

# SÄHKÖSUUNNITTELUN OHJAUS

Sami Ekholm

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2010  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto  
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Talotekniikka

Sami Ekholm

Sähkösuunnittelun ohjaus

Tutkintotyö

21 sivua + 56 liitesivua

Työn ohjaaja

Yliopettaja tekniikan lisensiaatti Pirkko Harsia

Työn teettäjä

Pöyry CM Oy, Hannu Miettinen

Toukokuu 2010

Hakusanat

Sähkösuunnittelu, ohjaus, sähkötekniikka, talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tämän työn lähtökohtana oli tutustua rakennuttajan rooliin sähkösuunnittelun ohjauksessa ja sitä kautta luoda työkalu sähköasiantuntijoille sähkösuunnitelmien tarkastamista varten.

Tavoitteena oli tehdä opas, joka herättää lukijan huomion tietystä aiheesta ja antaa syvällisemmin tietoa niistä kohdista, jotka todennäköisimmin aiheuttavat eniten epäkohtia rakennushankkeessa.

Tulokseksi saatiin opas, jonka sisältö on koottu kokemukseräisistä ongelma-aiheista. Näihin aiheisiin perehtymisen jälkeen saatiin käyttökelpoinen ja käytännönläheinen opas sähkösuunnittelun ohjaukseen.

Työn ensisijainen käyttötarkoitus on olla Pöyry CM Oy:n sähköasiantuntijoille apuna sähkösuunnittelun ohjauksessa.

TAMPEREEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Electrical Engineering

Building Services Engineering

Sami Ekholm Sähkösuunnittelun ohjaus

Engineering thesis 21 pages + 56 pages

Thesis Supervisor Licentiate of Science in technology Pirkko Harsia

Commissioning company Pöyry CM Oy

May 2010

Keywords Electrical planning, guidance, Electrical engineering

## ABSTRACT

Starting point of this work was to get to know constructor's role in guidance of electric planning and using this knowledge to create a tool for electric experts in audition of electric plans.

The goal was to make a guide, which would intrigue readers in certain topic and give more perceptive information in those points, which most likely causes most shortcomings considering building projects.

In a result, a guide was made, which is built from experiential problemtopics. After getting acquainted on these topics an applicable and practical guide was made for guidance of electric planning

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Pöyry CM Oy:n henkilöstöä ja erityisesti sähköasiantuntija Hannu Miettistä saamastani tuesta opinnäytetyön tekemisessä. Työn tekemisestä kannustavassa ilmapiirissä muodostui erittäin antoisa kokemus. Rakennus- ja käytönaikaisten haittojen torjuminen sähkösuunnittelun ohjauksessa on aiheena tärkeä ja työtä tehdessä minulle muodostui hyvä käsitys erilaisten tehtävien laajuudesta, erilaisista sähkösuunnittelun ongelmista ja niiden ratkaisemisesta.

Haluaisin myös kiittää opettajaani, Yliopettaja tekniikan lisensiaatti Pirkko Harsiaa sekä vanhempiani saamastani tuesta.

Sami Ekholm

pvm ja paikka

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>TIIVISTELMÄ</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>ALKUSANAT</b> .....	<b>4</b>
<b>SISÄLLYSLUETTELO</b> .....	<b>5</b>
<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>6</b>
1.1 Työ.....	6
1.2 Yritys .....	6
<b>2 RAKENNUTTAJAN ROOLI SÄHKÖSUUNNITTELUN OHJAUKSESSA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Rakennuttaja .....	8
2.2 Rakennuttamisen tehtäväluettelo .....	10
2.3 Sähkösuunnittelun ohjauksen vaiheet.....	11
<b>3 SÄHKÖSUUNNITTELUN OHJAUKSEN OPAS</b> .....	<b>13</b>
3.1 Oppaan luominen.....	13
3.2 Työn aloitus .....	13
3.3 Oppaan sisältö.....	14
3.4 Valaistuksen ekologiset näkökohdat .....	16
3.5 Oppaan lähteet .....	17
<b>4 TULOSTEN TARKASTELU</b> .....	<b>18</b>
4.1 Oppaan merkitys.....	18
4.2 Saavutetut tulokset.....	18
4.3 Johtopäätökset .....	18
<b>5 YHTEENVETO</b> .....	<b>19</b>
5.1 Työn merkitys.....	19
5.2 Johtopäätökset .....	19
5.3 Oppaan käyttö.....	19
<b>6 LÄHTEET</b> .....	<b>20</b>

## LIITTEET

1. Rakennus- ja käytönaikaisten haittojen torjuminen sähkösuunnittelun ohjauksessa

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Työ

Työn lähtökohtana oli luoda työkalu sähkösuunnittelun ohjaukseen. Työkalu suunniteltiin käytettäväksi rakennuttaja-alan yrityksen sähköasiantuntijoiden käyttöön. Aihe syntyi yhteistyössä yrityksen kanssa.

Työtä aloitettaessa etsittiin niitä seikkoja, jotka todennäköisimmin aiheuttavat ongelmia rakennus- ja käytönaikaisiin vaiheisiin sähkösuunnittelun ohjauksessa sekä työmaavalvonnassa. Työ rajattiin siten, että työmaavalvontaa koskevat aiheet jäivät pois.

Työssä kuvataan niitä seikkoja, jotka aiheuttavat suurimman osan rakennus- ja käytönaikaisista ongelmista. Työtä voivat hyödyntää sähköalan asiantuntijoiden lisäksi myös muut rakennusalan ammattilaiset. Työ antaa käsityksen myös muille rakennusalan ammattilaisille niistä asioista, mitkä yleensä sähköalalla aiheuttavat ongelmia.

### 1.2 Yritys

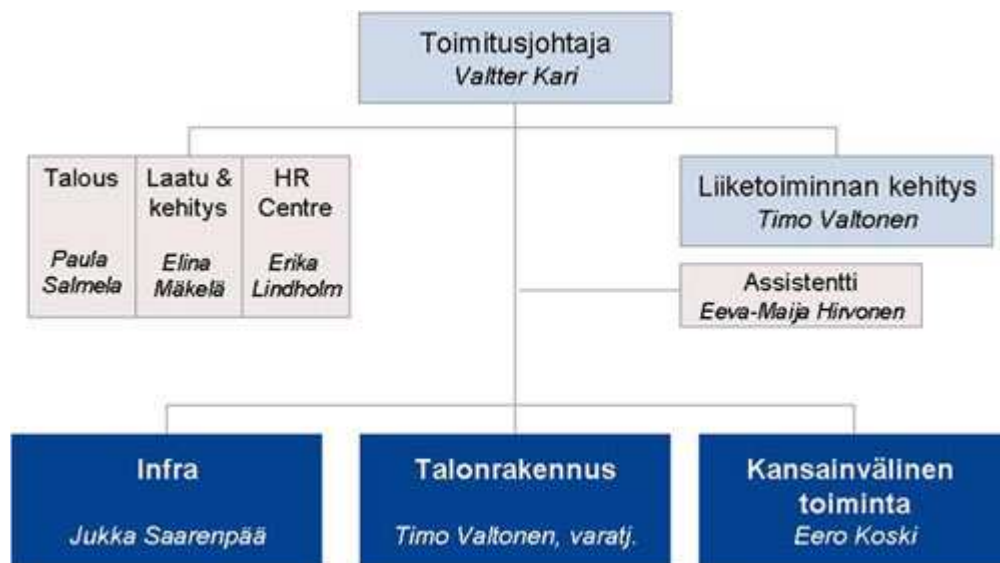
Pöyry CM Oy on suurehko rakennuttaja-alan yritys, jonka palveluksessa työskenteli vuoden 2009 alussa runsas 350 työntekijää. Yritys valvoo hankkeissa asiakkaan etujen toteutumista ja tarjoaa monenlaisiin kohteisiin rakennuttamisen, talotekniikan, työmaavalvonnassa, kustannussuunnittelun ja kiinteistökehityksen asiantuntijuuden Suomessa, Baltiassa ja Venäjällä./3/

Yrityksellä on yhdeksän toimipistettä Suomessa: päätoimipaikka Vantaalla ja muut toimipaikat Jyväskylässä, Kouvolassa, Kuopiossa, Oulussa, Tampereella, Turussa, Lappeenrannassa ja Vaasassa. Tytäryhtiöt sijaitsevat Tallinnassa, Riiassa, Vilnassa ja Pietarissa ja Moskovassa.

Pöyry CM on osa isompaa Pöyry konsernia, joka on perustettu vuonna 1958. Vuonna 2007 Pöyry CM:n laskutus oli noin 33,7 miljoonaa euroa, kun koko Pöyry konsernin

oli 712 miljoonaa euroa. Vuonna 2008 koko konsernin laskutus oli kasvanut runsas 100 miljoonaa euroa 822 miljoonaan euroon asti. Konsernin voitto vuonna 2007 oli 76 miljoonaa ja 2008 jo yli 103 miljoonaa euroa.

Konsernin viisi päätoimialaa ovat metsäteollisuus, energian tuotanto, kuljetukset, rakentamisen palvelut sekä vesi- ja ympäristösektori. Pöyry CM on osa rakentamisen palveluiden alaa. Kuvassa 1 on esitetty yrityksen organisaatorakenne./3/



Kuva 1: Pöyry CM: n organisaatorakenne/4/

Pöyry CM on mukana kehittämässä rakennusalaan Rakennuttajatoimistojen Liitto RTL ry:n ja Suomen toimitila- ja rakennuttajaliiton RAKLI ry: n jäsenenä sekä osallistuu Rakentamisen Laatu RALA ry:n toimintaan ja alan koulutustoimintaan.

## 2 RAKENNUTTAJAN ROOLI SÄHKÖSUUNNITTELUN OHJAUKSESSA

### 2.1 Rakennuttaja

Rakennuttajalla tarkoitetaan sitä organisaatiota, jolle rakennuttamisen tehtävät on annettu. Rakennuttamisen toimeksiannon antaa yleensä kiinteistön omistaja. Rakennuttaja johtaa rakennuttamista toimeksiannossa määritellyin valtuuksin. Rakennuttaja edustaa toimeksiantajaa rakennushankkeen aikana suunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja rakentamisen muiden osapuolien suuntaan. /1/

Rakennuttaja on hankkeen toimeenpaneva osapuoli, joka käynnistää hankkeen ja hoitaa hankkeen läpiviennin ja päättää hankkeen. Rakennuttaja vastaa siitä, että käyttäjä saa käyttöönsä tarpeittensa mukaiset tilat. Rakennuttaja asettaa valtuuksiensa puitteisissa rakennushankkeelle tavoitteet, hankkii tarvittavat suunnitelmat sekä teettää rakennustyöt sopimuksien mukaan. /2/

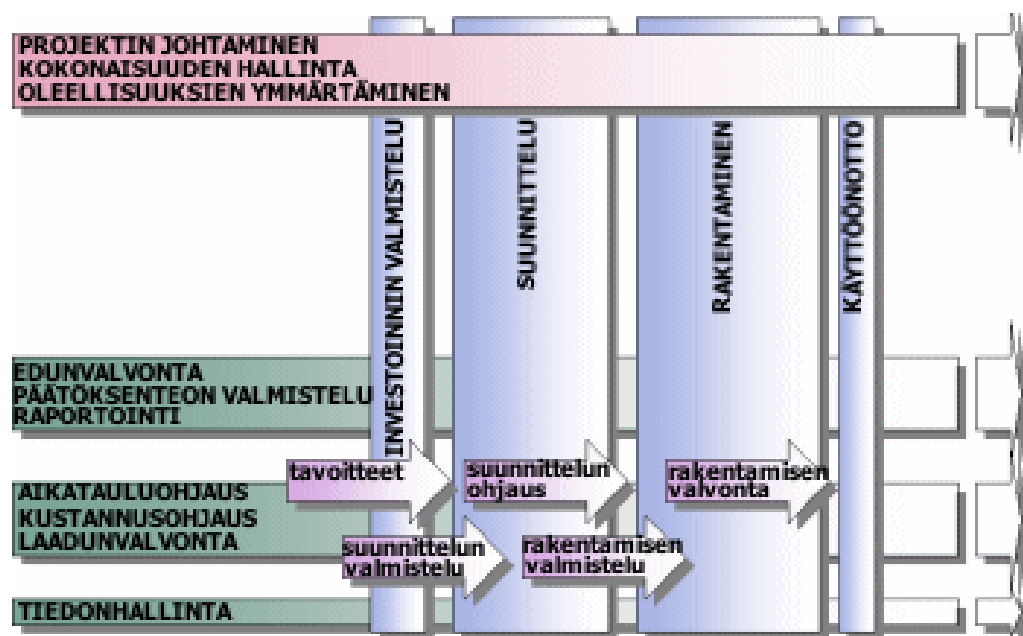
Rakennuttajaorganisaation päättävänä tahona toimii työryhmä. Käytännön toiminnasta vastaa projektipäällikkö ja hänen valvonnassaan työskentelevä ryhmä. Päättävän ryhmän tehtävänä on johtaa rakentamista ja tehdä työn edellyttämät päätökset./2/ Kuvas-  
sa 2 on esitetty esimerkkityöryhmä.



Kuva 2. Rakennuttamisen työryhmäkaavio./3/



Rakennuttaja toimii erilaisissa työtehtävissä koko rakennushankkeen ajan. Rakennuttaja johtaa projektia, hallitsee kokonaisuutta ja ymmärtää tarvittavat oleellisuudet. Rakennuttajan työryhmässä on nimetty henkilöt hoitamaan tietyt työtehtävät rakennuttamishankkeessa. Kuitenkin jokainen työryhmän jäsen on velvollinen hoitamaan yleiset rakennuttamisen tehtävät koko hankkeen ajan, kuten edunvalvonta, raportointi sekä laadunvalvonta (kuva 3). Tässä työssä on tarkoitus keskittyä pääasiassa suunnittelun ohjausta käsitteleviin asioihin.



Kuva 3. Talonrakennushankkeen kokonaisuus rakennuttajan näkökulmasta./3/

## 2.2 Rakennuttamisen tehtäväluettelo

Rakennuttamisen tehtäväluettelo, RAP 95, määrittelee rakennuttajan tehtävät rakentamishankkeessa. Rakennuttamisessa on tehtävä strateginen rakentamispäätös, organisoitava tehtävien suoritus, johdettava rakentamisprosessia ja huolehdittava käyttäjän tilantarpeista. Rakennuttajan on myös koordinoitava, ohjattava ja valvottava eri osapuolten työtä sekä turvattava kiinteistön elinkaaritalous./1/

Rakennuttamisen tehtäväluettelo määrittelee rakennuttajan tehtäviksi muun muassa seuraavat asiakokonaisuudet. /1/

- Tarveselvitys
  - Selvitetään tilantarpeet, kuvataan alustavasti tarvittavat tilat ja niille asetellut vaatimukset
- Hankesuunnittelu
  - Asetetaan rakennushankkeelle täsmälliset laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia, ajoitusta ja ylläpitoa koskevat vaatimukset
- Suunnittelun valmistelu
  - Organisoidaan suunnittelu, pidetään mahdolliset suunnittelukilpailut, pyydetään suunnittelutarjoukset, käydään sopimusneuvottelut ja valitaan suunnittelijat
- Suunnittelun ohjaus
  - Varmistetaan, että suunnitteluprosessi johtaa aseteltuihin tavoitteisiin ja tuottaa hyväksyttävät suunnitelmat
- Rakentamisen valmistelu
  - Laaditaan hyväksytyyn urakkamuodon ja hankintatavan edellyttämät tarjouspyyntöasiakirjat, järjestetään urakkakilpailut ja valitaan urakoitsijat

- Rakentamisen ohjaus
  - Varmistetaan sopimuksen mukainen suoritus, huolehditaan toimeksiantajan eduista ja rakennuttamisvelvoitteista sekä valvotaan urakoitsijoiden työsuoritusta
  
- Vastaanotto ja käyttöönotto
  - Vastaanottovaiheessa tarkistetaan, että rakennus on tehty suunnitelmien mukaisesti ja toimii suunnitellulla tavalla
  - Käyttöönottovaiheessa varmistetaan, että käyttäjä saa käyttöönsä toimivan rakennuksen, jota hän osaa käyttää ja huoltaa
  
- Takuu-aika
  - Rakennusta seurataan sen varmistamiseksi, että se toimii halutulla tavalla
  - Muutostöissä otetaan huomioon takuuvastuun ehdot
  - Takuuajan päättyessä pidetään takuutarkastus.

## 2.3 Sähkösuunnittelun ohjauksen vaiheet

### Suunnittelun käynnistäminen

Sähkösuunnittelun valmistelussa kootaan suunnitteluryhmä, ja rakennuttaja varmistaa suunnittelutavoitteet. Suunnittelutavoitteita ovat muun muassa laajuus, laatu, kustannukset ja aika. Suunnittelua valmistellessa on tarkennettava lähtökohdat sen mukaisesti, että suunnittelija pystyy niiden perusteella suunnittelemaan kohteen halutun mukaisesti./1/

## Suunnittelun valvonta

Suunnittelun valvonnan aikana rakennuttaja järjestää suunnittelukokouksia, joissa muun muassa valvotaan aikataulua, kustannuksia ja tavoitteiden toteutumista, tarkastellaan muutoksia ja suunnitelmien yhteensopivuutta sekä käsitellään mahdollisia ongelmia. Tärkeä huomioon otettava asia jo suunnitteluvaiheessa on miettiä toteutusvaiheen työturvallisuutta. Suunnittelun valvonnassa pitää myös varmistua siitä, että suunnittelijat ovat tehneet valintojaan varten riittävät selvitykset./1/

## Ratkaisuvaihtoehtojen vertailu

Ratkaisuvaihtoehtojen vertailussa tarkastellaan erilaisia ratkaisuja pääasiassa oikeanmukaisen käytön ja taloudellisuuden mukaan. Oikeanmukaisella käytöllä tarkoitetaan sitä, että suunniteltu asia voidaan asentaa rikkomatta lakeja tai pykäliä. Taloudellisessa vertailussa tarkastellaan eri tuotteita investointikustannuksien sekä käyttökustannuksien kannalta. Toisin sanoen etsitään tilaan parhaiten sopivaa laitetta, jonka hankinta- ja käyttökustannukset ovat edullisimmat. Hankintaratkaisut hyväksytetään usein tilaajalla./1/

## Suunnitelmien tavoitteidenmukaisuus

Suunnitelmien valmistuessa varmistutaan niiden tavoitteidenmukaisuudesta ja esitetään suunnitelmat tilaajalle. Tällöin myös verrataan suunnitelmien mukaisten laitteiden investointi- ja ylläpitokustannuksia, verrataan niitä tavoiteltuihin kustannuksiin ja tehdään mahdollisia korjaus- ja muutosehdotuksia./1/

## Suunnitelmien hyväksyminen

Suunnitelmia hyväksyessä tarkistetaan suunnitelmat vaiheittain. Tähän tarkastukseen voi osallistua sähköasiantuntijan lisäksi myös rakennusalan sekä LVIA:n asiantuntijat. Tällöin myös tarkistetaan muut suunnitelmat ristiriitaisuuksien varalta. Suunnitelmista tarkistetaan myös, että niiden valmiustaso vastaa vaadittua tasoa. Suunnitelmien tarkastamisen jälkeen suunnitelmat hyväksytetään tilaajalla./1/

## Viranomaislupien hankkimisen valvonta

Rakennuttaja valvoo, että suunnittelijat käyvät tarvittavat viranomaisneuvottelut ja hankkivat tarvittavat lausunnot. Rakennuttaja valvoo, että lupaprosessiin on riittävästi aikaa ja että lupahakemus tehdään riittävän ajoissa./1/

## 3 SÄHKÖSUUNNITTELUN OHJAUKSEN OPAS

### 3.1 Oppaan luominen

Oppaan tekemisen lähtökohtana oli saada käytännön apu sähköasiantuntijoille sähkösuunnittelun ohjausta käsitteleviin aiheisiin. Sähkösuunnittelun ohjauksessa tulee usein eteen hankalia seikkoja, joihin oppaassa pyritään antamaan käytännön vinkkejä ja lisätietoja. Oppaan tarkoitus on myös herättää sähköasiantuntijan huomio sähkösuunnitelmia tarkastaessa niihin seikkoihin, jotka voivat hankkeen aikana ja jälkeen aiheuttaa ongelmia.

### 3.2 Työn aloitus

Työn tekeminen aloitettiin palaverissa, jossa olivat läsnä kehityspäällikkö, sähköasiantuntija sekä talotekniikkaosaston päällikkö. Aloituspalaverissa työlle asetettiin tavoitteet ja ohjattiin työn käynnistämistä. Alussa työn sisältö jäi suurimmaksi osaksi vielä avoimeksi, mutta työn edetessä sisältö kasvoi kokemukseräisten aiheiden myötä.

