoja valmistava yritys Ilmajoen Koskenkorvalla. Yritys on perustettu vuonna 1981 ja on toiminut nykyisissä toimitiloissaan vuodesta 1988 asti. Nykyään työntekijöitä on noin 15-18 henkilöä vuoden ajasta riippuen.

Ilmajoen Sähkökojeen tavoitteena on olla luotettava yhteistyökumppani. Siihen päästään toimimalla asiakkaan toiveiden ja tarpeiden mukaan. Joustava toiminta ja toimitusvarmuus ovat edesauttaneet luottamuksellisten asiakassuhteiden syntymiseen. Asiakaskunta koostuu pääosin sähköurakoitsijoista, sähkötukkuliikkeistä sekä laitevalmistajista. [1]

Kojeistoja valmistetaan pääosin kiinteistöihin mutta myös teollisuuteen sekä laitevalmistajille. Kiinteistöjen kojeistot sisältävät erilaisia sähkökeskuksia, joilla jaetaan kiinteistön tarvitsema energia esimerkiksi valaistukselle ja ilmanvaihdolle. Teollisuuteen ja laitevalmistajille menevät kojeistot ovat usein tarkemmin määritellyt, kuin kiinteistöihin menevät kojeistot.

Kaikki keskuksat suunnitellaan yrityksessä asiakkaan toiveiden mukaisesti. Projektin toteutuksessa on mukana yleensä monta eri osapuolta, kuten sähkösuunnittelija, urakoitsija eli tilaaja ja loppukäyttäjä. Myös tavaran toimittaja voi vaikuttaa projektin toteutukseen, mikäli projektiin tarvitaan kojeita, jotka ovat harvinaisempia ja niillä on pidempi toimitusaika. Sähkösuunnittelija tai urakoitsija tavallisesti hyväksyy lopullisen sähkökeskuksen sijoittelukuvan ennen keskuksen valmistuksen aloittamista. Käytännössä jokainen sähkökeskus on erilainen ja kojeiden sijoittelu keskuksessa vaihtelee kohteessa ilmenevien vaatimusten mukaisesti.

### 3. STANDARDIT JA OHJEET

Tärkein sähkökeskuksia koskeva standardi on SFS-EN 61439. Standardi sisältää yleisvaatimukset sähkökeskukselle sekä tarkennuksia eri käyttötarkoituksiin tuleville keskuksille. Standardin SFS-EN 61439-1 sisältää yleisvaatimukset ja sen kanssa käytetään aina jotain muutakin standardin osaa. Standardi SFS-EN 61439-1 määrittelee keskuksen käyttöolosuhteet, rakennevaatimukset, tekniset tunnusmerkit ja todentamisvaatimukset pienjännitekeskuksille. [2]

#### 3.1 Sähkökeskuksen liitântäarvot

Keskuksen tulee olla yhteensopiva sen sähköjärjestelmän kanssa, johon se liitetään. Keskuksen mitoitusjännitteen ( $U_n$ ) tulee olla vähintään yhtä suuri kuin sähköjärjestelmän nimellisjännite. Keskuksen tulee myös kestää verkossa esiintyvät transienttiylijännitteet.

Keskuksen mitoitusvirta eli nimellisvirta ( $I_n$ ) määräytyy kahden tekijän pienemmästä arvosta: keskuksen rinnan toimivien syöttöjen virtojen summasta tai kokonaisvirrasta, jonka keskuksen pääpiirit kykenevät siirtämään. Keskukselle tulee ilmoittaa mitoitusvirran huippuarvo ( $I_{pk}$ ) sekä lyhytaikainen mitoituskestovirta ( $I_{cw}$ ). Keskukselle tulee myös ilmoittaa mitoitustaajuus.

Keskukselle voidaan määrittää tasoituskerroin. Keskuksen kaikkien piirien tulee yksittäin johtaa piirin nimellinen virta. Käytännössä keskuksen kaikki piirit eivät johda samaan aikaan nimellistä virtaansa, jolloin piirit voidaan mitoittaa keskimääräisen kuormituksen mukaan. Tasoituskerroin vahvistaa mitoitusvirran arvon lähtöyksikköä kohti, joihin kaikki keskuksen lähtevät piirit tai piiriryhmät voidaan kuormittaa samanaikaisesti. Keskuksissa, joissa tasoituskertoimen mukaisesti toimivien lähtöpiirien mitoitusvirtojen summa ylittää tulopiirin kapasiteetin, tasoituskerroin koskee kaikkia lähtöpiirien yhdistelmiä, joilla voidaan jakaa tulopiirin virta.[2]

Kaavalla (1) saadaan laskettua tasoituskertoimen ( $k$ ) arvo, kun tiedetään varokkeiden määrä ( $n$ ).

$$k = 0,1 + 0,9/\sqrt{n} \quad (1)$$

Taulukossa 1 Taulukko 1. Laskettuja tasoituskertoimen arvoja on laskettu arvoja tasoituskertoimelle eri varokkeiden määrillä. Lasketun tasoituskertoimen arvolla kerrotaan lähtöyksiköiden suurin virta-arvo. Tästä saadaan tulokseksi kaapeleiden mitoitusvirta.

**Taulukko 1. Laskettuja tasoituskertoimen arvoja.**

Varokkeiden määrä n	1	2	3	4	5	6
Tasoituskerroin k	1	0,75	0,62	0,55	0,5	0,47

Keskuksen rakenne on merkittävä arvokilvellä, joka sisältää keskusta koskevat seuraavat tiedot: valmistajan nimi tai tavaramerkki, tyyppimerkintä tai tunnistenumero, valmistusajankohdan tiedot sekä minkä IEC 61439 standardin osan keskus täyttää.

Edellä mainitut keskuksen liittämistä koskevat tiedot tulee toimittaa keskuksen mukana tulevissa dokumenteissa. Tämän lisäksi tulee ilmoittaa keskuksen käsittelylle, asennukselle, käytölle ja huollolle omat ehdot, mikäli sellaisia on.

### 3.2 Sähkökeskuksen rakennevaatimukset

Keskukset pitää rakentaa materiaaleista, jotka kestävät määritellyissä olosuhteissa esiintyviä mekaanisia- ja sähköisiä rasituksia ja lämpörasituksia sekä ympäristöstä johtuvia rasituksia. Keskuksen kotelon ulkoinen muoto voi vaihdella, jotta se sopii sovellukseen ja käyttöön. Keskuksessa olevat laitteet ja piirit on järjestettävä siten, että niiden käyttö ja huolto ovat mahdollista ja samanaikaisesti varmistetaan vaadittava turvallisuustaso. [2]

Keskuksen valmistaja sopii käyttäjän kanssa keskenään osastointimuodosta ja korkeammasta kotelointiluokan käytöstä. Sisäisellä osastoinnilla saadaan aikaan suojaus jännitteisten osien koskettamiselta sekä suojaus vieraiden kiinteiden esineiden suojaukselta. Suojaus vieraiden kiinteiden esineiden varalta tulee toteuttaa vähintään IP2X kotelointiluokalla. Taulukossa 2 on esitettyä sisäisen osastoinnin eri muodot. Tavallisesti keskukset rakennetaan vähintään käyttäen sisäisen osastoinnin muotoa 2a. [2]

## Taulukko 2. Sähkökeskuksen sisäisen osastoinnin muodot. [2]

Taulukko 104 Sisäisen osastoinnin muodot

Pääkriteeri	Lisäkriteerit	Osastointimuoto
Ei sisäistä osastointia.		Muoto 1
Kokoomakiskot on osastoitu eroon kaikista toimintayksiköistä.	Ulkoisten johtimien liittimiä ei ole osastoitu eroon kokoomakiskoista.	Muoto 2a
	Ulkoisten johtimien liittimet on osastoitu eroon kokoomakiskoista.	Muoto 2b
— Kokoomakiskot on osastoitu eroon kaikista toimintayksiköistä.	Ulkoisten johtimien liittimiä ei ole osastoitu eroon kokoomakiskoista.	Muoto 3a
— Kaikki toimintayksiköt on osastoitu eroon toisistaan.	Ulkoisten johtimien liittimet ja ulkoiset johtimet on osastoitu eroon kokoomakiskoista.	Muoto 3b
— Ulkoisten johtimien liittimet osastoitu eroon toimintayksiköistä, mutta ei toisten toimintayksiköiden ulkoisten johtimien liittimistä.		
— Kokoomakiskot on osastoitu eroon kaikista toimintayksiköistä.	Ulkoisten johtimien liittimet samassa kennossa kuin niihin liittyvä toimintayksikkö.	Muoto 4a
— Kaikki toimintayksiköt on osastoitu eroon toisistaan.	Ulkoisten johtimien liittimet eivät ole samassa kennossa kuin niihin liittyvä toimintayksikkö, vaan omassa erillisessä koteloidussa suojatussa tilassa tai kosketussuojatussa kennossa.	Muoto 4b
— Toimintayksikön osana olevat ulkoisten johtimien liittimet on osastoitu eroon kaikista muista toimintayksiköistä ja kokoomakiskoista.		
— Ulkoiset johtimet on osastoitu eroon kiskoista.		
— Toimintayksikön osana olevat ulkoiset johtimet on osastoitu eroon kaikista muista toimintayksiköistä ja niiden liittimistä.		
— Ulkoisia johtimia ei tarvitse erottaa toisistaan.		

### 3.2.1 Sähköjakelujärjestelmät

Suomessa sähkökeskus liitetään tavallisesti jakelujärjestelmään, joka on TN-järjestelmän mukainen. TN- järjestelmiä on kolme: TN-C järjestelmässä on PEN johdin, TN-S järjestelmässä on erilliset nolla- ja suojajohtimet sekä TN-C-S, jossa on PEN johdin ja siitä eriytyvät N- ja PE-johtimet.

PEN-johtimella syötetyssä TN-S-järjestelmän keskuksessa pitää olla eristysresistanssin mittaamisen helpottamiseksi nolla- ja suojapiirien erottamiskohta. Erottamiskohta sijoitetaan sellaiseen tilaan tai suojataan siten, että erottaminen eristystilan mittausta varten on turvallista. [2]

Keskuksella tulee olla suojajohdin, jonka avulla varmistetaan syötön automaattisen poiskytkennän toiminta. Automaattisen poiskytkennän tulee toimia keskuksessa sattuvien vikojen sekä keskukselta syötettävien vikojen sattuessa. Kaikki keskuksen jännitteelle alttiit osat pitää liittää yhteen ja syötön suojajohtimeen tai maadoitusjohtimen kautta maadoitusjärjestelmään. Keskuksen suojamaadoitus ei saa katketa, vaikka osia keskukselta poistettaisiin esimerkiksi huoltotöiden ajaksi. Keskuksen metalliosien välisiä asennuksia pidetään riittävänä varmistamaan suojajohtimen jatkuvuus. Kansien ja ovien ruuvit ja metallisaranat toimivat myös suojamaadoituksen jatkajina, mikäli kanteen tai oveen ei ole asennettu pienoisjännitteen ylittävää laitetta. Mikäli kannessa on pienoisjännitteen ylit-

tävä laite, tulee ovi tai kansi maadoittaa. Kuitenkin jos kannessa tai ovesa on nimellisvirraltaan 16A tai sen alle oleva laite, voidaan käyttää korroosiolta suojattuja saranoita. [2]

Suojajohtimen (PE, PEN) värinä käytetään keltavihreää johdinta. Nollajohtimen värinä käytetään sinistä.

Keskuksessa oleva suojajohdin tulee suunnitella, siten että se kestää suurimmat asennusten ulkoisissa piireissä sattuvista vioista johtuvat termiset ja dynaamiset rasitukset. Suojajohtimen (PE, PEN) poikkipinta keskuksessa, johon ulkoiset johtimet on tarkoitus liittää, ei saa olla pienempi kuin standardin SFS-EN 61439-1 liitteen B mukaisella kaavalla saatu arvo käyttämällä suurinta oikosulkuvirran arvoa ja kestoaikaa ja ottaen huomioon jännitteisiä johtimia suojaavien oikosulkusuojien aikaansaama virran rajoitus. [2]

Ellei keskuksen valmistajan ja käyttäjän välillä sovita muuta, nollan poikkipinta keskuksessa, jossa on nolla ja kolme vaihetta, pitää olla:

- Piireille, joiden vaihejohtimen poikkipinta on korkeintaan  $16 \text{ mm}^2$ , 100 % vastaavan vaihejohtimen poikkipinnasta.
- Piireille, joiden poikkipinta on yli  $16 \text{ mm}^2$  50 % vastaavan vaihejohtimen poikkipinnasta ja minimissään  $16 \text{ mm}^2$ . [2]

PEN-johtimelle on voimassa seuraavat lisävaatimukset:

- minimipoikkipinta pitää olla  $10 \text{ mm}^2$  kuparia tai  $16 \text{ mm}^2$  alumiinia
- PEN-johtimen poikkipinta ei saa olla pienempi kuin nollajohtimelle on vaadittu
- PEN-johtimia ei tarvitse eristää keskuksen sisällä
- rakenneosia ei saa käyttää PEN-johtimena. Kuitenkin kuparista tai alumiinista tehtyjä asennuskiskoja saa käyttää PEN-johtimina.[2]

Kohteissa, joissa esiintyy paljon suuria parittomien yliaaltojen virtoja, nollajohdin voidaan mitoittaa suuremmaksi. Jos nollajohtimen poikkipinta halutaan suuremmaksi, sovietaan siitä keskuksen tilaajan kanssa erikseen. Keskuskaavion etulehdellä voi olla ilmoitettu erillisellä tekstillä nollajohtimen mitoitusvaatimukset. Esimerkiksi tekstillä: nollajohtimen mitoitus sama kuin vaihejohtimien mitoitus. [2]

### 3.2.2 Huolto ja käytettävyys

Sähkökeskus pitää suunnitella ja rakentaa siten, että valmistajan ja käyttäjän sopimat tietyt toimenpiteet voidaan suorittaa, kun keskus on käytössä ja jännitteinen. Tällaisia toimenpiteitä voivat olla:

- seuraavat silmämääräiset tarkastukset
  - kytkimet ja muut laitteet
  - releiden ja laukaisulaitteiden asettelut ja toimintamerkit
  - johtimien liitokset ja merkinnät
- releiden, laukaisulaitteiden ja elektroniikkalaitteiden asettelu ja kuittaus
- sulakkeiden vaihto
- merkkilamppujen vaihto
- tietyt vianpaikallistamistoimenpiteet esim. jännitteen ja virran mittaus sopivasti rakennetuilla ja eristetyillä laitteilla.[2]
- Kokoomakiskot (paljaat tai eristetyt) on sijoitettava siten, että kisko-oikosulku ei ole todennäköinen. Kiskot on mitoitettava vähintään oikosulun kestävyysmukaan ja suunniteltava kestäväksi ainakin ne oikosulkurasitukset, joihin kokoomakiskojen syöttöpuolen suojalaitteet rajoittavat oikosulun. Kokoomakiskot tavallisesti osastoidaan osastointimuodon 2a mukaan, jolloin kisko-oikosulku ei ole todennäköinen. [2]

Sähkökeskuksen kokoomakiskoina voidaan käyttää pienillä virroilla erilaisia haaroitusliittimiä tai suurilla virroilla kiskostoa. Haaroitusliittimet vievät vähemmän tilaa, kuin kiskosto ja niiden käyttöä suositetaan pienemmissä keskuksissa. Kiskoston avulla voidaan keskuksen läpi kulkeva virta jakaa usean kentän leveydeltä. Kiskoston avulla voidaan myös jakaa suurempia nimellisvirtoja. Kiskostot voivat olla kuparisia tai alumiinisia. Alumiinista tehty kiskosto on yleensä halvempi, kuin kuparinen, vaikka sillä on huonommat sähköiset ominaisuudet. Keskuksissa voidaan käyttää sekä pystykiskostoa, että vaakakiskostoa.

