

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Talotekniikka  
Sakari Pihlavirta

Opinnäytetyö

## **Pienjänniteasennusten maadoitukset**

Työn ohjaaja  
Työn teettäjä  
Tampere 4/2009

Diplomi-insinööri Veijo Piikkilä, TAMK  
Hajalan sähkö Oy

Tekijä(t)	Sakari Pihlavirta
Työn nimi	Pienjänniteasennusten maadoitukset
Sivumäärä	41
Työn valmistumiskuukausi ja vuosi	4/2009
Työn ohjaaja	DI Veijo Piikkilä
Työn tilaaja	Hajalan Sähkö Oy

---

## **TIIVISTELMÄ**

Opinnäytetyössä on perehdytty alle 1000 V:n jännitteisten sähköasennusten maadoittamiseen ja potentiaalintasauksen tekemiseen liittyviin asioihin. Työ käsittelee kokonaisuudessaan asuinrakennusten, teollisuusrakennusten ja toimistorakennusten maadoitusjärjestelmiä ja maadoitustapoja. Työssä on pyritty selventämään maadoittamiseen liittyviä vaatimuksia ja standardeja.

Työn alussa on selvitetty maadoitusten käsitteitä, mitkä on tunnettava tehtäessä ja suunniteltaessa maadoituksia. Työssä on huomioitu standardisarjan SFS 6000 uusiminen vuonna 2007, joka on tuonut merkittäviä muutoksia maadoitusvaatimukseen. Työn tarkoituksena on ollut, että sen pohjalta pystyy toteuttamaan rakennuksen maadoitus- ja potentiaalintasausjärjestelmät.



## Sisällysluettelo

1	Maadoittamisen käsitteitä.....	5
1.1	Määritelmiä.....	5
1.2	Maadoituksen tarkoitus .....	8
1.3	Maadoittamisen nimityksiä .....	9
1.4	Johtimien merkitseminen.....	10
1.5	Maadoittamisen historia .....	10
2	Maadoitusjärjestelmät.....	12
2.1	Maadoitusjärjestelmään liittyviä komponentteja.....	12
2.2	Jakelujärjestelmät .....	13
2.2.1	TN-järjestelmät.....	13
2.2.2	TT-järjestelmä .....	16
2.3	Jakelujärjestelmän valinta .....	18
2.4	Maadoitusjärjestelmän rakenne .....	19
3	Maadoituselektrodi .....	20
3.1	Perustusmaadoituselektrodi.....	20
3.2	Poikkeukset.....	21
4	Potentiaalintasaukset .....	22
4.1	Pääpotentiaalintasaus.....	22
4.2	Lisäpotentiaalintasaus.....	25
5	Maadoitus häiriösuojauksen kannalta.....	26
6	Työmaadoitus .....	27
7	Maadoitusten mitoitus .....	28
7.1	Maadoituselektrodin mitoitus.....	28
7.2	Maadoitusjohtimen mitoitus.....	29
7.3	Suojajohtimien mitoitus.....	30
7.4	Potentiaalintasausjohtimien mitoitus.....	31
7.5	Lisäpotentiaalintasausjohtimien mitoitus .....	33
8	Maadoitusten mittaukset.....	34
8.1	Maadoitusresistanssien mittaukset .....	34
8.2	Suoja- ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuusmittaukset.....	34
8.3	Silmukkaimpedanssimittaus .....	34
9	Erikoistilojen maadoitukset .....	35
9.1	Lääkintätilat.....	35
9.2	Räjähdyksenvaaralliset tilat.....	35
9.3	Eläinsuojat .....	35
10	Automaatiojärjestelmien maadoitukset .....	37
11	Yhteenveto.....	39

# 1 Maadoittamisen käsitteitä

## 1.1 Määritelmiä

Maadoituksiin liittyvät termit ja käsitteet aiheuttavat usein sekaannusta, ja monesti eri termit sekoitetaan keskenään. Syynä on termien ja niiden merkitysten muuttuminen standardimuutosten takia. Eri maadoitusjärjestelmien johtimet näyttävät usein samanlaisilta, ja myös siksi ne sekoitetaan keskenään. (Tiainen 2008, 9.) Seuraavassa on selvitetty maadoituksiin liittyviä käsitteitä.

**Referenssimaa:** maan johtava osa, jonka sähköiseksi potentiaaliksi missä tahansa kohdassa on sovittu nolla ja joka on kaikkien maadoitusjärjestelmien vaikutusalueen ulkopuolella.

**(Paikallinen) maa:** maan johtava osa, joka on yhteydessä maadoituselektrodiin ja jonka potentiaali ei välttämättä ole nolla.

**Maadoittaa:** tehdä sähköinen liitäntä järjestelmään, asennukseen tai laitteen jonkin pisteen ja paikallisen maan välillä.

**Maadoitusjärjestelmä:** kaikki sähköiset kytkennät ja laitteet, jotka muodostavat järjestelmän, laitteiston ja laitteen maadoituksen.

**Maadoituselektrodi:** johtava osa, joka on sähköisessä yhteydessä maahan ja voi olla upotettu erityiseen johtavaan väliaineeseen, esimerkiksi betoniin.

**Maadoituselektrodiverkko:** osa maadoitusjärjestelmää, joka sisältää vain maadoituselektrodit ja niiden väliset liitynnät.

**Riippumaton maadoituselektrodi:** maadoituselektrodi, joka sijaitsee sellaisella etäisyydellä muista maadoituselektrodeista, että maan ja muiden maadoituselektrodien väliset virrat eivät merkittävästi vaikuta sen sähköiseen potentiaaliin.

**Perustusmaadoituselektrodi:** yleensä rengasmainen, johtava osa, joka on upotettu maahan rakennuksen perustusten alle tai ensisijaisesti upotettu rakennuksen perustuksen betoniin.

**Suojamaadoitus:** järjestelmän tai asennuksen pisteen maadoittaminen suojauksen takia.

**Toiminnallinen maadoitus:** järjestelmän, asennuksen tai laitteen pisteen maadoittaminen muun syyn kuin sähköiskulta suojaamisen takia.

**Maadoitusjohdin:** johdin, joka muodostaa johtavan yhteyden laitteen, asennuksen ja järjestelmän välille.

**(Sähkö)järjestelmän maadoitus:** toiminnallinen maadoitus ja suojamaadoitus järjestelmän määrättyssä pisteessä.

**Rinnakkaismaadoitusjohdin:** johdin, joka yleensä sijoitetaan pitkin kaapelireittiä saamaan aikaan pieni-impedanssisen liitoksen maadoitusjärjestelmän ja kaapelireitin päiden välille.

**Maapaluujohtin:** sähköisesti johtava reitti, jonka muodostavat maa ja johtimet tai maa ja johtavat osat maadoitusjärjestelmien välille.

**Päämaadoituskisko, päämaadoitusliitin:** kisko tai liitin, joka on osa maadoitusjärjestelmää ja johon voidaan liittää maadoittamista varten useita johtimia.

**Maadoitusimpedanssi:** järjestelmän, asennuksen tai laitteen määrätyn pisteen ja referenssimaan välinen impedanssi määrättyllä taajuudella.

**Maadoitusresistanssi:** maadoitusimpedanssin reaalin osa.

**Tasapotentiaali:** olosuhde, jossa johtavat osat ovat suunnilleen samassa sähköisessä potentiaalissa.

**Potentiaalintasaus:** Johtavien osien välinen sähköinen liitäntä, jonka tarkoituksena on saavuttaa tasapotentiaali.

**Suojaava potentiaalintasaus:** suojaustarkoitukseen käytetty potentiaalintasaus.

**Toiminnallinen potentiaalintasaus:** muun toiminnallisen syyn kuin turvallisuuden takia tehty potentiaalintasaus.

**Suojajohdin (merkintä PE):** johdin, jota käytetään suojauksen takia, esimerkiksi sähköiskulta suojaamiseen.

**Suojamaadoitusjohdin:** suojajohdin, jota käytetään suojamaadoittamisen suorittamiseen.

**(Suojaava) potentiaalintasausjohdin:** suojajohdin, jonka avulla tehdään suojaava potentiaalintasaus.

**PEN-johdin:** johdin, joka toimii samalla sekä suojamaadoitus- että nollajohtimena.

**PEM-johdin:** johdin, joka toimii samalla suojamaadoitus- että keskipistejohtimena.

**PEL-johdin:** johdin, joka toimii samalla sekä suojamaadoitus- että äärijohtimena.

**Toiminnallinen maadoitusjohdin:** toiminnalliseen maadoitukseen käytetty johdin.

**Toiminnallinen potentiaalintasausjohdin:** toiminnalliseen potentiaalintasaukseen käytetty johdin.

**Potentiaalintasausjärjestelmä:** johtavien osien välinen yhteenkytkentä, jolla saavutetaan näiden osien potentiaalintasaus.

**Suojaava potentiaalintasausjärjestelmä:** potentiaalintasausjärjestelmä, jolla saavutetaan suojaava potentiaalintasaus.

**Toiminnallinen potentiaalintasausjärjestelmä:** potentiaalintasausjärjestelmä, jolla saavutetaan toiminnallinen potentiaalintasaus.

**Yhteinen potentiaalintasausjärjestelmä:** potentiaalintasausjärjestelmä, jolla saavutetaan sekä suojaava että toiminnallinen potentiaalintasaus.

**Potentiaalintasausliitin:** laitteessa tai kojeessa oleva liitin, joka on tarkoitettu sähköiseen liittämiseen potentiaalintasausjärjestelmään.

**Potentiaalintasauskisko:** kisko, joka on osa potentiaalintasausjärjestelmää ja johon voidaan liittää potentiaalintasaukseen käytettäviä johtimia.

(SFS 2007, 81 - 86.)

## **1.2 Maadoituksen tarkoitus**

Maadoittamisen tarkoituksena on yhdistää sähköasennuksen osa sekä asennuskohteeseen liittyvät muut metallirakenteet ja johtavat osat samaan potentiaaliin maan kanssa. Maadoittamisella on merkitystä sekä sähköturvallisuuden että häiriösuojauksen kannalta. Sähköturvallisuuden kannalta rakennusten maadoitusten ensisijaisena tarkoituksena on rajoittaa vikatapauksissa esiintyviä kosketusjännitteitä ja askeljännitteitä. Vika voi liittyä itse rakennuksen sähköasennuksiin tai sitä syöttävään järjestelmään, suurjänniteverkko mukaan lukien. Vikaan voidaan rinnastaa myös ukkosen aiheuttamat ylijännitteet. Maadoituksilla rajoitetaan sähköasennuksiin ja -laitteisiin vikatilanteissa kohdistuvat jänniterasitukset siedettävälle tasolle. Lisäksi maadoituksilla pyritään estämään haitallisten häiriöiden syntyminen normaali- ja vikatilanteissa itse järjestelmässä sekä häiriöiden siirtyminen muihin järjestelmiin, kuten erilaisiin tele- ja viestinsiirtojärjestelmiin. (Tiainen 2006, 264.)

Rakennusten maadoitukseen liittyy varsinaisen maadoituselektrodin ohella potentiaalintasausjärjestelmä, ja maadoitusten toteutuksessa onkin syytä ottaa huomioon näistä muodostuvan kokonaisuuden tarkoituksenmukaisuus.