Työn aihealueet kerättiin suurimmaksi osaksi yrityksessä tapahtuneen haastattelukierroksen aikana. Kierroksella haastateltiin yrityksen sähköasiantuntijoita, työmaavalvojia sekä muuta henkilökuntaa, joilta saatiin otsikkotasolla aihealueita työhön. Seuraavassa palaverissa käytiin haastatteluiden tulokset läpi. Ensimmäisen haastattelukierroksen jälkeisessä palaverissa rajattiin tuloksia, joista sitten muodostettiin alustava sisällysluettelo./4/

Sisällysluettelon luonnin jälkeen tehtiin uusi haastattelukierros, jossa keskityttiin keräämään vain valituista aiheista syvällisempää kokemusperäistä tietoa. Näin päästiin käsiksi niihin aihealueisiin, jotka kaipasivat syvällisempää käsittelyä./4/

### **3.3 Oppaan sisältö**

Oppaassa on pyritty tuomaan esiin aihealueita niin laajasti, että niistä olisi hyötyä mahdollisimman monessa rakennushankkeessa. Opas antaa työkalun sähköasiantuntijoille sähkösuunnitelmien tarkasteluun. Jo pelkkä oppaan sisällysluettelo herättää sähkösuunnitelmien tarkastajan huomion niihin aihealueisiin, joissa todennäköisimmin esiintyy ongelmia.

Oheisessa taulukossa (taulukko 1) on oppaan sisällysluettelo. Opas on liitteineen 56 sivun mittainen.

Taulukko 1: Oppaan sisällysluettelo

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>SUUNNITTELUN LÄHTÖTIETOJEN HANKKIMINEN</b> .....	<b>5</b>
2.1	Hankintarajat .....	5
2.2	Tekniset asiat .....	5
<b>3</b>	<b>TEKNISTEN TILOJEN SJOITUS</b> .....	<b>6</b>
3.1	Teknisten tilojen sijoittelun merkitys toimintaan .....	7
3.1.1	Automaattinen poiskytkentä ja oikosulkukestoisuus.....	8
3.1.2	Jännitteen alenema.....	10
3.2	Taloudelliset vaikutukset.....	12
3.3	Teknisten tilojen sijoittelun merkitys käytettävyyteen.....	13
<b>4</b>	<b>SÄHKÖTILAT</b> .....	<b>14</b>
4.1	Ovien sijoittelu, tilojen muoto, turvaetäisyydet.....	14
4.2	Sähkötilojen pintamateriaalien valinta .....	14
4.3	Sähkötilojen käyttö .....	16
4.3.1	LVI- laitteiden sijoittaminen sähkötiloihin.....	17
4.3.2	Olosuhteet .....	17
4.4	Sähkötilojen palonsuojelu.....	20
4.4.1	Sijoittelu.....	21
4.4.2	Palontorjunta.....	22
<b>5</b>	<b>JAKELUVERKON SUOJAUS</b> .....	<b>23</b>
5.1	Selektiivinen suojaus .....	23
5.2	Selektiivisyyden tarkastelu .....	24
5.3	Varmennettujen jakelujärjestelmien suojaus .....	26
<b>6</b>	<b>EMC- SUOJAUS</b> .....	<b>29</b>
6.1	Tilojen suunnittelussa, sijainti .....	30
6.2	Keskeisimmät suojauskohteet ja riskit häiriöiden kannalta.....	32
6.3	Häiriöitä aiheuttavat laitteet ja järjestelmät .....	33
<b>7</b>	<b>PALOTURVALLISUUS</b> .....	<b>34</b>
7.1	Suunnittelunohjaus ja paloturvallisuus.....	34
7.2	Palotekninen suunnitelma ja sen merkitys hanke- ja luonnossuunnitteluvaiheessa .....	34
7.3	Savunpoisto .....	35
<b>8</b>	<b>VALAISTUS</b> .....	<b>36</b>
8.1	Turvavalaistus.....	36
8.1.1	Varavalaistus .....	37
8.1.2	Poistumisvalaistus .....	37
8.1.3	Valaistavat tilat .....	39
8.2	Valaistus ja ohjaus .....	40
8.3	Kustannus .....	41
8.3.1	Elinkaarikustannukset.....	41
8.3.2	Investointikustannukset .....	42
8.4	Ekologiset näkökohdat .....	42
<b>9</b>	<b>JÄRJESTELMIEN TOIMINTA SÄHKÖKATKOKSESSA</b> .....	<b>44</b>
9.1	Kriittisten laitteiden toiminnan turvaaminen .....	44
9.1.1	Henkilöturvallisuus.....	45
9.1.2	Omaisuuuden turvaaminen .....	46
9.1.3	Järjestelmien käynnistyminen sähkökatkon jälkeen.....	47
<b>10</b>	<b>YLEISIMMÄT PUUTTEET JA HAITAT SÄHKÖSUUNNITELMISSA</b> .....	<b>48</b>
<b>11</b>	<b>LÄHTEET</b> .....	<b>49</b>
<b>12</b>	<b>LIITTEET</b> .....	<b>50</b>

### 3.4 Valaistuksen ekologiset näkökohdat

Oppaassa käsiteltiin esimerkiksi valaistuksen ekologisia näkökohtia seuraavasti:

Oikealla ja tarkoituksenmukaisella valaistuksen suunnittelulla voidaan säästää huomattavasti energiaa, täten sähkön kulutus on pienempi, sekä pienennetään luontoa raskaita hiilidioksidipäästöjä. Joidenkin tutkimuksien mukaan nykyaikaisien energiaa säästävien lamppujen käytöllä voisi valaistuksesta aiheutunutta energiankulutusta pienentää keskimäärin jopa 30 %. /30/

Aiheesta syvennyttiin miettimään vaihtoehtoisia valonlähteitä ratkaisuja vähentämään valaistuksesta aiheutuneita hiilidioksidipäästöjä. Hiilidioksidipäästöjen vertailua varten tehtiin laskelma yleisimpien valonlähteiden hiilidioksidipäästöistä käytössä sekä valmistuksessa (taulukko 2). Valonlähteiksi valittiin hehkulamppu, halogeeni, pienoisloiste sekä LED. Laskelmassa lähtötietoina käytettiin kunkin valonlähteen käyttöä 10 vuoden ajanjaksolla, kun valoa käytetään keskimäärin 5000 tuntia vuodessa. Energian kulutuksessa päästöarvona on käytetty Suomen keskimääräistä sähkönhankinnasta aiheutunutta päästöarvoa 200 g CO<sub>2</sub>/kWh. /30/

Laskelmasta huomataan, että lamppujen valmistamiseen kulunut energia, sen myöden CO<sub>2</sub> päästöt ovat hyvin vähäisiä verrattuna käytöstä aiheutuneisiin päästöihin, valonlähteestä riippumatta. Vaikka hehkulamppu joudutaankin vaihtamaan hyvin usein, on sen valmistamisesta aiheutuneet hiilidioksidipäästöt vain muutamia kiloja, kun käytöstä aiheutuneet hiilidioksidipäästöt ovat satoja kiloja.

Laskelmasta myös huomataan, että LED- tekniikka pienoisloistelampun ohella on huomattavasti energiaystävällisempi kuin halogeeni ja hehkulamppu. LED- tekniikan kanssa pitää kuitenkin vielä olla maltillinen, sekä sitä suunnitellessa pitää tutkia sen soveltuvuus kohteeseen tarkoin. Ongelmat LED- tekniikan kanssa ovat yleensä siinä, että ilmoitetuista luvuista huolimatta, LED- lampun valontuotto ei ole niin suuri kuin muilla valonlähteillä. Sekä tie- ja katuvalaistuksessa koekäytössä olleissa ratkaisuissa häikäisy on koettu ongelmaksi. /31/



Taulukko 2: Eri valonlähteiden CO<sub>2</sub> -kuormia, valontuotto likimain sama kaikilla (n. 600–800 lm)

CO <sub>2</sub> kuorma					
Valonlähde	Käyttöikä/h	Vaihtokerrat/ 50 000h	Valmistus CO <sub>2</sub> /kg	Käyttö/50 000h CO <sub>2</sub> /kg	Yhteensä CO <sub>2</sub> / kg
Hehkulamppu 60W	1 000	50	0,16	600	608
Halogeeni 50W	2 000	25	0,20	500	505
Pienoisloiste 11W	15 000	4	0,80	110	113
LED 8W	50 000	1	0,80	80	81

### 3.5 Oppaan lähteet

Oppaan sisältöä tehdessä on lähteinä käytetty useita ST-kortteja, rakennusmääräyskoelmaa, standardeja ja muuta kirjallisuutta /5-33/. Yrityksen sisäisten haastatteluiden sekä työn ohjaajan kommenttien perusteella voidaan listata suunnitelmien tärkeimmät ongelma- ja tarkastuskohdat:

- Puutteellinen lähtötietojen hankinta
- Oikosulkukestoisuuksien määrittäminen keskusmäärittelyissä
- Muita tiloja palvelevien putkien ja kanavien sijoittaminen sähkötiloihin
- Pääsähkötilojen sijoittaminen hankalien kuljetusreittien päähän (pystysuuntaiset siirrot/nostot mukaan lukien)
- Suojauksen epäselektiivisyys
- Sähkötilojen ilmanvaihdon alimitoitus
- LVI-automaatio-sähkösuunnitelmien ristiriitaisuudet
- Savunpoiston sähköistyksen suunnitelmapuutteet
- Valaistuksen epätarkoituksenmukainen ylimitoitus

## **4 TULOSTEN TARKASTELU**

### **4.1 Oppaan merkitys**

Opas on tarkoitettu sähköasiantuntijoiden työkaluksi sähkösuunnitelmien tarkastamiseen. Samat sähkötekniset asiat tarkastetaan työmaavalvonnan aikana, joten työtä voidaan käyttää myös siinä hyväksi. Työ on käytössä Pöyry CM Oy:n henkilökunnalla. Vaikka opas on suunnattu ensisijaisesti sähköalan asiantuntijoille, se sisältää asioita, joista on hyötyä myös muille rakentamisen alan asiantuntijoille. Oppaan luettuaan sekä rakennusalan että LVIA:n asiantuntijat ymmärtävät paremmin sähköalan ongelmia ja kykenevät paremmin sovittamaan yhteen eri alojen teknisiä vaatimuksia.

### **4.2 Saavutetut tulokset**

Työstä tuli aseteltujen tavoitteiden mukainen: saatiin opas, jossa on kerrottu suurimmista ongelmista sähkösuunnittelun ohjauksessa. Työssä ei ollut tarkoitus syventyä liikaa yksittäisiin aiheisiin, vaan herättää huomio tiettyjen aihealueiden kohdalla ja kertoa hieman tarkemmin niistä asioista, jotka aiheuttavat ongelmia.

### **4.3 Johtopäätökset**

Opinnäytetyön ja oman työkokemuksen perusteella voin sanoa, että sähkösuunnittelun ohjaus itsessään sekä sen sovittaminen muiden alojen suunnitelmiin on erittäin tärkeässä roolissa rakennushankkeen alkuvaiheissa. Muutostyöt lisäävät kustannuksia usein kohtuuttomasti, mikä johtuu huonoista tai puutteellisista suunnitelmista. Muutostöitä on aina jokaisella työmaalla, mutta niiden minimoimiseen pitää pyrkiä.

## **5 YHTEENVETO**

### **5.1 Työn merkitys**

Tässä työssä on kuvattu Pöyry CM Oy:lle tehdyn Rakennus- ja käytönaikaisten haittojen torjuminen sähkösuunnittelun ohjauksessa -oppaan laatimista ja sisältöä. Oppaan laatimiselle on ollut selkeä tarve, ja sen valmistuminen on merkittävää tilaajalle sekä opinnäytetyön tekijälle.

### **5.2 Johtopäätökset**

Opinnäytetyön raportti antaa yleiskuvan Rakennus- ja käytönaikaisten haittojen torjuminen sähkösuunnittelun ohjauksessa -oppaasta. Sähkösuunnittelun ohjauksen haittojen torjuminen on kokonaisuutena laaja, ja jotta lukija saisi aiheesta oikean käsityksen, hänen tulisi perehtyä varsinaiseen oppaaseen tämän työn lisäksi.

Rakennuttajan rooli hankkeen suunnittelussa ja toteutuksessa on merkittävä, ja rakennuttajalla on myös merkittävä vaikutus haittojen ja ongelmien torjumisessa. Erilaisien mahdollisten ongelmien kartoittaminen etukäteen vähentää hankkeissa esille tulevia haittoja. Panostamalla suunnitteluun varmistetaan onnistunut hanke, ja vähentämällä haittoja ja ongelmia saavutetaan taloudellista hyötyä ja varmistetaan aikataulujen pitävyys.

### **5.3 Oppaan käyttö**

Rakennus- ja käytönaikaisten haittojen torjuminen sähkösuunnittelun ohjauksessa -oppaan ensisijainen käyttötarkoitus on olla Pöyry CM Oy:n sähköasiantuntijoille apuna sähkösuunnittelun ohjauksessa. Opasta voidaan myös hyödyntää mahdollisuuksien mukaan työmaatarkastuksien aikana. Osaa oppaasta ei julkaista tämän opinnäytetyön liitteenä, koska osa työstä on yrityksen salaiseksi luokittelemaa tietoa. Opas on tallennettuna täydellisenä Pöyry CM Oy: sähköisessä järjestelmässä.

## 6 LÄHTEET

1. RT- kortti 10-10575, Rakennuttamisen tehtäväluettelo
2. RT- kortti 10-10387, Talonrakennushankkeen kulku
3. Pöyry CM Oy www- sivut, <http://www.cm.poyry.fi> , Luettu 15.5.2009.
4. Pöyry CM Oy:n Vantaan yksikön, talotekniikan osaston haastattelukierros, 26.2.2009, 28.4.2009
5. ST- kortisto, ST- käsikirja 35 s. 14-16, Sähkö ja teletekniset tilat ja asennusreitit
6. Muuntajan tekniset tiedot, ABB- yhtymän verkkosivut  
[www.abb.fi/product/db0003db004283/b2391424936d3b87c125745c0033c14c.aspx?productLanguage=fi&country=F](http://www.abb.fi/product/db0003db004283/b2391424936d3b87c125745c0033c14c.aspx?productLanguage=fi&country=F)
7. Varavoimakoneen tekniset tiedot, kW-set Oy:n verkkosivut,  
[www.kwset.fi/index.php?node\\_id=8061](http://www.kwset.fi/index.php?node_id=8061)
8. ST- kortisto, ST- käsikirja 33 s. 32, Rakennusten sähköasennusten tarkastukset
9. ST- kortisto, ST- kortti 53.25 s. 3, Ohjeet vikasuojauksesta TN- järjestelmässä ≤ 1000 V
10. ST- kortisto, ST- kortti 52.51.02, Sähkön laatu. Jännitteenaleneman minimoiminen
11. ST- kortisto, ST- käsikirja 35 s. 29-35, Sähkö ja teletekniset tilat ja asennusreitit
12. SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. Luku 8-810.5, Erityisvaatimukset vähintään 63 A jakokeskuksille ja niiden sijoitustiloille, Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS, 2007.
13. Insinööriyö: Staattisen sähkön poisto lattiamateriaaleilla, Mikko Taponen, 2006
14. ST- kortisto, ST- kortti 53.61, Sähkötilojen ilmavaihto ja jäähdytys
15. ST- kortisto, ST- kortti 53.11 s. 7, Kaapeliliitännäiset sähkönkäyttäjän muuntamot.
16. ST- kortisto, ST- käsikirja 31 s. 65, Varavoimalaitokset
17. ST- kortisto, ST- kortti 840.95, Teollisuuden sähkötilojen palontorjunta
18. ST- kortisto, ST- käsikirja 35 s. 19-28, Sähkö ja teletekniset tilat ja asennusreitit
19. ST- kortisto, ST- kortti 53.13, Kiinteistön sähköverkon suojauksen selektiivisyys
20. ST- kortisto, ST- käsikirja 20 s. 168-169, Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät
21. ST- kortisto, ST- käsikirja 37 s. 11-13, 201, 66-67, EMC ja rakennusten sähkötekniikka
22. ST- kortisto, ST- käsikirja 35 s. 27-28, Sähkö ja teletekniset tilat ja asennusreitit
23. Häiriösuojaus: Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry:n julkaisu s. 70, 22, 26
24. Rakennusmääräyskokoelma, RakMk E1
25. ST- kortisto, ST- kortti 51.33.01, Savunpoistojärjestelmän suunnittelu
26. Sisäasiainministeriön asetus SMA 805\2005
27. ST- kortisto, ST- kortti 59.10, Turvavalistus ja poistumistieopasteet, suunnittelu
28. ST- kortisto, ST- ohjeisto 8 s. 13-14, Poistumisvalaistus ja poistumisreitivalaistus

29. ST- kortisto, ST- kortti 58.06, Valaistuksen tavoitteet ja valaistuksen tavoitteiden toteutus
30. Valosto internet sivusto, <http://www.valosto.com/>,  
[http://www.valosto.com/tiedostot/Energiatehokas\\_valaistus.pdf](http://www.valosto.com/tiedostot/Energiatehokas_valaistus.pdf)
31. Sähköala- lehti 8/2009 s.34- 36
32. ST- kortisto, ST- käsikirja 20 s.13- 18, 27- 36, Varmennetut sähköjakelujärjestelmät
33. Insinööritoimisto Olof Granlund Oy, Erkki Finni, sisäinen koulutusmateriaali, 2001

Rakennus- ja käytönaikaisten haittojen torjuminen sähkösuunnittelun ohjauksessa

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>SUUNNITTELUN LÄHTÖTIETOJEN HANKKIMINEN</b> .....	<b>5</b>
2.1	Hankintarajat .....	5
2.2	Tekniset asiat .....	5
<b>3</b>	<b>TEKNISTEN TILOJEN SIJOITUS</b> .....	<b>6</b>
3.1	Teknisten tilojen sijoittelun merkitys toimintaan .....	7
3.1.1	Automaattinen poiskytkentä ja oikosulkukestoisuus.....	8
3.1.2	Jännitteen alenema.....	10
3.2	Taloudelliset vaikutukset .....	12
3.3	Teknisten tilojen sijoittelun merkitys käytettävyyteen .....	13
<b>4</b>	<b>SÄHKÖTILAT</b> .....	<b>14</b>
4.1	Ovien sijoittelu, tilojen muoto, turvaetäisyydet.....	14
4.2	Sähkötilojen pintamateriaalien valinta .....	14
4.3	Sähkötilojen käyttö .....	16
4.3.1	LVI- laitteiden sijoittaminen sähkötiloihin.....	17
4.3.2	Olosuhteet .....	17
4.4	Sähkötilojen palonsuojelu.....	20
4.4.1	Sijoittelu.....	21
4.4.2	Palontorjunta.....	22
<b>5</b>	<b>JAKELUVERKON SUOJAUS</b> .....	<b>23</b>
5.1	Selektiivinen suojaus .....	23
5.2	Selektiivisyyden tarkastelu .....	24
5.3	Varmennettujen jakelujärjestelmien suojaus .....	26
<b>6</b>	<b>EMC- SUOJAUS</b> .....	<b>29</b>
6.1	Tilojen suunnittelussa, sijainti .....	30
6.2	Keskeisimmät suojauskohteet ja riskit häiriöiden kannalta.....	32
6.3	Häiriöitä aiheuttavat laitteet ja järjestelmät .....	33
<b>7</b>	<b>PALOTURVALLISUUS</b> .....	<b>34</b>
7.1	Suunnittelunohjaus ja paloturvallisuus.....	34
7.2	Palotekninen suunnitelma ja sen merkitys hanke- ja luonnossuunnitteluvaiheessa .....	34
7.3	Savunpoisto .....	35
<b>8</b>	<b>VALAISTUS</b> .....	<b>36</b>

8.1	Turvavalaistus.....	36
8.1.1	Varavalaistus .....	37
8.1.2	Poistumisvalaistus .....	37
8.1.3	Valaistavat tilat .....	39
8.2	Valaistus ja ohjaus .....	40
8.3	Kustannus .....	41
8.3.1	Elinkaarikustannukset.....	41
8.3.2	Investointikustannukset .....	42
8.4	Ekologiset näkökohdat .....	42
<b>9</b>	<b>JÄRJESTELMIEN TOIMINTA SÄHKÖKATKOKSESSA.....</b>	<b>44</b>
9.1	Kriittisten laitteiden toiminnan turvaaminen.....	44
9.1.1	Henkilöturvallisuus.....	45
9.1.2	Omaisuu den turvaaminen .....	46
9.1.3	Järjestelmien käynnistyminen sähkökatkon jälkeen.....	47
<b>10</b>	<b>YLEISIMMÄT PUUTTEET JA HAITAT SÄHKÖSUUNNITELMISSA.....</b>	<b>48</b>
<b>11</b>	<b>LÄHTEET.....</b>	<b>49</b>
<b>12</b>	<b>LIITTEET .....</b>	<b>50</b>



## 1 JOHDANTO

Tämän työn lähtökohtana oli luoda työkalu yrityksen sähköasiantuntijoille, joka auttaa sähkösuunnittelun ohjauksessa. Aihe syntyi yhteistyössä yrityksen kanssa.

Työtä aloitettaessa, haettiin aiheiksi niitä seikkoja, jotka todennäköisimmin aiheuttavat haittoja rakennus- ja käytönaikaisiin vaiheisiin sähkösuunnittelun ohjauksessa sekä työmaavalvonnassa. Aiheita mietittiin ensin ohjaajan kanssa, sekä myöhemmin aiheita haettiin haastatteleamalla yrityksen työntekijöitä. Aiheiden keräämisen ja listauksen jälkeen, tulimme siihen tulokseen, että laajuus kasvaa todella suureksi, sekä päätimme keskittyä pelkästään haittojen torjumiseen sähkösuunnittelun ohjauksessa, työmaavalvontaa koskevat aiheet rajasimme ulos.