Valmistajan on ilmoitettava, ovatko ulkoisten johtimien liittimet tarkoitettu kupari- tai alumiinijohtimien tai molempien liittämiseen. Liittimien on oltava sellaiset, että ulkoiset johtimet voidaan liittää tavalla (ruuvit, koskettimet jne.), jolla saadaan ja säilytetään riittävä, mitoitusvirta sekä laitteiden ja johtimien oikosulunkestävyyttä vastaava kosketuspaine.[2]

Keskuksen sisällä käytettävien laitteiden asettelu- ja palautuselimien on oltava helposti käsiteltävissä.

Komponentit, yhteisellä alustalla (asennuslevy, asennuskehikko) olevat toimintayksiköt ja ulkoisten johtimien liittimet on sijoitettava siten, että asennus, johdotus, huolto ja vaihto ovat mahdollisia.

Ellei keskuksen valmistajan ja käyttäjän välillä sovita muuta, lattialle asennettavissa keskuksissa pitää noudattaa seuraavia käsiteltävyysvaatimuksia:

- Liittimet lukuun ottamatta suojajohdinliittimiä sijoitetaan vähintään 0,2 m korkeudelle keskuksen pohjasta ja lisäksi ne on sijoitettava niin, että kaapelit ovat helposti kytkettävissä liittimiin.

- Käyttäjän luettavaksi tarkoitetut mittalaitteet on asennettava alueelle 0,2-2,2 m keskuksen pohjasta.

Ohjauslaitteet, kuten kahvat, painonapit tai vastaavat pitää sijoittaa siten, että niitä on helppo käyttää. Niiden keskilinjan pitää olla 0,2 m...2 m korkeudella keskuksen pohjasta. Laitteet, joita käsitellään harvoin, esim. vähemmän kuin kerran kuussa, voidaan asentaa korkeintaan 2,2 m korkeudelle.

Hätäkytkennän ohjauslaitteiden (katso IEC 60364-5-53 kohta 536.4.2) pitää olla käsiteltävissä 0,8 m...1,6 m korkeudella keskuksen pohjasta. [2]

### **3.3 Sähkömagneettinen yhteensopivuus**

Keskusvalmistajan tulee ilmoittaa mihin sähkömagneettiseen yhteensopivuus (EMC) ympäristöön keskus soveltuu. Ympäristöt ovat määritelty standardin SFS-EN 61439-1 liitteessä J.

Ympäristö A käsittää teollisuusympäristöt sekä sisä- että ulkotiloissa. Teollisuusympäristölle on lisäksi tunnusomaista esimerkiksi raskaat kapasitiiviset ja induktiiviset kuormitukset tai teollisten tai lääketieteellisten laitteiden käyttö. Ympäristössä A käytettävien elektronisten komponenttien tulee täyttää standardin IEC 61000-6-4 vaatimukset. [2]

Ympäristö B käsittää julkiset ja yksityiset pienjännitejakeluverkot. Tällaisia kohteita ovat mm. asunto- ja liikeympäristöt. Esimerkkejä ympäristön B sovellettavista kohteista ovat mm. kotitalouden tilat, kaupat ja supermarketit sekä toimistot. Ympäristössä B käytettävien elektronisten komponenttien tulee täyttää standardin IEC 61000-6-3 vaatimukset. [2]

Keskuksille, jotka eivät sisällä elektronisia virtapiirejä, sähkömagneettisia häiriöitä voi syntyä vain satunnaisten kytkentöjen aikana. Näitä päästöjä pidetään osana normaalia sähköverkon toimintaa ja tämän takia sähkömagneettisten häiriöiden päästövaatimusten katsotaan täyttyvän. [2]

Lopulliselle keskukselle ei vaadita häiriönsiedon tai häiriönpäästön EMC-testejä, jos seuraavat ehdot täyttyvät:

-Sisäänrakennetut laitteet ja komponentit ovat määritellyn ympäristön EMC-vaatimusten mukaisia kuten vaaditaan asianomaisissa tuotestandardeissa tai yleisessä EMC-standardissa.

-Sisäinen asennus ja johdotus on tehty laite- ja komponenttivalmistajan ohjeiden mukaisesti.

Muissa tapauksissa EMC-vaatimukset tulee todentaa testaamalla. [2]

### **3.4 Sähkölaitosten asettamia määräyksiä energian mittaamisesta**

Sähkölaitos toimittaa sähkön liityntäpisteeseen. Yleensä kohteen pääkeskuksella mitataan sähkölaitoksen toimittama energia. Suuremmissa kohteissa sekä usean asuinhuoneiston kohteissa voidaan myös käyttää monimittarikeskusta energian mittaamiseen.

Keskuksen osat, joihin tulee mittaamatonta sähköä, tulee olla sinetöitävissä. Mittalaitteille on varattava tarpeeksi tilaa. Standardissa SFS 5601 sähköenergiamittareiden tilat on annettu ohjeet vaadittavasta tilasta. [3]

Mittalaitteet tulee asentaa pääsulakkeiden ja pääkytkimen väliin silloin kun se on mahdollista. Tällöin mittalaitteet tulee varustaa asianmukaisin varoituskilvin, joista käy ilmi, että mittalaitteen jännite ei katkea pääkytkimestä. [3]

Mittaus voidaan toteuttaa suoralla mittauksella, kun pääsulakkeiden koko on 63 A tai alle. Epäsuoraa mittauksia käytetään, kun nimellisvirta on yli 63 A. Epäsuoran mittauksen mittausjohtimien poikkipinnan tulee olla vähintään 2,5 mm<sup>2</sup>. Käytettäessä paksumpia poikkipintoja tulee ottaa huomioon virtamuuntajien taakka.

Epäsuorissa mittauksissa tulee asentaa sekä jännite- että virtapiireihin katkaistavat ja pistokehylysyillä varustetut riviliittimet mahdollisimman lähellä mittamuuntajia ja mittareita. Laskutusmittauksen jännitteille suositellaan erillistä sulakkeella tai johdonsuojakatkaisijalla suojattua toisiokaapelointia. Riviliittimet tulee asentaa tilaan, joka on sinetöitävissä tai riviliittimien pitää olla sinetöitävissä.[3]

Mittamuuntajien ominaisuuksia on määritelty standardissa SFS 3381. Mittamuuntajat asennetaan kaikkiin vaiheisiin. Virtamuuntajien toisiovirtasuositus on 5 A. Virtamuuntajan tulisi vastata mahdollisimman hyvin todellista käyttöaluetta. Virtamuuntaja tulee valita siten, että mitattava virta vastaa 5 - 120 % virtamuuntajan ensiön nimellisvirrasta. Kaikilla vaiheilla tulee olla omat paluuvirtajohtimet.[3]

Mittamuuntajien pysyminen tarkkuusluokassaan edellyttää toisiopiirissä olevien laitteiden ja johtimien valintaa siten, että ne muodostavat taakan, joka on 25 - 100 % mittamuuntajien toision nimellistaakasta.[3]



Mittausjohtimissa käytettävän johtimen taakka ( $S$ ) voidaan laskea nimellistoisiovirran ( $I_{sn}$ ), johtimen ominaisvastuksen ( $\rho$ ), johtimenpituuden ( $l$ ) sekä johtimen poikkipinta-alan ( $A$ ) avulla käyttäen kaavaa (2).

$$S = I_{sn}^2 \times \rho \times \frac{l}{A} \quad (2)$$

Virtamuuntajien taakat ovat tavallisesti 2,5 VA tai 5 VA. Ensiövirraltaan 250 ampeeria ja suurempien virtamuuntajien taakka on yleensä 5 VA ja ensiövirraltaan alle 250 ampeeria olevien virtamuuntajien taakka on 2,5 VA. Virtamuuntajien taakkojen arvot vaihtelevat valmistajakohtaisesti.

Sähkökeskuksissa on aiemmin käytetty induktioon perustuvia mittareita, joiden taakka on ollut huomattavasti suurempi kuin nykyisin käytössä olevien staattisten mittareiden taakka. Nykyisten staattisten mittareiden taakka tulee ottaa tarkemmin huomioon mitausta suunniteltaessa. Käytännössä virtamuuntajan toisiopiiriin taakkaa saadaan lisättyä vain lisäämällä johtimen määrää mittarin ja virtamuuntajan väliin. Mittausjohtimen pinta-ala on käytännössä vakio 2,5 mm<sup>2</sup>, joten vain johtimen pituuden muuttaminen vaikuttaa toisiopiiriin taakan suuruuteen. Virtamuuntajien ja mittarin välillä olevat liitokset kasvattavat taakkaa. Liitosten taakkana voidaan käyttää arvoa 0,075 VA.

**Taulukko 3. Esimerkki taakan laskemisesta. [3]**

Mittarin malli	Induktiomittari	Staattinen mittari	Staattinen mittari
Johtimen määrä	5 m	5 m	6,8 m
Mittarin taakka	0,5 VA	0,01 VA	0,01 VA
Liitokset	0,075 VA	0,075 VA	0,075 VA
Johdon taakka	0,875 VA	0,875 VA	1,190 VA
Taakka yhteensä	1,450 VA	0,96 VA	1,275 VA
Taakka % virtamuuntajan nimellistaakasta	29 %	19 %	25,50 %
Onko tulos sallituissa rajoissa	ON	EI	ON

Taulukossa 3 on esimerkki taakan laskemisesta ja vertaamisesta virtamuuntajan taakkaan. Mittausjohtimien pituus tulee tarkistaa varsinkin suuritaakkaisilla virtamuuntajilla. Virtamuuntajilla, joiden taakka on 5 VA on hyvä tarkistaa johtimien taakan suuruus. Osa sähkölaitoksista ilmoittaa omissa ohjeissaan vaadittavat mittausjohtimien pituudet.

Virtamuuntajien valintaan vaikuttaa myös sähkökeskuksen nimellisvirta ja etusulakkeiden koko. Mikäli sähkökeskuksen nimellisvirta on ylimitoitettu tulevia laajennuksia varten, voidaan keskukseen joutua asentamaan nimellisvirtaa pienemmät virtamuuntajat.

Tällöin virtamuuntajat voidaan mitoittaa esimerkiksi etusulakkeiden koon mukaan tai esimerkiksi kertoa etusulakkeiden koko kahdella, jolloin saadaan oikea tarkkuus virran mitaukselle.

## 4. SÄHKÖKESKUSTEN RUNGOT

Sähkökeskuksen rungon valinta tapahtuu asiakkaan tarpeen ja käyttökohteen mukaan. Asiakaan toimittamassa pääkaaviossa on yleensä määritelty minimivaatimus IP luokalle. Lisäksi keskuksen nimellisvirta vaikuttaa valittavaan runko malliin.

Pienjännitekeskuksia tehdään yrityksessä pääosin kolmella eri koteloratkaisulla. Kehikko keskukset ovat kuivaan tilaan, koteloidut keskukset ovat paremmin suojattuja ja kennot ovat suurivirtaisiin kohteisiin.

Kehikkokeskuksia käytetään kuivissa tiloissa, ja niiden IP luokitus on yleensä IP 30. Tällaisia käyttöpaikkoja ovat esimerkiksi kerrostalojen asuinhuoneistojen ryhmäkeskukset, teknisiin tiloihin tulevat pää- ja mittauskeskukset. Kehikkokeskusten nimellisvirta voi olla korkeintaan 630 A. Suurempivirtaiset keskukset täytyy toteuttaa kennoina.

Yrityksen koteloitujen keskusten IP luokitus on välillä IP34-IP55. Koteloituja keskuksia käytetään monissa eri sovelluksissa ja niiden koko ja käyttökohteet vaihtelevat laajasti. Koteloitujen keskusten nimellisvirta voi olla korkeintaan 630 A. Suurempi virtaiset keskukset täytyy toteuttaa kennoina.

### 4.1 IP -luokitukset

IP-luokitus kertoo sähkölaitteen kotelointiluokituksen. IP-luokituksen koodi muodostuu kahdesta numerosta. Numeroiden lisäksi voidaan käyttää lisäkirjaimia. Ensimmäinen numero kertoo laitteen suojaustasosta pölyä ja vieraita esineitä vastaan ja toinen numero kertoo suojauksesta vettä vastaan. Taulukossa 4 on esitettyä IP koodit sekä niiden kuvaukset. Esimerkiksi kuivaan tilaan tulevan keskuksen kotelointiluokka on määritetty IP-koodilla IP30. Ensimmäinen numero tarkoittaa, että halkaisijaltaan 2,5 mm esine ei saa tunkeutua runkorakenteen sisälle. Toinen numero tarkoittaa, että keskusta ei ole suojattu vedeltä.