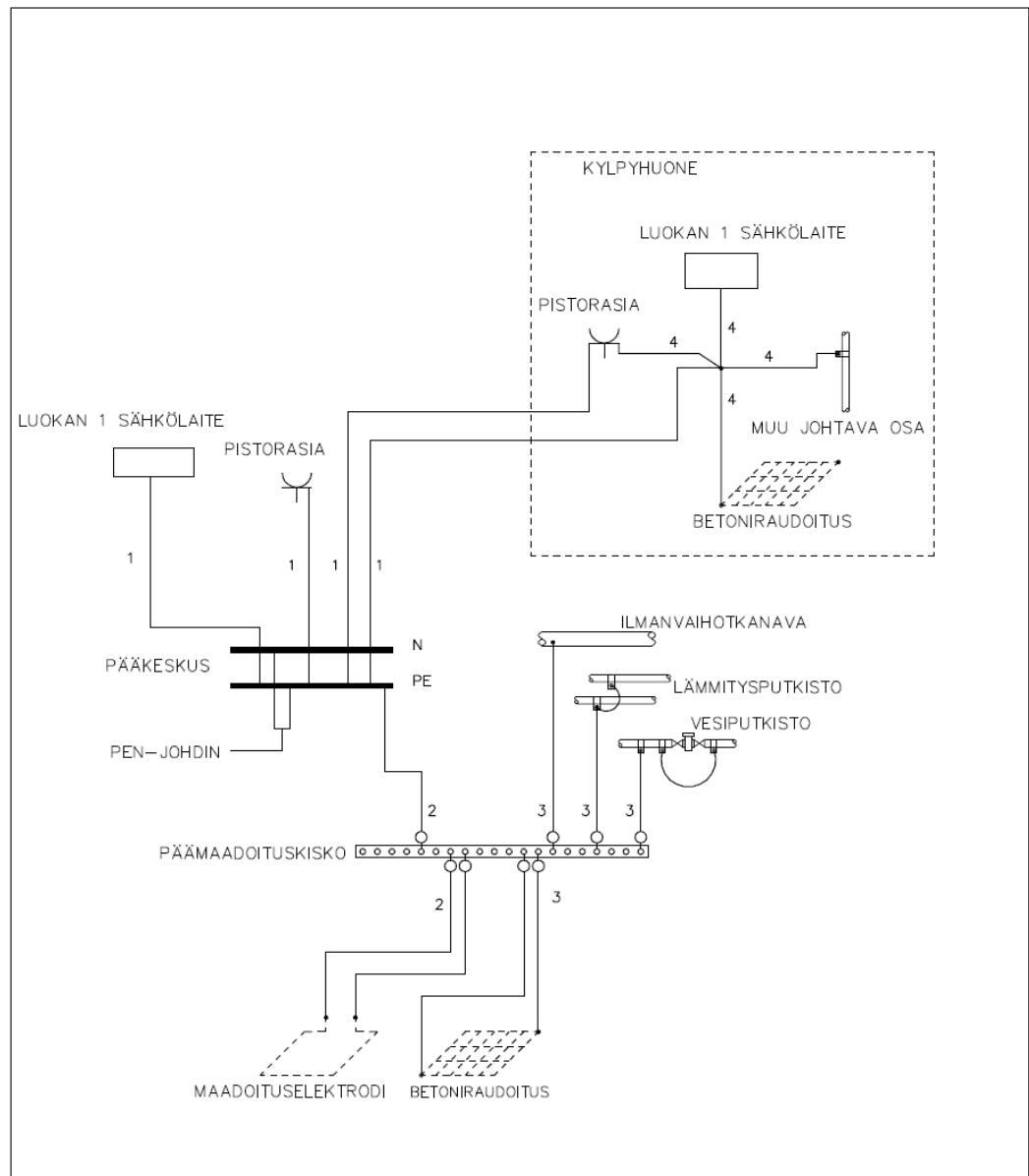
Suomen olosuhteissa rakennusten maadoituksilla on erityinen merkitys, koska PEN-johdin saattaa katketa esimerkiksi yleisesti käytetyn AMKA-ilmajohtoverkon vuoksi. Suurjännite- ja pienjännitejärjestelmissä käytetään muuntamoissa nykyään



lähes poikkeuksetta yhteistä maadoitusta. Maadoitusten yhdistämisen sallimisessa lähtökohtana ovat olleet liittymäkohtaiset rakennusten maadoitukset. (Tiainen 2006, 264.)

### 1.3 Maadoittamisen nimityksiä

Maadoituksen osien nimityksiä on esitetty kuviossa 1. Kuviossa numero yksi tarkoittaa suojamaadoitusjohdinta, numero kaksi maadoitusjohdinta, numero kolme pääpotentialintasausjohdinta ja numero neljä lisäpotentialintasausta.



Kuvio 1 Maadoitukseen liittyviä nimityksiä.

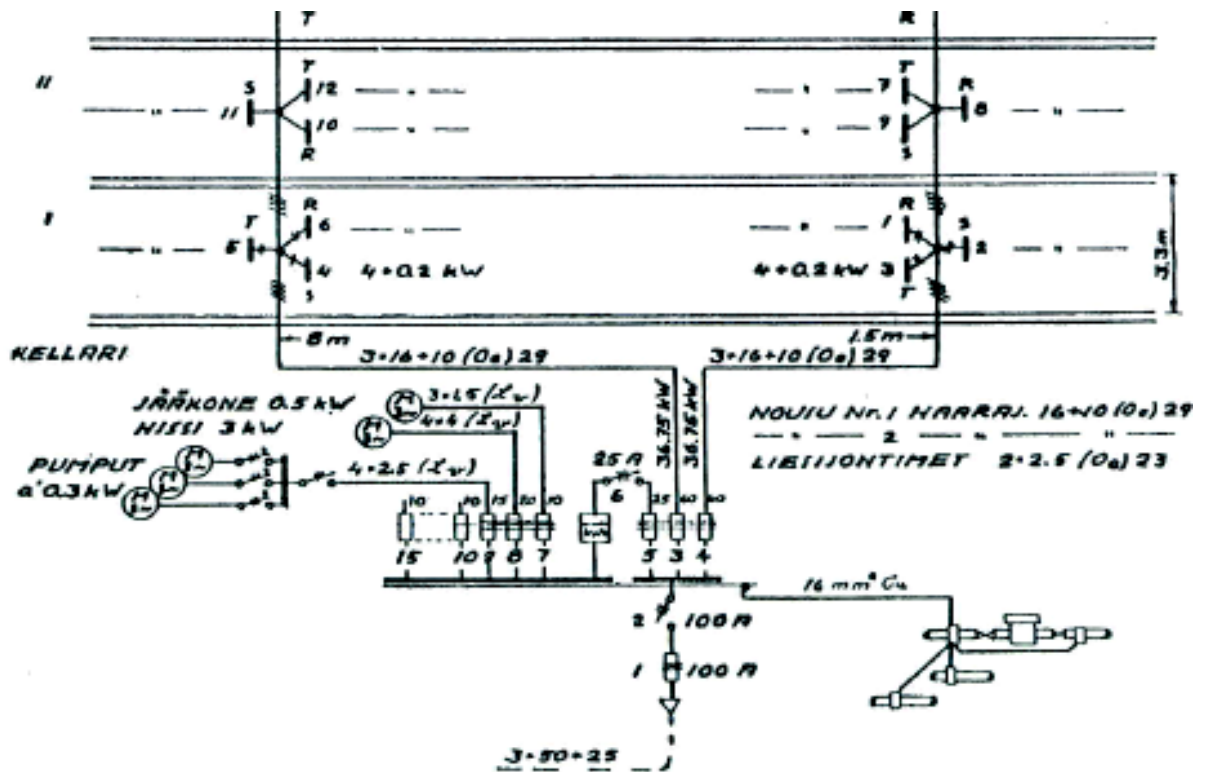
#### **1.4 Johtimien merkitseminen**

**Suojajohdin** on kelta-vihreä koko pituudeltaan, eikä tätä väriyhdistelmää saa käyttää mihinkään muuhun tarkoitukseen. **Nollajohdin** on koko pituudeltaan sininen.

**PEN-johdin** on kelta-vihreä koko pituudeltaan, lisäksi PEN-johtimen päät on merkittävä sinisellä tunnusvärillä. (Tiainen 2007, 20-21.)

#### **1.5 Maadoittamisen historia**

Asuntojen sähköistyksessä käytettiin yleisesti TN-C-järjestelmää jo 1930-luvulta lähtien. Jo silloisten vaatimuksien mukaan esimerkiksi kiinteät sähköliedet piti maadoittaa yhdistämällä nollajohdin lieden runkoon. Vanhoissa asennuksissa käytettiin yleisesti nollausta ryhmäjohtotasolla ilman poikki-pintavaatimuksia. PEN-johdinta nimitettiin ennen vuotta 1989 nollajohtimeksi eikä sitä erotettu tavallisesta nollajohtimesta merkinnöin. Isoissa rakennuksissa, kuten kerrostaloissa tehtiin potentiaalintasauksia 1930-luvulta lähtien yhdistämällä johtavat putkistot pääkeskuksen nollakiskoon 16 mm<sup>2</sup> kuparijohtimella. kuviossa 2 on esitetty kerrostalon pääkaavio 1940-luvulta. Pula-aikana vuosina 1941-1952 asuntojen sähköistys käsitti vain valon ja kytkimen huoneessa. Pistorasiaa korvasi lampunkantaan kierrettävä pistorasiahaaroitin. Lampunpitimien rakenne ei ollut luotettava ja maadoitusta ei lampunpitimissä ollut, joten turvallisuustaso laski. 1950-luvun määräyksissä on maahan vedettävän paljaan kuparijohtimen, maadoituselektrodin oltava vähintään 16 mm<sup>2</sup> Tietotekniikan laitteistojen lisääntyä havaittiin TN-C-järjestelmien aiheuttamat hankaluudet häiriösuojauksen kannalta. Tämän takia ryhdyttiin yleisesti käyttämään erillistä nolla- ja suojajohdinta koko asennuksessa eli TN-S-järjestelmää. (Hieta-Wilkman 1998.)

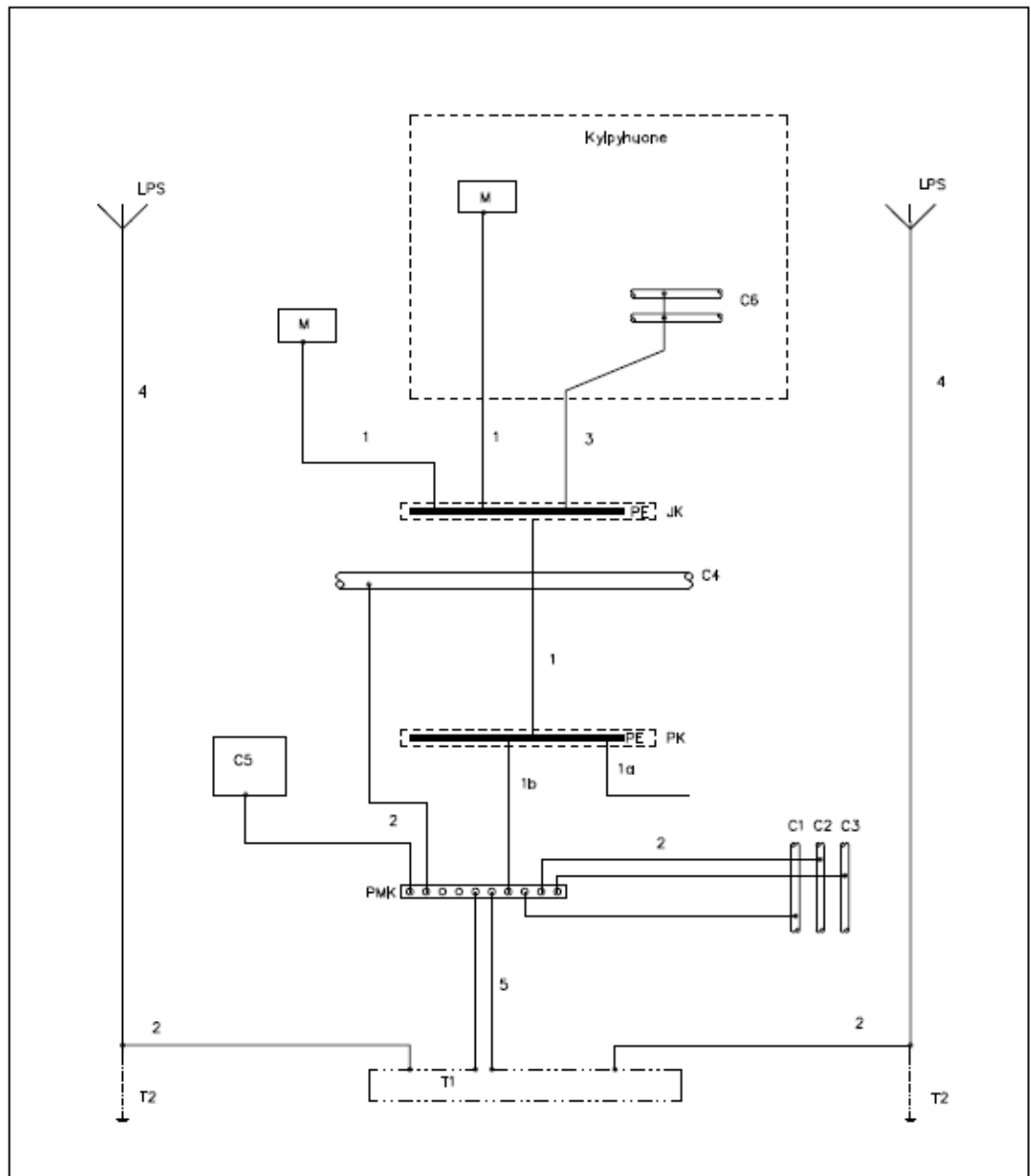


Kuvio 2 Kerrostalon pääkaavio 1940-luvulta (Hieta-Wilkman 1998.)