Tämän työn lukemisen jälkeen lukijalla pitäisi olla käsitys niistä seikoista, jotka aiheuttavat suurimman osan rakennus- ja käytönaikaisista ongelmista. Tämän työn ei ole tarkoitus olla pelkästään luettavaksi sähköalalla työskenteleville ihmisille, vaan tämä työ antaa myös käsityksen muille rakennusalan ammattilaisille niistä asioista, mitkä yleensä sähköalalla aiheuttavat ongelmia. Työssä ei ole tarkoitus syventyä yksittäiseen aiheeseen liikaa, vaan antaa yleinen käsitys ongelmasta, sekä siitä miten se vaikuttaa tulevaisuudessa.

## **2 SUUNNITTELUN LÄHTÖTIETOJEN HANKKIMINEN**

### **2.1 Hankintarajat**

Urakkarajojen ja työselostuksien läpikäymisellä pyritään selkeyttämään eri osapuolten vastuualueita, varsinkin erikoislaitteiden ja -järjestelmien kanssa, mitkä usein koostuvat monen eri osapuolen yhteistoiminnasta.

Esimerkiksi oviympäristöt ovat hankalia. Oviympäristöjen rakentamisessa saattaa olla jopa 10 eri osapuolta, minkä jälkeen viimeisenä tarkastuksen tekee pelastusviranomaisen. Oviympäristön suunnittelee isoissa kohteissa usein sähkö- ja/tai turvasuunnittelija, oven asentamiseen liittyy muun muassa rakennus-, sähkö-, automaatio- sekä lukko-urakoitsija ja laitettoimittaja, joten on tärkeää että kunkin osapuolen vastuualue on selvä.

Urakkarajat tulee esittää suunnitelmissa tekstinä, taulukkona tai kaaviona. Urakkarajojen lisäksi huomion arvoisia asioita ovat hankintarajat. Joillakin laitteilla ja järjestelmillä voi olla eri asentaja ja hankkija.

### **2.2 Tekniset asiat**

Lähtötiedot tulisi hankkia tilaajalta ennen suunnittelutarjouspyynnön lähettämistä. Lähtötiedoista selviää suunniteltavan kohteen, sekä suunniteltavien järjestelmien laajuus. Lähtötietojen hankkimiseen voi käyttää valmiita taulukoita, joilla voi yksilöidä käyttäjän toiveita, jotka myöhemmin purkamalla saadaan selville tarkemmin käyttäjän toiveet. Itsenäisistä järjestelmistä ja laitteista, kuten kulunvalvonta, rikosilmoitusjärjestelmä, videovalvonta, antennijärjestelmä sekä vastaavista, tulisi täyttää oma tietojenkeruulomake. Liitteessä 1 on esimerkki rikosilmoitus – järjestelmän tietojenkeruulomakkeesta. Huonekortit ovat myös hyvä työkalu tilaajan tarpeiden kartoittamiseen. Huonekortti tehdään jokaisesta kiinteistön huoneesta, josta selviää kyseisen huoneen tarpeet.

Sähköjärjestelmien lähtötietojen hankkimisen lisäksi sähkösuunnittelijalle pitäisi saada myös LVIA- suunnitelmien lähtötiedot. Tällä vältetään osaltaan ristiin suunnittelua, sekä sähkösuunnittelijalla on eväät suunnitella LVI- kojeiden sähköistyksen.

Tilaaajalla on usein myös oma suunnitteluohje, joka otetaan huomioon varsinaista suunnitteluohjetta tehdessä. Lähtötietoja hankkiessa tulisi tilaaajan kanssa sopia henkilöt, jotka lähtötietoja antavat, ja heillä on oikeus antaa niitä koko tilaaajan edustamana. Tällä pyritään siihen, että lähtötiedot tilaaajalta saadaan keskitetysti ja täten myös selkeämmin. Ongelmana voidaan myös pitää tilaaajan kykyä tuoda esille haluttuja asioita. Tilaaajalla ei välttämättä ole asiantuntemusta tai kokemusta teknisistä järjestelmistä, jolloin rakennuttajan rooli kasvaa tarpeen kartoittamisessa. Tilaaajan haluamien laitteiden tunnistaminen saattaa myös olla kovin hankalaa. Tilaaaja ei välttämättä itse tiedä tai tunne laitteita, eikä osaa antaa laitteista tarvittavia tietoja, jotta suunnitteleminen olisi mahdollista. Kohteen suunnitteluvaiheessa mahdollinen käyttäjän vaihtuminen vaikuttaa kohteen tarpeisiin. Uudella käyttäjällä ei välttämättä ole kaikki tarpeet tiedossa, eikä niiden kartoittaminen ole niin täydellistä kuin alkuperäinen.

Lähtötietojen dokumentointi edesauttaisi hankkeen onnistumista sekä suunnittelun ohjausta pitemmällä aikajaksolla. Hyvin dokumentoiduista lähtötiedoista voisi seurata suunnittelun etenemistä, sekä sen avulla voi myöhemmin vertailla valmista suunnitelmaa lähtötietoihin, valmiiseen kohteeseen ja sille asetettujen tavoitteiden toteutumiseen.

### **3           TEKNISTEN TILOJEN SIIJOITUS**

Sähkötekniset tilat pyritään sijoittamaan mahdollisimman keskeisesti jakoalueelle, jotta kaapelimäärä saadaan minimoiduksi. Näin saadaan tekniset haitat minimoiduksi, sekä kaapeloinnin aiheuttamat kustannukset pieniksi. Tilat tulee myös sijoittaa siten, että keskukset, kaapelit sekä muut tilan laitteet on helppo asentaa, sekä jatkossa huoltaa ja lisätä. Tilat tulee miettiä siten, että niihin on vaivaton rakentaa johtoreitit, sekä mahdollista muuttaa ja täydennellä niitä. Tiloissa tulee vielä huomioida mahdolliset laajennusvaraukset. Pääkeskustilaan kannattaa sijoittaa pääkeskuksen lisäksi muita

keskuksia, esimerkiksi kiinteistökeskus, mittauskeskus tai kompensointiparisto. Tällöin niiden tilantarve otetaan huomioon. /1/

Teknisten tilojen suunnittelussa usein arkkitehdilla on mielikuva ”toissijaisesta tilasta”. Tämä kuvitelma pitäisi saada pois, jotta tilojen suunnittelussa ja sijoittelussa ei tarvitsisi tyytyä keskinkertaisiin kompromisseihin, jotka lisäävät LVIS- alojen rakentamiskustannuksia sekä heikentävät käytettävyyttä. Teknisten tilojen lisäksi suunnitelmissa pitäisi näkyä selvästi osoitetut tilat siivoukselle sekä talovarastolle. Tämä pienentää huomattavasti todennäköisyyttä, että sähkötiloja käytetään varastoina.

### **3.1 Teknisten tilojen sijoittelun merkitys toimintaan**

Ryhmäkeskusten syöttöjohtojen pituudet määräytyvät sen mukaan kuinka kaukana ne ovat pääkeskuksesta tai nousukeskuksesta, ja miten suoraa kaapelireittiä matkalla ovat. Ryhmäkeskukset tulisi sijoittaa tasaisesti alueelle, jotta pysytään tasaisissa johtopituuksissa. Kerroksissa sijoittaminen olisi suotavaa tehdä päällekkäin, jotta päästään yhdellä pystykuilulla kaikille keskuksille. Näin vältetään turhat pitkät poikittaisvedot. Myös teknisten tilojen suunnittelussa tulisi huomioida ympäröivät märkätilat. Mahdollisten vesivahinkojen kannalta, sähkötiloja ei tule sijoittaa minkään märkätilan alapuolelle. Suihku ja WC- tilojen lisäksi märkätiloina voidaan kyseisessä tapauksessa pitää myös siivoustiloja.

Suunnitellessa raskaita laitteita sisältävien teknisten tilojen sijaintia pitää huomioida kulkuyhteydet myös rakentamisen kannalta. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi muuntamotilat, varavoimakonetilat tai UPS- tilat. Tilat tulee sijoittaa siten että suuret keskuksat ja laitteet voidaan kuljettaa tilaan ilman esteitä, sekä ne tulee voida myös rakennuksen elinkaaren myöhemmässä vaiheessa pystyä vaihtamaan. Huomiota tulee kiinnittää varsinkin kuljetusreitteihin rakennusaikana kuin myös käytönaikana. Kuljetusreittejä voi olla vaakatasossa sekä pystysuunnassa. Rakennuksen sisällä reittien kantavuudella on oma merkityksensä, koska siirrettävät laitteet voivat olla hyvinkin raskaita. Tähän sisältyy myös pystysuunnassa tapahtuvat siirrot, esimerkiksi hissien kyky nostaa massaa. Usein rakennusaikaiset reitit eivät ole niin suuri ongelma kuin käytön-

aikaiset ongelmat. Mikäli koneita joudutaan nostamaan nosturilla paikalle, tulee ottaa huomioon, että käytön aikana nosturin käyttö ei ole siten mahdollista kuin rakennusaikana, sekä mahdollisesti käytönaikana paikalle saadun mobiilinnosturin nostokyky ei ole niin suuri kuin, rakennusaikaisen torninosturin.

Taulukko 1: Muuntajien ja varavoimakoneiden esimerkkipainoja /2,3/

Muuntaja	630 kVA	1910 kg
	1000 kVA	2445 kg
Varavoimakone	250 kVA	2000 kg
	800 kVA	8000 kg

Taulukossa 1 on esitetty eräiden valmistajien painoluokkia kahdelle erikokoiselle muuntajalle sekä varavoimakoneelle. Painoluokat havainnollistavat kuinka suurilla massoilla siirtoteiden on kannatettava, jotta kyseinen kone olisi mahdollista vaihtaa.

Muuntajatilän sijoitukseen vaikuttavia tekijöitä on lämpökuorman aiheuttama ilmanvaihto. Mikäli muuntajaa ei voida sijoittaa ulkoseinälle, on tilaan järjestettävä tuuletus muutoin, mikä vaatii suuret ilmanvaihtokanavat. Varavoimakoneen tilän sijoituksessa tärkeä on ajatella polttoainehuoltoa, meluhaittoja sekä pakoputken reittiä.

Kaapelipituuksien kasvaessa oikosulkuvirta pienenee, mikä aiheuttaa automaattisen poiskytkennän toiminnan heikkenemistä, sekä jännitteen alenemista, eli jännitteen laadun heikkenemistä. Kaapelipituudet tulee suunnitella siten, että oikosulkuvirta pysyy niin suurena, että vaadittu poiskytkentäaika toteutuu, eikä jännitteen alenema kasva liikaa. /1/

### 3.1.1 Automaattinen poiskytkentä ja oikosulkukestoisuus

Syötön automaattisessa poiskytkennässä pyritään vikatilanteessa siihen, että vikaantunut virtapiiri kytketään pois niin nopeasti, ettei siitä aiheudu vaaraa.

SFS 6000–411:2007

Automaattisessa poiskytkennässä tarkoitetaan käytännössä sitä, että vikatilanteessa oikosulkuvirta kasvaa niin suureksi, että suojaava laite toimii riittävän nopeasti. Oikosulkukestoisuudella taas tarkoitetaan sitä, että laitteet ja komponentit kestävät oikosulkuvirran suuruuden rikkoutumatta.

Poiskytkentään vaadittu laukaisuaika voi olla joko 5 sekuntia tai 0,4 sekuntia, riippuen suojattavasta kohteesta. Viiden sekunnin poiskytkentäaika käytetään jakokeskuksia syöttävillä johdoilla sekä lisäksi voidaan käyttää myös yli 32 A:n ryhmäjohdoissa. Muissa tapauksissa kuitenkin jännitteen suhteessa taulukon 2 mukaan. /4/

Taulukko 2: Pisimmät sallitut poiskytkentäajat korkeintaan 32 A suojalaitteella suojatuille ryhmäjohdoille./5/

Nimellisjännite $U_0$ V	Poiskytkentäaika s
230	0,4
400	0,2
> 400	0,1

Tarvittava oikosulkuvirta riippuu poiskytkentäajan lisäksi suojalaitteen nimellisvirrasta ja tyypistä. Eri suojalaitteiden vaaditut arvot löytyvät liitteestä 2.

Oikosulkukestoisuutta tarkastellessa täytyy tietää, kuinka suuren oikosulkuvirran liittymä tai muuntaja tuottaa. Liittymän oikosulkuvirta pääkeskuksella on usein hyvin suuri, joten pääkeskus on mitoitettava siten, että se kestää vaaditun oikosulkuvirran. Pääkeskusta lähellä oleville ryhmäkeskuksille muodostuu usein suuri oikosulkuvirta, joten näiden kohdalla oikosulkukestoisuus täytyy tarkastella. /5/

Oikosulkuvirran suuruus määräytyy silmukkaimpedanssin mukaan, joka muodostuu oikosulkukohtaan. /5/

Pienimmän oikosulkuvirran tarkastelulla lasketaan, toteutuvatko automaattisen poiskytkennän ehdot pisimmässä ryhmäjohdossa. Seuraavaksi on esitetty pienimmän yksivaiheisen oikosulkuvirran laskentakaava.

Pienimmän yksivaiheisen oikosulkuvirran laskukaava: /5/

$$I_k = \frac{c * U}{\sqrt{3} * (Z_j + Z_m)} \quad (1)$$

jossa:

$I_k$ = Oikosulkuvirta

$c= 0,95$

$Z_j$ = Johtimien aiheuttama impedanssi

$Z_m$ = Muuntajan impedanssi

$U$ = Pääjännite

Seuraavassa taulukossa on esitetty erikokoisien muuntajien ominaisuuksia.

Taulukko 3: Muuntajien ominaisuustaulukko

$S_n$ (kVA)	$U_k\%$ (%)	$I_n$ (A)	$I_k$ (kA)	$Z_n$ (mohm)
315	4	430	10,8	20,3
400	4	550	13,7	16
500	4	722	18	12,8
630	4	909	22,7	10,2
800	5	1154	23,1	9
1000	5	1443	28,9	8
1250	5	1804	36,1	7
1600	6,25	2309	37	6
2000	6,25	2887	46,2	5,6
2500	6,25	3608	57,2	4,5
3150	6,25	4547	72,7	3,1

### 3.1.2 Jännitteen alenema

SFS 6000 – 525 mukaan suositeltava jännitteen alenema on pienempi kuin 4 % kiinteistön sisällä, jota noudatetaan silloin, kun tarkempia määräyksiä ei ole annettu. Kuitenkin kiinteistön pääkeskuksella hyväksytään +6 % / -10 %:n jännitealue standardijännitteestä  $U=400/230V$ .

Jännitteen alenema vaikuttaa kiinteistön käyttäjään ja sen laitteisiin. Pienentyneen jännitteen takia kaikki laitteet eivät välttämättä toimi oikein. Varsinkin mikäli kiinteistössä on raskaita koneita, niiden päällekytkeytymisestä johtuva jännitteen notkahdus

on vielä suurempi, mikäli verkkojännite on liian alhainen. Jännitteen aleneman voi laskea seuraavalla kaavalla:

$$U_h = \frac{100}{230} * (I * R * \cos \varphi + I * X * \sin \varphi) \quad (2)$$

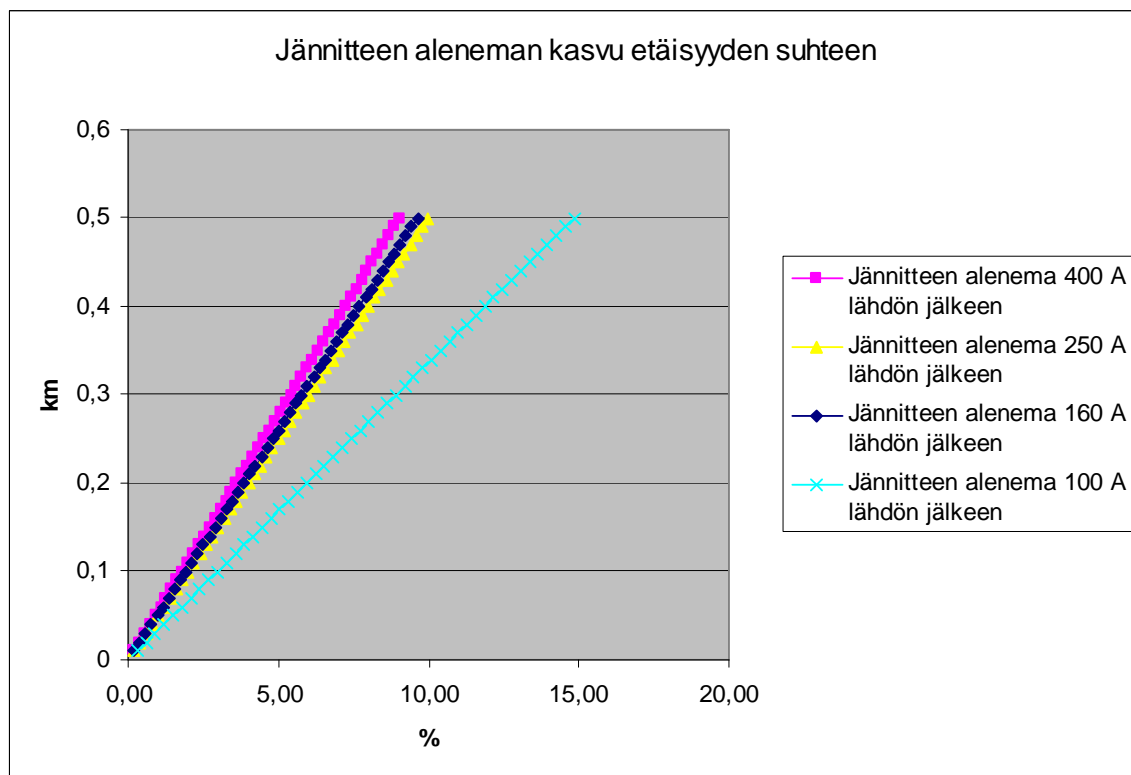
jossa:

I= kuormitusvirta

R= johtimen resistanssi

X= johtimen reaktanssi

$\varphi$ = tehokerroin



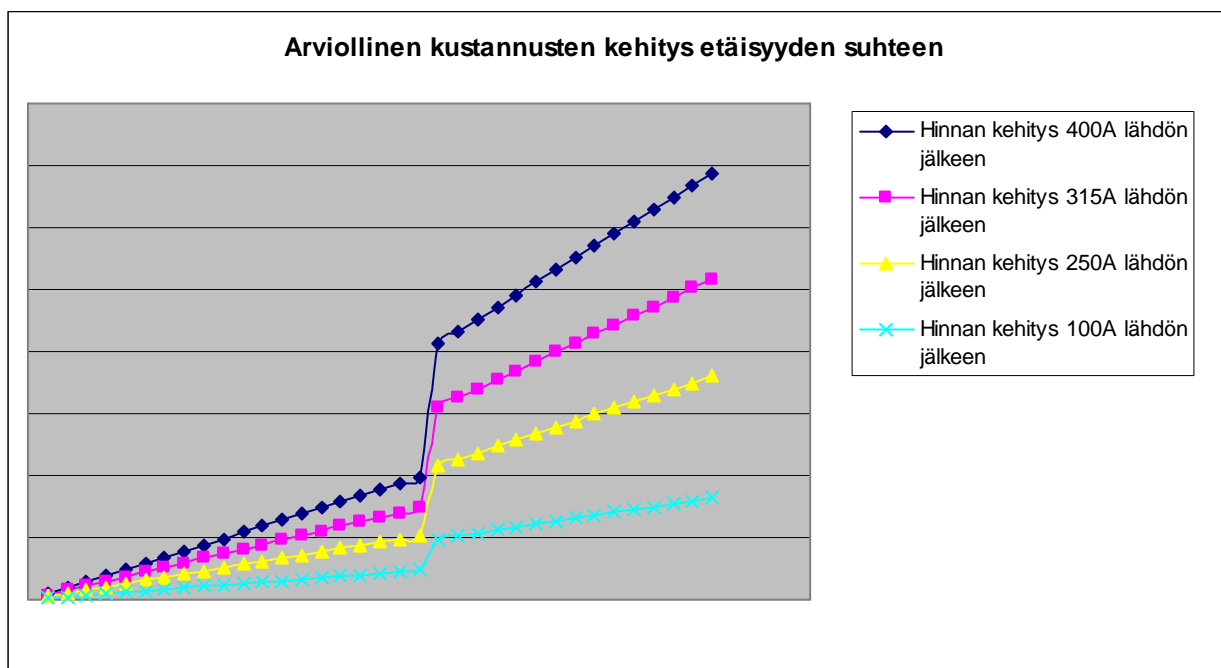
Kuva 1: Jännitteen alenema etäisyyden suhteen

Kuvasta nähdään, kuinka jännitteen alenema kasvaa lineaarisesti, kulmakerroin hie-  
man muuttuen. Esimerkkikuvaajassa on oletettu kuormituksen olevan 70 % nimelli-  
sestä virrasta, sekä johdinpoikkipinnat valittu nimellisvirran perusteella ilman mitään  
korjauskertoimia. Kuvaajan perusteella tällaisilla kuormilla syöttöjohto saisi olla kor-  
keintaan noin 200 metriä, jotta jännitteen alenema säilyisi alle 4 %. Arvot ovat kuiten-  
kin teoreettiset, ja todellisissa tapauksissa johdin pituudet saisivat olla pitempiäkin. /6/



### 3.2 Taloudelliset vaikutukset

Kahdessa aikaisemmassa luvussa kerrottiin, kuinka tilojen etäisyydet vaikuttavat sähkönsyötön toimintaan ja sen laatuun. Taloudellisissa vaikutuksissa otetaan edelliset seikat huomioon ja tutkitaan, miten etäisyys ja sen kasvaminen vaikuttaa taloudellisesti. Huomio kiinnittyy varsinkin siihen seikkaan, jos kaapelin pituutta joudutaan kasvattamaan etukäteen suunnitellusta. Tällöin kustannukset eivät välttämättä nouse ainoastaan uuden reitin rakentamisesta, vaan kaapelit eivät mahdollisesti sovellu uutta pituutta varten.