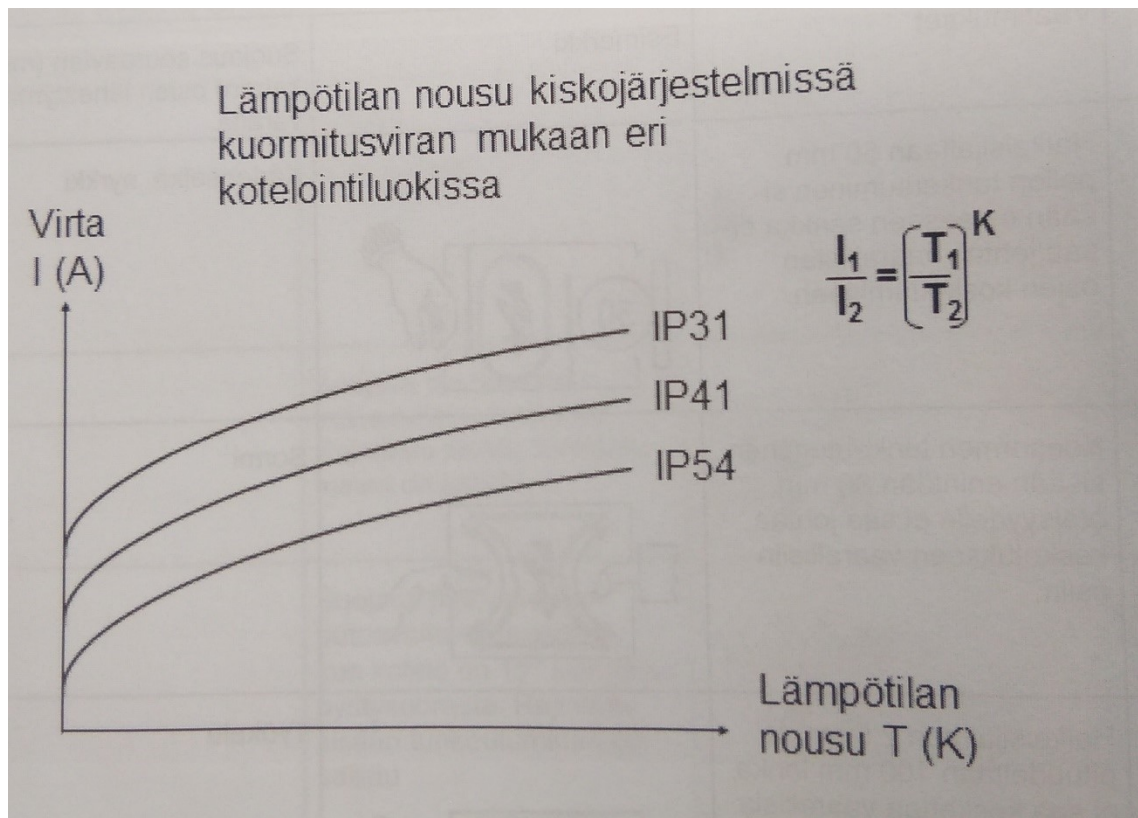
**Taulukko 4. IP koodit. [2]**

IP-koodin ensimmäinen numero		IP-koodin ensimmäinen numero		IP-koodin lisäkirjain	
Suojaus kiinteitä kappaleita vastaan		Suojaus vedeltä			
IP	Vaatimukset	IP	Kuvaus	IP	Vaatimukset
0	Ei suojausta	0	Ei suojausta.	A	Halkaisijaltaan 50 mm pallon tunkeutuminen sisään esteeseen saakka ei saa johtaa vaarallisten osien koskettamiseen.
1	Halkaisijaltaan 50 mm pallo ei saa tunkeutua sisään. Kosketus vaarallisiin osiin on estetty.	1	Suojaus pystysuoraan putoavalta sadevedeltä. Rajoitettu sisään tunkeutuminen sallittu.	B	Koesormen tunkeutuminen sisään enintään 80 mm etäisyydelle ei saa johtaa kosketukseen vaarallisiin osiin.
2	Halkaisijaltaan 12,5 mm pallo ei saa tunkeutua sisään. Nivelletylle koesormelle on jäätävä riittävä etäisyys vaarallisista osista	2	Suojaus pystysuoraan putoavalta sadevedeltä, kun kotelo on 15° kulmassa pystysuorasta. Rajoitettu sisään tunkeutuminen sallittu.	C	Halkaisijaltaan 2,5 mm ja pituudeltaan 100 mm lanka ei saa koskettaa vaarallisia osia, kun pallomainen pysäytyspinta on osittain saavutettu.
3	Halkaisijaltaan 2,5 mm esine ei saa tunkeutua sisään.	3	Suojaus enintään 60° kulmassa pystysuorasta tulevalta sateelta. Rajoitettu sisään tunkeutuminen sallittu.	D	Halkaisijaltaan 1,0 mm ja pituudeltaan 100 mm lanka ei saa koskettaa vaarallisia osia, kun pallomainen pysäytyspinta on osittain saavutettu.
4	Halkaisijaltaan 1,0 mm esine ei saa tunkeutua sisään.	4	Suojaus joka suunnasta tulevalta roiskevedeltä. Rajoitettu sisään tunkeutuminen sallittu.		
5	Rajoitettu pölynkertymä sallittu.	5	Suihkevedenpitävä. Rajoitettu sisään tunkeutuminen sallittu.		
6	Täysin pölyltä suojattu.	6	Korkeapaineisen suihkevedenpitävä. Rajoitettu sisään tunkeutuminen sallittu.		
		7	Suojaus syvyydeltään 15 cm ... 1 m veden alle joutumiselta.		
		8	Suojaus pitkäaikaiselta veden alle joutumiselta.		

Asiakas määrittää keskusta tilatessa millaiseen ympäristöön keskus sijoitetaan. Tämä perusteella valitaan kohteeseen sopiva runko ratkaisu. Kotelointiluokka ilmoitetaan IP-koodilla.

Keskuksen vaaralliset jännitteiset osat on kokonaan peitettävä eristyksellä, jonka voi poistaa vain rikkomalla tai käyttämällä työkalua. Ilmaeristeisten jännitteisten osien pitää olla kotelointien sisällä tai suojusten takana, jolla saavutetaan vähintään kotelointiluokka IP XXB. Keskuksen sisäisen osastoinnin avulla voidaan saavuttaa tarvittavat suojausluokat.

Kuvassa 1 on esitetty esimerkki lämpötilan noususta kuormitusvirran mukaan eri kotelointiluokilla. Kotelointiluokan tiivistämisen aiheuttama jäähdytyksen heikentyminen tulee ottaa huomioon keskusta suunniteltaessa.



*Kuva 1. Lämpötilan nousu kuormitusvirran mukaan. [2]*

## 4.2 Lämpenemisen rajat

Keskuksen ja sen piirien pitää pystyä johtamaan mitoitusvirtansa määritellyissä olosuhteissa ylittämättä annettuja raja-arvoja ja ottaen huomioon käytettyjen komponenttien arvot, niiden sijoitus keskuksessa ja käytettävän sovelluksen vaikutus lämpenemiseen. An-

netut raja-arvot ovat voimassa, kun ympäristön keskilämpötila on alle 35 °C. Jos ympäristön lämpötila on yli 35 °C, silloin lämpenemisen rajat pitää muuntaa tähän erityistilanteeseen siten, että ympäristön lämpötilan ja yksilöllisen lämpötilan nousun summa pysyy samana. Jos ympäristön keskilämpötila on pienempi kuin 35 °C, lämpenemisen muuntamisesta voidaan sopia sähkökeskuksen loppukäyttäjän ja keskusvalmistajan välillä. Lämpeneminen ei saa vahingoittaa keskuksen virtaa johtavia osia tai niiden lähellä olevia osia. [2]

Keskuksen kansille ja käytettäville ohjauslaitteille on annettu lämpenemisen maksimiarvot. Metallista olevat kannet saavat lämmitä 30 °C korkeammaksi, kuin ympäristön lämpötila eli metallisten kansien maksimilämpötila on 65 °C, kun pysytään standardin määrittämässä alle 35 °C ympäristön lämpötilassa. Eristeaineinen pinta saa lämmitä 40 °C. Ohjauslaitteiden metalliset kahvat saavat lämmitä 15 °C ja eristemateriaalista olevat kahvat saavat lämmitä 25 °C. Keskukseseen asennettavat komponentit saavat lämmitä niiden valmistajan käyttöohjeiden mukaisesti tai komponentin standardissa määritellyn lämpenemisen mukaan. [2]

### 4.3 Kehikkorunko

Yrityksessä käytetään kahden eri valmistajan modulaarista kehikkorunkoa. Rungoissa on hieman erilaiset kenttälevydet mutta korkeussuunnassa rungot vastaavat toisiaan. Korkeussuunnassa runkoihin voidaan asentaa kansia seitsemän sentin jaolla. Tämä mahdollistaa tehokkaan tilan käytön komponenttien sijoittelussa. Runkoja on myös eri syvyyksillä. Kehikkokeskusten maksimi nimellisvirta on 630 ampeeria.

Kehikkokeskus toteutetaan yrityksessä aina IP30 kotelointiluokalla. Kehikkokeskus voidaan toteuttaa, joko pohjalevyllä tai ilman pohjalevyä. Pohjalevy vaaditaan kohteisiin, joissa keskuksen takana oleva seinä on rakennettu materiaalista, joka ei ole paloturvallista.

Kehikkorunkoon valmistettu keskus sijoitetaan tavallisesti sähkötilaan, joka on kuiva tila ja tilaan pääsee vain opastetut henkilöt. Kehikkorungolla voidaan toteuttaa monia erilaisia sähkökeskuksia. Rungosta voidaan tehdä pääkeskus, mittauskeskus sekä esimerkiksi jakokeskus. Runkorakenteena kehikkokeskus on halvin vaihtoehto. Kehikkorunkoon voidaan myös asentaa yhtenäinen peiteovi, jolloin keskuksessa olevat vääntimet jäävät yhden ison oven taakse ja ovi on mahdollista lukita.

Kehikkorunkoa käytettäessä keskuksen lämpeneminen ei tavallisesti ole ongelma. Varsinkin, jos keskuksessa ei ole pohjalevyä. Ilman pohjalevyä olevassa keskuksessa ilma pääsee kiertämään ja keskus jäähtyy riittävästi. Vaikka keskukseseen asennetaan pohjalevy, niin ilma keskuksen sisällä pääsee silti kiertämään ja jäähdyttämiseen ei tavallisesti tarvitse kiinnittää huomiota. Tarvittaessa kehikko runkoon voidaan lisätä tuuletusritilöitä.

## 4.4 Asuntojen ryhmäkeskukset

Asuntojen ryhmäkeskukset toteutetaan yrityksessä vakiorungolla. Runko on kotelointiluokaltaan IP30 ja runkoja on viittä eri kokoa. Pienimpään runkoon mahtuu 40 moduulikojetta sekä dataosa. Vakiorungot ovat myös saatavilla ilman dataosaa. Rungot ovat saatavilla sekä uppo- että pinta-asennettavina malleina. Uudisrakennuksiin käytetään lähes poikkeuksetta uppoasennettavia runkoja. Korjaus- ja saneerauskohteissa käytetään yleisemmin pinta-asennettavia sähkökeskuksia. Dataosa voidaan myös toteuttaa erillisenä kotelona. Tällaista ratkaisua käytetään myös paljon saneerauskohteissa, joissa tilaa sähkökeskukselle on vähän.

Viestintäviraston määräyksessä 65 annetaan määräykset uudisrakennusten kotijakamoiden tiloista. Seuraavien vähimmäisvaatimusten tulee toteutua:

- 1) Uudisrakennuskohteissa kotijakamon asennuspinta-alan (korkeus x leveys) on oltava vähintään 0,24 m<sup>2</sup> ja hyötysyvyyden vähintään 90 mm.
- 2) Uudistettaessa tai kunnostettaessa olemassa olevaa sisäverkkoa kotijakamon asennuspinta-alan (korkeus x leveys) on oltava vähintään 0,12 m<sup>2</sup> ja hyötysyvyyden vähintään 90 mm.

Kotijakamossa on oltava asianmukainen tila asiakkaan päätelaitteille, sekä säilytystila asukkaan tarvitsemille sisäverkkojen asiakirjoille. Kotijakamossa on oltava vähintään kaksi sähköpistorasiaa. Uudisrakennuskohteissa pistorasian ylivirtasuojan mitoitusvirran tulee olla vähintään 10 A ja sähkönsyöttö tulee järjestää omana ryhmänään. Sisäverkkoa uudistettaessa tai kunnostettaessa pistorasian ylivirtasuojan mitoitusvirran tulee olla vähintään 2,5 A. Pistorasiat pitää sijoittaa siten, että aktiivilaitteiden pistotulpalla varustetut tehölähteet sopivat niihin ovi suljettuna.[4]

## 4.5 Koteloidut keskukset

Yrityksessä käytetään yhden runkovalmistajan modulaarista koteloituarunkoa sekä kytkentäkoteloita. Modulaarisen koteloidunrungon IP luokitus voidaan toteuttaa välillä IP34-IP55. Suurempi kotelointiluokka saavutetaan tiivistämällä rungon liitoskohdat paremmin. Kytkentäkoteloilla voidaan toteuttaa suuremmatkin kotelointiluokkavaatimukset.

Koteloidulla rungolla on mahdollista toteuttaa samat kenttäleveydet, korkeudet ja syvyydet, kuin kehikkorungolla. Koteloidussa rungossa kansien sijaan käytetään ovia. Myös nimellisvirran maksimiarvo on 630 ampeeria.

Koteloitu runko soveltuu käytettäväksi useampaa paikkaan, kuin kehikkorunko. Koteloitu keskus voi sijaita likaisemmissa teollisuusympäristöissä ja jopa ulkona. Ulos tulevaan keskukseen asennetaan tavallisesti sadelippa suojaamaan veden pääsystä keskuksen

sisälle. Keskus voidaan myös asentaa alumiinisen suojakaapin sisälle, jolloin keskuksen rakenne on paremmin suojassa säältä.

Mikäli keskus sijoitetaan haastavampiin olosuhteisiin, voidaan käyttää esimerkiksi ruostumattomasta teräksestä valmistettua kytkentäkoteloa. Tehdasympäristöissä voi esiintyä syövyttäviä kaasuja ja nesteitä, jolloin kotelolta vaaditaan enemmän.

Koteloidussa rungossa käytetään kaapeleiden läpivienteihin päätylaippoja. Multilaipoissa tulee olla riittävä IP luokitus sekä riittävä määrä läpivientejä keskukselta lähteville kaapeleille. Käytännössä koteloitujen keskusten yhteydessä käytettävien päätylaippojenlaippojen IP luokitus on vähintään IP65.

Koteloituun keskukseseen voidaan myös asentaa laitteita, jotka tuottavat EMC-häiriöitä. Tällöin keskukseseen tulevat häiriölähteet pyritään sijoittamaan yhteen kenttään tai koteloon. Kotelon väliseinissä käytetään metallisia väliseiniä sekä kaapeleiden läpivienneissä käytetään EMC-suojattuja läpivientejä multilaippojen sijaan. EMC-kotelon oviin tulisi välttää sijoittamista kansikojeita, häiriöiden vähentämiseksi. EMC-koteloiden ovien tiivisteet vaihdetaan paremmin johtavaksi tiivisteaineeksi. Samat toimenpiteet täytyy tehdä kennokeskukselle EMC-häiriöiden estämiseksi.

Koteloitua runkoa käytettäessä tulee huomioida paremmin keskuksen lämpeneminen, kuin kehikkorunkoa käytettäessä. Tiiviimpi rakenne estää ilman vapaan vaihtumisen ja keskuksen sisälämpötila nousee korkeammaksi. Koteloituun rakenteeseen voidaan lisätä tuuletusrilöitä parantamaan ilmankiertoa. Lisäksi voidaan myös käyttää oviin tulevia puhaltimia, jos keskuksessa on paljon lämpöä tuottavia kojeita tai keskuksen sijoituspaikan lämpötila on tavallista korkeampi.

Kytkentäkotelointia käytettäessä, voidaan keskuksen lämpenemää arvioida Rittalin omalla ohjelmistolla. Ohjelmaan valitaan ensin käytettävä kotelo ja tulevan sijoituspaikan tiedot. Tämän jälkeen ohjelmaan syötetään kotelon sisälle tulevien komponenttien arvot tai arvio komponenttien tuottamasta lämpöhäviöstä. Tämän jälkeen ohjelma laskee arvion tarvittavasta ilmanvaihdosta ja jäädytyksestä. Ohjelmaa voi myös soveltaa muihin, kuin Rittalin omiin kytkentäkaappeihin mutta lopputulos ei ole yhtä luotettava.

## 4.6 Kennokeskukset

Kennokeskus on lattialla seisova keskus. Keskuksen runko rakennetaan sokkelin päälle. Normaalin kennokeskuksen syvyys on 510 millimetriä. Kennorungossa käytetään samoja ovia, kuin koteloidussa rungossa. Kennossa kiskostolla on oma tila rungon takaosassa ja rungon etuosassa on kojetilä. Kojetilan syvyys on 250 millimetriä.