## 2 Maadoitusjärjestelmät

### 2.1 Maadoitusjärjestelmään liittyviä komponentteja

Erilaisiin maadoitusjärjestelmiin liittyvien komponenttien nimityksiä ja toteutustapoja esitellään kuviossa 3.



Kuvio 3 Maadoitusjärjestelmä, suojajohtimet ja suojaavat potentiaalintasausjohtimet.

Kuvion 3 selitykset

M = Jännitteelle altis osa

PK = Pääkeskus

JK = Jakokeskus

C	= Muu johtava osa
C1	= Ulkoa tuleva metallinen vesiputki
C2	= Ulkoa tuleva metallinen viemäriputki
C3	= Kaukolämpöputki
C4	= Ilmanvaihtojärjestelmä
C5	= Lämmitysjärjestelmä
C6	= Metallinen vesijohtoputki esim. kylpyhuoneessa
PMK	= Päämaadoituskisko
T	= Maadoituselektrodi
T1	= Perustusmaadoituselektrodi
T2	= Ukkossuojausjärjestelmän maadoituselektrodi
LPS	= Ukkossuojausjärjestelmä
PE	= Keskuksen suojakisko
1	= Suojajohdin, jota käytetään suojauksen takia
1a	= Tuleva suojajohdin jakelujärjestelmästä
1b	= Suojajohdin pääkeskuksen suojakiskon ja päämaadoituskiskon väliltä
2	= Suojaava potentiaalintasausjohdin
3	= Lisäpotentiaalintasausjohdin
4	= Ukkossuojausjärjestelmän alastulojohdin
5	= Maadoitusjohdin

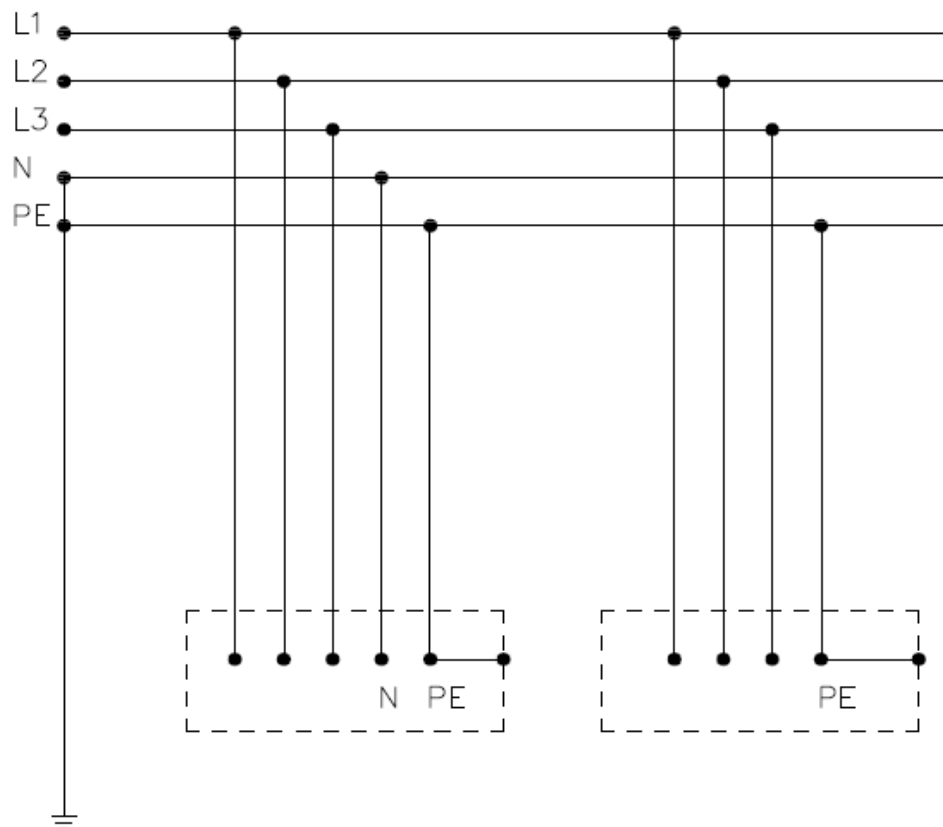
## 2.2 Jakelujärjestelmät

Pienjännitejakelujärjestelmissä käytetään yleensä TN-järjestelmää, TT-järjestelmää ja IT-järjestelmää. Suomessa yleisesto on käytössä TN-järjestelmä. Yleiset jakeluverkot, joilla sähköä toimitetaan kuluttajille, ovat käytännössä aina TN-järjestelmiä. IT-järjestelmää käytetään prosessiteollisuudessa ja erikoisjärjestelmissä, kuten sairaaloissa käytettävissä lääkintä-IT-järjestelmissä. TT-järjestelmää Suomessa ei käytetä, mutta se on yleinen Etelä-Euroopan jakeluverkoissa. (Nurmi 2008, 3.)

### 2.2.1 TN-järjestelmät

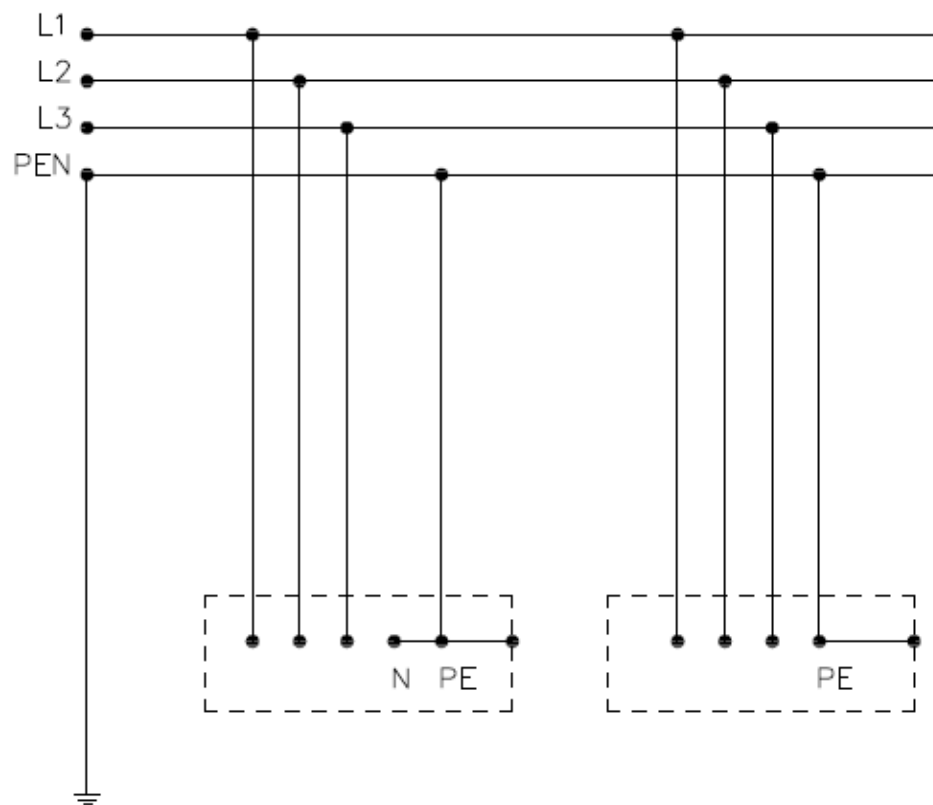
TN-järjestelmässä virtapiirin yksi piste on suoraan maadoitettu ja sähkölaitteistojen ja sähkölaitteiden jännitteelle alttiit osat on yhdistetty tähän pisteeseen

suojajohtimen välityksellä. Tavallisesti maadoitettu piste on kolmivaihejärjestelmän tähtipiste. TN-järjestelmät jaotellaan suojajohtimen käytön perusteella TN-S- ja TN-C-järjestelmiin sekä niiden yhdistelmään, TN-C-S-järjestelmään. TN-S-järjestelmässä käytetään erillistä nollajohdinta sekä suojajohdinta koko järjestelmässä kuviossa 4 osoitetulla tavalla. (Tiainen 2007, 25; Tiainen 2006, 52.)



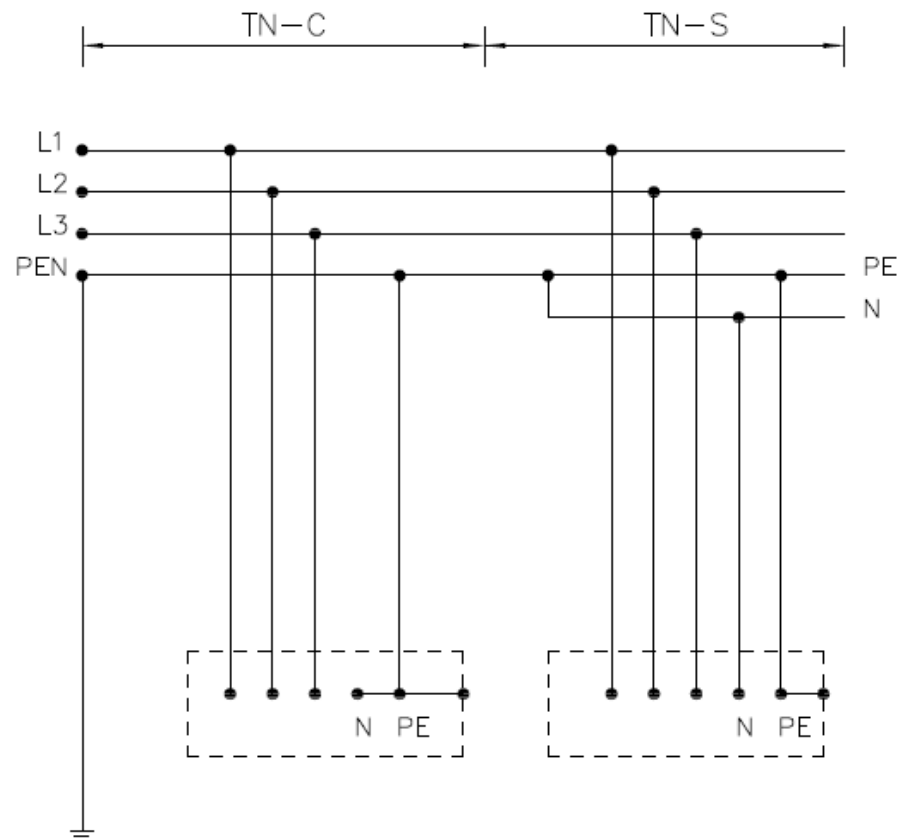
Kuvio 4 TN-S-järjestelmä

TN-C-järjestelmässä sama johdin (PEN-johdin) toimii sekä suoja- että nollajohdintana koko järjestelmässä kuviossa 5 osoitetulla tavalla. TN-C-järjestelmän käyttöä ei suositella teollisuusverkoissa eikä rakennusten sisäisissä verkoissa. (Tiainen 2007, 25; Tiainen 2006, 52.)