Kuva 2: Havainnollinen kaapelin hankintahinnan nousu

Kuvaaja on periaatteellinen havainnointi siitä, miten tietyn rajan ylittäessä pelkästään kaapelin hankintahinnassa tulee hyppäys kalliimpaan johtuen sähköisien vaatimusten aiheuttamista kaapelikoon muuttamisesta. Kuvaajasta selviää kaapeloinnin hinta, tämän lisäksi asennustiekustannukset saattavat nousta ja mahdollisesti koko reitti pitää uusia uutta kaapelia vastaavaksi.

Eräissä kohteissa tarkastellaan hotellin pääkeskuksen ja muuntajan välisen etäisyyden aiheuttamista taloudellisista vaikutuksista. Kohteessa muuntajaa on jouduttu siirtämään siten, että muuntajan ja pääkeskuksen välinen etäisyys on noin 36 metriä. Seuraavassa taulukossa on esitetty siirrosta aiheutuneet kustannukset ja millä kaapeleilla se on toteutettu.

Taulukko 4: Muuntajan siirtämisen aiheuttamat kustannukset.

Väli	Etäisyys/m	kaapeleiden määrä/kpl	Kaapelit	Hinta/€/m	Yhteensä/€
Muuntaja 1 - PK 1	36	5	(AXMK 4 x 300)	41,70	7 506
Muuntaja 2 - PK 2	36	5	(AXMK 4 x 300)	41,70	7 506
					15 012

Laskelmassa on otettu ainoastaan huomioon ne seikat, jotka aiheuttavat lisäkustannuksia etäisyyden suhteen. Kyseisessä tapauksessa etäisyyden aiheuttamat kaapeloinnin lisäkustannukset ovat noin 417€/johtoreittimetri.

### 3.3 Teknisten tilojen sijoittelun merkitys käytettävyyteen

Sähkötilojen käytettävyydellä tarkoitetaan pääsääntöisesti kiinteistön hoitoa ja huoltoa. Suunnitteluvaiheessa tulisi tarkastella kiinteistön pidempää elinkaarta, jonka aikana jokaista rakennusta hoidetaan ja huolletaan.

Huollon ja hoidon kannalta sähkötilat tulisi sijoittaa rakennukseen siten, että niihin on vaivaton ja helppo kulku ulkokautta. Varsinkin jakokeskuksissa joudutaan tekemään käyttö- ja hoitotoimenpiteitä ja ne pitää sijoittaa siten, että niille on vaivaton kulku ja ne ovat helposti puhdistettavissa pölystä ja liasta. Mikäli samalle tontille tulee useita rakennuksia, tulee niiden yhteiset jakokeskustilat sijoittaa siten, että kulku niille onnistuu kulkematta yksityistilojen läpi. Tämä auttaa huoltomiestä pääsemästä tiloihin aiheuttamatta kummempaa häiriötä kiinteistön muille käyttäjille. /7/

## 4 SÄHKÖTILAT

### 4.1 Ovien sijoittelu, tilojen muoto, turvaetäisyydet

Sähkötilojen muotoon tulisi kiinnittää huomiota niiltä osin, että se palvelee tarvetta ja on riittävän iso. Sähkökomoeroissa täytyy kiinnittää huomiota keskuksen kokoon ja varmistua siitä, että keskus ei voi olla korkeampi, kuin mitä ovikorkeus on. Muodon kannalta pitää myös huomioida turva- ja hoitoetäisyydet, jotka pitää täyttyä. Tilat eivät tulisi olla liian käytävämaisia, mikä heikentää tilan käytettävyyttä. Ovet tilaan tulee sijoittaa siten, että käytettävyys ei heikkene. Tämä tarkoittaa, että ovet eivät ole keskellä pitkiä seiniä, eivätkä ne saisi olla esteenä tulevaisuuden mahdolliselle laajenemiselle. Ovien myös tulee sähkötiloista aueta ulospäin.

Jakokeskushuoneen, - komeron tai - kaapin ovien tulee avautua 180 astetta tilassa sijaitsevan keskuksen ulkomittojen perusteella. Jakokeskuksille on varattava sellainen hoitotila, että keskuksessa suoritettavat mittaus-, asennus-, huolto-, ja käyttötoimenpiteet voidaan suorittaa ilman vaaraa. Tämä tarkoittaa, että keskuksen eteen on jätävä vähintään 0,8 metriä leveä ja 2 metriä korkea hoitokäytävä. Tilassa jossa hoitokäytävän pituus on yli 10 metriä, on oltava molemmissa päissä poistumismahdollisuus. Tätä suositellaan myös jos tila on yli 6 metriä pitkä. Poistumistie on oltava vähintään 0,6 metriä leveä ja 2 metriä korkea. /7,8/

On suositeltavaa että pääsähkötilojen ovikorkeudeksi valittaisiin suoraan 2,3 metriä vapaata korkeutta, tämä helpottaa myös käytönaikana mahdollista keskuksen vaihtamista. Tämä tulisi mahdollisuuksien mukaan huomioida myös kuljetusreittien osalta.

### 4.2 Sähkötilojen pintamateriaalien valinta

Keskus- ja kojeistotilojen lattiamateriaali tulee valita siten, että se täyttää standardin SFS 6000 kohdat 413.3 ja 612.5, jotka vaativat keskus- ja kojeistotiloihin eristävän pinnoitteen. Standardin mukaan lattian eristävyys pitää olla suurempi kuin 100 GΩ, eli eristävä materiaali. Lattian suurella eristävyydellä on tarkoitus suojata kosketusjännitteeltä. Keskus- ja kojeistotiloissa lattia voi olla rakennettu erilaisia materiaaleja käyttäen, lattia voi olla myös korotettu laatta-asennuslattia, jonka alapuolista tilaa voi-

daan käyttää hyväksi esimerkiksi kaapelointia varten. Korotettujen lattiapinnoitteiden johtavuusarvot tulisi olla samaa luokkaa kuin vastaavien korottamattomien pintojen. Keskus- ja kojeistotiloihin valitut materiaalit usein kuitenkin sopivat tilaan suhteellisen hyvin, koska täysin eristävän pinnoitteen rakentaminen ei ole suurikaan ongelma. /9/

Erilaisissa laite- tele- ja ATK- huonetiloissa lattiapinnoite ei kuitenkaan tulisi olla täysin eristävä, koska tiloissa huomioidaan ihmisestä tuleva staattinen sähköisyys herkkiin laitteisiin. Tämän takia kyseisissä tiloissa lattian tulisi olla puolijohtava, staattista sähköä poistava tai staattista sähköä johtava. Standardin SFS 5682 mukaan teletilojen lattiat tulee pinnoittaa tasa-aineisilla, julkisiin tiloihin tarkoitettulla muovilaatoilla tai – matolla. Pinnoitteeksi suositellaan puolijohtavaa materiaalia, jonka standardin SFS 5597 mukaan mitattu vastus on  $50 \text{ k}\Omega - 100 \text{ M}\Omega$ . /9/

Standardi SFS 5597 on kuitenkin kumottu, josta johtuen voi syntyä sekaannuksia. Tällaisessa tapauksessa on syytä keskustella laitetoimittajan kanssa laitteistoista. Pääsääntöisesti kuitenkin tällaisissa tiloissa käytetään staattista sähköä johtavaa tai poistavaa pintamateriaalia. /9/

Staattista sähköä johtavan materiaalin pintaresistanssi on  $100 \Omega - 100 \text{ k}\Omega$ . Staattista sähköä poistavan materiaalin pintaresistanssi on  $100 \text{ k}\Omega - 100 \text{ G}\Omega$ . /9/

Pintamateriaalin eristävyyden tarkemmat määräykset eri sähkölaitetiloille on esitetty taulukossa 6. /9/

Taulukko 5: Vaaditut eristävyydet tiloittain /9/

Kohde	Pintaresistanssi [ohm.]	Standardi	Huom.
Laite- ja valvomotilat	100 k ohm - 100 G ohm.	SFS-KÄSIKIRJA 153	
Valmistus- ja varastointitilat	100 ohm. -100 k ohm / 100 k ohm - 100 G ohm.	SFS-KÄSIKIRJA 153	
Sähkölaittekorjaamotilat	100 k ohm - 100 G ohm.	SFS-KÄSIKIRJA 153	> 50 k?
Räjähdyksivaaralliset tilat	100 ohm. -100 k ohm	SFS-KÄSIKIRJA 140	
Akkuhuoneet	100 ohm. -100 k ohm / 100 k ohm - 100 G ohm.	ST 11.11	Haponkestävä
Jakokeskustilat	>100 G ohm.	SFS 6000-8-810	
Sähkötilat	>100 G ohm.	SFS 6000 413.3 ja 612.5	
Operaattoreiden Telelaite-, verkostolaite- ja voimalaitetilat	100 ohm. -100 k ohm / 100 k ohm - 100 G ohm.	SFS 5682	Muovi
Puhdastilat			Tapauskohtaisesti
Lääkintätilat	50 k ohm - 100 M ohm	SFS 6000-7-710	
Kerrosjakamo- ja talojakamotilat	100 ohm. -100 k ohm / 100 k ohm - 100 G ohm.	SFS 5682	Muovi
ATK-tilat	100 ohm. -100 k ohm / 100 k ohm - 100 G ohm.	SFS 5682	

Tässä yhteydessä sähkötiloilla tarkoitetaan pääkeskus, muuntamo, varavoima ja UPS-laitetiloja. Näissä valintakriteeri on sähköturvallisuus.

Liitteessä 3 on tarkempi lattiamateriaalin valintataulukko muutamien valmistajien tuotteiden mukaan. Taulukkoa luettaessa on syytä tarkentaa määritelmät jakokeskustiloille sekä sähkötiloille.

Jakokeskustiloissa ei staattisen sähkön vaikutuksia juuri tarvitse huomioida, kaikki jännitteiset osat on yleensä kosketussuojattu. Tiloissa saattaa kuitenkin olla staattiselle sähkölle herkkiä laitteita, kuten automatiikkaa, jolloin staattista sähköä poistavaa lattiamateriaalia kannattaa harkita.

### **4.3 Sähkötilojen käyttö**

Sähkötilojen suojelemisella tarkoitetaan enimmäkseen erilaisten haittatekijöiden ja riskitekijöiden poistamista sähkötilojen ympäristöstä. Osa riskeistä kuuluu sähkötilojen sijoitukseen, jotka voivat aiheuttaa vaaraa tai turhia käyttöongelmia. Sijoituksen suurimmat käyttöriskit ovat sähkötilojen sijoittaminen märkätilojen alle, pohjavesipinnan tai yleisen viemäriverkoston tulvakorkeuden alapuolelle tai liikuntasauaman kohdalle./7/

Myös käytettävyydessä tulee ottaa huomioon sähkötilojen kulkuoikeudet. Sähkötilat voivat olla kulunvalvonnan ohjauksessa ja näin voidaan rajata sähkötilojen käyttöoikeutta asiaankuulumattomilta henkilöiltä. Tämä myös vähentää sähkötilojen väärinkäyttöä, kuten tilan käyttöä varastona.

Teletilat sen sijaan tulee jakaa osiin, kiinteistön omat telelaitteet sekä kiinteistön turvalaitetilat. Nämä huoneet tulee jakaa osiin eri kulkuoikeuksin. Kiinteistön turvalaitetilaan ei pidä olla kulkuoikeutta, kuin vain muutamalla tietyllä henkilöllä.

### 4.3.1 LVI- laitteiden sijoittaminen sähkötiloihin

Sähkötiloihin ei saa asentaa muita tiloja palvelevia LVI- järjestelmien venttiileitä, liittoksia tai vastaavia laitteita, myös putkien ja kanavien kulkua sähkötilojen läpi tulisi välttää kokonaan. LVI putkistoja ja kanavia pitkin voi vuotava vesi valua ja kulkeutua sähkötiloihin, vaikka vuoto ei sähkötilan sisällä olisikaan. Tippuva vesi sähkökeskuk- sen yläpuolella saattaa aiheuttaa hyvin ikäviä käyttöongelmia. Sähkötilat pääsääntöi- sesti tulisivat suojella siten, että tiloja ei käytetä muuhun tarkoitukseen kun vain säh- kökeskuksille varattuna tilana, eikä tilojen läpi muut urakoitsijat kuljeta kanavia ja putkia tai vastaavia. /7/

Kuitenkin joissain saneerauskohteissa voi olla hyvin hankala siirtää vanhoja toimin- taan jääviä putkia, koska mitään tilanvarauksia ei näille ole suunniteltu. Tällöin voi- daan katsoa parhaaksi jättää jotkin putket kulkemaan sähkötilan läpi erityistoimenpi- tein. Hyvä esimerkki lisätoimenpiteistä voi olla erikseen suunniteltu kouru vesiputken alle, jolla kaikki mahdollinen vuotovesi johdetaan pois sähkölaitteiston läheisyydestä. Sähkötilojen etupuolella, myös muissakin tiloissa, tulee tarkkailla ristiin suunnittelua, että putket ja kanavat eivät ole esteenä sähkökaapeleille. Tämä tulee eteen varsinkin matalissa tiloissa.

### 4.3.2 Olosuhteet

Sähkötilojen lämmityksen tarpeeseen tulisi kiinnittää huomiota. Onko sähkötilan lämmitys tarpeellinen ja millä tekniikalla se toteutetaan. Sähkötilassa oleva muu läm- pökuorma voi lämmittää tilaa riittävästi, ilman että erillistä lämmitintä tarvitaan. Mi- käli lämmitys tarvitaan, voidaan lämmittimeksi harkita sähköpatteria vesikiertoisen patterin sijaan.

Usein kuitenkin sähkötiloja täytyy jäädyttää lämmittämisen sijaan, koska sähkölait- teet itsessään säteilevät lämpöä. Taulukossa 6 on esimerkiksi esitetty UPS – tilan sekä muuntajan tehohäviöt järjestelmän tehon mukaan.

Taulukko 6: Muuntaja- ja UPS- laitteiden tehohäviöt /10/ 53.61

UPS		Muuntaja				
		Öljy			Kuiva	
Teho/kVA	kW	Teho/kVA	P <sub>o</sub> /kW	P <sub>k</sub> /kW	P <sub>o</sub> /kW	P <sub>k</sub> /kW
1	0,08	315	0,48	3,55	1,15	4,60
5	0,40	400	0,58	4,30	1,20	5,50
10	0,80	500	0,70	0,50	1,50	7,00
20	1,40	630	0,82	5,90	1,65	7,80
50	3,50	800	1,02	7,15	2,10	9,40
80	6,40	1000	1,13	8,85	2,30	11,00
100	8,00	1250	1,38	9,70	2,90	13,50
130	10,40	1600	1,65	12,20	3,10	16,00
		2000	1,90	14,60	4,20	19,50

P<sub>o</sub> = tyhjääntihäviöt

P<sub>k</sub> = kuormitushäviöt nimelliskuormalla

Keskuksien tehohäviöiden määrittämiseen on useampia vaihtoehtoja, joista tapauskohtaisesti valitaan kuhunkin tilanteeseen sopiva. Tehohäviön arvioinnin vaihtoehtoja ovat esimerkiksi häviö siirrettävän tehon suhteen, häviö voi olla 0,3–0,5% läpisiirrettävästä tehosta. Suurehkoissa kennokeskuksissa voidaan karkeasti arvioida 800W kennometriä kohden. Tarkemmat määritelmät tehohäviöiden arvioimiseen löytyy ST-kortista ST- 53.61, Sähkötilojen ilmanvaihto ja jäähdytys./10/

Taulukossa 7 on esitetty vaadittava ilmanvaihto muuntajan kokoa vasten. Nämä ilmamäärät pätevät tavanomaiselle verkonhaltijan muuntamon kuormitukselle, jolloin huippu ei ole kesäaikana. Muuntamosta poistettavaa ilmamäärää saadaan tarvittaessa pienennettyä, jos lämpötilaa voidaan hallita muilla keinoilla, esimerkiksi paikallisjäähdytinlaitteella.

Taulukko 7: Muuntamosta poistettava ilmamäärä koneellisella ilmanvaihdoilla./11/ ST 53.11 s. 7

Muuntajateho kVA	Poistettava ilmamäärä [m <sup>3</sup> /h]	
	$\Delta t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\Delta t = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$
800	1200	2300
1000	1400	2800
1250	1600	3100
1600	1900	3900

$\Delta t$  = tulo- ja poistoilman lämpötilan erotus

Taulukon 7 mukaiset ilmamäärien poistot vaativat suhteellisen suuret kanavat. Kanavakoot näiden ilmamäärien poistamiseen ovat noin 300-500mm halkaisijaltaan, joissain tapauksissa voivat olla enemmänkin. Näiden reittien rakentaminen täytyy huomioida erikseen, varsinkin tapauksissa missä muuntamo on jouduttu sijoittamaan rakennuksen keskelle.

Muuntamoiden lisäksi vielä suuremmaksi ongelmaksi syntyy varavoimakonehuoneen ilmanvaihto. Taulukossa 8 on esitetty alustavaan suunnitelmaan vaadittujen aukkojen pinta-alat varavoimakoneen tehoon nähden.

Taulukko 8: Vaaditut ilmanvaihtoaukkojen pinta-alat. /12/

Teho kVA/kW	aukon pinta-ala m <sup>2</sup>
25/20	0,3
100/80	0,8
250/200	1,5
500/400	3,5
1000/800	6,0



Erilaisiin sähkötiloihin vaaditaan hieman eri lämpötiloja. Pääasiassa kaikissa sähkötiloissa suosituskäyttölämpötila on noin 20 °C, mutta on tärkeä huomioida minimi sekä maksimilämpötilat kullekin tilalle erikseen. Yleensä tietotekniikkaa sisältävät tilat ovat herkimpiä lämpötilavaihteluille. Taulukossa 9 esitetty vaadittavat lämpötilat eri sähkötiloille. Taulukosta myös huomataan ilmanvaihdollinen seikka, että joihinkin tiloihin suositellaan pientä ylipainetta muihin tiloihin verrattuna. /10/

Taulukko 9: Sähkötilojen sallitut lämpötilat./10/

Tila	Maksimi lämpötila	Minimi lämpötila	Käyttö-lämpötila	Huomautuksia	Ylipaine	Suodatus-tarve
Muuntajatilaluokka 0 <sup>1</sup>	huom. 1a	huom. 2	20 °C	100 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Muuntajatilaluokka 10K <sup>1</sup>	huom. 1a	huom. 2	20 °C	88 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Muuntajatilaluokka 20K <sup>1</sup>	huom. 1a	huom. 2	20 °C	77 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Muuntajatilaluokka 30K <sup>1</sup>	huom. 1a	huom. 2	20 °C	63 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Pääkeskustila	40°C	5 °C	15...25 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Kaapelitilat tai vastaavat	40 °C	5 °C	10...30 °C	Kaapelien kuormitus!		huom. 6
Moottorigeneraattoritila	35 °C	5 °C	10...30 °C			huom. 6
Akustotilat	25 °C	15 °C	20 °C	SFS-EN 50272-2		huom. 6
UPS-tilat	30 °C	15 °C	20 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Automaatiotilat yleensä	25 °C	15 °C	20 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Tietokonetilat yleensä	25 °C	18 °C	22 °C	toleranssi yksi aste	huom. 3	huom. 4 tai 5
Invertteri- ja tasavirtakäytöt	25 °C	15 °C	18...22 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Erillinen kompensointitila	40 °C	5 °C	15...25 °C			huom. 4 tai 5

Lämpötilat positiivisia lukuja.

- huom. 1 IEC 61 330 mukainen kotelointiluokka.  
 huom. 1a Maksimiarvon määrää muuntajan lämpeneminen .  
 huom. 2 Mitä alhaisempi sen parempi. Ympäriällä olevat tilat otettava huomioon.

- huom. 3 Tarvittaessa pieni ylipaineistus ympäristöön nähden.  
 huom. 4 Mekaaninen suodatus.  
 huom. 5 Tarvittaessa kemiallinen suodatus.  
 huom. 6 Harkinnan mukaan.