Kennokeskukset voidaan rakentaa tiiveysluokaltaan IP30-IP55 väliltä. Kennokeskuksen nimellisvirta voi olla yrityksen valmistamissa kennoissa 1600 ampeeria. Mikäli keskuks-



sen nimellisvirta on yli 1000 ampeeria, tulee keskuksessa olla työmaadoitus. Työmaadoitus voidaan toteuttaa käyttämällä maadoituspalloja tai maadoituskytkintä. Mikäli keskuksen syöttö on TN-S järjestelmällä, myös nollajohdin tai nollakisko tulee maadoittaa.

Kennokeskuksissa käytetään suurivirtaisille lähdöille tavallisesti kaapelikuilua. Kaapelikuilun etuna on, että isoille tuleville kaapeleille jää enemmän kytkentätilaa. Kaapelikuiluun ei tavallisesti asenneta kojeita eikä liittimiä mutta nolla- ja maadoituskiskot voidaan sijoittaa kaapelikuiluun.

Kennokeskuksesta voidaan tehdä myös niin sanottu kevytkenko. Tällöin kiskostolla ei ole omaa tilaa kojeytilan takana, vaan runko toteutetaan, joko kehikkokeskuksena- tai koteloituna runkona, johon on asennettu sokkeli.

## 4.7 Muovinen kaksoiseristetty kotelorakenne

Yrityksessä käytetään myös modulaarisia muovisia koteloidia. Erikokoisia koteloidia voidaan yhdistää isommiksi kokonaisuuksiksi. Koteloiden muovi on polykarbonaattimuovia, joka kestää paremmin haastavissa olosuhteissa. Muovikoteloista voidaan rakentaa kotelointiluokkaan IP67 asti olevia keskuksia. Kotelot rakennetaan aina suojaeristysluokan II mukaisiksi. Suojaeristysluokka II asettaa omat vaatimukset kotelon rakentamiselle.

Laitteet pitää kokonaan koteloida eristävällä materiaalilla, joka vastaa kaksinkertaista tai vahvistettua eristystä. Kotelossa pitää olla merkki, joka ilmoittaa keskuksen rungon olevan suojaeristysluokan II mukainen kotelo ja sen pitää olla näkyvässä ulkopuolelta. [2]

Koteloa ei saa missään kohdassa lävistää johtavilla osilla siten, että on mahdollista tuoda vikajännite ulos kotelosta. Tämä tarkoittaa, että metalliosat kuten ohjaimien akselit, jotka rakenteellisista syistä pitää tuoda kotelon läpi, pitää eristää keskuksen sisäpuolella tai ulkopuolella jännitteisistä osista mitoitusjännitteen maksimiarvon mukaisesti ja keskuksen kaikista piireistä mitoitusjännitteen maksimiarvon mukaisesti. [2]

Käyttövalmiin ja syöttöön liitetyn keskuksen koteloinnin on suojattava kaikki jännitteiset osat, jännitteelle alttiit osat ja suojajohdinsiirteeseen kuuluvat osat siten, ettei niitä voi koskettaa. Kotelon on annettava vähintään kotelointiluokan IP2XC mukainen suojaus. [2]

Keskuksen jännitteelle alttiita osia ei saa suojaadoittaa eli niihin ei saa soveltaa suojausmenetelmää, jossa käytetään suojajohdinta. Tämä koskee myös keskuksen sisälle asennettuja laitteita, vaikka niissä olisi liitin suojajohtimelle. [2]

Jos ovet tai kotelon kannet voi avata ilman avainta tai työkalua, on tila varustettava eristävää materiaalia olevalla suojuksella. Sen on suojattava tahattomalta koskettamiselta jännitteiset ja myös jännitteelle alttiit osat, jotka ovat kosketeltavissa vasta, kun kotelon kansi on avattu. Suojus ei saa olla irrotettavissa ilman työkalua. [2]

Keskuksen lämpeneminen tulee ottaa huomioon, kun käytetään tiivistä muovista rakennetta. Ilma ei pääse kiertämään koteloiden sisällä ja kotelot ovat ahtaampia, kuin vastaavat metallirunkoiset rakenteet. Muoviseen koteloon ei saa rakennettua EMC suojausta, joten koteloiden käytettävien laitteiden tulee täyttää niille määritetyt EMC vaatimukset.

## 5. SÄHKÖKESKUKSISSA KÄYTETTÄVÄT KOMPONENTIT

Sähkökeskuksissa käytetään paljon erilaisia komponentteja. Tässä luvussa käydään läpi tärkeimpien ja yleisimpien komponenttien vaikutusta suunnitteluun. Lisäksi käydään läpi komponenttien mitoittamiseen liittyviä asioita.

### 5.1 Pääkytkin

Sähkökeskuksen pääkytkimellä voidaan katkaista pääkytkimen jälkeinen osa jännitteettömäksi, jokaisessa tilanteessa. Pääkytkimen nimellisvirran tulee olla vähintään yhtä suuri, kuin keskuksen nimellisvirran. Joissain tapauksissa pääkytkin voidaan ylimitoittaa. Tällainen tapaus voi olla esimerkiksi kohde, jossa keskuksen läpi kulkee lähes sen nimellinen virta ja keskuksen jälkeinen kuormitus sisältää paljon yliaaltoja. Keskuksen pääkytkimen tulee myös kestää määritetyt terminen oikosulkuvirta sekä dynaaminen oikosulkuvirta. Pääkytkimen tulee täyttää standardin SFS-EN 60947-3 vaatimukset.

Sähkökeskuksessa voidaan käyttää nelinapaista pääkytkintä. Nelinapaista pääkytkintä käytettäessä tulee keskuksen kaikissa syötöissä olla nollajohdin, myös vanhoissa asennuksissa tulee olla nollajohdin. Nollapiirin tulee olla kytkettynä maahan, myös silloin kun pääsyöttö on auki ja käytetään varasyöttöä. Työmaadoittamisessa tulee myös huomioida nollan maadoittaminen. [2]

Sähkökeskuksen syöttö voidaan liittää suoraan pääkytkimeen. Tässä tapauksessa kytkettävälle johtimelle on varattava vapaata liitântätilaa taulukon 5 mukaan. Liitântätilan vaatimukseen ei vaikuta onko kaapeli kuparia tai alumiinia.

**Taulukko 5** Vapaa liitântätila [2]

Johtimien poikkipinta-ala (mm <sup>2</sup> )	Vapaa liitântätila (mm)
16-25	100
35-50	150
70-120	200
150-185	300
240-300	400

Sähkökeskukseen voidaan liittää myös esimerkiksi varasyöttö. Tällaisessa tapauksessa pääkytkimeksi voidaan asentaa vaihtokytkin tai juontokytkin. Vaihtokytkimellä voidaan vaihtaa syöttö esimerkiksi sähköverkon ja varavoimageraattorin välillä. Varavoiman syöttö voi tapahtua keskukseen asennettavan kojevastakkeen kautta tai se voidaan tuoda

omalla kaapelilla. Juontokytkimellä saadaan toteutettua katkeamaton vaihto, jolloin varavoiman täytyy olla tahdistettuna sähköverkon kanssa samaan vaiheeseen.

Pääkytkimen väännin voi olla joko vääntökytkin tai vipukytkin. Nimellisvirraltaan pienissä keskuksissa on tavallisesti vipukytkimet, kun taas nimellisvirraltaan suuriin keskuksiin tulee vääntökytkin. Jos pääkytkin asennetaan kannen alle, tulee kanteen asentaa tarra, jossa lukee ”pääkytkin kannen alla”.

Kompaktikatkaisijaa voidaan myös käyttää keskuksen pääkytkimenä. Kompaktikatkaisijan etuna tavalliseen kytkimeen on sen monipuolisuus. Katkaisijan yhteyteen voidaan lisätä erilaisia suojausreleitä, joilla saadaan aikaan esimerkiksi maasulkusuojaus. Kompaktikatkaisijoita käytetään enemmän teollisuuden kohteissa, kuin kiinteistöpuolella.

## 5.2 Varokealustat ja kytkinvarokkeet

Kytkinvaroketta, varokekytkintä ja varokealustaa käytetään yleensä lähdoissa, joiden virta on yli 63 ampeeria. Sähkökeskuksen syöttö voidaan myös liittää kaikkiin näistä kohteista. Kytkinvaroke voi tämän lisäksi toimia myös keskuksen pääkytkimenä. Varokekytkintä käytetään tavallisesti kennokeskuksien syötöissä suojalaitteena. Varokekytkimiä voidaan asentaa rinnakkain, jolloin ne vievät pienemmän tilan, kuin kytkinvarokkeet.

Kytkinvaroke on turvallisin ja suositelluin vaihtoehto käytettäväksi isoissa lähdoissa. Kahvasulakkeen vaihtaminen tapahtuu kytkinvarokkeella, niin että kahvasulake on aina jännitteetön. Varokekytkimellä ja varokealustalla kahvasulakkeen pohja voi olla jännitteellinen sulaketta vaihdettaessa.

Kytkinvarokkeet ja varokealustat suositellaan asennettavaksi pystyasentoon. Tällöin niiden läpi voidaan viedä nimellisvirta. Jos varokkeet asennetaan vaakaan, tulee ottaa huomioon mahdollinen lämpeneminen. Koteloidussa keskuksessa varokkeiden lämpeneminen tulee myös ottaa huomioon.

Taulukon 5 vapaan liitännätilan vaatimukset koskevat myös varokkeilta lähteviä kaapeleita. Suurivirtaisiin lähtöihin asennetaan yleensä alumiinikaapelit, jolloin sähkökeskukseen asennettavien liittimien tulee olla alumiinille sopivat.

Kytkinvarokkeet voivat olla myös nelinapaisia. Tavallisesti kytkinvarokkeen nolla vain katkaistaan, eikä sillä ole omaa kahvaroketta. Kytkinvarokkeita on myös saatavilla nelinapaisina, joissa on myös sulake nollajohdolle.

Varokkeet tai yhdistelmälaitteet, joiden sulakkeita todennäköisesti poistavat tai vaihtavat vain ammattihenkilöt tai opastetut henkilöt, on asennettava siten, että sulake voidaan poistaa tai vaihtaa ilman, että henkilö koskettaa tahattomasti jännitteisiä osia. Nämä laitteet pitää sijoittaa siten, että maallikot eivät pääse niihin käsiksi. Varokealustat on sijoit-

tettava siten, että varokekannella ei voi tehdä kosketusta kahteen vierekkäiseen varokealustaan kuuluvien johtavien osien tai varokealustan ja kojeiston johtavan osan välillä. [5]

### 5.3 Kontaktorit

Kontaktoreilla saadaan ohjattua keskuksen kuormitusta päälle ja pois. Kontaktorin tulee kestää sen jälkeinen kuormitus kytkettäessä sekä kontaktorin tulee kyetä katkaisemaan sen perässä oleva kuorma normaalitilanteessa. Kontaktoreille on määritelty käyttöluokat, joiden mukaan kontaktoreja voidaan mitoittaa. Kaksi yleisintä käyttöluokkaa ovat AC-1 ja AC-3. AC-1 luokka käsittää kuormat, joiden tehokerroin on välillä 0.95-1. Tällaista kuormitusta on esimerkiksi lämmityskuorma ja muu resistiivinen kuormitus. AC-3 luokka käsittää oikosulkumoottorikäytöt, joita pysäytettäessä kontaktori katkaisee moottorin nimellisvirran. Käynnistettäessä kontaktori kytkee moottorin käynnistysvirran, joka on noin 6-7 kertaa moottorin nimellisvirta.

Kontaktorien data lehdessä tavallisesti kerrotaan kuinka suuren virran kontaktori kestää käyttöluokassaan. Tavallisesti kontaktorit kestävät suuremman virran AC-1 tyyppin kuormitusta, kuin AC-3 luokan kuormitusta. Kontaktorin kesto voidaan ilmoittaa myös tehona, jolloin ilmoitettu luku tarkoittaa suurinta moottorin kokoa, joka voidaan asentaa kontaktorin perään.

Kontaktorin yhteyteen voidaan asentaa suojalaitteita sekä apupakkoja. Apupakkojen avulla saadaan toteutettua erilaisia ohjauksia ja hälytyksiä. Suojalaitteista yleisin on lämpörele. Lämpörelettä käytetään suojaamaan moottoria ylikuormittumiselta. Lämpörele suojaa moottoria pelkästään ylikuormitukselta ja vaatii erillisen oikosulkusuojauksen. Lämpöreleenä voidaan käyttää bi-metallista tehtyä tai elektronista lämpörelettä. Elektronisella lämpöreleellä voidaan toteuttaa monipuolinen suojaus mutta se on kalliimpi, kuin bi-metallinen lämpörele.

Sähkömoottorit voidaan käynnistää tähtikolmio käynnistyksellä. Käynnistys voidaan rakentaa kontaktorien avulla. Tähtikolmiokäynnistyksen mitoittamiseen on saatavilla taulukoita valmistajakohtaisesti. Mitoitus tehdään käynnistettävän moottorin tehon ja nimellisvirran perusteella. Pääsääntöisesti verkon ja kolmion kontaktorit ovat samankokoiset ja tähtipisteen kontaktori on kokoa pienempi. Lämpöreleen arvoksi tulee asettaa 0,58 kertaa moottorin nimellisvirta.

### 5.4 Johdonsuojat ja vikavirtasuojat

Sähkökeskuksissa eniten käytetyt komponentit ovat johdonsuojakytkimet eli johdonsuoja-automaatit. Automaatteja käytetään suojaamaan keskukselta lähtevää johdinta ylikuormittumiselta sekä oikosulkusuojana. Automaateilla voidaan myös suojata muita komponentteja.

Automaatteja on olemassa eri laukaisukäyrillä. Yleisimmät käyrät ovat C, B ja D. Laukaisukäyrän tyyppi kertoo, kuinka nopeasti suojaus toimii. Esimerkiksi D käyrän automaatteja käytetään moottorilähdöissä, joissa käynnistyksessä moottori voi ottaa ison virran ja C käyrän automaatti laukaisisi lähdön pois päältä. Automaatteja on olemassa myös erisuuruilla oikosulun katkaisukyvyillä. Normaali arvo oikosulun katkaisulle on 6 kA. Joissain kohteissa tarvitaan suurempaa oikosulun katkaisukykyä ja tällöin käytetään 10 kA katkaisukyvyltään olevia automaatteja.

Vikavirtasuoja toimii henkilösuojana tai palosuojana. Henkilösuojana käytettävän vikavirtasuojan toimintavirta arvo on alle 30 mA. Palosuojan tai muun suojan toimintavirta arvo voi olla 30 mA tai 300 mA. Jos keskuksessa on heti syötön jälkeen palosuoja ja palosuojana toimii esimerkiksi 300 mA vikavirtasuoja ja palosuojan jälkeen on 30 mA vikavirtasuojia, tulee 300 mA vikavirtasuojan olla selektiivistä mallia. Selektiivinen vikavirtasuoja varmistaa, että suojaus toimii lähinnä vikapaikkaa, eikä ylimääräisiä lähtöjä kytkeä pois päältä.