Kuvio 5 TN-C-järjestelmä

TN-C-S-järjestelmä on TN-C- ja TN-S järjestelmien yhdistelmä. Tällaisessa sekajärjestelmässä TN-C-järjestelmä on aina syöttävän verkon puolella TN-S-järjestelmään nähden kuviossa 6 osoitetulla tavalla, koska toisistaan erotettua nolla- ja suojajohdinta ei saa kytkeä uudelleen PEN-johtimeksi. (Tiainen 2007, 25; Tiainen 2006, 53.)

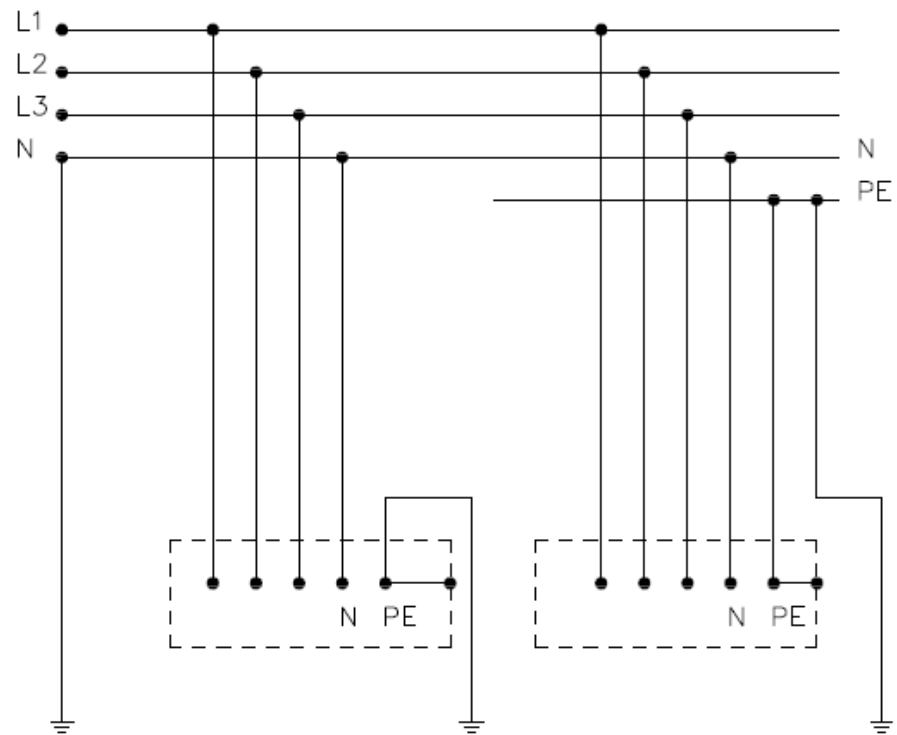


Kuvio 6 TN-C-S-järjestelmä

### 2.2.2 TT-järjestelmä

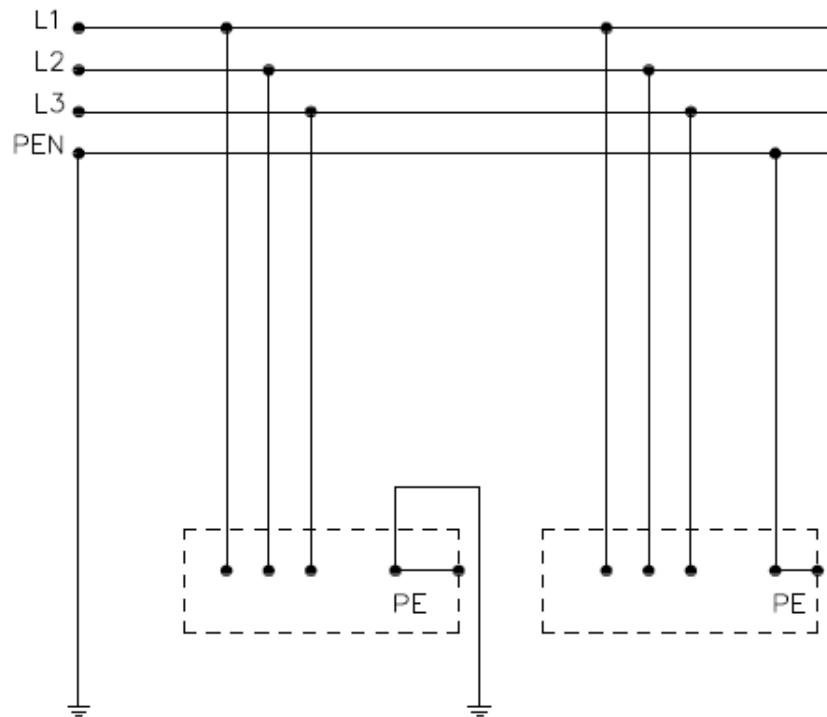
Myös TT-järjestelmässä virtapiirin yksi piste on suoraan maadoitettu, ja tavallisesti se on muuntajan tähtipiste. Sähkölaitteistojen ja -laitteiden jännitteelle alttiit osat on TN-järjestelmästä poiketen maadoitettu erillisen tai erillisten maadoituselektrodien avulla kuviossa 7 osoitetulla tavalla. Näiden elektrodien on määritelmän mukaan oltava sähköisesti erillisiä syöttöverkon maadoituselektrodiin nähden. (Tiainen 2007, 27; Tiainen 2006, 54.)





Kuvio 7 TT-järjestelmä

IT-järjestelmässä mitään virtapiirin osaa ei ole kytketty suoraan maahan, vaan kyseessä on maasta erotettu järjestelmä. Sähkölaitteistojen ja -laitteiden jännitteelle alttiit osat on kytketty kuviossa 8 osoitetulla tavalla joko erillisiin maadoituselektrodeihin tai suojajohtimen välityksellä yhteiseen elektrodiin, joka voi olla myös syöttävän verkon maadoituselektrodi. IT-järjestelmää käytetään tiloissa, joissa halutaan hyvää käyttövarmuutta. (Tiainen 2007, 28; Tiainen 2006, 55.)



Kuvio 8 IT-järjestelmä.

### 2.3 Jakelujärjestelmän valinta

Suomessa rakennusten sähköasennuksissa käytetään lähes pelkästään TN-järjestelmiä, ja yleensä käytetään TN-S-järjestelmää aina, kun se on mahdollista. TN-C-järjestelmään liittyy haittoja, joista vakavimpia on PEN-johtimen katkeamisesta johtuva jännitteelle alttiiden osien tuleminen jännitteiseksi. Tätä vaaraa on pienennetty hyväksymällä vain riittävän suuripoikkipintaisten PEN-johtimien käyttö. Vaatimuksena on aina, että PEN-johtimen poikkipinta pitää olla vähintään 10 mm<sup>2</sup> kuparia tai 16 mm<sup>2</sup> alumiinia. Siirrettävissä kaapeleissa ei saa käyttää PEN-johdinta, koska niissä PEN-johtimen katkeaminen on todennäköisempää kuin kiinteässä asennuksessa. Standardisarja SFS 6000 ei vaadi aina käytettäväksi TN-S-järjestelmää, mutta käytännössä tätä kannattaa käyttää aina, ja uudisrakennuksissa se on helppo toteuttaa. Muutos- ja laajennustöissä voidaan joutua tekemään tilapäisiä kytkentöjä, joiden avulla saadaan myöhemmin toteutettua puhdas TN-S-järjestelmä. TN-C-järjestelmästä saa siirtyä TN-S-järjestelmään mutta ei päinvastoin. Jos tietotekniikan laitteistojen syöttöön käytetään erillistä muuntajaa tai UPS-järjestelmää, tämä verkko pitää rakentaa puhtaana TN-S-järjestelmänä, tai vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös IT-

järjestelmää. (Tiainen 2007, 36-37.) Koska IT-järjestelmässä tähtipistettä ei ole yhdistetty maahan, ensimmäisen järjestelmässä ilmaantuvan vian aiheuttama virta on hyvin pieni, eikä ensimmäistä vikaa tarvitse kytkeä pois. Vika pitää kuitenkin ilmaista, ja toisesta viasta syöttö pitää kytkeä pois. Tilanne, jossa ensimmäinen vika ei aiheuta käyttökatkosta, on IT-järjestelmän suurin etu, ja sen takia sitä käytetään tiloissa, joissa halutaan hyvää käyttövarmuutta, kuten lääkintätiloissa. (Nurmi 2008, 4.)

#### **2.4 Maadoitusjärjestelmän rakenne**

Maadoitusjärjestelmän rakenteeseen vaikuttavat asennuksen turvallisuusvaatimukset, sähköjärjestelmän maadoitustapa, rakennuksen käyttötarkoitus ja siinä käytettävien laitteiden asettamat vaatimukset sekä rakennuksessa tarvittavat erilaiset maadoitusjärjestelmät. Lisäksi rakennuksen mekaaninen rakenne, kuten johtavat runkorakenteet sekä maadoituksista aiheutuvat välittömät ja välilliset kustannukset rakentamisvaiheessa ja rakennuksen käytön aikana vaikuttavat maadoitusjärjestelmän rakenteeseen. (Tiainen 2007, 35.)

### 3 Maadoituselektrodi

Suomessa pitää sähköliittymään aina rakentaa maadoituselektrodi. Sillä saavutetaan tasapotentiaalisuus rakennuksen eri osien ja sitä ympäröivän maan kesken. TN-järjestelmänä asennetun pienjänniteverkon kannalta maadoituselektrodin tärkein tehtävä on potentiaalintasaus. TN-järjestelmässä vaadittavaa maadoitusresistanssin arvoa ei ole tarkkaan määriteltä, koska sillä ei ole suurta merkitystä itse pienjänniteasennukselle. Tällöin maadoituselektrodi voidaan asentaa myös huonosti johtavaan maaperään. Jos tällaisessa liittymässä tarvitaan myös hyvä yhteys maahan, esimerkiksi ukkossuojauksen takia, maadoituselektrodia voidaan täydentää rakentamalla maadoitusjärjestelmään liittyviä säteittäisiä elektrodeja, jotka upotetaan hyvin johtavaan maaperään. (Nurmi 2008, 4; Tiainen 2007, 39.)

#### 3.1 Perustusmaadoituselektrodi

Maadoituselektrodina uusissa rakennuksissa käytetään ensisijaisesti perustusmaadoituselektrodia. Perustusmaadoituselektrodilla tarkoitetaan yleensä rengasmaista johtavaa osaa, joka on upotettu rakennuksen perustusten alle tai ensisijaisesti upotettu rakennuksen perustusten betoniin.

Perustusmaadoituselektrodi voidaan tehdä teräsnauhasta, teräslangasta, terästangoista, kuparilangasta tai kupariköydestä. Perustusmaadoituselektrodin toteuttaminen rakennuksen rakentamisen aikana on paras tapa saada aikaan hyvä maadoituselektrodi. Pienissä rakennuksissa voidaan perustusmaadoituselektrodina käyttää yhtä rengasta, ja suurissa rakennuksissa perustusmaadoituselektrodi suositellaan jaettavaksi korkeintaan 10 x 20 m:n kokoisiin silmukoihin.