#### 4.4 Sähkötilojen palonsuojelu

Sammutusjärjestelmän valinnalla pyritään sähkölaitteita suojelemaan tulipalon aiheuttamilta vahingoilta, sekä estämään tulen leviäminen viereisiin tiloihin. Sähkön käyttö ja sen merkitys kasvaa koko ajan korostaen jatkuvan sähkönsyötön merkitystä. Automaattisen sammutusjärjestelmän valinnalla mietitään, voidaanko mahdollinen tulipalo

sammuttaa tai estää sen leviäminen turvallisesti ja aiheuttamatta lisävahinkoja. Pääsääntöisesti sammutusjärjestelmät koskevat pääjakelua koskevia suuria sähkölaitetiloja, kuten pääkeskustilaa ja muuntamoaa, sekä ATK- laitetiloja. Vaikka sähkötiloja ei muuhun käyttötarkoitukseen saa käyttää, tulee silti sammutusjärjestelmää mietittäessä ottaa huomioon onko tilassa mahdollisesti muita järjestelmiä tai aineita jotka palon voi sytyttää, vai onko aina tilassa tapahtuva palo sähkölaitteessa itsessään.

#### 4.4.1 Sijoittelu

Muuntaja tulee sijoittaa ulos tai omaan eristävään palotilaan maan pinnan tasolle siten, ettei se aiheuta palon leviämiskä muihin muuntajiin tai rakenteisiin. Mikäli muuntaja joudutaan sijoittamaan rakennuksen sisään, tulee ottaa huomioon seuraavaa:

- Muuntaja sijoitetaan omaan palotilaan ulkoseinää vasten
- Muuntamosta ei saa olla johtavaa yhteyttä rakennuksen muihin osiin
- Jäähdytysilma otetaan ulkoa ja johdetaan suoraan ulos
- Kytkinlaitteet sijoitetaan eri tilaan.
- Sisätiloissa tulee käyttää kuiva- tai valuhartsimuuntajia

Muuntaja on aina voitava poistaa paikaltaan ilman rakenteellisia muutostöitä. Mikäli muuntamoaa ei kuitenkaan voida rakentaa edellä mainittujen ehtojen mukaisesti, tulee ottaa huomioon palon leviämiseen vaikuttavia tekijöitä ovissa, hormeissa ja tuulettimissa. Myös pitää huolehtia, että öljypalo ei sulje poistumisteitä. Mikäli muuntaja joudutaan sijoittamaan rakennuksen keskelle, on huolehdittava riittävästä koneellisesta jäähdytyksestä, että muuntaja ei lämpene liikaa. Tämä lämpökuorma on otettava huomioon jo suunnittelussa./13,14/

#### 4.4.2 Palontorjunta

Sähkötilat tulee aina varustaa paloilmoittimilla, josta saadaan hälytys kiinteistöhoitajalle. Normaalisti paloilmoittimet ovat tavallisia savuilmaisimia, mutta mikäli todetaan, että kyseessä on kriittinen tila ja on mahdollista hoitaa alkusammutus käsin, voidaan käyttää ennakoivaa analogista ilmaisinta. Muuntajan sammutuslaitteisto toimii vasta muuntajan palaessa, on silloin muuntaja jo pahasti vioittunut, vaikka sammutus toimiikin nopeasti. Mikäli on mahdollista että muuntajapalossa syntyvä lämpö saadaan hallitusti johdettua ulos ilman että ulkopuoliset rakenteet voivat syttyä, ei muuntajati-  
laa kannata suojata. Automaattisia sammutuslaitteita suositellaan jos:

- Palon leviämistä ei ole riittävästi estetty
- Muuntajia on sijoitettu ilman väliseinää
- Muuntajan sijaitsevat vaikeasti päästävissä tiloissa
- Muuntaja liittyy järjestelmään joka jo kuuluu automaattisensammutuksen piiriin
- Muuntajan tuhoutuminen aiheuttaisi pitkän keskeytyksen

Vesisprinklausta ei saa käyttää kuivamuuntajien sammuttamiseen, eikä sitä suositella myöskään mihinkään keskustilaan valokaarivaaran takia. Automaattisena sammutuslaitteistona sisätiloissa suositellaan käytettäväksi kaasusammutuslaitteistoa. Tätä suositellaan varsinkin ATK- ja serveritiloihin. Alkusammutuskalustoina tulisi keskustiloissa olla 12kg: jauhesammutin. Alkusammutuskalusto on kuitenkin esitetty paloteknisessä suunnitelmassa./13,14/

## 5 JAKELUVERKON SUOJAUS

Jakeluverkon suojauksessa käsitellään kiinteistön sisällä olevan verkon suojalaitteiden toiminnallisuutta varsinkin selektiivisesti, mutta myös varavoiman toimiessa suojien toimintaan tulee kiinnittää erityistä huomiota. UPS- ja varavoima tilanteissa verkon suojaus ei käyttäydy samalla lailla kuin normaaliverkon toimiessa, koska akkulaitteisto, eikä varavoimakone pysty syöttämään niin suurta oikosulkuvirtaa kuin verkko. Virran suuruuden lisäksi laitteiden kyky syöttää oikosulkuvirtaa on ajallisesti rajallinen. Tämä aiheuttaa ongelmia selektiivisyyden kannalta sekä suojien toiminnan kannalta yleensä.

### 5.1 Selektiivinen suojaus

Selektiivisellä suojauksella tarkoitetaan sitä, että ainoastaan lähinnä vikapaikkaa oleva suojalaite toimii, näin erottaen vain pienen osan verkosta vian sattuessa. Tyypillisesti vika tapahtuu ryhmäjohdon päässä, jolloin vikavirta kulkee usean sarjassa olevan sulakkeen läpi aina kiinteistön pääsulakkeelle asti. Sulakkeiden toiminta täytyy suunnitella siten, että vain lähinnä vikakohtaa oleva sulake toimii, mutta kaikki ennen sitä eivät toimi.

Selektiivisyys tai sen puute eivät yleensä ilmene mitenkään normaalissa käyttötilanteessa. Puutteet tai toiminnan huomaa usein vasta vikatilanteen sattuessa tai järjestyksessä testissä. Vikatilanteet syntyvät useimmin inhimillisestä virheestä, tai laitevaurioiden seurauksena, jolloin niitä on lähes mahdoton ennustaa. Selektiivisen toiminnan takaamiseen on helpoin ja taloudellisin vaikuttaa suunnitteluvaiheessa. Selektiivisyyttä suunnitellessa ei saa kuitenkaan ohittaa turvallisuustekijöitä sulakekoon valinnassa. Liian suuri sulake ei välttämättä enää toimi riittävän nopeasti vikatilanteen sattuessa.

Epäselektiivisyys on selektiivisyysvirhe, eli selektiivisyyden virhetoiminta. Epäselektiivisessä toiminnassa saattaa vikatilanteen sattuessa useampi suojalaite toimia, jolloin suurempi osa verkosta muuttuu jännitteettömäksi, eli vika leviää verkon terveisiin osiin.

Aikaselektiivisyydellä tarkoitetaan sitä, että sarjassa olevien suojalaitteiden toiminta-aikoja on porrastettu siten, että lähinnä vikatapausta oleva suojalaite toimii nopeim-

min. Toisin sanoen verkon alkupään suojalaitteiden toimintaa on mahdollisesti hidastettu.

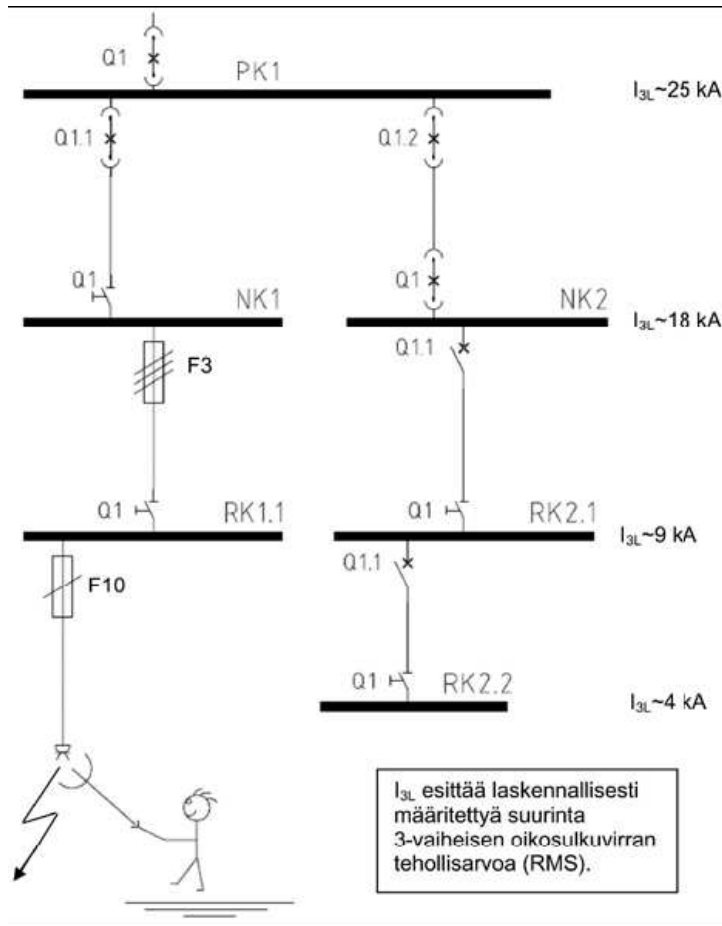
Virtaselektiivisyys perustuu vikavirran suuruuteen vikapaikalla. Lähellä syöttöä vikavirran suuruus on suuri ja kauempana syötöstä vikavirran suuruus on pienempi. Tätä ilmiötä käytetään hyväksi selektiivisyyden saavuttamiseksi sulakkeita valittaessa. Virtaselektiivisyys on varmin ja helpoin tapa selektiivisyyden saavuttamiseen. Usein verkossa sarjankytkettyjen suojien käytettävissä oleva toiminta-aika loppuu kesken. Tällöin voidaan peräkkäisille suojille asettaa samoja toiminta-aikoja, kunhan virta-arvot ovat riittävän tarkasti tiedossa.

Suuntaselektiivisyydellä mitataan virran kulun suuntaa, kun verkkoa on mahdollista käyttää renkaana, tai virtaa voidaan syöttää useasta eri suunnasta. Suojareleet valvovat vikavirran lisäksi myös virran suuntaa renkaassa, ja vikatilanteen sattuessa releet osaavat erottaa verkosta ainoastaan viallisen osan

Suojaukseen pienjänniteverkossa käytetään usein tavallisia sulakkeita, joilla päästään varsin hyvään suojaukseen, kunhan sulakekoot on valittu toisiinsa nähden oikein. Nyrkkisääntönä toimivaan selektiivisyyteen voidaan pitää, että peräkkäisten sulakkeiden välissä on yksi sulakekoko. Sulakkeiden huonona puolena voidaan pitää niiden suurta toleranssia, mutta hyvänä puolena niiden suuri virranrajoituskyky. Sulakkeita käytettäessä keskuksissa on vähän huoltokohteita ja toteutukseltaan keskuksat ovat selkeitä ja helppokäyttöisiä. /15/

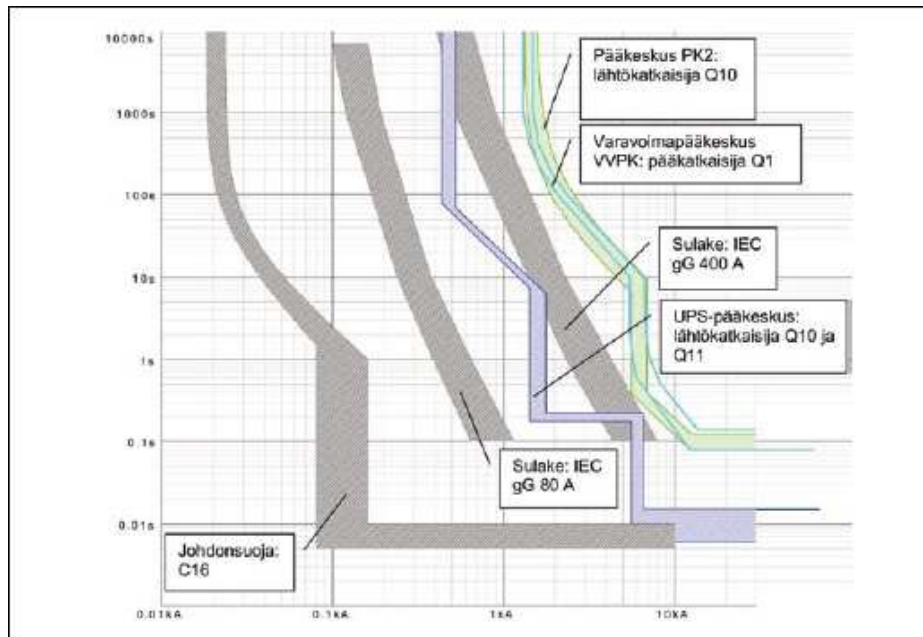
## **5.2 Selektiivisyyden tarkastelu**

Kuvan 3 avulla voidaan havainnoida epäselektiivisyyttä. Oletetaan, että ryhmäjohdon päässä syntyy vikatilanne ja seurauksena sulakkeet F10 sekä F3 molemmat toimivat. Tämä tarkoittaa että koko ryhmäkeskus 1.1 on jännitteetön, ja toimintahäiriö ulottuu laajalle alueelle



Kuva 3: Selektiivisyyden toimintaperiaate

Selektiivisyyden toiminnasta on hyvä tehdä erillinen tarkastelu, varsinkin muissa kuin uudiskohteissa. Tämä tarkastelu on syytä tehdä paikan päällä. Vuosien saatossa koje-luettelot, piirustukset sekä muut dokumentit ovat käyneet epävarmemmiksi. Tarkaste-lu on hyvä laatia raportiksi, jossa ensimmäisenä esitetään lähtötiedot. Kohteesta olisi syytä laatia vielä verkkokuva, ellei sellaista valmiiksi ole. Malliesimerkki mahdolini-sesta tarkastelusta löytyy ST- kortista ST 53.13, Kiinteistön sähköverkon suojauksen selektiivisyys.



Kuva 4: Ylivirtasuojien toimintakäyrät, sekasuojaus

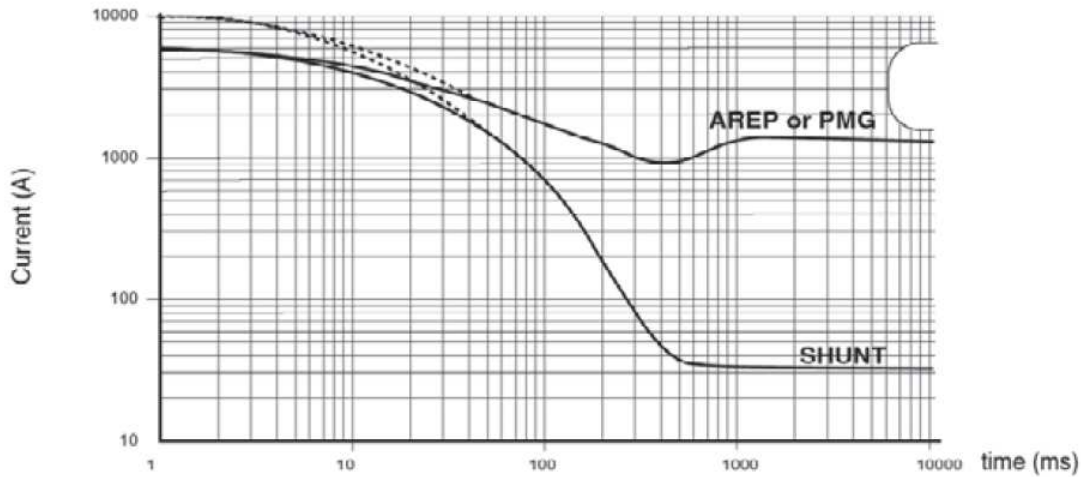
Kuvassa 4 on esitetty erilaisten ylivirtasuojien toimintakäyriä. Kuvasta huomataan, että suojien laukaisukäyrät on porrastettava ajan suhteen siten, että ne eivät ole päällekkäin, tällöin suojaus on selektiivinen. Kuvassa on myös mukana UPS- pääkeskuksen lähtökatkaisija, jonka ei ole tarkoitus olla selektiivinen 400A:n lähdön kanssa.

Suunnitteluvaiheessa suunnittelijan vastuulla on tehdä laskelmat selektiivisyyden toiminnasta. Näitä laskelmia kuitenkin harvemmin on olemassa, jolloin selektiivisyyden virheet voi löytää kokemuseräisesti suunnitelmista. Yleensä suurimmat ongelmat tulee sekasuojauksessa, kun suojalaitteina toimii erilaisia katkaisijoita ja sulakkeita sarjassa. /15/

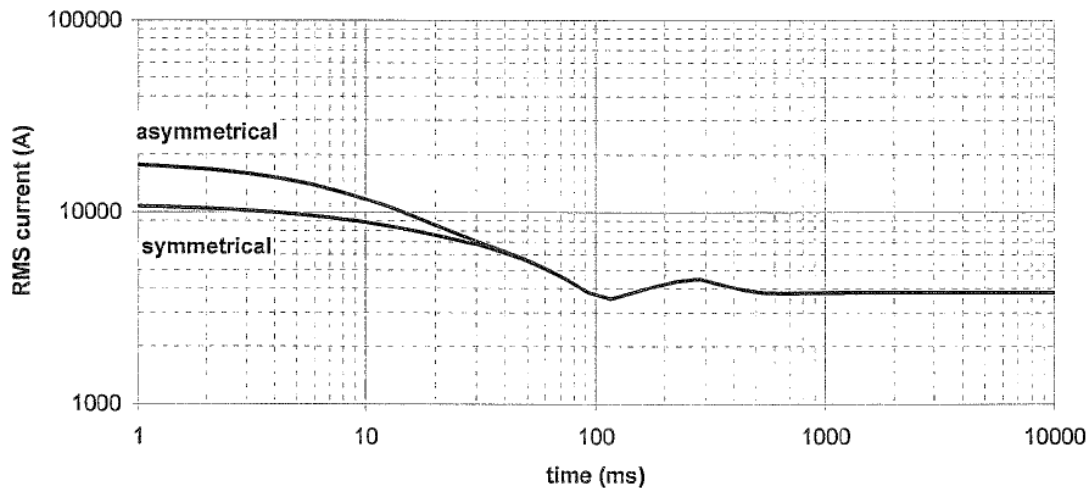
### 5.3 Varmennettujen jakelujärjestelmien suojaus

Varmennettujen jakelujärjestelmien suojauksessa pääpaino usein kohdistuu suojalaitteiden toiminnalle, koska generaattorin kyky syöttää oikosulkuvirtaa on huomattavasti pienempi, kuin normaalin verkon kautta kulkeva vikavirta. Normaali verkko tulee suunnitella siten, että vikatilanteessa generaattorin tuottama oikosulkuvirta riittää suojalaitteiden normaalin toimintaan. Mikäli joissakin tapauksissa voidaan olettaa, että generaattorin tuottama oikosulkuvirta ei riitä laukaisemaan suoja, voidaan suojausta parantaa käyttämällä vikavirtasuojia sekä alijännitelaukaisijoita.

Nykyaikaiset generaattorit pystyvät tuottamaan noin 3-3,5 kertaisen vikavirran nimellisvirtaan verrattuna, mutta vain rajoitetun ajan. Suojausta suunniteltaessa täytyy siis ottaa virran suuruuden lisäksi myös vikavirran kestoaika. /16/



Kuva 5: Oikosulkua syöttävän 315kVA:n generaattorin virta ajan funktiona /16/

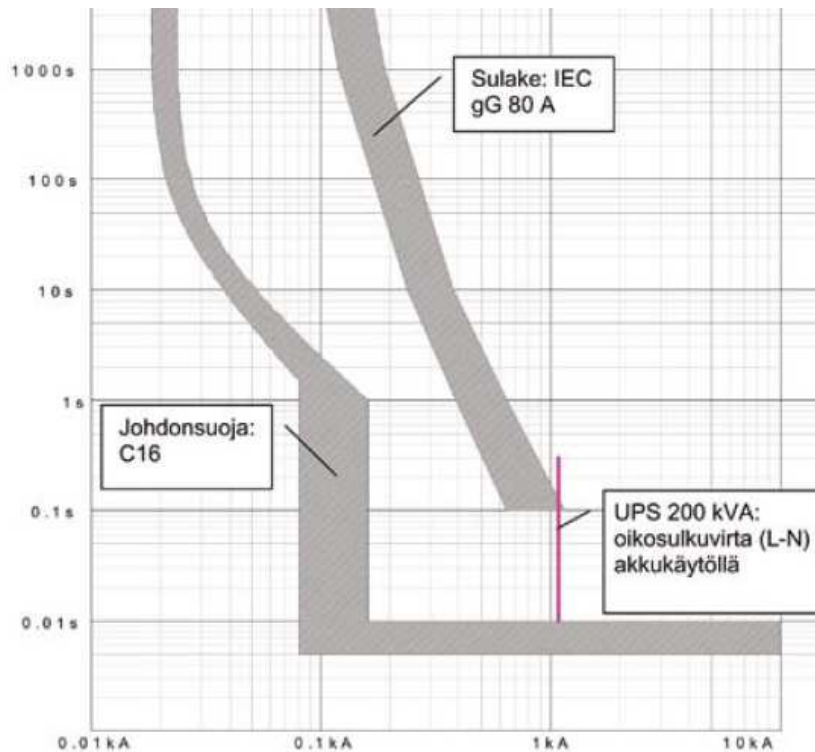


Kuva 6: Oikosulkua syöttävän 800kVA:n generaattorin virta ajan funktiona

Kuvissa 5 ja 6 on kahden eri valmistajan ilmoittamat generaattorin tuottaman oikosulkuvirran pysyvyyskäyrät. Käyristä huomataan, että kaksi eri valmistajaa lupaa oi-



kosulkuvirran suuruuden noin 3-3,5 kertaiseksi nimellisvirtaan verrattuna. Kuvassa 5 tulee tarkastella käyrää ”AREP or PMG”.