Vikavirtasuojia on olemassa erilaisille virran muodoille. A tyyppin vikavirtasuoja on tavallisesti käytetty suoja. A tyyppin vikavirtasuoja havaitsee sinimuotoista vaihtovirtaa sekä pulssimaista tasavirtaa. B tyyppin vikavirtasuoja havaitsee lisäksi tasoitettua tasavirtaa. Ac tyyppin vikavirtasuojaa ei hyväksytä Suomessa. [5]

Johdonsuoja-automaatin ja vikavirtasuojan ominaisuudet on myös rakennettu yhteen komponenttiin eli yhdistelmäsuojaan. Yhdistelmäsuoja on tavallisesti yksivaiheinen 30 mA vikavirtasuojalla ja laukaisukäyrä on B tai C. Oikosulun katkaisukyky voi olla 6 kA tai 10 kA. Yhdistelmäsuojaa käyttämällä saadaan säästettyä tilaa verrattuna siihen, että laitettaisiin erillinen automaatti ja erillinen vikavirtasuoja.

Johdonsuoja-automaatit ovat korvanneet useassa paikassa varokepesät. Varokepesillä on kuitenkin muutama etu verrattuna johdonsuojiiin. Varokepesän oikosulun katkaisukyky voi olla, jopa 50 kA. Katkaisukyky on paljon parempi verrattuna tavallisen automaatin 6 kA katkaisukykyyn. Varokepesänä käytetään joko 25 A tai 63 A varokepesää. Varokepesään joudutaan aina vaihtamaan uusi sulake, kun vanha sulake on lauennut, kun taas automaatin saa takaisin päälle vääntämällä vivusta.

## 5.5 Ylijännitesuojaus

Ylijännitesuoja suojaa sähkökeskuksessa olevia komponentteja sekä sen jälkeen olevia laitteita ja lähtöjä verkossa esiintyviltä ylijännitteiltä. Ylijännitteitä syntyy esimerkiksi salaman iskuista sekä sähköverkossa tehtävistä kytkennöistä.

Ylijännitesuojat pitää asentaa mahdollisimman lähelle asennuksen liittymiskohtaa. Sähköverkon kautta tulevilta salama- ja kytkentäjännitteiltä suojaamiseen pitää käyttää tyyppin 2 ylijännitesuojia. Jos rakenne on varustettu ulkoisella salamasuojausjärjestelmällä tai

suojaus suorien salamaniskujen vaikutuksilta on määritelty muuten, pitää käyttää lisäksi tyyppin 1 ylijännitesuojia tai tyyppin 1 ja tyyppin 2 yhdistelmäsuojia. [5]

TN-S- ja TN-C-S-järjestelmissä nolla- ja suojajohtimen välinen ylijännitesuoja voidaan jättää pois, jos nolla ja suojajohtimen eriyttämiskohdan ja ylijännitesuojan välinen etäisyys on alle 0,5 m, tai jos eriyttämiskohta ja ylijännitesuoja sijaitsevat samassa sähkökeskuksessa.[5]

Jos etäisyys ylijännitesuojan ja suojattavan laitteen välillä on suurempi kuin 10 m, pitäisi toteuttaa lisäsuojausmenettelyjä asentamalla lisäylijännitesuoja mahdollisimman lähelle suojattavaa laitetta esim. ryhmäkeskukseen. Ylijännitesuojan ja päämaadoituskiskon tai suojajohtimen välisen johtimen poikkipinnan pitää olla vähintään:

- 6 mm<sup>2</sup> kuparia tai vastaava asennuksen liittymiskohtaan asennetulle tyyppin 2 ylijännitesuojalle
- 16 mm<sup>2</sup> kuparia tai vastaava asennuksen liittymiskohtaan asennetulle tyyppin 1 ylijännitesuojalle.[5]

Ylijännitesuoja tulee liittää syötön ja maadoitusjohtimen väliin, niin että mahdollisen oikosulkusuojan ja ylijännitesuojan välisen kaapelin pituus ei ylitä 0,5 metriä. Jos kaapelin pituudeksi tulee enemmän, kuin 0,5 metriä, tulee valita ylijännitesuoja, jonka jännitesuojaustaso on alhaisempi. Toinen vaihtoehto on kytkeä ylijännitesuoja V kytkennällä. Tällöin ylijännitesuojan ja maadoituksen välinen johtimen pituus saa olla 0,5 metriä. [5]

Ylijännitesuojat tulee suojata ylivirroilta oikosulkujen suhteen. Suojaus toteutetaan valmistajien ohjeiden mukaisesti. Oikosulkusuojan arvon tulee olla mahdollisimman suuri. [5]

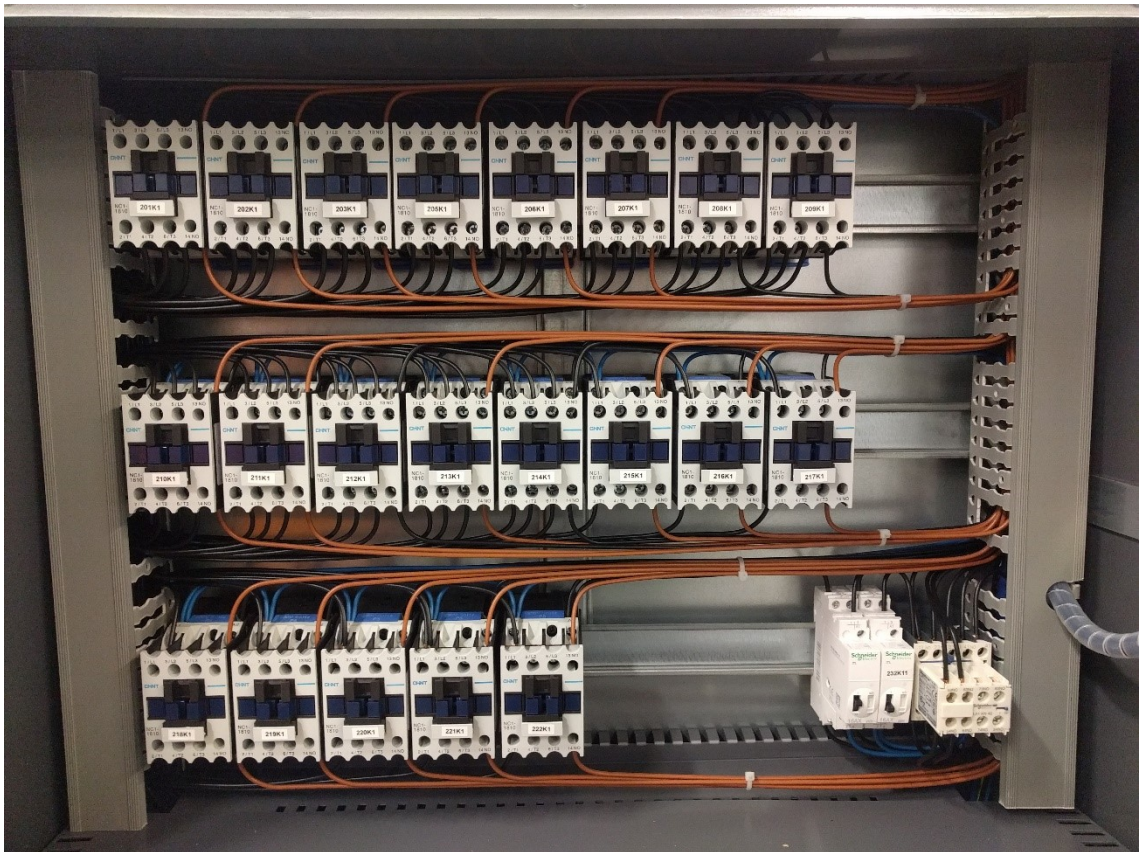
## 5.6 Ohjauskojeet

Kiinteistöpuolella ohjauskojeita käytetään pääsääntöisesti ohjamaan lähtöjä, joissa on kontaktori. Kontaktorien avulla ohjataan esimerkiksi valaistusta ja ilmanvaihdon kojeita. Kontaktoreja voidaan ohjata erilaisilla apureleilla, aikareleillä, kelloilla sekä ohjauskytkimillä. Kuvassa 2 on esimerkki kentästä, jossa on kontaktoreja sekä ohjauskojeita, kuten sysäysrele ja apurele.

Kiinteistöissä käytetään nykyään valvonta-alakeskuksia ohjamaan valaistusta sekä ilmanvaihtoa ja lämmitystä. Valvonta-alakeskus eli VAK, ohjaa tavallisesti suoraan lähtöä kontaktorin avulla. VAK ei sijaitse sähkökeskuksessa, vaan se on oma kotelonsa osana suurempaa rakennusautomaatiojärjestelmää. Yleensä VAK:n kanssa käytetään ohjauskytkintä, jolla voidaan ohittaa automaatio järjestelmä ja ajaa lähtöä käsikäytöllä. VAK voi myös ohjata apureleiden välityksellä lähtöjä.

Apureleitä käytetään usein ohjaamaan kontaktoreja. Apureleen avulla kontaktorin kelan jännite voi aina olla 230 voltia. Apureleitä on saatavilla useilla eri kelan toiminta jännitteillä, sekä tasa- että vaihtojännitteellä. Apurelettä voidaan siis ohjata esimerkiksi logiikalta tulevalla 24 VDC jännitteellä. Toinen käyttötarkoitus apureleille on kärkitietojen monistaminen esimerkiksi hätäseis piireissä.

Valaistuksen ohjaamiseen voidaan käyttää esimerkiksi kelloa, hämäräkytkintä, sysäysrelettä sekä porrasvaloautomaattia. Kellona käytetään tavallisesti digitaalista kelloa, jossa voi olla yksi tai kaksi erikseen ohjelmoitavaa kärkeä. Kelloja on saatavilla myös astronomisena mallina, jolloin kello on ohjelmoitu seuraamaan kalenterin avulla päivän pituutta. Kelloissa on sähkökatkosten varalta akku, jonka avulla kellon ohjelma pysyy kellon muistissa. Hämäräkytkintä käytetään joko yksin tai kellon kanssa. Hämäräkytkimen avulla voidaan ohjata ulkovalaistusta ja säästää energiaa valoisana aikana.



***Kuva 2. Kenttä, jossa on ohjauskojeita.***

Porrasvaloautomaattia käytetään usein nimensä mukaan kiinteistöjen portaikoissa, joissa normaalisti ei ole ihmisiä. Porrasvaloautomaatti ohjataan päälle painonapilla ja se pitää kärjen kiinni asetetun ajan, tavallisesti muutaman minuutin ajan.

Jänniteenvolventaan käytetään erilaisia jänniteenvolventareleitä. Releiden toiminta jännite voi olla vakiojännite tai toiminta arvoa voidaan säätää laitteen mallista riippuen. Jän-



nitteenvalvontaa käytetään esimerkiksi turvavalaistuksen ohjaamiseen. Jännitteenvalvonnan lisäksi sama rele voi ilmaista vaihejärjestyksen oikeellisuuden. Tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää esimerkiksi tarkastamaan moottorin oikea pyörimissuunta.

Virranvalvontareleitä käytetään esimerkiksi moottoreiden virran seuraamiseen. Virranvalvontareleelle voidaan asettaa minimi- tai maksiarvo ja sallittu hystereesiraja. Mikäli annetut rajat ylitetään releen kärkitieto vaihtuu ja antaa esimerkiksi hälytyksen tai kytkee ohjatun lähdön pois päältä.

Termostaattia käytetään lämmityksen tai viilennyksen ohjaamiseen. Termostaatti voidaan asentaa keskuksen tai se voidaan asentaa keskuksen ulkopuolelle. Mikäli termostaatti asennetaan keskuksen, tulevat termostaatin anturin johtimet vetää omalla erillisellä kaapelilla. Usean laitevalmistajan termostaattien oikeaa toimintaa ei voida taata, jos anturi- ja lämmitysjohtimet ovat vedetty samalla kaapelilla.

Ohjauspiirien jännitemuuntajat ja tasajännitelähteet voivat sijaita keskuksessa. Yleisimmät jännitteet ovat 24 VDC ja 24 VAC. Muuntajaa käytettäessä muuntajan toision puoli tulee suojata oikosululta mutta on olemassa myös malleja, joissa suojaus on toteutettu muuntajan sisällä. Keskuksen tulevien muuntajien tehot vaihtelevat 50 VA ja 500 VA välillä. Tasajännitelähteinä käytetään malleja, jotka täyttävät EMC-standardien laitekohtaiset rajat. Tasajännitelähteiden yleisimmät syöttövirrat ovat 2,5 A ja 10 A välillä. Tasajännitelähteet ovat tavallisesti suojattu ylikuormitukselta sekä oikosululta sisäisesti.

Ohjauskytkimien avulla voidaan valita erilaisia ohjaustapoja ja toimintoja ohjattuihin lähtöihin. Ohjauskytkimet voidaan asentaa, joko keskuksen oviin tai DIN kiskoon. Kytkimien avulla voidaan esimerkiksi valita ohjataan lähtöä käsikäytöllä vai valvonta-automaatiikan avulla. Kytkimien yhteyteen asennetaan yleensä myös merkkilamppu indikoimaan kyseisen ohjauksen tilaa.

Energian kulutuksen seurantaan käytetään erilaisia mittareita sekä analysointilaitteita. Mittarit voivat olla joko suoria mittareita tai epäsuoria mittareita, joiden avulla voidaan seurata yksittäisen lähdön kuluttamaa energiaa tai seurata suuremman kokonaisuuden kuluttamaa energiaa. Esimerkiksi sähkökeskuksesta lähtevien valaistusryhmien energian kulutusta voidaan seurata yhdellä mittarilla ja käyttää toista mittaria keskuksen muun energian kulutuksen seurantaan. Verkkoanalysointilaitteiden avulla voidaan kulutetun energian lisäksi seurata mm. verkossa esiintyviä virran ja jännitteen yliaaltoja. Mittarit voidaan yhdistää erilaisten väylien avulla yhteen ja mittaukset voidaan kerätä esimerkiksi taloautomaatiojärjestelmään. Mittareista on myös saatavilla malleja, joita voidaan käyttää laskutusmittareina. Kuvassa 3 on oveen asennettu verkkoanalysointilaitte. Analysointilaitteen näyttöä voidaan lukea mm. jännite ja virtatiedot.



***Kuva 3. Oveen asennettu verkkoanalysaattori.***

Teollisuudessa käytetään erilaisten prosessien ja toimintojen ohjaamiseen ohjelmoitavia logiikoita. Tunnetuimpia logiikoiden valmistajia ovat mm. Siemens ja Omron. Logiikan avulla voidaan toteuttaa ohjelmallisesti paljon erilaisia ohjaustoimintoja, joiden avulla voidaan ohjata ohjattuja lähtöjä keskuksessa. Logiikoihin saadaan tuotua virta- ja jänniteviestejä erilaisilta antureilta ja toimilaitteilta. Keskusvalmistaja kytkee logiikoille tulevat johtimet tavallisesti riviliittimiin ja asiakas hoitaa logiikan ohjelmoinnin.

## 6. TALOAUTOMAATIOSSA KÄYTETTÄVÄT VÄYLÄT

Taloautomaatio on yleistynyt viime vuosina ja yhä useampiin kohteisiin asennetaan älykkeitä valaistuksen ohjauksia ja myös muita automaatiolla ohjattavia laitteita. Tämä tarkoittaa, että sähkökeskukseen tulee lisää laitteita ja erilaisia ohjauskaapeleita. Isommissa kiinteistöissä halutaan myös seurata energian kulutusta ja kerätä tieto mittalaitteilta yhteen paikkaan. Tällöin tarvitaan myös erilaisia komponentteja ja kaapeleita sähkökeskukseen. Seuraavaksi esitellään yleisimmin käytössä olevia mittaus- ja automaatioväyliä.