Perustusmaadoituselektrodi kannattaa yleensä tehdä perustusten alle asennettuna kupariköytenä. Jos halutaan käyttää teräksestä tehtyä elektrodia, pitää huolehtia, että se on kokonaan betonin sisällä ja että liitokset ovat luotettavia.

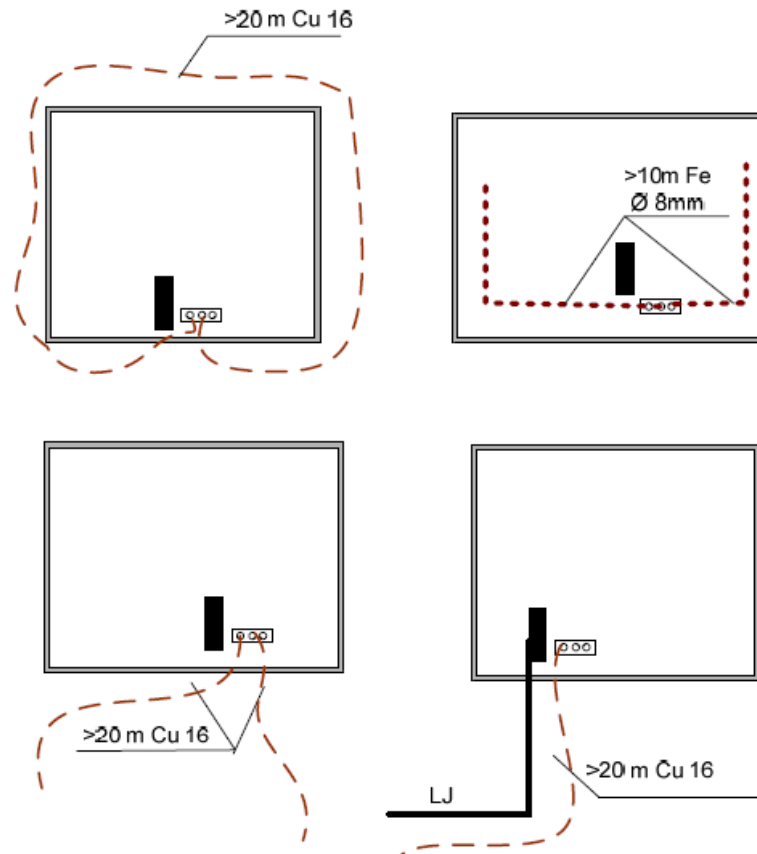
Perustusmaadoituselektrodi suositellaan asennettavaksi niin, että elektrodille menee kaksi johdinta ja rengas sulkeutuu päämaadoituskiskolla.

Perustusmaadoituselektrodi voidaan toteuttaa käyttäen perustusten betoniraidoituksia, jolloin perustusten betoniraidoitukset tulee liittää hitsaamalla toisiinsa renkaan muotoon. Teräkset, jotka ovat liitetty toisiinsa sitomalla, voidaan

liittää potentiaalintasaukseen, mutta ne eivät voi muodostaa maadoituselektrodia. (Tiainen 2007, 39 - 41; Nurmi 2008, 4.)

### **3.2 Poikkeukset**

Jos perustusmaadoituselektrodin rakentaminen ei jostain syystä ole mahdollista, esimerkiksi jos maadoituselektrodi tehdään olemassa olevaan rakennukseen, voidaan maadoituselektrodin mininimirakenteena käyttää aikaisemman suomalaisen käytännön mukaisia rakenteita. Tällainen on vähintään 20 m pitkä vaakaelektrodi, joka asennetaan siten, ettei elektrodi vahingoitu helposti esimerkiksi kaivutöiden vuoksi. Elektrodi voidaan asentaa rakennusta syöttävän kaapelin kanssa samaan ojaan tai lähelle perustuksia, jolloin se on suojattu vahingossa tapahtuvalta katkeamiselta. Jos maadoituselektrodia ei voida asentaa siten, että se on suojattu vahingoittumiselta, pitää käyttää kahta eri suuntiin sijoitettua, vähintään 20 m pitkää vaakaelektrodia tai mieluummin yhtä, vähintään 40 m pitkää renkaan muotoista elektrodia. Vaakaelektrodin sijana tai lisänä voidaan käyttää pystyelektrodeja. Pystyelektrodin pituus pitää olla vähintään puolet vaakaelektrodille vaaditusta pituudesta, ja vierekkäisten pystyelektrodien välinen etäisyys pitää olla vähintään sauvan pituuden suuruinen. kuviossa 9 kuvataan edellä mainittuja asennustapoja. (Tiainen 2007, 39 - 41.)



Kuvio 9 Esimerkkejä maadoituselektrodin toteutuksesta (Harsia 2005, 10).

## 4 Potentiaalintasaukset

### 4.1 Pääpotentiaalintasaus

Pääpotentiaalintasaus on erittäin tärkeä osa rakennuksen sähköasennuksen turvallisuutta, joten se onkin tehtävä jokaiseen rakennukseen.

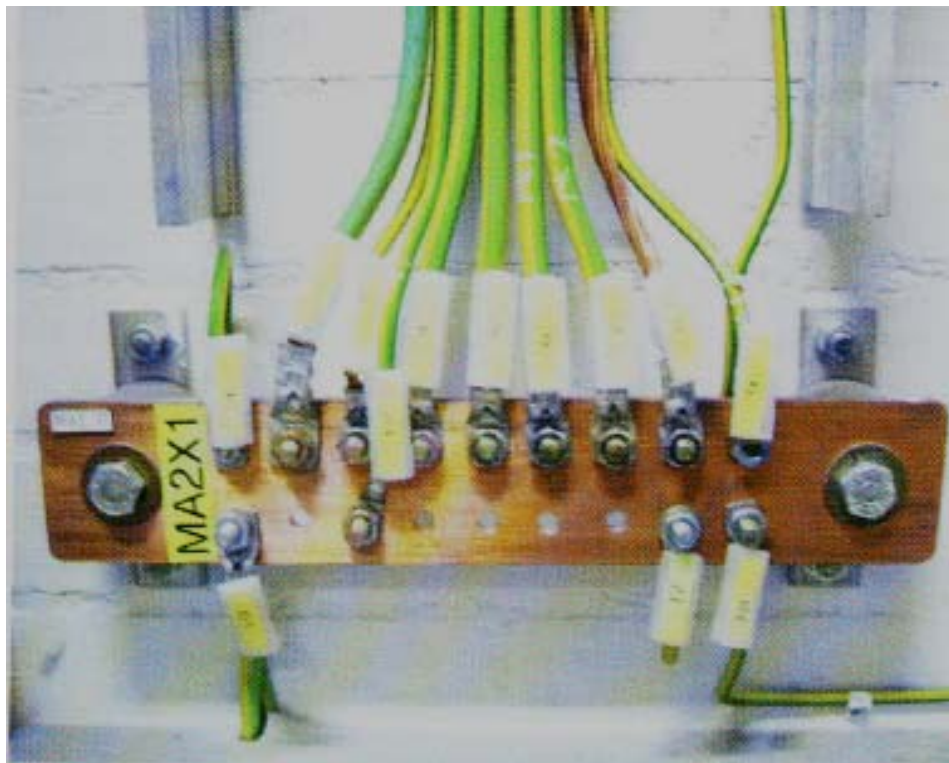
Pääpotentiaalintasauksen ensisijainen tarkoitus on ehkäistä vaarallisten jänniteerojen syntyminen samanaikaisesti kosketeltavien johtavien osien, esimerkiksi sähkölaitteen metallisen kotelon ja lämmitysputkiston välille.

Potentiaalintasaukseen liitetään sähkölaitteiden jännitteelle alttiit osat ja muut rakennuksessa olevat johtavat osat, kuten johtavat putkistot. Potentiaalintasauksen siirtoon voidaan käyttää osia johtavista rakenteista, ja potentiaalintasauksessa saa käyttää sarjamaadoitusta – esimerkiksi johtavien putkistojen potentiaalintasausjohdin voidaan jatkaa putkesta toiseen. Johtavien putkien sarjamaadoitus on esitetty kuviossa 10. Pääpotentiaalintasauksen liitännät toteutetaan yleensä rakennusta syöttävän pääkeskuksen läheisyyteen sijoitetussa pääpotentiaalintasauskiskossa, ja pääpotentiaalintasaus voidaan, etenkin suurissa rakennuksissa, toteuttaa myös muussa rakennuksen osassa.

Pääpotentiaalintasauskiskon johtimet on voitava tunnistaa ja irrottaa yksitellen.  
Esimerkki pääpotentiaalintasauskiskosta on esitetty kuviossa 11. (Tiainen 2007, 41 - 44.)



Kuvio 10 Lämpöputkistojen sarjamaadoitus. (Tiainen 2008, 71.)



Kuvio 11 Pääpotentiaalintasauskisko. (Tiainen 2008, 74.)

Pääpotentiaalintasausjärjestelmään liitettävät osat ja liittämistavat:

- rakennuksen pääjohdon suojamaadoitusjohdin tai PEN-johdin, liittämällä keskuksen suojamaadoituskisko tai PEN-kisko pääpotentiaalintasauskiskoon
- maadoituselektrodi, liittämällä maadoituselektrodi suoraan tai maadoitusjohdon kautta pääpotentiaalintasauskiskoon
- metalliset, rakennusta syöttävät putkistot, esim. vesi, kaasu, lämpö, liittämällä potentiaalintasausjohtimella pääpotentiaalintasauskiskoon
- metalliset rakenneosat esim. ilmanvaihtolaitteistot ja betoniraidoitukset, liittämällä potentiaalintasausjohtimella pääpotentiaalintasauskiskoon
- telekaapelien metallivaipat. (Tiainen 2007, 41.)

Yleisperiaatteena voidaan pitää sitä, että kaikki suurikokoiset johtavat osat kannattaa liittää pääpotentiaalintasaukseen, mikäli sen toteuttaminen ei ole kohtuuttoman vaikeaa. Rakennuksen ulkopuolelta tulevat putkistot pitää liittää potentiaalintasaukseen mahdollisimman läheltä sisääntulokohtaa. Jos rakennukseen ulkopuolelta tulevassa putkistossa on vain lyhyehkö osa johtavaa rakennetta, se liitetään pääpotentiaalintasaukseen vain, jos se sijaitsee kosketusetäisyydellä potentiaalintasauskiskosta tai pääkeskuksesta. Betoniraidoituksen liittäminen pääpotentiaalintasaukseen ei ole pakollista, mutta se kannattaa tehdä aina, kun se voidaan tehdä rakenteita rikkomatta.

Jos rakennuksessa oleva putkisto, kuten vesiputkisto, on pääasiassa muovia, sitä ei tarvitse liittää potentiaalintasaukseen. Jos putkistossa on laajahko johtava osa, joka on kosketusetäisyydellä pääpotentiaalintasauskiskosta tai pääkeskuksesta, se tulee liittää potentiaalintasausjärjestelmään. Ilmanvaihtokanavaa ei tarvitse liittää potentiaalintasaukseen, mikäli se on suppea - esimerkiksi huippuimuri kanavineen - tai kanavisto ei ole yhtenäinen - esimerkiksi kumitiivisteiden takia. Kaapelihyllyjen ja johtoteiden liittäminen potentiaalintasaukseen ei ole pakollista, mutta erittäin suositeltavaa häiriösuojauksen takia. Kaikki potentiaalintasauksen liitokset pitää tehdä luotettavasti käyttämällä sopivia liittimiä, hitsaamalla tai juottamalla, jotta ne olisivat kestäviä. (Tiainen 2007, 41 - 44.)