Kuva 7: Ylivirtasuojien toimintakäyrä UPS- käyttötilanteessa

Kuvasta 7 on erään valmistajan 200kVA:n suuruisen UPS- laitteiston oikosulkuvirran antokyky akkukäytöllä. Kuvasta huomataan että 80 A:n gG sulake on suurin mahdollinen sulakekoko UPS- jakelussa. Tällöin suojaus toimii vielä kohtuullisessa ajassa ja selektiivisesti. Mikäli haluttaisiin suurempi varmuus toimintaan, voisi suurimmaksi mahdolliseksi sulakekooksi valita 63 A:n suuruisen sulakkeen. UPS- laitteiston ylimeritys yleensä parantaa selektiivisyyden toimintavarmuutta, mutta käänköpuolen se saattaa aiheuttaa muiden laitteistojen ylimeritukseen. UPS- jakelussa tulee aina välttää moniportaista jakelua. Nyökkisääntönä voidaan pitää että UPS- järjestelmä pystyy syöttämään oikosulkuvirtaa kolminkertaisen määrän nimellisvirtaan nähden noin 100 millisekunnin ajan. /15/

## 6 EMC- SUOJAUS

EMC (ElectroMagnetic Compatibility) käsittää laitteiden ja järjestelmien sähkömagneettista yhteensopivuutta. EMC käsitteen tärkeimpänä lähteenä on itse EMC- direktiivi 2004/108/EC, joka astui voimaan 20.7.2007. Kuitenkin vielä ennen 20.7.2009 markkinoille saatettuja laitteita voidaan toimittaa vanhan direktiivin 89/336/EEC mukaisesti. EMC- direktiivin liitteessä I on annettu olennaiset suojausvaatimukset:

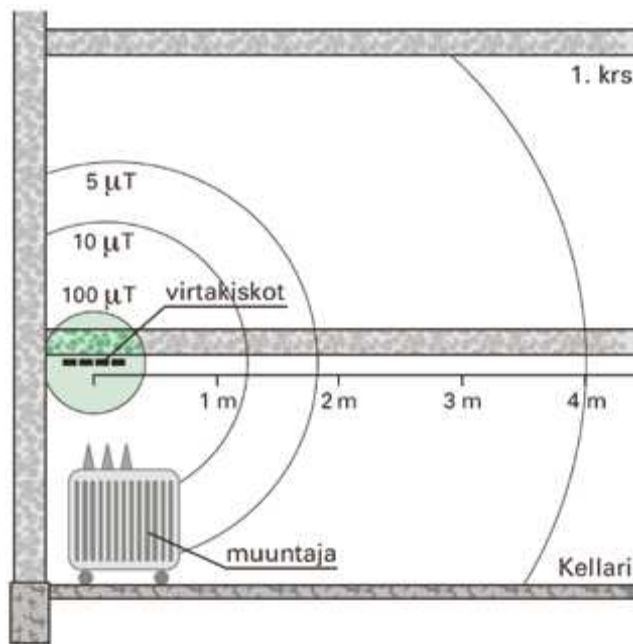
- Laitteiston aiheuttama sähkömagneettinen häiriö ei saa ylittää tasoa, jonka ylittyessä radio- ja telelaitteet tai muut laitteistot eivät toimi tarkoitetulla tavalla.
- Laitteiston sille tarkoitetussa käytössä odotettujen sähkömagneettisten häiriön sieton taso on sellainen, että laitteisto toimii tarkoitetun käytön heikentymättä kohtuuttomasti

Laitteisiin kiinnitetty CE- merkintä on osoitus siitä, että valmistaja on todennut laitteen EMC- direktiivin liitteen I mukaiseksi, että se täyttää liitteessä määritellyt häiriönpäästö- sekä häiriönsietovaatimukset tai arvioinut sen muuten täyttävän liitteen I mukaiset vaatimukset ja tehnyt näiden perusteella vaatimuksenmukaisuusvakuutuksen. Uuden direktiivin mukana tulivat uusiksi soveltamisalankohteiksi kiinteät laiteasennukset. Tällä tarkoitetaan sellaisia laitteita ja kokonaisuuksia, jotka on koottu, asennettu ja tarkoitettu pysyvään käyttöön ennalta suunnitellussa paikassa. Nämä laitteet eivät kuitenkaan tarvitse CE- merkintää, mutta niiden käytössä on käytettävä hyviä teknisiä käytäntöjä, jotta varmistutaan EMC- direktiivin liitteen I mukaisiin olennaisiin vaatimuksiin.

Suojauksen alueeseen eivät liity pelkästään itse laitteet, vaan myös asennusympäristöt. Erilaisia sähkömagneettisia häiriöitä varten on pyritty tekemään oma standardi. Varsinaiset EMC- standardit kuitenkin koskevat pelkästään häiriönsietoa ja häiriönpäästöjä. EMC- standardit on käsitelty ST- käsikirjan 37 luvussa 1. /17/

## 6.1 Tilojen suunnittelussa, sijainti

Suunnitteluvaiheessa tulisi ottaa huomioon muuntamoiden, sekä suurivirtaisten keskushuoneiden sijainti, sekä niiden ympäröivät tilat. Myös jo tilojen suunnittelussa tulisi ottaa huomioon näiden huoneiden välinen yhteys. Suuret virrat energiansiirtotieissä saattaa aiheuttaa suuria häiriöitä matkalla. Näiden tilojen läheisyyteen ei tulisi suunnitella ECM- häiriöille herkkiä laitteita sisältäviä tiloja.



Kuva 8: Muuntamon virtakiskojen synnyttämä magneettikenttä

Kuvassa 8 nähdään, kuinka muuntamon virtakiskot synnyttävät magneettikentän yläpuoliseen tai viereiseen huoneeseen. Kuvan arvot ovat suuntaa antavia, sekä kuva havainnollistaa magneettikentän heikkenemistä rakenteissa etäisyyden suhteen. Mikäli epäillään kentän aiheuttavan häiriötä, on syytä tehdä magneettikentän kartoitusmittaus. Kartoitusmittaus tehdään niissä huoneissa, mitkä ovat lähimpänä muuntamoita tai sen kaapeleita. Mittauksessa mittaria liikutellaan niillä lattia- tai seinäpinnoilla, jotka rajoittuvat muuntamotilaan. Mikäli kartoitusmittauksen tulos on alle 30 µT painotettuna tehollisarvona, ei jatkotutkimuksiin ole tarvetta. Mikäli mittaustulos ylittää edellä mainitun arvon, on siirryttävä käyttämään painotettua huippuarvon mittaria. Mikäli painotetun huippuarvon mittaus ei ylitä arvoa 140 µT maksimikuormalla, ei jatkotutkimuksia tarvitse tehdä./17/

Normin IEC/EN 61000-4-8 mukaan, sähköisien laitteiden ja koneiden ei tule altistua voimakkuudeltaan suuremmalle kuin  $3,75 \mu\text{T}$ : n kentälle. Tällä varmistutaan siitä, että laitteet ja koneet toimivat tarkoituksen mukaisesti, eikä aiheuta vaaraa tai muita haittoja käyttäjälle.

NCRP: n (National Council on Radiation Protection and Measurements) mukaan ihmisen ei tule altistua jatkuvasti yli yhden  $\mu\text{T}$ : n suuruiselle kentälle, jolla varmistetaan ihmisten turvallisuus ja vältetään terveysriskejä.

Taulukko 10: Pienimmät turvaetäisyydet laitteille ja ihmisille. AST electro-magnetic shielding products esite

EMF Source: three phase POWER CABLE (Amps)	Minimum safe distance for computers, electronic equipment and machinery as per IEC/EN standard (in meters) $<3,75\mu\text{T}$	Minimum safe distance for Human Beings as per NCRP standard (in meters) $<1\mu\text{T}$	EMF Source: three phase BUSBAR (Amps)	Minimum safe distance for computers, electronic equipment and machinery as per IEC/EN standard (in meters) $<3,75\mu\text{T}$	Minimum safe distance to Human Beings as per NCRP standard (in meters) $<1\mu\text{T}$
100 A	1,35	2,6	100 A	0,46	0,89
300 A	1,60	3,2	300 A	0,8	1,54
500 A	3,03	5,8	500 A	1,32	2,0
1000 A	4,29	8,31	1000 A	1,46	2,82
3.000 A	5,26	10,1	3.000 A	2,52	4,89
5.000 A	9,6	18,6	5.000 A	3,26	6,32

Taulukossa 10 on erään suojaruostuksia valmistavan yrityksen ilmoittamia etäisyyksiä häiriökentille. Vasemmanpuoleisessa taulukossa on tulokset kun virtareittinä on kolmevaiheinen kaapeliratkaisu ja oikeanpuoleisessa taulukossa on virtakiskoratkaisu. Kummassakin tapauksessa on mitattu pienimmät turvaetäisyydet magneetikentille metreinä, kun raja-arvona on suositellut arvot sekä laitteille että ihmisille.

Virtakiskojärjestelmä voi olla joko ilmaeristeinen tai kompaktikisko. Kompaktikisko aiheuttaa huomattavasti vähemmän ympärilleen sähkömagneettista häiriötä, se saat- taakin säteillä jopa 10 kertaa vähemmän kuin ilmaeristeinen. Liitteessä 4 on erään valmistajan ilmoittamat häiriökentät ilmaeristeiselle, kompaktikiskolle sekä Canalis KTA kiskon häiriökenttäkuvaaja eri nimellisvirroilla. Liitteessä olevia kuvia verratta- essa toisiinsa huomataan, että valmistajasta tai tutkijasta riippuen, tulokset heittelevät suhteellisen paljon toisistaan. Tämän takia ei tulisi luottaa ainoastaan yhteen lähteeseen magneetikenttiä tutkiessa, vaan verrata eri valmistajia keskenään. Mahdollisuuk-

sien mukaan tulisi tutkia yksittäisinä tapauksina kohteeseen valittujen komponenttien magneettikentät.

Tosin nykyaikaiset muuntamot aiheuttavat hyvin vähän magneettikenttää aikaisempiin verrattuna. Vanhemmat kuivamuuntajat, joilta puuttuu yhtenäinen metallivaippa, voivat aiheuttaa häiriötä aiheuttavan hajakentän. Erilaisilta muuntamoiden hajakentiltä voidaan välttyä esimerkiksi käyttämällä erilaisia kotelointitekniikoita tai syöttökaapeleina 3- vaiheisia kaapeleita tai suojataan muuntajan ja pienjännitekeskuksen kiskosto vahvalla alumiinilevyllä, jonka saumat hitsataan. /18/

Kaikki telelaitteet tulee pyrkiä sijoittamaan telelaitetilaan, joka on sijoitettu hyödyllisesti ajatellen siirtoteitä, yhteyksiä ja etäisyyksiä. Telelaitetilan sijoitusta tulee tarkastella häiriösiedon kannalta. LVI- putkien ja – kanavien asentaminen laitetilaan lisää huomattavasti mekaanisten häiriöiden vaaraa, sen lisäksi tilan tulee olla kuiva ja tasalämpöinen. /17/

## **6.2 Keskeisimmät suojauskohteet ja riskit häiriöiden kannalta**

Häiriöt saattavat joskus jäädä hyvin pieniksi tai niitä ei havaita kyllin suuriksi, jotta asianmukaisia suojauskohteita tehtäisiin. Häiriöiden tunnistaminen saattaa olla hyvinkin hankalaa kun:

- Järjestelmän virheet saattavat johtua järjestelmän omista vioista
- Kaksi toisiinsa soveltumatonta järjestelmää kytketään yhteen
- Häiriön aiheuttaja on kaukana järjestelmästä
- Häiriö ilmenee satunnaisesti ja poistuu itsestään
- Häiriötä yritetään selvittää väärillä mittauslaitteilla
- Järjestelmän dokumentointi on puutteellinen, eikä sen rakennetta pystytä tarkoin selvittämään

Herkimmät laitteet ja järjestelmät ovat signaalitoimiset järjestelmät ja laitteet. Tällaisia ovat esimerkiksi rikosilmoitusjärjestelmä, äänentoistolaitteet, pikapuhelinjärjestelmät, savunpoistojärjestelmä ja kaikki vastaavanomaiset laitteet.

Rikosilmoitusjärjestelmään siirtyvä staattinen purkaus voi aiheuttaa signaalissa silmukan katkokseen verrattavan tilanteen, jolloin järjestelmä antaa turhan hälytyksen. Samankaltainen tilanne voi esiintyä savunpoistojärjestelmässä, mikäli järjestelmä on toteutettu signaaliyhjauksella.

Äänentoistolaittejärjestelmissä signaalitasot on luokkaa joitakin millivoltteja. Useissa tiloissa, missä on tällaisia laitteita, on myös tyristoriohjattuja valaisimia, joista indusoituu häiriöjännitteitä äänentoistokaapeleihin. Pikapuhelinjärjestelmissä ääntä ei välttämättä siirretä analogisessa muodossa vaan se muutetaan digitaalisena. Tällöin häiriönsietoa tulee tarkastella digitaaliselta kannalta. Näiden lähtötietojen tulisi näkyä suunnitelmissa, jotta niihin osataan varautua etukäteen. /19/

### **6.3 Häiriöitä aiheuttavat laitteet ja järjestelmät**

Häiriöitä tuottavien laitteiden tunnistamisen merkitys kasvaa suunnitteluvaiheessa, mikäli kohteen käyttötarkoitus tiedetään. Kiinteistön normaalien laitteiden lisäksi voi käyttäjän toimesta valmiiseen kohteeseen tulla paljon häiriöitä tuottavia laitteita ja koneita. Yleisimpiä häiriöitä tuottavia laitteita ovat:

- induktiivisten kuormien kytkinlaitteet
- sähkömoottorit
- loistevalaisimet
- hitsauskoneet
- tietokoneet
- tasasuuntaajat
- hakkurilaitteet
- taajuusmuuttajat
- hissit
- muuntajat
- keskuskeskukset
- jakelukiskot, ilmaeristeiset
- kaapeleilla toteutetut suurvirtajärjestelmät

Häiriötä pienennettäessä kannattaa ensisijaisesti pyrkiä poistamaan häiriölähde, tai vaimentamaan sitä. Vasta tämän jälkeen kannattaa ryhtyä suojaamaan järjestelmiä tai laitteita. Taloudelliselta kannalta on kuitenkin joskus kannattavampaa korjata itse häiriintynyt laite, kuin häiriön aiheuttaja. Tällöin kuitenkin pitää olla varmoja siitä, että häiriö on poistunut kaikista järjestelmistä. /19/

## **7 PALOTURVALLISUUS**

### **7.1 Suunnittelunohjaus ja paloturvallisuus**

Paloturvallisuuteen vaikuttavia esitietoja haetaan tilaajalta, joka määrittelee käyttötarpeet kohteelle. Erilaiset tilat tulee tuoda esille jo aikaisessa vaiheessa, kuten palo- ja räjähdysvaaralliset tilat. Näillä määritellään tilaluokitukset kullekin tilalle, ja tästä eteenpäin voidaan suunnitella poistumisreitit.

### **7.2 Palotekninen suunnitelma ja sen merkitys hanke- ja luonnossuunnitteluvaiheessa**

Paloteknisellä suunnittelulla tarkoitetaan rakennuksen paloturvallisuuden suunnittelua. Paloteknistä suunnitelmaa tarvitaan silloin, kun rakennus on suuri tai siinä on erityisen paljon paloteknisiin ratkaisuihin liittyviä ongelmakohtia. Suunnitelma laaditaan RakMk:n E- sarjan mukaan. Suunnitelmassa yleensä esiintyy seuraavia asioita:

- Palo-osastointi
- Poistumisjärjestelyt
- Savunpoisto
- Alkusammutuskalusto
- Pelastustoiminnan järjestelyt
- Paloteknisten laitteiden määrittelyt
- Poikkeamat määräyksistä
- Käytön aikaiset paloturvallisuusjärjestelyt

Suunnitelma sisältää yleensä kirjallisen osan ja liitepiirustukset. Suunnitelma ei sisällä sammutuslaitteiston tai paloilmottimen toteutussuunnittelua, eikä savunpoiston koneistoja, eikä kanavia, vaan siitä esitetään tarvittava tekniikka, sen tarpeellisuus ja vaatimukset. . Näille suunnitelmille ovat omat suunnittelijat.

Suunnitelman hyväksyvä pelastuslaitoksen neuvontaryhmä toimii myös rakennushankkeen asiantuntijaviranomaisena, tai se voi palkata työhön konsultin. Palokonsultti tällöin toimii rakennusvalvonnan asiantuntijana. Palokonsultti suunnitteluvaiheessa tekee yhteistyötä suunnittelijan kanssa, joka suunnittelee palotekniset ratkaisut. Palokonsultin merkitys korostuu alkusuunnitteluvaiheessa, kun palokonsultti antaa lähtötiedot muille suunnittelijoille, joiden täytyy ottaa huomioon paloteknisiä ratkaisuja.

/20/

### 7.3 Savunpoisto

Savunpoistolla tarkoitetaan savun poistamista uloskäytäviltä ja poistumisreiteiltä, jotta taataan turvallinen poistumien rakennuksesta palotilanteessa. Toimiva savunpoisto vähentää palopaikan lämpötilaa, näin hidastaen palon etenemistä ja edesauttaen sammutusta. Lisäksi toimivalla laitteistolla voidaan vähentää savusta aiheutuvia vahinkoja. Savunpoistojärjestelmään kuuluu tavallisesti puhaltimia, peltejä, luukkuja, ikkunoita, verhoja ja vastaavia laitteita.

Savunpoistolaitteiston moottorit ja toimilaitteet on suunniteltava asennettavaksi ja suojattavaksi siten, että palo ei alkuvaiheessa vaaranna niiden toimintaa. Sama koskee myös kaapelointia, joka tarkoittaa, että järjestelmä on kaapeloitava palonkestävällä kaapelilla.

Savunpoistojärjestelmän sähkönsyötön on palveltava ainoastaan kyseistä järjestelmää, ja se on liitettävä verkkoon ennen kiinteistön pääkytkintä. Tällä varmistetaan pidempiaikainen sähkönsyöttö. Vaihtoehtoisesti voidaan järjestelmä ottaa erillisestä varmenetusta tai siirrettävästä teholähteestä. Pelastusviranomaisen vaatiessa tulee järjestelmää voida käyttää ulkopuolisella jännitteellä. Tällöin savunpoiston laukaisukeskukseen on rakennettu erillinen liitäntäpiste pelastuslaitoksen varavoimakonetta varten. Tässä tapauksessa pitää tutkia, riittääkö pelastusviranomaisen generaattorin teho käynnistämään ja ylläpitämään kyseisen järjestelmän. Liitäntäpisteestä sovitaan aina erikseen kyseisen paikkakunnan pelastusviranomaisen kanssa.



Savunpoiston laukaisu tapahtuu laukaisupainikkeilla, jotka on sijoitettu pelastusviranomaisen ohjeiden mukaan, yleensä palokunnan hyökkäysreitillä varrella. Savunpoiston laukaisukeskuksessa pitää olla selvästi näkyvissä ryhmät ja kohteet, joihin kyseinen nappi vaikuttaa.

Savunpoistoa suunniteltaessa on syytä huomioida järjestelmän rakentamisen urakkarajat. Järjestelmä usein on hyvin monimutkainen, ja sen rakentamisessa kuuluu osia alueita usealle eri urakoitsijalle. Mikäli rakentamisen urakkarajat ovat epäselviä, voi siitä syntyä haittoja rakennusvaiheessa. /21/

Usein rakennettaessa savunpoisto jää vähemmän merkittäväksi järjestelmäksi, mikä tarkoittaa, että urakoitsijoiden mielenkiinto ja ajankäyttö savunpoistojärjestelmää kohtaan jää hyvin vähäiseksi. Myös laitteiden ja käytön määrittely jää vaillinaiseksi suunnittelun alkuvaiheessa.