### 6.1 KNX-väylä

KNX on avoin standardi, jota käytetään kiinteistöautomaatioissa. Järjestelmä on kehitetty EIB-järjestelmä pohjalta ja on julkaistu vuonna 2001. Standardia ylläpitää ja kehittää KNX association, joka on voittoa tavoittelematon organisaatio. KNX laitteita valmistaa jopa 300 eri laitevalmistajaa, näistä tunnetuimpia ovat mm. Schneider ja ABB. KNX väylä voidaan toteuttaa, joko kaapeloimalla tai langattomasti, myös molempien yhdistäminen on mahdollista. Väylään perustuva sähköasennus on joustavampi, kuin perinteinen laitteiden ohjaus.

KNX järjestelmä voidaan jakaa neljään osa-alueeseen: antureihin, toimilaitteisiin, järjestelmäkomponentteihin ja siirtomediaan. Antureilla kerätään tietoa ympäristöstä ja niillä voidaan vastaanottaa käyttäjän tekemiä ohjauksia. Toimilaitteet vastaanottavat ohjauksia antureilta ja toteuttavat niitä. Järjestelmäkomponentit ovat sähkökeskukseen tulevat komponentit. Näillä komponenteilla saadaan toteutettua väylään käyttöjännite sekä yhdistettyä väylän eri osat yhteen. Siirtomedioilla saadaan välitettyä väylän sanomat toisilleen. [6]

KNX on hajautettu järjestelmä eli jokainen laite ja anturi sisältää oman kontrollerin. Hajautettu järjestelmä on teknisesti luotettava, sillä siinä ei ole yhtä keskusyksikköä, vaan yhden laitteen hajotessa muut laitteet voivat vielä kommunikoida ja toimia normaalisti.

KNX laitteiden avulla voidaan ohjata valaistusta, verhomootoreita, lämmitystä ja jäähdytystä sekä ilmanvaihtoa. Lisäksi järjestelmään voidaan liittää energiamittareita.

Keskukseen asennettavat laitteet ovat yleensä KNX väylän teholähde ja erilaiset toimilaitteet. Teholähde syöttää väylään 30 VDC jännitteen, joka toimii muiden laitteiden virran syöttönä ja kommunikaatioväylänä. Toimilaitteista yleisin on kytkintoimilaitte, jolla voidaan kytkeä kuormia. Yhdessä kytkintoimilaitteessa voi olla useampia kärkiä. Keskukseen sijoitettavat laitteet ovat tavallisesti tarkoitettu asennettavaksi vaakaan, jolloin laitteiden lämpeneminen toimii suunnitellulla tavalla. [6]

KNX laitteet kytketään yhteen väyläkaapelilla. KNX sertifioidut kaapelit ovat YCYM2x2x0,8 ja J-Y(St)Y2x2x0,8. Sertifioidun kaapelin vaippa on vihreä. Kaapelissa on kaksi johdinparia: puna-musta ja kelta-valkoinen. Puna-musta pari kytketään väylälaitteille ja parissa punainen on ”+” ja musta ”-” -johdin. Asennuksissa voidaan käyttää myös muita kaapeleita, kuin sertifioitua kaapelia. Yleisesti käytetty kaapeli on KLMA4x0.8. KLMA kaapelin johdinväreistä keltaista käytetään ”+” -johtimena ja sinistä ”-” -johtimena. [6]

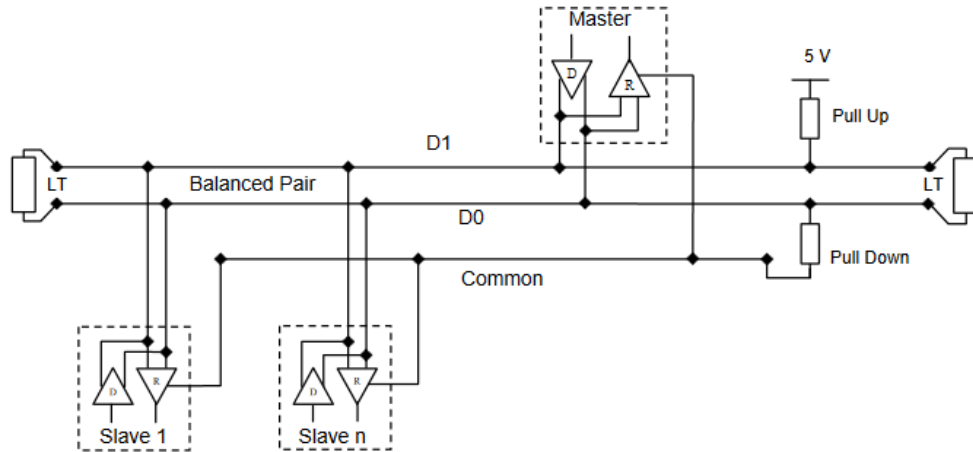
KNX kojeille ei ole määritelty standardissa keskuskaaviosymboleja. Komponenttien kytkenät ja symbolit ovat laitevalmistajakohtaisia.

## 6.2 Modbus-väylä

Modbus on sarjaliikenneprotokollaan perustuva tiedonsiirtoväylä. Väylää käytetään monissa eri sovelluksissa kuten esimerkiksi teollisuudessa ja rakennuksissa. Väylä on tullut markkinoille vuonna 1979 ja sitä on tukenut Schneider Automation. Nykyisin väylän kehitystä hallinnoi Modbus organization. Väylä on avoin ja ilmainen kaikille käyttäjille. [7]

Modbus sarjaliikenneprotokolla on Master-Slave protokolla. Vain yksi master yksikkö on yhteydessä väylään. Slave yksiköjä voi olla yhdistettynä samaan väylään master yksikön kanssa 1 ja 247 yksikön väliltä. Kommunikointi väylässä tapahtuu aina masteryksikön aloitteesta. Slave yksiköt eivät lähetä dataa ennen master yksikön pyyntöä. Slave yksiköt eivät siirrä dataa keskenään. Vain yksi toiminto tapahtuu kerrallaan väylässä. Kuvassa 4 on esitettyä Modbus väylän rakenne. Väylä päätetään aina päätevastuksella, jonka arvo tulee olla 150 ohmia. [7]

Uusi Modbus ratkaisu tulisi toteuttaa käyttämällä RS485 standardia. Standardi mahdollistaa pisteestä pisteeseen ja usean pisteen järjestelmät. Tyypillinen RS485 järjestelmä toteutetaan parikaapelilla. Tavallisessa Modbus järjestelmässä kaikki laitteet kytketään rinnakkain, käyttäen kaapelia, jossa on kolme johdinta. Kaksi johdinta on kierretty toistensa ympäri ja niiden välityksellä siirretään dataa. Johto voidaan kiinnittää laitteeseen käyttämällä ruuviliitosta, RJ45 liitintä tai D-shell 9 liitintä. Kolmas johdin on yhteinen ja se kytketään myös kaikkiin laitteisiin. Yhteinen johdin kytketään suojamaahan yhdestä pisteestä, joka on yleensä Master yksikössä. Kaapelin tulee tämän lisäksi olla suojattu ja kaapelin suoja yhdistetään maahan Master yksikön lähellä. Väylässä käytettävien kaapeleiden värit ovat D1 johtimelle keltainen, D0 johtimelle ruskea ja yhteiselle harmaa. [7]



**Kuva 4. Modbus väylän rakenne. [7]**

Modbus väylää käytetään useimmiten yrityksen keskuksissa sähköenergian mittauksen yhteydessä. Väylää pitkin siirretään mitattu energiatieto taloautomaatio tai kiinteistöautomaatiojärjestelmään. Mittareita voi olla keskuksessa useampia, jolloin väylä on hyvä viedä esimerkiksi riviliitin tilaan, johon asiakkaan on helppo tuoda väyläkaapeli.

### 6.3 M-Bus-väylä

M-Bus on Modbus väylän tavoin sarjaliikenneprotokollaan perustuva väylä. Väylä on kehitetty siirtämään dataa kulutusmittareilta yhteen pisteeseen. M-Bus väylästä voidaan myös käyttää nimeä meter-bus. Mitattava suure voi olla esimerkiksi veden kulutusta tai sähköenergian kulutusta. Väylän on kehittänyt Horst Ziegler yhdessä Texas Instrumentin kanssa. Väylä toimii hyvin samalla tavalla, kuin Modbus. Järjestelmä koostuu yhdestä master yksiköstä ja yhdestä tai useista slave yksiköistä. M-Bus väylä sisältyy standardiin EN 13757. [8]

Kaapelointiin ja laitteiden määrään on annettu yleisohjeet standardissa EN 13757-2. Kaapelointiin suositellaan suojattua parikaapelia, jonka vaippa yhdistetään vain master yksikön maahan ja jätetään muilta osin avoimeksi. Laitteiden maksimimäärä on 250 kappaletta yhdessä väylässä.

Sähkökeskuksiin asennetaan M-Bus väylää käyttäviä energiamittareita, joiden data siirretään väylän avulla master yksikölle.

## 6.4 DALI-väylä

DALI-väylä on digitaalinen valaistuksen ohjausväylä. Valaisimissa olevia liitäntälaitteita ohjataan väylän välityksellä. DALI järjestelmästä on luotu standardi IEC 62386, joka sisältää väylän määrittäykset.

DALI järjestelmä koostuu teholähteestä ja 64 osoitteesta, jotka jaetaan valaisimille. Yksi valaisin tarvitsee vähintään yhden osoitteen. Väylän asennustopologia on vapaa eli väyläjohtinta voidaan haaroittaa vapaasti. Teholähteenä toimiva laite voi olla kytkettynä muihin järjestelmiin, jolloin voidaan muodostaa isompia valaistuskokonaisuuksia ja DALI järjestelmästä voidaan viedä esimerkiksi vikatietoja toisiin järjestelmiin. [6]

Väylä toimii kahdella johtimella, joiden keskinäistä napaisuutta ei tarvitse huomioida. Kaapelina voidaan käyttää esimerkiksi MMJ kaapelin kahta johdinta. 1.5 mm<sup>2</sup> signaali-johtimella DALI linjan maksimipituus on 300 metriä.

DALI laitteista Helvarin valmistamat DIGIDIM sarjan laitteet ovat yleisimpiä keskuksiin asennettavista laitteista. Digidim 910 laitteella voidaan muodostaa kaksi 64 osoitteen väylää ja laitteessa on Ethernet kytkentämahdollisuus, jolloin laite voidaan liittää suurempaan verkkoon tai se voidaan ohjelmoida paikallisesti. 910 tarvitsee oman jännitesyötön ja laite tulee asentaa vaakatasoon, jotta se ei lämpene liikaa. DIGIDIM sarjaan on saatavilla myös muita laitteita, kuten releyksiköitä ja sisäänmenoyksiköitä.

DALI-väylään tulevat laitteet on tyyppitetty keskuksen pää- tai piirikaaviossa. Yleensä piirikaaviossa on tarkempi kuvaus järjestelmän johdotuksesta, mikäli järjestelmässä on useampia laitteita. DALI reitittimiä varten voidaan myös asentaa Ethernetkytkin keskuksen.

## 6.5 Dupline-väylä

Dupline väylä on Carlo Gavazzin kehittämä väylä. Väylää voidaan käyttää esimerkiksi taloautomaatiossa ja erilaisissa teollisuuden kohteissa. Järjestelmällä voidaan siirtää digitaalisia ja analogisia signaaleja pitkiä matkoja, jopa 10 kilometriä. Väylää käytetään yleensä osana suurempaa järjestelmää, jolloin esimerkiksi energianmittaus on toteutettu Dupline väylällä ja tieto muutetaan toiseen järjestelmään sopivaksi. Järjestelmään on saatavilla monia erilaisia toimilaitteita. [9]

Keskukseen asennettavia komponentteja ovat yleisimmin energiamittarit. Lisäksi mittareiden tiedot voidaan kerätä kanavageneraattorin ja laskurin avulla suurempaan järjestelmään. Kanavageneraattoriin voidaan liittää muunnin, jonka avulla väylään voidaan liittää Ethernetin välityksellä esimerkiksi tietokone. Kanavageneraattoriin voi tulla myös GSM ohjaus, jolloin keskuksen yhteyteen voi tulla antenni.

Dupline väylä toteutetaan käyttäen kahta johdinta ja näille johtimille ei ole asetettu vaatimuksia. Kaikkiin väylään liitettäviin laitteisiin asennetaan sama kaapeli ja väylän topologia on vapaa.

## 6.6 C2 valaistuksen ohjaus

C2 valaistuksen ohjauslaitteet ovat tarkoitettu ulkoalueiden valaistuksen ohjaukseen. Laitteita voidaan ohjata etänä ja niihin voidaan liittää erilaisia antureita ja releyksiköitä. Laitteiden avulla valaistusta voidaan ohjata paikallisesti tai keskitetysti. Keskitetyllä järjestelmällä voidaan hallinnoida esimerkiksi kaupungin katuvalaistusta. Paikallista järjestelmää voidaan käyttää esimerkiksi kotipihassa. [10]

Keskukseen tulee tavallisesti useampi valaistuksen ohjaukseen kuuluva laite. Laitteita ovat mm. keskusyksikkö, mittausyksikkö ja releyksikkö. Mittausyksikköön kuuluu virtamuuntajat, joilla seurataan lähtöjen virtaa. Releyksiköillä ohjataan valaistuslaitteiden kontaktoreja. Keskusyksikössä on myös mahdollisuus käyttää GSM verkkoa ohjaukseen ja hälytysten lähettämiseen. GSM verkkoa varten tarvitaan keskuksen ulkopuolelle viävä antenni.

C2 laitteet yhdistetään toisiinsa laitteiden mukana tulevilla RJ45 liittimillä varustetuilla johdoilla. Laitteet voidaan asentaa joko vaaka- tai pystyasentoon.

## 7. SÄHKÖKESKUKSEN SUUNNITTELU

Sähkökeskus suunnitellaan aina asiakaan tarpeiden mukaan. Tavallisesti kohteen sähkösuunnittelija tai urakoitsija on laatinut kohteeseen tarvittavasta sähkökeskuksesta keskuskaavion eli pääkaavion. Pääkaaviosta ilmenee keskukseen tulevat tulot ja lähdöt sekä lähdöissä käytettävät suojalaitteet ja muut komponentit. Tavallisesti pääkaavion etulehdellä on annettu vaatimuksia sähkökeskuksen teknisille ominaisuuksille sekä fyysisille mitoille ja kotelointiluokalle. Sähkökeskuksen rungon valintaan vaikuttaa keskuksen nimellisvirta sekä kotelointiluokka.

Asiakkaalta tulee tavallisesti varmistaa sähkökeskukselle varattu tila kohteesta sekä kaapeleiden tulo- ja lähtösuunnat. Lisäksi on hyvä varmistaa lähtevien johtojen kytkentä riviliittimille. Sähkökeskuksen pääkaavion etulehden tiedot ovat usein väärin ja asiakkaalta varmistaminen on hyvä tehdä ennen suunnittelun aloittamista. Suunniteltavasta kohteesta voi olla myös sähkötyöselitys, jossa on voitu antaa teknisiä vaatimuksia sähkökeskuksen toteuttamisesta.