## 4.2 *Lisäpotentiaalintasaus*

Suomessa ei vaadita lisäpotentiaalintasauksen käyttöä, koska yleensä pääpotentiaalintasaus ja syötön automaattinen poiskytkentä riittää takaamaan rakennuksen sähköasennuksen turvallisuuden. Lisäpotentiaalintasaus tehdään silloin, kun halutaan välttää haitallisia potentiaalieroja tai syötön nopealla poiskytkennällä ei pystytä toteuttamaan kosketusjännitesuojausta.

Lisäpotentiaalintasauasta käytetäänkin yleensä vain eläinsuojissa, ahtaissa johtavissa tiloissa, peseytymistiloissa ja uima-allastiloissa.

Lisäpotentiaalintasausjärjestelmään yhdistetään kaikki samanaikaisesti kosketeltavat kiinteät sähkölaitteet ja muut kyseisessä tilassa olevat johtavat osat sekä laitteiden ja pistorasioiden suojajohtimet. Lisäpotentiaalintasauksessa ei välttämättä tarvita erillistä lisäpotentiaalintasauskiskoa, vaan riittää, että kyseisessä tilassa olevat johtavat osat ovat jollakin tavalla samassa potentiaalissa.

Peseytymistiloissa ei vaadita lisäpotentiaalintasauasta, jos johtavia ja jännitteelle alttiita osia on vähän. (Tiainen 2006, 287.)

## 5 Maadoitus häiriösuojauksen kannalta

Sähkömagneettiset häiriöt voivat häiritä tai vahingoittaa tietotekniikan järjestelmiä ja laitteita sekä elektronisia komponentteja sisältäviä laitteita. Sähkömagneettisia häiriöitä aiheuttavat ukkosen, kytkentätoimenpiteiden, oikosulkujen ja muiden sähkömagneettisten ilmiöiden aiheuttamat virrat. Sähkömagneettisten ilmiöiden vaikutukset ovat suurimpia, kun on suuria metallisilmukoita ja kun erilaiset johtojärjestelmät on asennettu samoille reiteille. Sähkömagneettisille häiriöille herkkiä laitteita ei suositella sijoitettavaksi lähelle sähkömagneettisten häiriöiden lähteitä. Yleisimpiä sähkömagneettisten häiriöiden lähteitä ovat induktiivisten kuormien kytkinlaitteet, sähkömoottorit, loistevalaisimet, hitsauskoneet, tietokoneet, tasasuuntaajat, hakkurilaitteet, taajuusmuuttajat, hissit, muuntajat, sähkökeskukset, jakelukiskot. (SFS 2007, 191 - 194.)

Häiriösuojauksen keskeinen asia TN-järjestelmissä on käyttää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa TN-S-järjestelmää. TN-S-järjestelmässä nollajohtimessa kulkeva epäsymmetrisistä kuormista ja yliaalloista johtuva häiriövirta ei pääse suojamaadoitusten kautta aiheuttamaan häiritseviä harhavirtoja elektroniikkalaitteisiin ja niitä yhdistäviin kaapeleihin. TN-S-järjestelmän käyttäminen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa on toimivan sähköasennuksen häiriösuojauksen tärkein perusta. Perusmenetelmä on perinteinen tähtiverkko, jossa jokaiselle suojamaadoitettavalle sähkölaitteelle tuodaan suojajohdin, eikä niitä kytketä yhteen. Tätä voidaan täydentää erilaisilla potentiaalintasausjärjestelmillä. (Tiainen 2007, 58 - 59; Nurmi 2008, 6.)

Potentiaalintasauksella on huomattava merkitys häiriöiden torjumisessa. Rakennuksissa on varsin paljon yhtenäisiä metallisia rakenneosia, kuten betoniraidoitukset ja ilmastointijärjestelmät. Potentiaalintasauksen avulla voidaan rakennukseen rakentaa kaikkialle rakennukseen ulottuva johtava verkko, ja tämä verkko on useimmissa tapauksissa riittävän tiivis kyetäkseen vähentämään oleellisesti häiriötasoja rakennuksen sisällä. (Tiainen 2007, 63 - 64.)

## 6 Työmaadoitus

Työmaadoittaminen tarkoittaa virtapiirin kaikkien johtimien yhdistämistä maahan sekä toisiinsa jännitteettömänä tehtävän työn ajaksi. Työmaadoituksen tarkoitus on estää työkohteen tuleminen jännitteiseksi minkään virheellisen käytön tai virhetoiminnan takia. Pienjännitelaitteistoissa työmaadoituksen tekeminen on yleensä tarpeetonta. Pienjännitetöissä työmaadoitus pitää toteuttaa ainoastaan avojohdoissa sekä nimellisvirraltaan yli 1000 A:n jakokeskuksiin tehtävissä töissä. Lisäksi, jos pienjännitelaitteisto on vaarassa tulla jännitteiseksi esimerkiksi varavoimageneraattorin tai rinnakkaisten johtojen takia, työmaadoitus on tehtävä. Suurjännitelaitteistoissa kaikki osat, joissa työskennellään, pitää työmaadoittaa. Pienjännitelaitteistoissa työmaadoittaminen tehdään yhdistämällä äärijohtimet toisiinsa ja PEN-johtimeen tai suojajohtimeen. Työmaadoituslaitteet on aina ensin kytkettävä PEN- tai suojajohtimeen, jonka jälkeen äärijohtimiin. Pienoisjännitteellä (ELV) ei tarvitse tehdä työmaadoitusta ellei järjestelmän oikosulkuvirta ole niin suuri, että siitä aiheutuu vaaraa. (SFS 2007, 604 - 606.) Käyttöjännitteestä erotettuun laitteiston osaan on suhtauduttava työskentelyn kannalta kuin jännitteeseen osaan, ellei sitä ole asianmukaisesti työmaadoitettu. (Mäkinen 2005, 60.)

## 7 Maadoitusten mitoitus

### 7.1 Maadoituselektrodin mitoitus

Maadoituselektrodien materiaalit ja mitoitus on valittava siten, että ne kestävät korroosiota ja niillä on sopiva mekaaninen lujuus. Jos perustusmaadoituselektrodi on upotettu betoniin, suositellaan käytettäväksi sopivan laatuista betonia, ja elektrodin ja pinnan välisen etäisyyden suositellaan olevan vähintään 5 cm. Jos maadoituselektrodina käytetään ruostumatonta terästä, tälle ei vaadita pinnoitetta. Yleisesti maadoituselektrodin on oltava vähintään 16 mm<sup>2</sup> kuparia. Taulukossa 1 on esitelty maadoituselektrodin materiaalit ja vähimmäismitat. (SFS 2007, 320.)

Taulukko 1 maadoituselektrodin materiaalit ja vähimmäismitat (SFS 2007, 320.)

Materiaali	Pintakäsittely	Muoto	Halkaisija (mm)	Poikkipinta (mm <sup>2</sup> )	Paksuus (mm)
Teräs	Kuumasinkitty tai ruostumaton	Nauha		90	3
Teräs	Kuumasinkitty tai ruostumaton	Profili		90	3
Teräs	Kuumasinkitty tai ruostumaton	Sauvaelektrodin pyörötanko	16		
Teräs	Kuumasinkitty tai ruostumaton	Vaakaelektrodin pyöreä johdin	10		
Teräs	Kuumasinkitty tai ruostumaton	Putki	25		2
Teräs	Kuparivaipalla	Sauvaelektrodin pyörötanko	15		
Teräs	Päällystetty sähköisesti kuparilla	Sauvaelektrodin pyörötanko	14		

Kupari	Paljas	Nauha		50	2
Kupari	Paljas	Vaakaelektrodin pyöreä johdin		16	
Kupari	Paljas	Köysi	1,6 köyden yksittäiselle langalle	16	
Kupari	Paljas	Putki	20		2
Kupari	Tinattu	Köysi	1,8 köyden yksittäiselle langalle	16	
Kupari	Sinkitty	Nauha		50	2

## 7.2 Maadoitusjohtimen mitoitus

Maadoitusjohtimella tarkoitetaan päämaadoituskiskon ja maadoituselektrodin välistä johdinta. Yleensä maadoituselektrodina käytetty köysi jatkuu maadoitusjohtimena ja vastaa poikkipinnaltaan maadoituselektrodia.

Maadoitusjohtimen on vastattava suojajohtimen mitoitusvaatimuksia, ja jos se on upotettuna maahan, on poikkipintojen oltava Taulukon 2 mukaisia. (Nurmi 2008, 5.)

Taulukko 2 maahan asennetun maadoitusjohtimen minimi poikkipinta-ala (SFS 2007, 322.)

Maadoitusjohdin	Minimipoikkipinta mm <sup>2</sup> suojattuna mekaaniselta vahingoittumiselta		Minimipoikkipinta mm <sup>2</sup> suojaamatta mekaaniselta vahingoittumiselta	
	Kupari	Teräs	Kupari	Teräs
Suojattu korroosiolta	2,5	10	16	16
Suojaamatta korroosiolta	16	50	16	50

### 7.3 Suojajohtimien mitoitus

Suojajohtimien poikkipinnat määritetään yleensä valitsemalla taulukon 3 mukaan. Taulukon 3 arvot koskevat vain suojajohtimia, jotka on tehty samasta materiaalista kuin äärijohtimet. (Tiainen 2007, 29). Suurilla poikkipinnoilla on yleensä kuitenkin taloudellisempaa laskea suojajohtimen vähimmäispoikkipinta kaavalla 1. Yleensä suojajohtimen poikkipinta on kaapeleissa valmiiksi määriteltä, joten sitä ei tarvitse erikseen mitoittaa. Keskuksen suojakiskon ja päämaadoituskiskon välinen johdin on suojajohdin, ja se mitoitetaan suojajohtimen mitoitusääntöjen mukaan (Nurmi 2008, 5).

$$A = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} = \text{mm}^2 \quad (1)$$

jossa

A= suojajohtimen poikkipinta (mm<sup>2</sup>)

I= suojalaitteen kautta kulkevan vikavirran tehollisarvo (A)

t= suojalaitteen toiminta-aika (s)

k= kerroin, jonka arvo riippuu suojajohtimien raaka-aineesta, eristyksestä ja muusta rakenteesta sekä johtimille sallituista alku- ja loppulämpötiloista (Tiainen 2007, 29.)