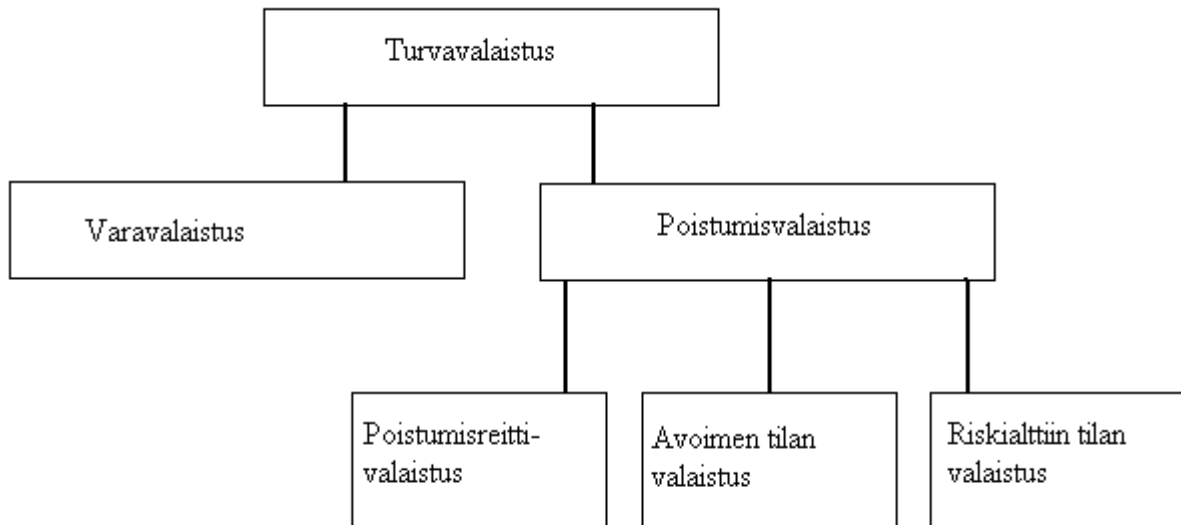
## **8 VALAISTUS**

### **8.1 Turvavalaistus**

Turvavalaistus pääsääntöisesti käsittää poistumisreitillä valaisemisen, jolla tarkoitetaan normaalin valaistuksen virransyötön häiriintyessä käytettävää valaistusta poistumisreitillä, sekä poistumisopasvalaistusta, jolla tarkoitetaan merkkivalaistusta minkä avulla tilassa olevat henkilöt voivat vaivatta tunnistaa poistumiskeinot ja käyttää niitä turvallisesti. Poistumisreitit tulee turvavalaista ja merkitä poistumisopasteilla seuraavissa paikoissa: /22,23/

- Majoitustiloissa
- Hoitolaitoksissa
- Kokoontumis- ja liiketiloissa
- Työpaikatiloissa
- Tuotantotiloissa
- Varastotiloissa joissa työskennellään
- Sellaisissa muissa tiloissa, joista poistuminen on vaikeaa tai poistumisjärjestelyt ovat tavanomaisista poikkeavat

Kuvassa 9 on esitetty turvavalaistuksen määritelmien rakenne.



Kuva 9: Kaavio turvavalaistuksesta

### 8.1.1 Varavalaistus

”Turvavalaistuksen osa, jonka tarkoituksena on taata normaalin toiminnan jatkuminen oleellisesti muuttumattomana”

Varavalaistus rakennuksessa yleensä määräytyy käyttäjän intressien mukaisesti, miten se haluaa toiminnan jatkuvan sähkökatkoksen aikana. Mikäli varavalaistusta käytetään osana poistumistievalaistusta, tulee sen täyttää poistumistievalaistusta täyttävät standardit. Jos varavalaistus on alhaisempi kuin normaali yleisvalaistus, ei varavalaistusta saa käyttää muuhun kuin prosessin alasajoon ja keskeneräisen työn päättämiseen. /24/

### 8.1.2 Poistumisvalaistus

”Turvavalaistuksen osa, jonka tarkoituksena on varmistaa henkilöiden turvallisuus tilasta poistuttaessa tai turvata mahdollisesti vaaraa aiheuttavan prosessin lopettaminen ennen poistumista”

Poistumisvalaistus on yleisnimitys turvavalaistuksesta, johon sisältyy kolme osaa, jotka käsittelevät turvallista poistumista rakennuksesta, sekä vaarallisen prosessin turval-

lista lopettamista. Nämä kolme osaa ovat poistumisreitivalaistus, avoimen alueen valaistus sekä riskialttiin työalueen valaistus. /23/

### 8.1.2.1 Poistumisreitivalaistus

”Poistumisvalaistuksen osa, jonka tarkoituksena on varmistaa, että tilassa olevat henkilöt voivat vaivatta tunnistaa poistumiskeinot ja käyttää niitä turvallisesti”

Poistumisreitiopasteiden tulee olla selkeitä, ne pitää pystyä havaitsemaan ja niiden merkitys on kyettävä tunnistamaan ja ymmärtämään vaivatta. Opasteiden on oltava ulkonäöltään ja yleisiltä ominaisuuksiltaan työpaikkojen turvamerkeistä ja niiden käytöstä annetun valtioneuvoston päätöksen 976\1994 mukaisia. Opasteen on oltava vähintään 100 mm korkea ja leveä, koko riippuu katseluetäisyydestä. Poistumisopasteita suunniteltaessa on otettava huomioon tilan käyttötapa ja muoto ja miten rakennuksesta poistuminen on järjestetty. Poistumisopasteet on aina oltava valaistuja ja niillä täytyy olla tavallisen valaistuksen sähkönsyötöstä riippumaton virransyöttö, jolla turvataan poistumisvalaistuksen toiminta ajaksi, joka on riittävä turvalliseen poistumiseen ja evakuointiin, kuitenkin vähintään yhdeksi tunniksi.

Poistumisreitien valaistuksen on käynnistytävä, kun tavallisen valaistuksen virransyöttö katkeaa. Valaistuksen on myös käynnistytävä siinä tapauksessa, että häiriötilanne koskee vain osaa rakennuksesta, esim. jokin tietty ryhmäkeskus. Uloskäytävien ovet ja lopulliset uloskäynnit tulee myös valaista, mutta ne hoituu usein opasvalaisimilla, jotka valaisevat myös alapuolista tilaa, joten erillisiä valaisimia ei todennäköisesti tarvita.

Poistumisreitivalaistuksen on saavutettava 50% vaaditusta valaistusvoimakkuudesta 5 sekunnin aikana ja täysi valaistusvoimakkuus 60 sekunnin aikana. /22, 23/

### 8.1.2.2 Avoimen alueen valaistus

”Poistumisvalaistuksen osa, jonka tarkoituksena on ehkäistä paniikkia ja varmistaa henkilöiden pääsy paikkaan, josta poistumisreitti voidaan havaita”

Avoimen alueen valaistuksen tarkoituksena on vähentää paniikin todennäköisyyttä sekä mahdollistaa turvallinen liikkuminen poistumisteille. Avoin alue on esimerkiksi au-

la, jonka pinta-ala on suurempi kuin  $60 \text{ m}^2$ . Avoimen alueen valaistuksen voimakkuuden tulee olla vähintään 0,5 luksia koko tilassa pois lukien 0,5 metrin levyinen reunavyöhyke. Suurimman ja pienimmän valaistusvoimakkuuden suhde ei saa olla suurempi kuin 40:1. Hätäpoistumiseen tarkoitettun avoimen alueen valaistuksen on toimittava vähintään yhden tunnin ajan. /24/ ST- ohjeisto 8 s. 13

### 8.1.2.3 Riskialttiin työalueen valaistus

”Poistumisvalaistuksen osa, jonka tarkoituksena on varmistaa niiden henkilöiden turvallisuus, jotka ovat tekemisissä mahdollisesti vaarallisen prosessin tai tilanteen kanssa ja se mahdollistaa toiminnan hallitun pysäyttämisen käyttäjän ja muiden tilassa olijoiden turvallisuutta vaarantamatta”

Riskialttiin työalueen valaistuksella tarkoitetaan potentiaalisesti vaarallisessa prosessissa tai tilanteessa olevien ihmisten turvallisuuden varmistaminen. Esimerkkinä työskentely isojen pyörivien koneiden lähellä jotka jatkavat pyörimistä vielä sähköjen kadottuakin. Riskialueella valovoimakkuuden on oltava työtasolla vähintään 10 % työhön vaadittavasta valaistuksesta, kuitenkin vähintään 15 luksia. Stroboskooppi-ilmiötä ei saa esiintyä. Normaali-valaistuksen häiriintyessä riskialttiin työalueen valaistuksen on toimittava katkotta ja annettava täysi valaistusvoimakkuus, Erityisissä tapauksissa pieni, alle 0,5 sekunnin, viive on sallittu. Riskialttiin työalueen valaistuksen on toimittava niin kauan kuin ihmisten katsotaan olevan vaarassa. /24/

### 8.1.3 Valaistavat tilat

Yleisvaravalaistus tulee tehdä majoitustiloihin, hoitolaitoksiin, rangaistuslaitoksiin, kokoontumis- ja liiketiloihin, maanalaisiin tiloihin ja yli 8- kerroksisiin rakennuksiin. Näissä paikoissa varavalaistuksen on toimittava kun normaalivalaistus pettää. Näiden lisäksi jo hyvissä ajoin suunnittelussa voitaisiin ottaa huomioon muiden tilojen varavalaistusta. Kohteesta riippuen voisi rakennuksesta etsiä sellaisia pakkoja, jotka eivät lukeudu riskialttiisiin tiloihin, eikä niissä vakituisesti työskennellä, mutta valaistuksen pettäessä voi aiheuttaa henkilöriskejä. Tällaisia paikkoja voi olla muuntamotilat, sähkötilat, konehuoneet, pannuhuoneet ja muut vastaavat, joissa usein huolto ja kunnossapitotehtäviä suoritetaan. Valaistuksen kadotessa kyseiset tilat usein ovat vailla mitään valonlähdettä, ja niistä voi olla hyvin vaikea, jopa vaarallista poistua. Suunnitteluvaiheessa tällaisten huomioiminen ei juuri tuo kohteeseen lisäkustannuksia. /22,23,24/

## 8.2 Valaistus ja ohjaus

Valaistuksen suunnittelussa keskeisin tekijä on saada oikea valaisin oikeaan paikkaan. Tarpeenmukaisella käytöllä saadaan kiinteistöön toimiva ja energiataloudellinen valaistus, joka palvelee koko kiinteistöä ja siellä asioivia. Oikean valaistuksen luominen on tärkeää, koska se vaikuttaa ihmisen näkemisen kautta miellyttävyyteen sekä työpaikoilla siten työsuoritukseen.

Valaisimen valintaan vaikuttaa myös valaisimen ulkonäkö. Valoa tuottavat esineet usein hakeutuvat katsojan silmään, ja valaisimet tuleekin mieltää osaksi sisustusta. Myös valo itse on sisutuselementti ja sen sovittaminen muun osan kanssa on myös yksi osatekijä. Ympäristö voi antaa valolla vaatimuksia, varjoja, heijastumia, värisävyjä, joilla on merkittävä vaikutus siihen miten ympäristö mielletään.

Valaistuksen ohjaus on toinen merkittävä tekijä. Ohjaus tulee suunnitella vastaamaan käyttäjän tarpeita, sekä kohteen edunmukaisesti. Yleensä valaistus toteutetaan käsi-käyttöisesti, mutta nykypäivänä automatiikkajärjestelmät ovat yleistyneet, joilla saateetaan ohjata koko kiinteistön valaistusta. Automatisoinnilla pyritään vähentämään valaistuksen tarpeetonta käyttöä, sitä kautta energiankulutusta sekä lämpökuormia, joita kompensoidaan ilmastoinnilla.

Taulukossa 11 näkyy kuinka paljon energiaa vaaditaan tietyltä valonlähteeltä antamaan tietty valaistusvoimakkuus pinta-alaa kohden. Taulukosta voidaan nähdä, että loistelamput pääsääntöisesti ovat hyviä energiataloudellisuudeltaan, sekä niiden käytettävyys ja saatavuus on erinomainen. Tämän takia loistelamput sopivat erinomaisesti yleisvalaistukseen toimistotiloissa sekä julkisessa rakentamisessa. Energiataloudellisuutta tarkastellessa myös suurpainenatrium- ja monimetallilamppu ovat hyviä, mutta soveltuvat ehkä paremmin kohdevalaistukseen. Julkisien kohteiden yleisvalaistusta ei myöskään suositella toteutettavan monimetallilampuilla, koska lamput eivät syty heti sammuttamisen jälkeen, tämä voi koitua ongelmaksi mahdollisen sähkökatkoksen aikana.

Taulukko 11: Valaistuksen tarvittava sähköteho  
pinta-alayksikkö kohti /25/

Valaistus- voimak- kuus lx	Teho pinta-alayksikköä kohti, W/m <sup>2</sup>			
	Loiste- lamppu- valaistus	Elohopea- lamppu- valaistus	Moni- metalli- lamppu- valaistus	Suurpaine- natrium- lamppu- valaistus
100	3	4	3	2
150	4,5	6	4,5	3
200	6	8	6	4
300	9	12	9	6
500	15	20	15	10
750	23	30	23	15
1000	30	40	30	20

Vähemmän energiatehokkaita valonlähteitä, kuten hehku- ja halogeenilamppuja ei suositella yleisvalaistukseen mihinkään, mutta tunnelmaa sisältävissä paikoissa voidaan kuitenkin käyttää. Tiloihin mihin halutaan luoda erilaisia tunnelmia ja mahdollisesti halutaan säädettävyyttä ja muunneltavuutta, voidaan halogeeni- tai hehkulamppuja harkita niiden hyvien säätöominaisuuksien vuoksi. Näiden lisäksi LED ratkaisuja voidaan soveltaa, sekä tutkia kyseiseen tilanteeseen soveltuvia ratkaisuja. LED-lampujen ominaisuudet eivät välttämättä jokaisessa tapauksessa vastaa hehku- tai halogeeni lamppuja, mutta LED tekniikka kehittyy vauhdikkaasti. /25/

### 8.3 Kustannus

Valaistuksen aiheuttamat kustannukset ovat merkittävä osa koko kiinteistön sähkölaitteiston investoinneista, mutta valaistuksesta aiheutuvat kustannukset seuraavat koko kiinteistön elinkaaren ajan. Kustannukset voidaan pääsääntöisesti jakaa kahteen pääalueeseen, elinkaarikustannuksiin ja investointikustannuksiin.

#### 8.3.1 Elinkaarikustannukset

Elinkaarikustannuksina yleisesti pidetään valaisimen käyttöikää/huoltoa, energiakustannuksia sekä muuntojoustoja. Suunnitteluvaiheessa näiden tekijöiden huomioonottaminen parantaa kiinteistön energiataloudellisuutta säästämällä energiakustannuksissa, sekä helpottaa käyttäjää helposti huollettavien valaisimien ylläpidossa.

Käyttöikään vaikuttaa merkittävästi valonlähteen uusimistarve. Suunnitteluvaiheessa valonlähteen tyyppi määrää, minkälaiset ennakkotiedot tietyille valonlähteille annetaan. Pääsääntöisesti pyritään siihen, että valonlähdettä ei tarvitse vaihtaa kovin usein, joka korostuu erityisesti silloin, kun valaisimet ovat lähes aina päällä, sekä silloin kun huoltotoimenpiteistä koituu haittaa käyttäjälle. Myös voisi miettiä joutuuko valaisimen runko tai muut valaisimen osat sellaiselle rasitukselle, että koko valaisin joudutaan uusimaan. Valaisimia suunnitellessa tulisi myös ajatella huollettavuutta, jotta normaalista huoltotoimenpiteestä ei koidu kohtuuttomia kustannuksia.

Muuntojoustolla tarkoitetaan rakennuksen monipuolista käyttöä ilman suuria rakenteellisia muutoksia. Valaistuksen osalta tämä pätee ja tulee esille varsinkin julkisessa rakentamisessa, tai sellaisin kiinteistöjen rakentamisessa, missä käyttäjä ei ole vielä selvillä tai käyttäjä saattaa vaihtua.

Valaistuksen energiakustannukset ovat osa kiinteistön käyttäjän jatkuvia kustannuksia. Valaistus tulisi suunnitella mahdollisimman energiatehokkaaksi käyttämällä valonlähteitä, jotka tuottavat mahdollisimman paljon valoa vähäisellä sähköteholla. /25/

### 8.3.2 Investointikustannukset

Valaisimien investointikustannukset rakennushankkeessa nousevat usein kovin suuriksi. Valaisimen valintaan pystytään vaikuttamaan suunnitteluvaiheessa, jolloin tulisi tarkastella, onko suunnittelijan valitsemaan valaisimeen vaihtoehtoja. Suunnittelijat eivät usein ole niin kiinnostuneita valaisimien investointikustannuksista, joten suunnitellut saattavat olla turhan arvokkaita. Vaihtoehtoisia valaisimia miettiessä tulee kuitenkin huomioida sijainnin kannalta aiheutuneet vaatimukset. /25/

## 8.4 Ekologiset näkökohdat

Oikealla ja tarkoituksenmukaisella valaistuksen suunnittelulla voidaan säästää huomattavasti energiaa, täten sähkön kulutus on pienempi, sekä pienennetään luontoa raskaita hiilidioksidipäästöjä. Joidenkin tutkimuksien mukaan nykyaikaisien energiaa säästävien lamppujen käytöllä voisi valaistuksesta aiheutunutta energiankulutusta pienentää keskimäärin jopa 30 %. /26/

Taulukon 12 esimerkissä on verrattu eri valonlähteiden valmistamisesta sekä käytöstä aiheutuneita CO<sub>2</sub>kuormia 10 vuoden ajanjaksolla, 5000h vuodessa.

Taulukko 12: Eri valonlähteiden CO<sub>2</sub> -kuormia, valontuotto likimain sama kaikilla (n. 600–800 lm)

CO <sub>2</sub> kuorma					
Valonlähde	Käyttöikä/h	Vaihtokerrat/ 50 000h	Valmistus CO <sub>2</sub> /kg	Käyttö/50 000h CO <sub>2</sub> /kg	Yhteensä CO <sub>2</sub> / kg
Hehkulamppu 60W	1 000	50	0,16	600	608
Halogeeni 50W	2 000	25	0,20	500	505
Pienoisloiste 11W	15 000	4	0,80	110	113
LED 8W	50 000	1	0,80	80	81

Laskelmasta huomataan, että lamppujen valmistamiseen kulunut energia, sen myöden CO<sub>2</sub> päästöt ovat hyvin vähäisiä verrattuna käytöstä aiheutuneisiin päästöihin, valonlähteestä riippumatta. Vaikka hehkulamppu joudutaankin vaihtamaan hyvin usein, on sen valmistamisesta aiheutuneet päästöt vain muutamia kiloja, kun käytöstä aiheutuneet päästöt ovat satoja kiloja. Laskelmassa valonlähteiden valmistuksessa sekä energiankulutuksessa on käytetty suomen keskimääräistä sähkönhankinnasta aiheutunutta päästöarvoa 200 g CO<sub>2</sub>/kWh. /26/

Laskelmasta huomataan, että LED- tekniikka pienoisloistelampun ohella on huomattavasti energiaystävällisempi kuin halogeeni ja hehkulamppu. LED- tekniikan kanssa pitää kuitenkin vielä olla maltillinen, sekä sitä suunnitellessa pitää tutkia sen soveltuvuus kohteeseen tarkoin. Ongelmat LED- tekniikan kanssa ovat yleensä siinä, että ilmoitetuista luvuista huolimatta, LED- lampun valontuotto ei ole niin suuri kuin muilla valonlähteillä. Sekä tie- ja katuvalaistuksessa koekäytössä olleissa ratkaisuihin häikäisy on koettu ongelmaksi. /27/



## 9 JÄRJESTELMIEN TOIMINTA SÄHKÖKATKOKSESSA

Erilaisten järjestelmien ja laitteiden toiminnan turvaamiseen sähkökatkon aikana ovat usein syynä henkilöturvallisuus tai taloudelliset intressit, eli omaisuuden turvaaminen. Jotta kohteen varmentaminen onnistuisi, täytyy nämä kaksi asiaa tuntea ja osata erottaa toisistaan. Sen lisäksi kohde tulee tuntea hyvin, sen toiminnoista ja tilojen käytöstä täytyy olla selvillä. Varavoiman suuruus vaihtelee suojattavan kiinteistön koon, sekä laitemäärän mukaan. Suunnitteluvaiheessa kohteelle tehdään tarvekartoitus minkä perusteella selviää tarvittava varavoiman määrä. Erilaisia seikkoja, jotka otetaan huomioon tarvekartoituksessa, ovat mm:

- Viranomais määräykset (esim. sairaalat, väestönsuojat, yleisötilat)
- Kohteen omat tarpeet (toiminnan jatkumien häiriöttä, taloudellisten vahinkojen välttäminen)
- Tekniikan toimintaehdoista johtuvat mitoitusvaatimukset

Varavoimatekniikan valitsemiseen vaikuttaa tarvittavan varavoiman tarvittava kesto ja tehontarve. Uudiskohteissa tehontarve joudutaan määrittämään suunnitelmista ja käyttäen kokemusperäisiä tietoja. /28/

### 9.1 Kriittisten laitteiden toiminnan turvaaminen

Laitteiden toiminnan turvaamisen suunnittelussa jaetaan turvattavat kohteet edellä mainittuun kahteen osaan, henkilöturvallisuuteen ja omaisuuden turvaamiseen. Tämä jako voidaan tehdä karkeasti, koska on olemassa lakeja ja standardeja koskien henkilöturvallisuutta, mutta omaisuuden turvaamisen perustana ovat taloudelliset intressit, jolloin varavoiman suuruus sekä siihen panostaminen on enemmän tilaajan määriteltävissä. /28/

### 9.1.1 Henkilöturvallisuus

Käsitellessä henkilöturvallisuutta koskevaa varmennettua syöttöä, huomioidaan niitä laitteita ja järjestelmiä mitkä kohdistuvat suoraan tai välillisesti henkilöturvallisuuteen. Käsitteenä tämä on hyvin laaja ja käsittää hyvin monia järjestelmiä. Tavallisesti lähes jokaiseen kiinteistöön liittyviä järjestelmiä ovat mm.