Kuvassa 5 on esitettyä sähkökeskuksen pääkaavion etulehti. Etulehdellä kohteen sähkösuunnittelija on mahdollisesti määritellyt sähkökeskuksen teknisiä ja fyysisiä vaatimuksia. Esimerkkinä tällä etulehdellä keskuksen nimellisvirta olisi 125 ampeeria ja käytössä on TN-C-S järjestelmään. Keskuksen rakennetiedoissa on määriteltynä kotelointiluokaksi IP34 ja keskuksen maksimileveydeksi 1,2 metriä. Keskus asennetaan pinnalle ja kiinnitetään seinään.

Sähkökeskukseen asennettavat kojeet merkitään kojettunnuksilla vastaamaan pääkaavion ja piirikaavioiden tunnuksia. Tällä tavoin helpotetaan vianetsintää ja kojeiden tunnistamista sähkökeskuksen sisällä. Kiinteistöpuolella johtimien merkkaus on harvinaisempaa mutta teollisuuteen menevissä keskuksissa johtimet merkitään kyseisen kohteen ohjeiden mukaisesti.

Kaapelointitiedoista nähdään, millainen syöttökaapeli keskukseen tulee sekä kaapeleiden suunnitellut lähtösuunnat. Kaapeleiden lähtösuuntien avulla voidaan esimerkiksi sijoittaa riviliittimet oikeaan paikkaan keskuksessa. Esimerkki kuvan perusteella riviliittimiin kytkettäisiin vaihejohtimet ja riviliittintila sijoitettaisiin keskuksen yläosaan. Ohjauskaapelit sijoitetaan käytännössä aina riviliittimiin. Vaihejohtimet voidaan myös asentaa suoraan kojeisiin.



		<b>A SÄHKÖTEKNILLISET TIEDOT</b>			
		<b>KESKUS</b>			
		1. Nimellisjännite $U_n$ 400 V	9. Kansien saronointi	4. Merkkilamput	
		2. Jännitehäviö keskukseseen $U_v$ %	kytkentäkentät	hehkulamput	
		3. Taajuus $f$ 50 Hz	kojekentät	hohtolamput	
		4. Nimellisvirta $I_n$ 125 A	kiskokotelokentät	LED-lamput	
		5. Oikosulkukestoisuus	kaikki		
		terminen $I_{ts}$ kA	10. Pintakäsittely	5. Laskutusmittareiden toimittaja	
		dynaaminen $I_s$ kA	valmistajan normaali	sähköaitos	
		E 3:n mukaan <input type="checkbox"/>	erillisen ohjeen mukaan	keskusvalmistaja	
		6. Keskuksen häviöteho $P_v$ kW	11. Asennustila	6. Laskutusmittamuuntajien toimittaja	
		7. Kiskot tai johtimet AC	leveys 1,2 m	sähköaitos	
		L1 <input type="checkbox"/>	korkeus, normaali <input checked="" type="checkbox"/> muu _____ m	keskusvalmistaja	
		L2 <input checked="" type="checkbox"/>	syvyys, normaali <input checked="" type="checkbox"/> muu _____ m		
		L3 <input checked="" type="checkbox"/>	12. Ympäristön lämpötila		
		N <input checked="" type="checkbox"/>	normaali 20...25 °C	<b>E KAAPELOINTITIEDOT</b>	
		PE <input checked="" type="checkbox"/>	min _____ °C max _____ °C	1. Syöttö	
		PEN <input type="checkbox"/>	13. Kennokeskuksen kaapelikoulu	kaapeli	
		8. Kiskot tai johtimet DC	1 kpl/kenttä	klakasto	
		L+ <input type="checkbox"/>	1 kpl/2 kenttää	laji AL 4X50	
		M <input type="checkbox"/>	valmistajan normaali	poikkipinta	
		L- <input type="checkbox"/>	leveys _____ m		
		PE <input type="checkbox"/>	14. Lattialta seisovan keskuksen	pituus jännitehäviön laskemiseksi _____ m	
		9. Ohjousjännite U _____ V	alhaalla olevat läpiviennit		
		f _____ Hz	avoin		
		I _____ A	palonkestävä		
		S _____ kVA			
		10. Apujännite 1 _____	<b>C TUNNUSMERKINNÄT</b>	2. Syöttön tulosuunta	
		11. Apujännite 2 _____	1. Tunnusmerkinnät	alhaalta	
			valmistajan normaali	yhäältä	
			erillinen ohje (sähköselitys)	3. Syöttön sijainti	
			2. Keskuksen tunnuskiipi	vasemmalla	
			valmistajan normaali	oikealla	
			erillinen ohje (sähköselitys)	keskellä	
			3. Kansikielien tunnuskiivet	4. Pääkaapeleiden lähtösuunta	
			valmistajan normaali	alas	
			erillinen ohje (sähköselitys)	ylös	
			4. Kennokeskuksen kientien merkintä	5. Pääkaapeleiden liittäminen	
			juokseva numerointi	kojeisiin	
			-- vasemmalta oikealle	kojeisiin yli 16mm	
			-- oikealta vasemmalta	riviilittimiin L <input checked="" type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> PE <input type="checkbox"/>	
			erillinen ohje (sähköselitys)	6. Ohjouskaapeleiden lähtösuunta	
			5. Kennokeskuksen lähtöjen merkintä	alas	
			juokseva numerointi	ylös	
			kentän nro + juokseva numero	7. Ohjouskaapelit liitetään riviilittimiin	
			erillinen ohje (sähköselitys)	<input checked="" type="checkbox"/>	
			6. Sisäisten kojeiden merkintä		
			valmistajan normaali	<b>Huom:</b>	
			erillinen ohje (sähköselitys)		
			7. Sisäisten johtimien merkinnät		
			ei suoriteta		
			erillinen ohje (sähköselitys)		
			8. Erillinen kilpi		
			"KESKUKSESSA VIERAS OHJOUSJÄNNITE"		
			"PÄÄKYYTIIN EI KATKAISE JÄNNITETTÄ"		
			KALKULÄMMÖN MITTAUKSELTA"		
			<b>D KALUSTETIEDOT</b>		
			1. Keskuksen kalustus		
			valmistajan normaali		
			erillinen ohje (sähköselitys)		
			2. Kalustuksen tyyppi		
			kiilteä		
			ulosotettava		
			ulosvedettävä		
			3. Kalustustapa		
			keskitetty		
			yksikkölähdöt		

Kuva 5. Sähkökeskuksen pääkaavion etulehti.

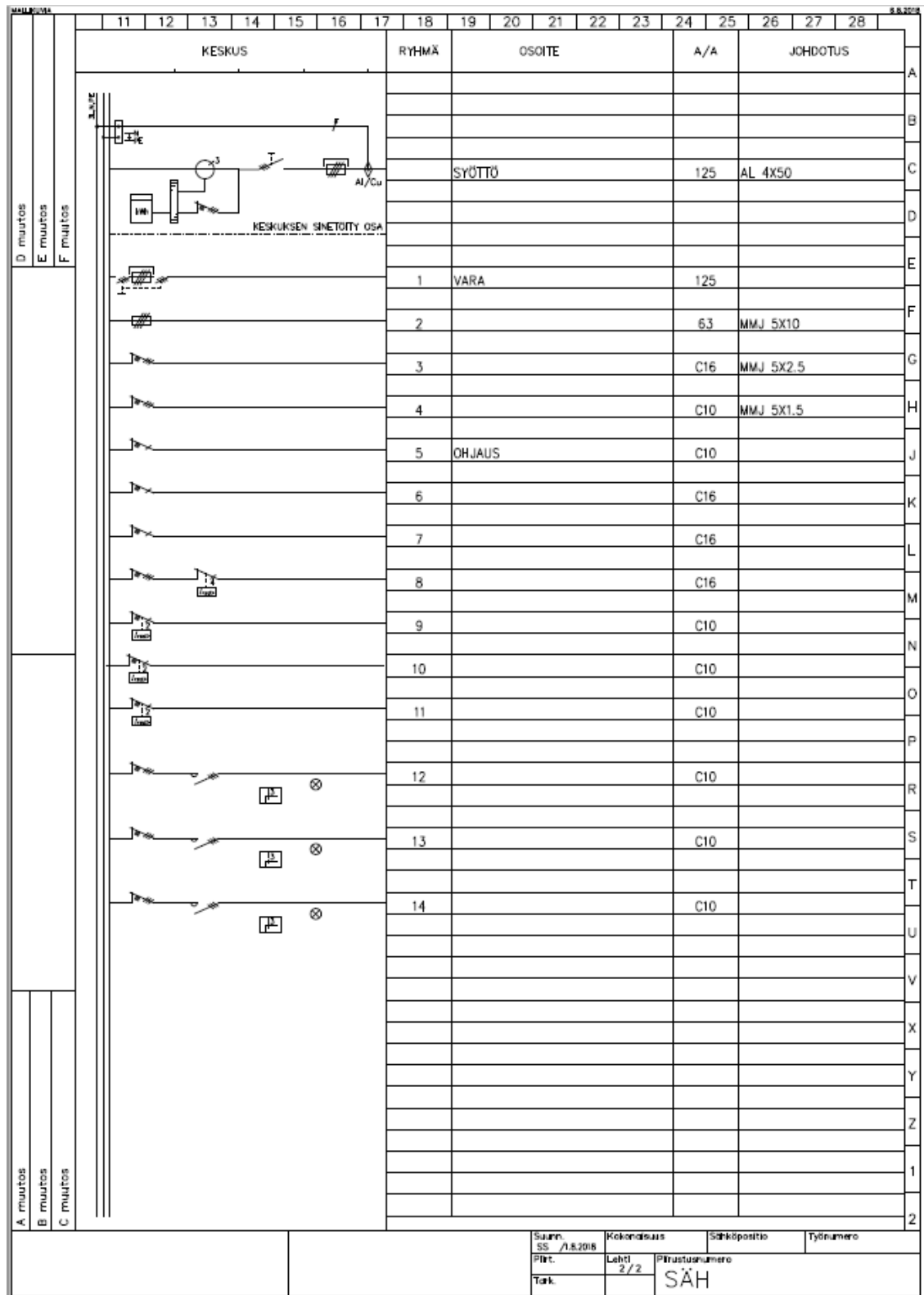
Sähkökeskus voidaan toteuttaa yksikkölähdöillä tai keskitetyillä lähdoillä. Yksikkölähdöjä käytetään enemmän teollisuudessa ja esimerkiksi kytkinvarokelähdöissä. Yksikkölähdössä samaan tilaan asennetaan kaikki lähdon komponentit ja liittimet. Keskitetyillä

lähdöillä toteutetussa keskuksessa esimerkiksi automaattit keskitetään samaan tilaan ja riviliittimet omaan tilaansa. Keskitetyt lähdöt säästävät yleensä paljon tilaa verrattuna yksikkölähtöihin. Samassa keskuksessa voi olla sekä yksikkölähtöjä, että keskitettyjä lähtöjä.

Etulehden huomioitavaa kohdassa voi olla mainittuna erikoisempia vaatimuksia, jotka eivät selviä muista etulehden kohdista. Esimerkiksi keskuksen johtimien värien tulee noudattaa tiettyä standardia tai keskuksen nollajohtimen mitoituksen tulee olla sama, kuin vaihejohtimien mitoituksen.

Sähkökeskuksen pääkaaviosta tulisi selvittää kaikki keskuksessa käytettävät komponentit. Pääkaaviot ovat jokaisella suunnittelijalla hieman erinäköiset ja eri ohjelmat käyttävät hieman erilaisia symboleita kuvaamaan eri komponentteja. Sähkökeskuksen pääkaavio voi olla valmiiksi numeroitu tai keskusvalmistaja voi numeroida pääkaavion. Sähkökeskuksen kojeiden sijoittelun helpottamiseksi automaattien ryhmänumeroinnin tuli olla kolmella jaollinen eli yksivaiheisia automaatteja tulisi aina olla kolme peräkkäin. Samanlaiset komponentit olisi myös hyvä numeroida peräkkäin, kuten yhdistelmäsuojat ja vikavirtasuojatut lähdöt.

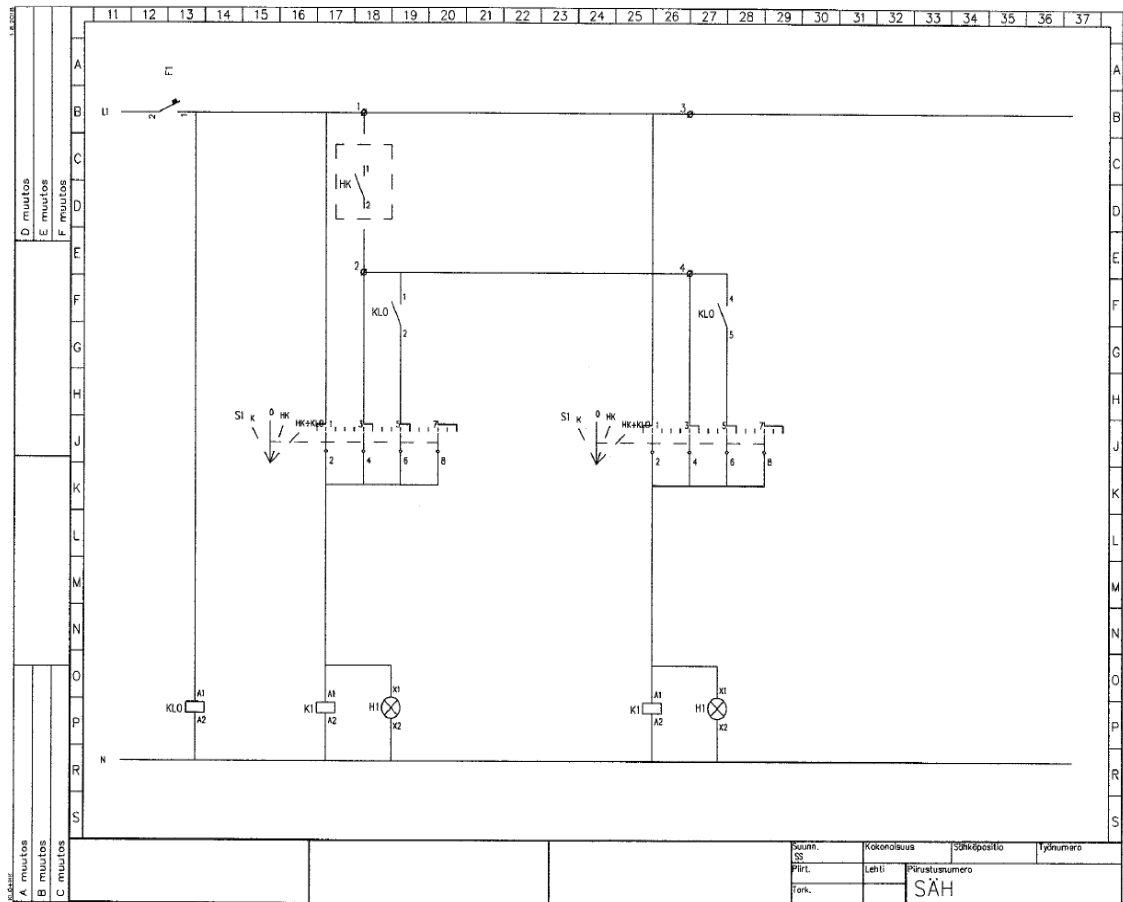
Kuvassa 6 on esimerkki pääkaaviosta. Sähkökeskukseen on suunniteltu TN-C järjestelmästä tuleva syöttö sekä sähkölaitoksen suorittama epäsuora energian mittaus. Kojet on numeroitu järjestyksessä ja keskuksessa on kolme ohjattua lähtöä, joihin tarvitaan piirikaaviot. Pääkaavioon on tavallisesti merkitty kunkin lähdön sulakkeen tai johdonsuoja-automaatin virta-arvo sekä toimintakäyrä. Sähkökeskuksesta lähtevien kaapeleiden tyypit ovat myös merkittynä pääkaavioon, jotta keskukseen voidaan suunnitella oikean kokoiset riviliittimet tai vaihtoliittimet alumiinikaapeleille. Kaikkea tietoa ei aina löydy kuitenkaan pääkaaviosta, vaan piirikaavioihin on myös usein merkitty lähtevien kaapeleiden kokoja ja kaapeleiden tyyppisiä. Pääkaavio voi mahtua yhdelle sivulle tai sivuja voi olla useita kymmeniä, riippuen sähkökeskukseen suunniteltujen komponenttien määrästä.