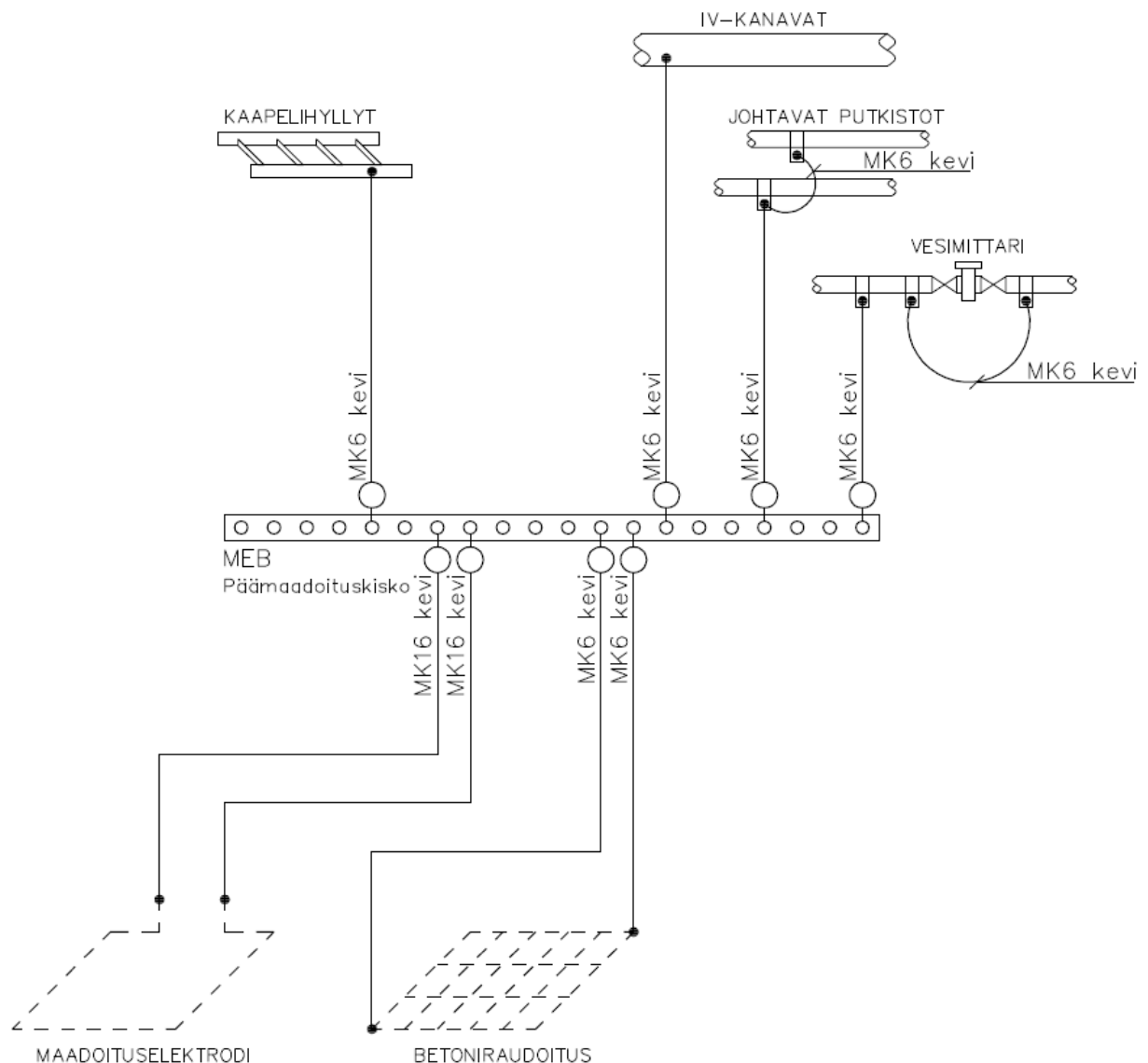
Taulukko 3 Suojajohtimen ja äärijohtinten poikkipintojen suhteet. (Tiainen 2007, 29.)

Äärijohtinten poikkipinta A (mm <sup>2</sup> )	Pienin sallittu suojajohtimen poikkipinta (mm <sup>2</sup> )
$A \leq 16$	Sama, kuin äärijohtinten
$16 < A \leq 35$	16
$A > 35$	A/2

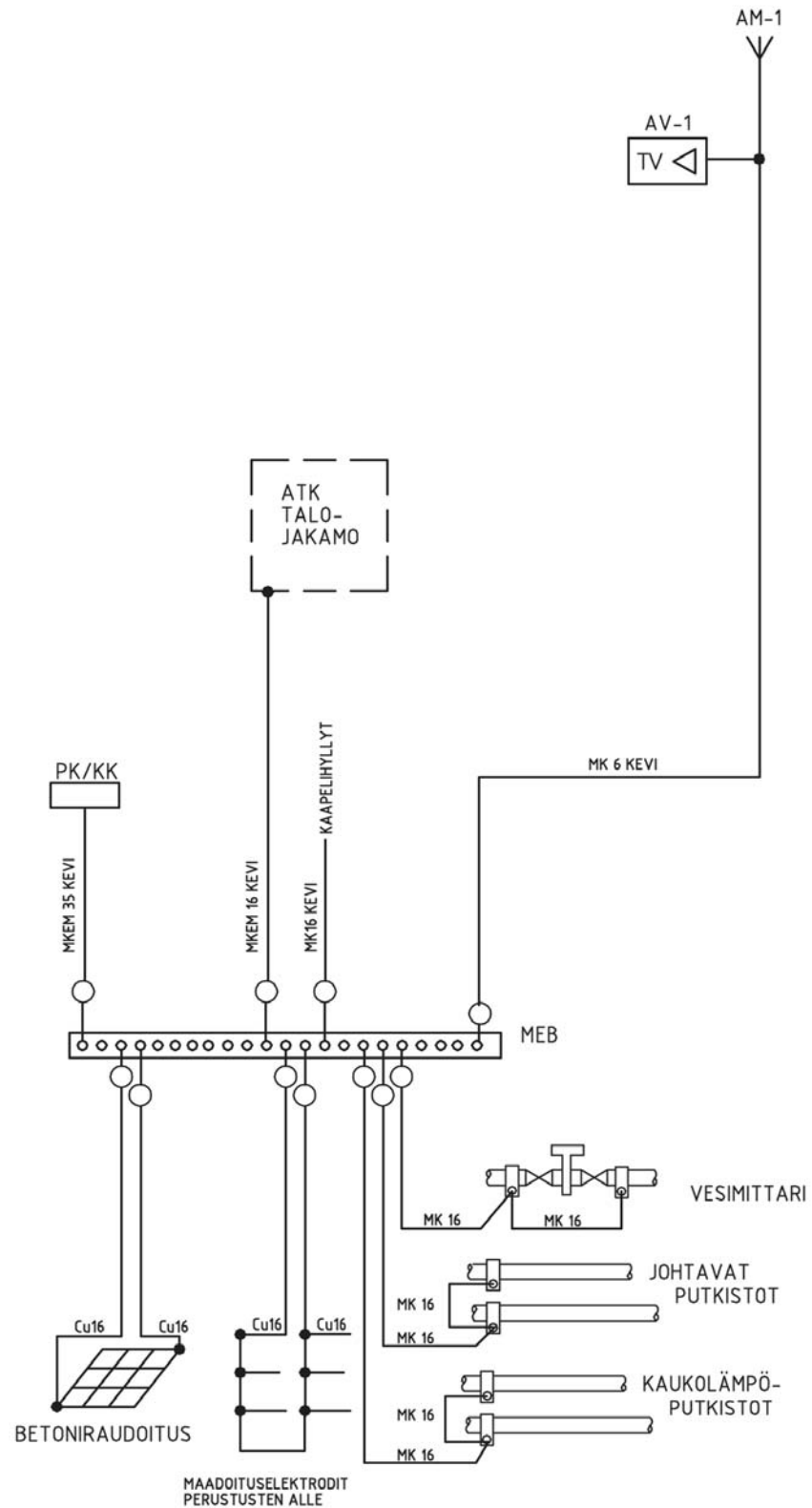
Erillisen suojajohtimen, joka ei ole kaapelivaipan sisällä tai äärijohtinten kanssa samassa asennusputkessa, on oltava poikkipinnaltaan vähintään 2,5 mm<sup>2</sup>:n kuparia tai 16 mm<sup>2</sup>:n alumiinia, jos suojajohdin on mekaanisesti suojattu. Jos suojajohdin ei ole mekaanisesti suojattu, sen on oltava poikkipinnaltaan vähintään 4 mm<sup>2</sup>:n kuparia tai 16 mm<sup>2</sup>:n alumiinia. (SFS 2007, 324.)

## 7.4 Potentiaalintasausjohtimien mitoitus

Päämaadoituskiskoon liitettävien potentiaalintasausjohtimien mitoitusvaatimuksena on ainoastaan se että niiden on oltava poikkipinnaltaan vähintään  $6 \text{ mm}^2$ :n kuparia tai  $16 \text{ mm}^2$ :n alumiinia tai  $50 \text{ mm}^2$ :n terästä. (SFS 2007, 327). Kuviossa 12 on esitelty esimerkki maadoituskaaviosta, jossa on uuden standardin mukainen mitoitus, vertaa kuvioon 13. Vanhan standardin mukaan pääpotentiaalintasausjohtimen poikkipinta on oltava vähintään puolet asennuksen suurimman suojavaadoitus- tai PEN-johtimen poikkipinnasta. (SFS 2005, 232). Esimerkiksi kuviossa 13 suurin PEN-johtimen poikkipinta on  $35 \text{ mm}^2$ , josta on saatu pääpotentiaalintasausjohtimien minimipoikkipinta-alaksi  $16 \text{ mm}^2$ .



Kuvio 12 Maadoituskaavio, jossa uuden standardin mukainen mitoitus.



Kuvio 13 Vanhan standardin mukainen maadoituskaavio (Autio 2007, 10.)



### **7.5 Lisäpotentiaalintasausjohtimien mitoitus**

Lisäpotentiaalintasausjohtimien on vastattava poikkipinnaltaan vähintään suojamaadoitusjohtimien poikkipinnalle asetettuja vaatimuksia. Sellaisen lisäpotentiaalintasausjohtimen, joka yhdistää kaksi jännitteelle altista osaa, on oltava poikkipinnaltaan vähintään yhtä suuri kuin jännitteelle alttiiseen osaan kytketty suojamaadoitusjohdin. Laitteen jännitteelle alttiit osat ja muut johtavat osat toisiinsa yhdistävän lisäpotentiaalintasausjohtimen on oltava poikkipinnaltaan vähintään puolet vastaavasta suojamaadoitusjohtimesta. (SFS 2007, 327 - 328.)

## **8 Maadoitusten mittaukset**

### **8.1 Maadoitusresistanssien mittaukset**

Pienjänniteverkon liittymän maadoitukselle ei ole annettu raja-arvoa standardeissa, joten liittymän maadoitusresistanssia ei yleensä tarvitse mitata. Pienjänniteverkon maadoitusresistanssi pitää mitata ainoastaan, jos se on alttiina yli 1000 V:n jännitteille. Tällöin mittauksissa käytetään Suurjännitesähköasennukset SFS 6001-standardia. (Tiainen 2007, 144.)

### **8.2 Suoja- ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuusmittaukset**

Jatkuvuuden mittaaminen on osa sähkölaitteiston rakentajan tekemää käyttöönottotarkastusta. Jatkuvuusmittaukset on tehtävä kattavana kaikista pisteistä. Mittaukset tehdään jännitteettömänä ja TN-S-järjestelmässä tulee nollajohdin irroittaa maan potentiaalista. Hyväksyttävälle mittaustulokselle ei ole määritelty tarkkaa raja-arvoa, mutta yleisesti mittaustuloksen tulisi olla välillä 0 - 2  $\Omega$ . Yksittäisten suojajohtimen mittaukseen tarvitaan yleensä koko johdinpituuden mittaista apujohdinta. Mittauksessa apuna voidaan käyttää jo mitattua pistettä, josta voidaan mitata suojajohtimen jatkuvuus seuraavaan pisteeseen. (Tiainen 2007, 154 - 155.)

### **8.3 Silmukkaimpedanssimittaus**

Jakeluverkkojen suoja- ja PEN-johtimen jatkuvuus tulee pitkien etäisyyksien takia varmistaa silmukkaimpedanssimittauksella. Silmukkaimpedanssimittauksella mitataan verkkojännitettä syöttämällä vaiheen ja suojajohdon muodostamaan piiriin riittävän suurta mittausvirtaa, jolloin saadaan varmuus myös suojajohtimen kunnosta. Silmukkaimpedanssimittaus soveltuu suojajohtimen jatkuvuuden mittaamiseen myös rakennusten sähköasennuksissa. Ensisijaisesti tulee kuitenkin käyttää erillistä pienoisjännitelähdettä ja apujohtimia, mikäli se on mahdollista. (Tiainen 2007, 156.)

## **9 Erikoistilojen maadoitukset**

### **9.1 Lääkintätilat**

Lääkintätiloissa edellytetään yleisesti tavanomaista parempaa potentiaalintasausta, jotta sähkökäyttöiset lääkintälaitteet eivät aiheuttaisi vaaratilanteita.