- Turvavalaistus
- Paloilmoitin- ja palosuojelujärjestelmä
- Erilaiset sammutusjärjestelmät
- Rikosilmoitus ja valvontajärjestelmät

Näihin järjestelmiin sisältyy viranomaismääräyksiä sekä sisäasianministeriön vaatimuksia, jotka velvoittavat kunkin järjestelmän oman turvaamisen keskuskohtaisella akustolla. Tällöin määräykset täyttyvät ilman erillistä turvasyöttöä.

Lähes poikkeuksetta S1-luokan väestönsuojat tulee liittää varmennettuun sähköverkkoon, sekä on myös suositeltavaa, että niissä on oma varavoimajärjestelmä. Luokat S3 ja S6 on varustettava varavoimajärjestelmällä.

Lääkintätilojen varmennetun sähkönjakelun tarve määräytyy tilaluokitusten mukaan. Näissä on lähes aina kyse potilasturvallisuudesta. Tiloihin voi myös liittyä järjestelmiä, mitkä ei suoranaisesti liity henkilöturvallisuuteen, kuten tietojärjestelmät, jotka voidaan varmentaa tavanomaisin järjestelmin, jos se on teknisesti järkevää. Tilaluokituksen perusteella valitaan sopiva turvasyöttöjärjestelmä, johon liitetään toimenpiteiden kannalta tärkeät sähkökäyttöiset lääkintälaitteet ja riittävä määrä valaistusta. Lääkintätilojen turvasyöttöjärjestelmää koskee standardi SFS 6000-7-710, jossa on määritelty yksityiskohtaisesti mitä laitteita turvataan eri syöttöjärjestelmillä. Samassa luvussa on myös ohjeellinen tilaluokitus, mutta tilaluokitus tulee aina selvittää erikseen.

Erilaiset kaasut, savut ja höyryt saattavat aiheuttaa henkilövaaroja, jotka saattavat vapautua ilmaan sähkökatkon haittana, esimerkiksi joissain teollisuustiloissa tai tuotantoprosesseissa. Tällaiset haitat esiintyvät, kun sähkökatkon aiheuttamana tapahtuu hal-

litsematon prosessin keskeytyminen. Vastaavien tilojen varmennetun syötön suunnittelu voi olla hankalaa, koska sähkösuunnittelija ei välttämättä tiedä tarkemmin tilojen käyttötarkoituksesta eikä prosessista, jolloin suuri vastuu jää prosessisuunnittelijalle määrittellä, millaista varmennustasoa prosessin eri osat vaativat. /28/

### 9.1.2 Omaisuuden turvaaminen

Teollisen tuotannon prosessien hallitsematon käyttökeskeytys voi johtaa omaisuusvahinkoihin, kuten terien katkeamisia tai erilaisien järjestelmien osien tuhoutumisia. Myös lämpötilat saattavat nousta varsinkin atk-laitteistoissa, joka aiheuttaa laitteistojen vioittumisia. Suurimmat vahingot yleensä tapahtuvat lähes välittömästi sähkönsyötön katkettua, mutta vahingot kasvavat mitä kauemmin katkos kestää. Vakuutusyhtiöt voivat esittää vaatimuksia syötön varmentamisesta, jotka eivät usein ole kovin yksiselitteisiä.

Erilaiset omaisuuden turvaamiseen kohdistuvat järjestelmät vaativat osaltaan varmennettua syöttöä. Kuten henkilöturvallisuutta koskevissa laitteissa, omaisuuden turvaamista koskevat järjestelmät kuten, murtohälytys, videovalvonta, kulunvalvonta yms. laitteet ovat omalta keskukselta akkuvarmennettuja. Nämä järjestelmät saattavat tosin ohjata isompia laitteita, jotka tarvitsevat erillisen varmennetun syötön.

Yleensä sähköjakelun varmentamisen suunnittelussa keskitytään jakeluverkon häiriöitä tai kiinteistön jakeluverkon vikaantumisen torjumiseen. Turvajärjestelmien kannalta tulee myös tarkastella turvattua syöttöä tahallisesti aiheutettujen häiriöiden kannalta, joilla pyritään vaikuttamaan järjestelmän toimintaan sähkönsyötön kautta. Tällaisissa tilanteissa kuitenkin tulisi tehdä erillinen tarkastelu tarpeellisuudesta ja laajuudesta. /28/

### 9.1.3 Järjestelmien käynnistyminen sähkökatkon jälkeen

Sähkökatko on usein käyttäjästä riippumaton tilanne, eikä sen tapahtumaa voi ennakoita. Katkosta varten on kuitenkin syytä varautua hallitulla käynnistymisellä katkon jälkeen. Kiinteistön suuret laitteet, jotka ottavat suuren käynnistysvirran, aiheuttavat riskin katkon jälkeen suoralla käynnistymisellä. Tämä riski kohdistuu kiinteistön pääsulakkeille, joita ei ole suunniteltu kestävänsä niin suuria virtoja. Pahimmassa tapauksessa kiinteistön pääsulakkeet eivät kestä ja tämä aiheuttaa pidemmän katkon. Kiinteistöautomaatiikan tulisi huolehtia siitä, että laitteet käynnistyvät portaittain, jotta vältetään kohtuuttomat kuormat. Kiinteistöautomaatiikan tulee myös huolehtia siitä, että laitteet varmasti käynnistyvät. Muuntamo- ja varasähkötilojen ilmastointi/jäähdytys tulisi toteuttaa paikallisautomaatiolla. Tämä pienentää automaattisen käynnistymättömyyden riskiä huomattavasti. Jäähdytyksen käynnistymättömyys todennäköisesti aiheuttaisi kiinteistöön uuden sähkökatkoksen lämpenemisen vuoksi.

Haittoja voi syntyä laitteista, jotka eivät pysty käynnistymään heti sähköön palattua, mikäli katkos on ollut suhteellisen lyhyt. Tällaisia laitteita voivat olla esimerkiksi jotkut valaisimet tai moottorit. Monimetallilamput tarvitsevat tietyn jäähtymisajan ennen kuin ne syttyvät uudelleen. Tämä on haitallista, mikäli julkisessa tilassa yleisvalaistus on toteutettu kyseisillä lampuilla. Tällöin tulisi huomioida jokin toinen luotettava valonlähde antamaan yleisvaloa kunnes varsinainen valaistus taas syttyy. Tämä ongelma voi esiintyä hyvin lyhyillä sähkökatkoilla. Myös joitain moottoreita ei saa käynnistää pysähtymisen jälkeen ennen kuin ne ovat jäähtyneet esimerkiksi noin 15 minuuttia.

Sähkölaitteiden käynnistymisestä saadaan varmuus kuitenkin vain järjestämällä sähkökatko ja tutkittava järjestelmän palautumista. Tällainen koestus tehdään rakennusvaiheen viimeisillä hetkillä, muiden koekäyttöjen yhteydessä. Usein tällainen tilanne aiheuttaa hämmennystä työmaalla kiireiden takia, eikä urakoitsijoilla ole halukkuutta tehdä tällaista sähkökatkosta. Tämän takia sähkökatkon aiheuttaminen koekäytössä tulisi kirjata urakkasopimukseen.

**YLEISIMMÄT PUUTTEET JA HAITAT SÄHKÖSUUNNITELMISSA**

Loppuyhteenvedoksi voidaan listata yleisimmät sähkösuunnitelmissa esiintyneet puutteet ja haitat.

- Puutteellinen lähtötietojen hankinta
- Oikosulkukestoisuuden määrittäminen keskusmäärittelyissä
- Muita tiloja palvelevien putkien ja kanavien sijoittaminen sähkötiloihin
- Pääsähkötilojen sijoittaminen hankalien kuljetusreittien päähän (pystysuuntaiset siirrot/nostot mukaan lukien)
- Suojauksen epäselektiivisyys
- Sähkötilojen ilmanvaihdon alimitoitus
- LVI-automaatio-sähkösuunnitelmien ristiriitaisuudet
- Savunpoiston sähköistyksen suunnitelmapuutteet
- Valaistuksen epätarkoituksenmukainen ylimitoitus

1. ST- kortisto, ST- käsikirja 35 s. 14-16, Sähkö ja teletekniset tilat ja asennusreitit
2. Muuntajan tekniset tiedot, ABB- yhtymän verkkosivut [www.abb.fi/product/db0003db004283/b2391424936d3b87c125745c0033c14c.aspx?productLanguage=fi&country=F](http://www.abb.fi/product/db0003db004283/b2391424936d3b87c125745c0033c14c.aspx?productLanguage=fi&country=F)
3. Varavoimakoneen tekniset tiedot, kW-set Oy:n verkkosivut, [www.kwset.fi/index.php?node\\_id=8061](http://www.kwset.fi/index.php?node_id=8061)
4. ST- kortisto, ST- käsikirja 33 s. 32, Rakennusten sähköasennusten tarkastukset
5. ST- kortisto, ST- kortti 53.25 s. 3, Ohjeet vikasuojauksesta TN- järjestelmässä  $\leq 1000$  V
6. ST- kortisto, ST- kortti 52.51.02, Sähkön laatu. Jännitteenaleneman minimoiminen
7. ST- kortisto, ST- käsikirja 35 s. 29-35, Sähkö ja teletekniset tilat ja asennusreitit
8. SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. Luku 8-810.5, Erityisvaatimukset vähintään 63 A jakokeskuksille ja niiden sijoitustiloille, Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS, 2007.
9. Insinööriyö: Staattisen sähkön poisto lattiamateriaaleilla, Mikko Taponen, 2006
10. ST- kortisto, ST- kortti 53.61, Sähkötilojen ilmavaihto ja jäähdytys
11. ST- kortisto, ST- kortti 53.11 s. 7, Kaapeliliitännäiset sähkökäyttäjän muuttamot.
12. ST- kortisto, ST- käsikirja 31 s. 65, Varavoimalaitokset
13. ST- kortisto, ST- kortti 840.95, Teollisuuden sähkötilojen palontorjunta
14. ST- kortisto, ST- käsikirja 35 s. 19-28, Sähkö ja teletekniset tilat ja asennusreitit
15. ST- kortisto, ST- kortti 53.13, Kiinteistön sähköverkon suojauksen selektiivisyys
16. ST- kortisto, ST- käsikirja 20 s. 168-169, Varmennetut sähköjakelujärjestelmät
17. ST- kortisto, ST- käsikirja 37 s. 11-13, 201, 66-67, EMC ja rakennusten sähkötekniikka
18. ST- kortisto, ST- käsikirja 35 s. 27-28, Sähkö ja teletekniset tilat ja asennusreitit
19. Häiriösuojaus: Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry:n julkaisu s. 70, 22, 26
20. Rakennusmääräyskokoelma, RakMk E1
21. ST- kortisto, ST- kortti 51.33.01, Savunpoistojärjestelmän suunnittelu
22. Sisäasiainministeriön asetus SMA 805\2005
23. ST- kortisto, ST- kortti 59.10, Turvavalistus ja poistumistieopasteet, suunnittelu

24. ST- kortisto, ST- ohjeisto 8 s. 13-14, Poistumisvalaistus ja poistumisreitivalaistus
25. ST- kortisto, ST- kortti 58.06, Valaistuksen tavoitteet ja valaistuksen tavoitteiden toteutus
26. Valosto internet sivusto, <http://www.valosto.com/>,  
[http://www.valosto.com/tiedostot/Energiatehokas\\_valaistus.pdf](http://www.valosto.com/tiedostot/Energiatehokas_valaistus.pdf)
27. Sähköala- lehti 8/2009 s.34- 36
28. ST- kortisto, ST- käsikirja 20 s.13- 18, 27- 36, Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät
29. Insinööritoimisto Olof Granlund Oy, Erkki Finni, sisäinen koulutusmateriaali, 2001

## Liite 1.1

Projektin nimi	Päivämäärä
----------------	------------

**RIKOSILMOITUSJÄRJESTELMÄ**

## Tarveselvitys

TARVITAANKO RIKOSILMOITUSJÄRJESTELMÄÄ	Kyllä	Ei	Lisätietoja
henkilökunnan suojelemiseksi rikoksilta?			Ketä suojellaan? Mikä heitä uhkaa?
asiakkaiden suojelemiseksi rikoksilta?			Ketä suojellaan? Mikä heitä uhkaa? Uhkaako joku asiakkaista muita asiakkaita?
muiden henkilöiden suojelemiseksi?			Ketä suojellaan? Mikä heitä uhkaa?
tietojen suojelemiseksi?			Mikä tieto? Missä tilassa? Uhkaako tietoja varastaminen, ikkivalta vai tuhoaminen? Kenen toimesta?
arvoikkaan omaisuuden suojelemiseksi?			Mikä omaisuus? Missä tilassa? Uhkaako sitä varastaminen vai ikkivalta?
kärkeiden tai arvoikkaiden työvälineiden (esim. tietokoneet) suojelemiseksi?			Uhkaako työvälineitä varastaminen, ikkivalta vai tuhoaminen?
rakennuksessa säilytettävien lääkkeiden, huumeiden, alkoholin, tms. rikollisia kiinnostavan aineen suojelemiseksi?			Missä niitä säilytetään?
rakennuksessa säilytettävien aseiden tai räjähdysainesten, tms. rikollisia kiinnostavan materiaalin suojelemiseksi?			Missä niitä säilytetään?
irtaimiston suojelemiseksi?			
muun kohteen suojelemiseksi?			Minkä? Missä?
koska rakennukseen tai yritykseen kohdistuu uhkakijötä			lähellä yökotia tai ravintolaa?
- rakennuksen ikkivalta-alueen sijainnin takia?			
- joidenkin tilojen ikkivalta-alueen sijainnin takia?			
- rakennuksen ryöstö- tai rikosalttiin sijainnin takia?			Alue on yöllä hiljainen ja ryöstöille otollinen?
- joidenkin tilojen ryöstö- tai rikosalttiin sijainnin takia?			Asiakkaat poistuvat rakennuksesta esim. varastoitujen ohien?
- jonkin muun sijainnin liittyvän seikan takia?			
koska liikkimieliset ääniläikheet eivät hyväksy yrityksen toimintaa tai yhteistyökumppaneita?			Kuka ei hyväksy? Mitä? Miksi? Huom. järjestelmän käyttöä ja tulevaisuuden uhat. Toteutetaanko järjestelmä vai tehdäänkö sopivat varaukset?
koska yritykseen kohdistuu joku muu erityinen uhka?			Mikä uhka?
avun kutsumiseksi ja rikoksen estämiseksi?			Poliisi? Oma turvallisuushenkilöstö? Turvallisuusyrityksen henkilöstö?
rikoksen rekisteröimiseksi ja selvittämiseen tarvittavien tietojen tallentamiseksi?			Mitä tietoja rekisteröidään?
automaattisten suojaustoimien käynnistämiseksi?			
rikosten ennallaehkäisemiseksi?			
vakuutusmaksujen pienentämiseksi?			
vantointilukkeen maksujen pienentämiseksi?			
Muita syitä, mitä?			
<b>VAIITAANKO JÄRJESTELMÄ?</b>			
Lisätietoja:			
.....			
.....			







Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellis- virta A	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35	287	359	165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10 625	5100	6375

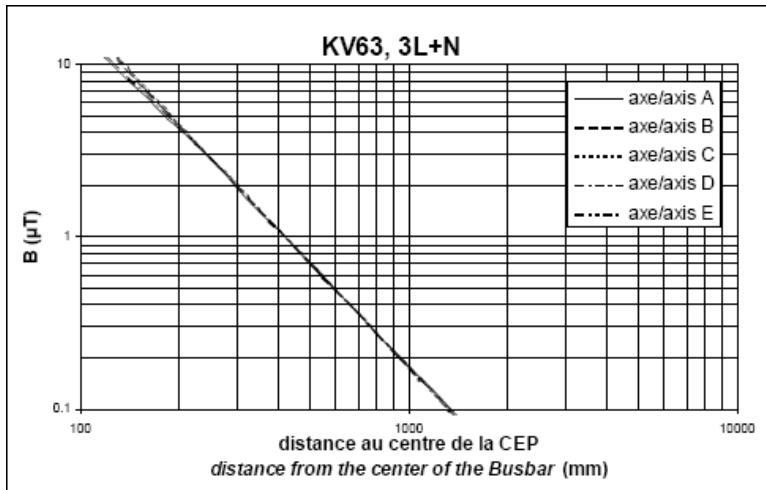
Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellis- virta A	B-tyyppi, 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi, 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1250	1562,5

## Valmistaja / tuote / resistanssarvo

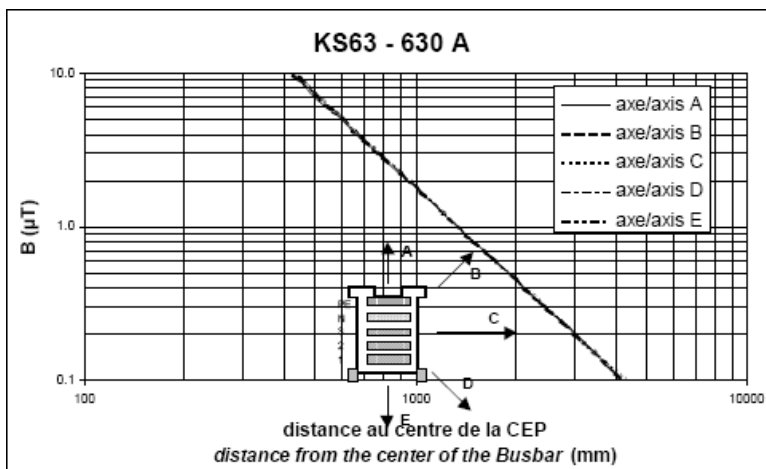
Kondolia / Resistanssi vaatimus	Standardi	Huom.
Laitte- ja valvonnat	X	X
100 k ohm - 100 G ohm.	O	O
Valmistus- ja varastointilat	O	O
100 ohm - 100 k ohm / 100 k ohm - 100 G ohm.	X	X
Sätköantekojenamat	O	O
100 k ohm - 100 G ohm.	X	X
Räjähdysvaaralliset tilat	-	-
100 ohm - 100 k ohm	-	-
Akkunumerit	-	-
100 ohm - 100 k ohm / 100 k ohm - 100 G ohm.	ST 11.11	Haponekstiävä
Jakokeskustilat	O	X
>100 G ohm	SFS 6000-8-810	O
Sätkötilat	O	X
>100 G ohm	SFS 6000 413.3 ja 612.5	X
Operaattoreiden Tehtaille-, verkostotalle- ja voltin alueille	O	X
100 ohm - 100 k ohm / 100 k ohm - 100 G ohm.	SFS 5682	Muovi
Puhdasilat	X	O
Lähtökätilat	X	O
50 k ohm - 100 M ohm	SFS 6000-7-710	O
Kerrosjakamo- ja talojakamotilat	O	X
100 ohm - 100 k ohm / 100 k ohm - 100 G ohm.	SFS 5682	Muovi
ATK-tilat	O	X
100 ohm - 100 k ohm / 100 k ohm - 100 G ohm.	SFS 5682	O

Sätkötekniisillä varustettujen: X = Soveltuu hyvin, O = Soveltuu varauksin, - = Ei sovellu

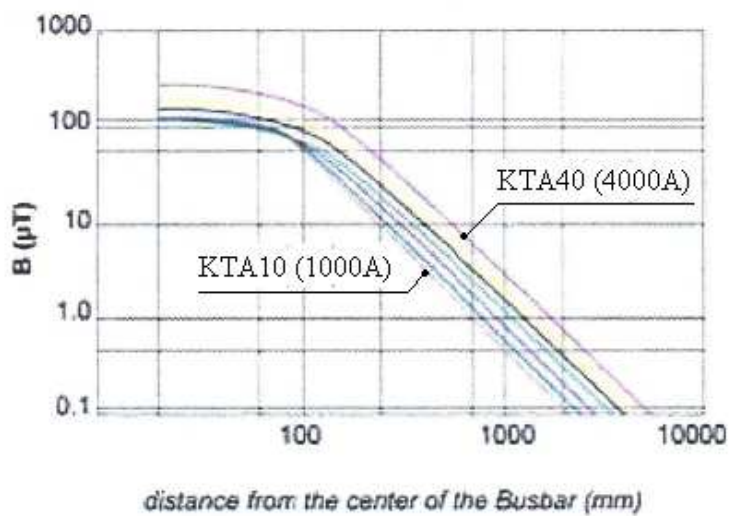
Materiaalien mekaaniset ja kemialliset ominaisuudet tulee määrittää tapauskohtaisesti



Kuva 1: Canalis KVA 630A kompaktikiskon magneettivuon tiheyden kuvaaja.



Kuva 2: Canalis KSA 630A ilmaeristeisen kiskon magneettivuon tiheyden kuvaaja.



Kuva 3: Canalis KTA sarjan magneettivuon tiheyden kuvaaja.