**Kuva 6. Esimerkki pääkaaviosta.**

Sähkökeskus voi sisältää myös ohjattuja lähtöjä. Ohjatuista lähdöistä täytyy olla piirikaavio. Tavallisesti kohteen sähkösuunnittelija toimittaa piirikaaviot keskusvalmistajalle.

Keskusvalmistaja voi myös piirtää piirikaaviot tarvittaessa. Piirikaavioista ilmenee keskuksessa tarvittavat ohjauskomponentit sekä tarvittavat ohjausriviliittimet. Kuva 7 on esimerkki piirikaaviosta.

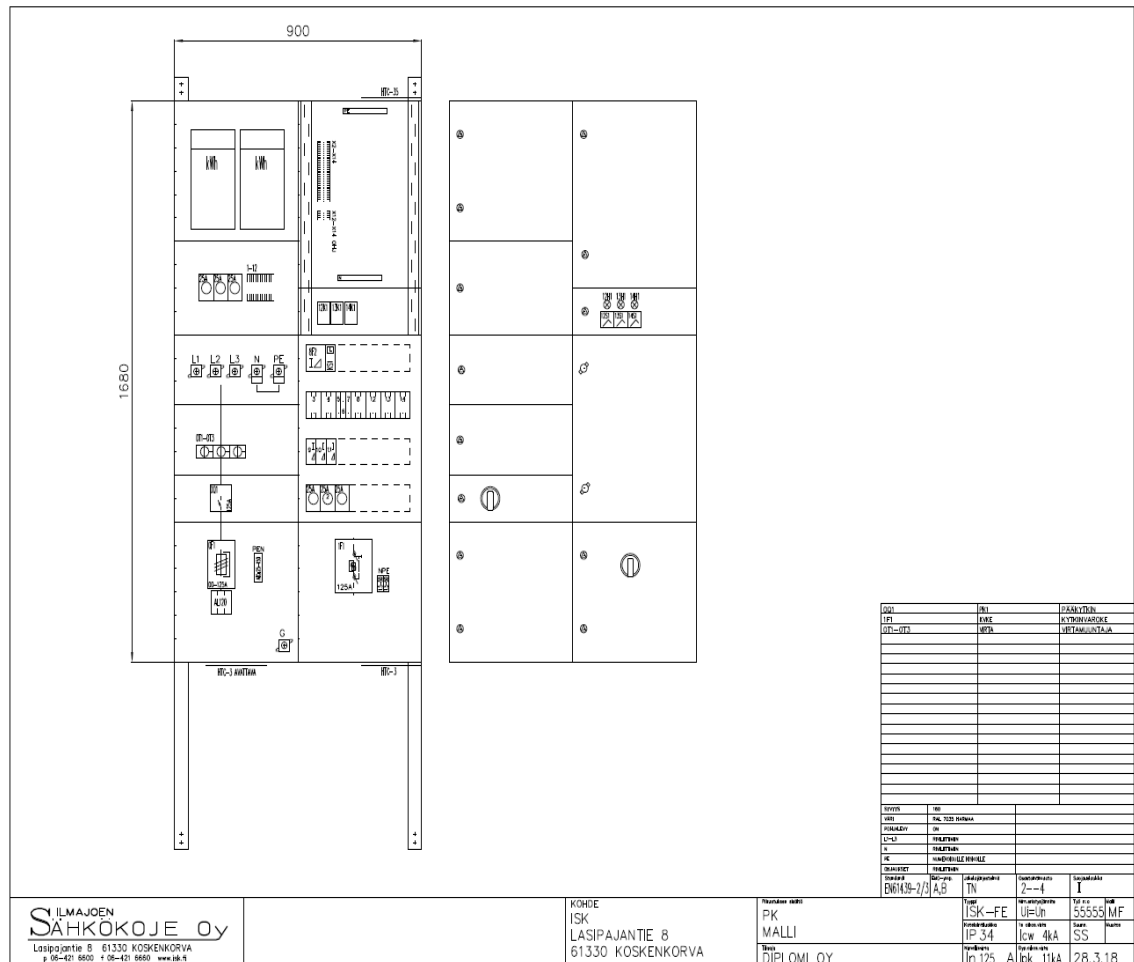


**Kuva 7. Esimerkki piirikaaviosta.**

Piirikaaviossa esitetään ohjatun lähdön ohjaamiseen tarvittavat kojeet sekä ohjattavan lähdön kela. Piirikaavion yhteydessä voi olla myös esitettynä pelkästään yhden lähdön ohjaus sekä ohjatun lähdön päävirrat. Kuvassa 7 on esitettynä valaistuksen ohjauskellolla ja hämäräkytkimellä. Katkoviivalla piirretty hämäräkytkin ei sijaitse sähkökeskuksessa, vaan se sijaitsee keskuksen ulkopuolella. Ohjausriviliittimiä on neljä kappaletta ja ohjauksen suojalaitteena on yksi johdonsuoja-automaatti. Piirikaaviot ovat tavallisesti usean sivun mittainen kokonaisuus.

Kaavioiden ja asiakkaalta saatujen tietojen pohjalta voidaan tehdä sähkökeskuksen sijoittelukuva. Sijoittelukuvasta nähdään, kuinka sähkökeskukseen tulevat komponentit on sijoitettu rungon sisällä. Kuvat piirretään CAD ohjelmistolla, kuten esimerkiksi CADS:llä. Kuvien mittakaavana käytetään yleisesti 1:10 mittakaavaa ja kuvat toimitetaan asiakkaille joko PDF tai DWG muodossa.

sijoittelukuvan lisäksi sähkökeskuksen suunnittelijan tulee mitoittaa ja valita teknisesti sopivat komponentit sähkökeskukseen. Valituista komponenteista luodaan kojeluettelo, jonka avulla keskus saadaan rakennettua ja asiakas voi helposti nähdä esimerkiksi hajonneen komponentin tyyppin ja valmistajan. Kojeluettelo voidaan yhdistää sijoittelukuvaan tai se voi olla oma erillinen tiedosto. Kuvassa 8 on esimerkki sähkökeskuksen sijoittelukuvasta.



**Kuva 8. Esimerkki sähkökeskuksen sijoittelukuvasta.**

Kuvassa 8 nähdään, kuinka esimerkki pääkaavion kojeet on sijoitettu sijoittelukuvaan. Sähkökeskuksen syöttö on vasemmalla alhaalla ja lähtevien kaapeleiden riviliittimet ovat sijoitettuna ylös. Keskuksen sinetöity osa on vasemmalla ja loput oikealla puolella. Kytkinvaroke on sijoitettuna omaan tilaansa ja kytkinvarokkeen väännin asennetaan oveen. Johdonsuojat sekä tulppalähdöt on sijoitettuna omaan tilaansa, jonka ovi on mahdollista avata ilman työkalua. Kontaktorit ovat sijoitettuna omaan erilliseen tilaan ja kontaktoreja ohjaavat kytkimet on sijoitettu oveen kontaktorien päälle. Kuvaan on myös merkitty läpivientien mallit ja paikat keskuksen ylä- ja alareunoissa. Riviliittimissä ohjauksiin liittyvät riviliittimet ovat sijoitettuna erilleen päävirtojen riviliittimistä.

Kuvaan on myös sijoitettu esimerkki kojeluettelosta. Kojeluetteloon tyypitetään sähkökeskuksessa käytettävien kojeiden tunnuksot ja mallit. Lisäksi kuvaan on merkitty keskuksen koteloituokk, nimellisuirta sekä mihin EMC-ympäristöihin keskus soveltuu.

Kuvassa 9 on valmis sähkökeskus. Keskus on tehty koteloituokalla IP34 ja sen nimellisuirta on 125 ampeeria. Keskus ei ole vielä täysin valmis, sillä siitä puuttuvat esimerkiksi valmistajan tyyppikilpi, johon merkitään noudatettavat standardit sekä valmistajan työnumero ja valmistusvuosi.



**Kuva 9. Valmis sähkökeskus.**

Valmiin sähkökeskuksen tulee täyttää standardin SFS-EN 61439 vaatimukset ja sen tulee olla suunnitelman mukainen. Sähkökeskuksen tarkastamisesta tulee laatia tarkastuspöytäkirja ja pöytäkirja tulee liittää keskuksen muiden dokumenttien mukaan. Dokumentit

tulee toimittaa keskuksen mukana, joko paperisena tai sähköisesti. Sähköiset dokumentit toimitetaan tavallisesti PDF muodossa ja sijoittelukuva voidaan myös toimittaa CAD kuvana.

## 8. YHTEENVETO

Sähkökeskus suunnitellaan asiakkaan toimittamien kaavioiden ja muiden tietojen perusteella noudattaen voimassa olevia standardeja ja määräyksiä. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon sähkökeskukseen asennettavien laitteiden ja komponenttien asettamat vaatimukset ja mahdollinen lämpeneminen tai EMC-häiriöt. Suunnittelun eri vaiheissa toimitaan läheisesti asiakkaan sekä mahdollisen sähkösuunnittelijan kanssa kohteen vaatimuksista, jolloin saadaan toteutettua kaikille osapuolille teknisesti ja taloudellisesti hyvä ratkaisu.

Sähkökeskuksen rungon valinta on oleellinen osa projektin onnistumista ja hyvän sähkökeskuksen valmistamista. Rungon valintaan liittyy useita erilaisia asioita, joista tärkein on riittävän kotelointiluokan saavuttaminen. Kotelointiluokka puolestaan vaikuttaa sähkökeskuksen lämpenemiseen, johon vaikuttaa myös rungon sisälle asennettavat komponentit. Komponenttien tuottaman lämmön tulee pysyä standardissa määritellyissä rajoissa. Keskuksen sisäistä lämpötilaa voidaan laskea erilaisilla tuuletus ja puhallin ratkaisuilla. Rungon valinta vaikuttaa myös sähkökeskuksesta lähtevien kaapeleiden läpivienteihin. Eri levyisiin runkoihin voidaan asentaa eri määrä läpivientejä lähteville ja tuleville kaapeleille. Modulaarisia runkoja käyttämällä voidaan asiakkaiden toiveet ottaa huomioon ja käytettävissä oleva tila voidaan hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti.

Tärkeä osa sähkökeskuksen valmistamista ja suunnittelua on tuntee käytettävien komponenttien ja laitteiden ominaisuudet. Sähkökeskuksissa käytetään useita erilaisia komponentteja ja laitteita, joko suojaamaan tai ohjamaan sähköllä toimivia laitteita. Komponenttien tulee täyttää niitä koskevat tuotestandardit. Esimerkiksi pääkytkimenä voidaan käyttää vain tietyt määräykset täyttävää kytkintä, jolloin voidaan olla varmoja, että kytkin kykenee katkaisemaan sen läpi kulkevan kuormitusvirran.

Sähkökeskuksissa käytetyt automaatio ja väylälaitteet lisääntyvät entisestään. Energiaa halutaan mitata ja säästää mahdollisimman paljon. Esimerkiksi valaistusta ja lämmitystä voidaan ohjata KNX-järjestelmällä, joka mahdollistaa monipuoliset ohjaukset eri kokoihin kiinteistöihin. Suurien kiinteistöjen energian kulutusta halutaan seurata ja mitatun energian perusteella voidaan miettiä, esimerkiksi voitaisiinko valaistuksen älykkäällä ohjauksella säästää energiaa.

Tämän diplomityön kirjallisen osuuden lisäksi kehitettiin ja otettiin käyttöön käytössä olevasta suunnitteluohjelmasta ominaisuuksia, joita ei ollut aikaisemmin hyödynnetty. Tämän seurauksena saatiin tehostettua ja päivitettyä yrityksessä käytössä olevia toimintatapoja. Työn tuloksena yritykselle jäi kirjallinen sähkökeskuksen suunnittelukäsikirja,



jota voidaan hyödyntää uuden henkilökunnan kouluttamiseen sekä käyttää apuna suunnittelutyössä. Lisäksi diplomityön pohjalta laadittiin dokumentteja, joiden avulla saatiin laadittua yhtenäisiä toimintatapoja yrityksen sisällä.

# LÄHTEET

- [1] Ilmajoen Sähkökoje Oy, Ilmajoen Sähkökoje Oy, verkkosivu, Saatavissa (viitattu 15.8.2018): <http://www.isk.fi/>
- [2] Suomen Standardoimisliitto SFS ry, SFS-EN 61439 Pienjännitekeskukset, SFS-käsi-  
kirja 640 Sähkökeskukset, Helsinki, 2016.
- [3] Energia.fi tuntimittaussuositus, Energia.fi, verkkosivu, Saatavissa (viitattu 24.11.2017): <https://energia.fi/>
- [4] Viestintäviraston määräys 65, Viestintävirasto, verkkosivu, Saatavissa (viitattu 30.7.2018): <https://www.viestintavirasto.fi/ohjausjavalvonta/laitmaarayksetpaatokset/maaraykset/maarays65kiinteistonsisaverkoistajateleuraakinnista.html>
- [5] Suomen Standardoimisliitto SFS ry, SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-53: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Erottaminen, kytkentä ja ohjaus, Helsinki, 2017.
- [6] K. Härkönen, KNX-järjestelmän perusteet, Sähkötieto ry, Espoo, 2015, 197 p.
- [7] Modbus.org, Modbus organization, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 27.1.2018): <http://www.modbus.org/>
- [8] M-Bus, M-bus usergroup, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 27.01.18): <http://www.m-bus.com/default.php>
- [9] Carlo Gavazzi Duplineväylä, Carlo Gavazzi, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 13.08.18): [http://gavazzi-automation.com/nsc/FI/FI/general\\_purpose](http://gavazzi-automation.com/nsc/FI/FI/general_purpose)
- [10] C2 smartlight, C2 smartlight, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 13.8.2018): <http://c2smartlight.com/alykkaalla-valaistuksella-liikuntapaikoille-lisaa-peliaikaa-saastoa-yllapitokustannuksiin/>