Lääkintätiloissa ryhmän 0 tila on sellainen tila, jossa ei käytetä mitään sähkökäyttöistä lääkintälaitetta. Ryhmän 1 tila on lääkintätila, jossa käytetään sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita. Ryhmän 2 tila on potentiaalintasauksen kannalta kaikkein vaativin, sillä se on lääkintätila, jossa sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita käytetään sellaisiin sovelluksiin, joissa sähkönsyötön katkeaminen voi aiheuttaa hengenvaaran: esimerkiksi leikkaussalit ja tehohoitopaikat. (Tiainen 2008, 96.)

TN-C-järjestelmää ei saa käyttää lääkintätiloissa pääkeskuksen jälkeen.

Lääkintärakennuksissa käytetään TN-S-järjestelmää koko sähköasennuksessa. Ryhmien 1 ja 2 lääkintätiloihin on asennettava lisäpotentiaalintaus, johon liitetään suojajohtimet, muut johtavat osat, häiriökenttien suojukset, johtavien lattioiden metalliverkko sekä erotusmuuntajan mahdollinen metallinen sähköinen suoja. Lisäpotentiaalintauskiskon on oltava lääkintätilassa tai lähellä sitä, sekä jokaisen jakokeskuksen läheisyydessä. Ryhmän 2 tilassa lisäpotentiaalintasaukseen liitettäviä muita johtavia osia ovat esimerkiksi laitteiden ripustuskiskot, leikkaussalivalaisimet ja kattokeskusten rungot. (Tiainen 2008, 98 - 100.)

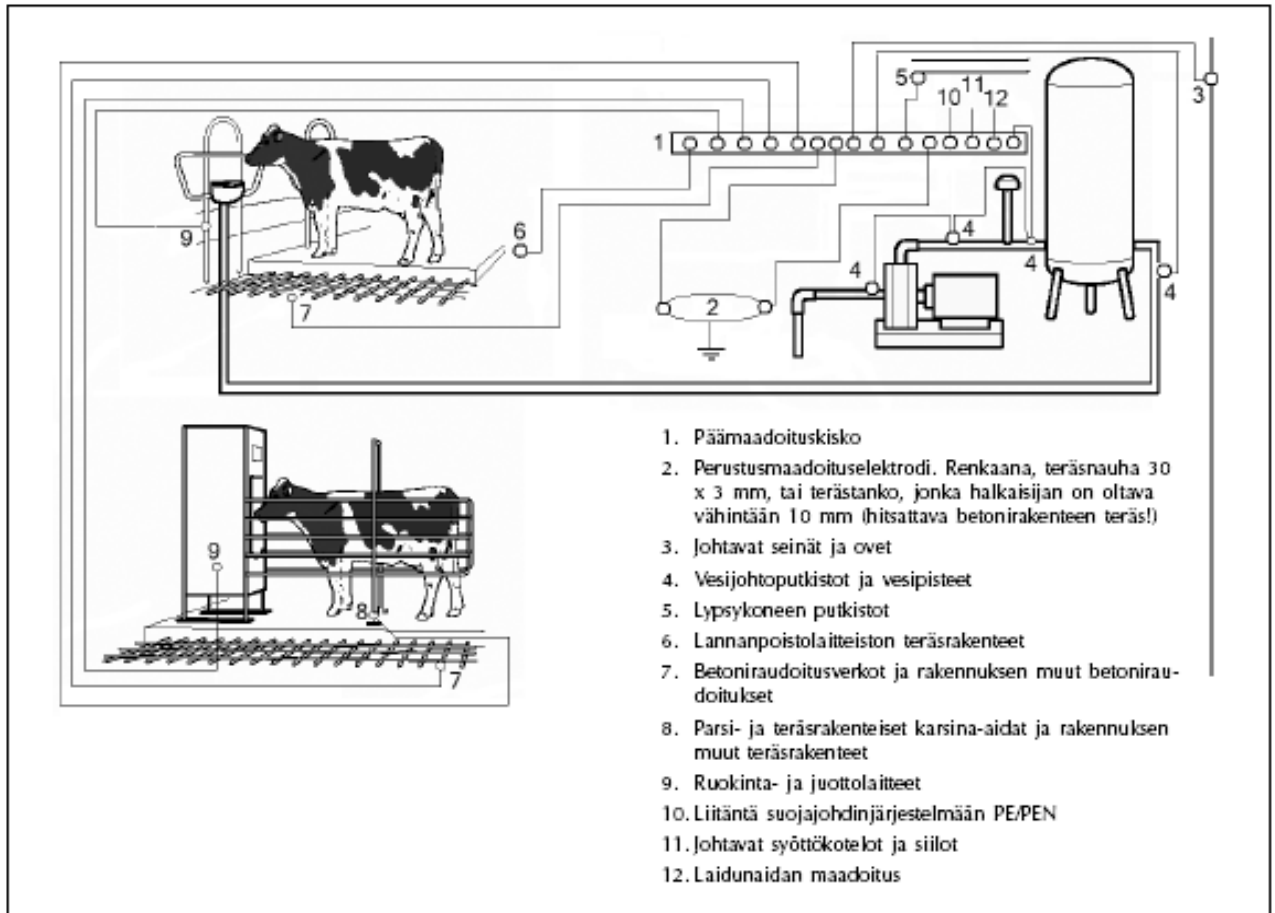
### **9.2 Räjähdysvaaralliset tilat**

Räjähdysvaarallisissa tiloissa on tärkeää, että sähkölaitteet eivät missään tilanteessa aiheuta kipinöintiä. Räjähdysvaarallisissa tiloissa on käytettävä TN-S-järjestelmää tai IT-järjestelmää. Räjähdysvaarallisissa tiloissa on kaikki johtavat osat, joita ovat myös pienet metallikappaleet kuten laipat ja venttiilit sekä sähkölaitteiden metallikotelot, liitettävä potentiaalintasaukseen. Potentiaalintausjohtimet mitoitetaan yleisten asennusvaatimusten mukaisesti. (Tiainen 2008, 103-105.)

### **9.3 Eläinsuojat**

Eläimet reagoivat vikajännitteisiin paljon herkemmin kuin ihmiset. Pienetkin jännitteet aiheuttavat eläimille ongelmia, jotka vaikuttavat niiden tuottavuuteen. Tästä syystä eläinsuojien suojausmenetelmiin on asetettu lisävaatimuksia.

Eläinsuojissa yhdistetään kaikki eläinten kosketeltavissa olevat sähköä johtavat osat kuviossa 14 osoitetulla tavalla luotettavasti potentiaalintasausjärjestelmään. Potentiaalintasausjohtimina käytetään vähintään 6 mm<sup>2</sup>:n kuparijohtimia. (Autio 2008, 1 - 2.)

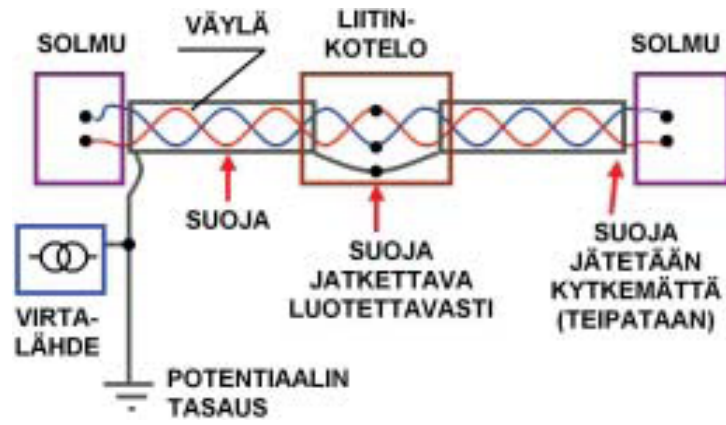


Kuvio 14 Eläinsuojan potentiaalintasaus. (Autio 2008, 3.)

## 10 Automaatiojärjestelmien maadoitukset

Automaatiojärjestelmien ohjauspaneelien ja -pulttien metallirungot maadoitetaan suojajohtimella. Ohjauskoteloiden suojajohtimena käytetään ohjauskaapelin kelta-vihreää johdinta. Rajakytkimet, lähettimet sekä muut kenttälaitteet maadoitetaan ohjauskaapelin kelta-vihreällä johtimella, mikäli laitteen käyttöohje ei edellytä muuta. Jos automaatio- ja tietokonejärjestelmissä vaaditaan erillinen häiriösuojamaadoitus TE, se yhdistetään suojamaadoitukseen automaatiojärjestelmän liitäntäkaapissa. (Tiainen 2007, 115 - 116.)

Seuraavassa on esitetty LonWorks- väylätekniiikan maadoitusperiaatteet. Muissa väylätekniiikoissa on käytössä erilaisia maadoitustapoja. Lon-väylässä väyläkaapeleiden häiriösuojat on maadoitettava luotettavasti. Häiriöiltä vältytään parhaiten rakentamalla kelluva maadoitus kuviossa 15 esitetyllä tavalla, jossa väyläkaapelin suoja kytketään potentiaalintasaukseen vain yhdestä pisteestä. Kaapelin häiriösuojan pää kytketään yhteiseen potentiaalintasaukseen ja jatketaan rasioiden yli, häiriösuojan toinen pää jätetään kytkemättä ja esimerkiksi teipataan, ettei se vahingossa aiheuta ongelmia maadoituksen suhteen. Kaapeloinnin suojaus maadoitetaan ainoastaan yhdestä pisteestä maasilrukoiden välttämiseksi. Kun kaksi väylätekniiikan solmua on kytketty eri maadoituspotentiaaleihin, saattaa syntyä maasilrukka, johon potentiaaliero aiheuttaa häiriövirran. Pienikin ero potentiaalissa saattaa tuhota järjestelmän solmun elektroniikan. Väyläkaapelin mennessä kiinteistöstä toiseen on läpimenoon käytettävä metalliputkea ja putki on maadoitettava. Väyläkaapelin +- ja -- napoja ei saa koskaan maadoittaa. (Piikkilä 2006, 113 - 114.)



Kuvio 15 Lon-väyläjärjestelmän kelluva maadoitusjärjestelmä. (Piikkilä 2006, 114.)

## **11 Yhteenveto**

Maadoittaminen on tärkeä osa rakennusten sähköasennuksia ja niiden toimivuutta. Maadoitusten tekemisessä on syytä ottaa huomioon työssäni esiin tuomat vaatimukset. Maadoitusten tekemisessä tärkeää on ymmärtää miksi maadoituksia tehdään ja mikä on niiden tarkoitus. Hyvin tehty maadoitusjärjestelmä nostaa sähköasennusten turvallisuutta ja laskee rakennuksissa esiintyviä häiriöitä huomattavasti.

## Lähdeluettelo

Autio, Isto. 2008. ST 51.77: Potentiaalintasaus eläintiloissa. ST-kortisto. Espoo: Sähköinfo Oy.

Autio, Isto. 2007. ST-esimerkit 5: Esmerkkipiirustukset asuintalo. ST-kortisto. Espoo: Sähköinfo Oy

Harsia, Pirkko. 2005. Maadoitus, potentiaalintasaus, suojajohtimet. Tampereen ammattikorkeakoulu Sähköosasto, Tampere.

Hieta-Wilkman, Sinikka. 1998. Sähköremontti, rakennusten perusparannus ja korjaus. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

Mäkinen, Pertti. 2005. Asentajan sähkötyöturvallisuusopas. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

Nurmi, Tapani. 2008. ST 53.21: Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset. ST-kortisto. Espoo: Sähköinfo Oy.

Piikkilä, Veijo. 2006. ST-käsikirja 21: Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. Sähkötieto ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

SFS. 2005. SFS-käsikirja 144: Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus 2005. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto ry.

SFS. 2007. SFS-käsikirja 600: Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus 2007. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto ry.

Tiainen, Esa. 2006. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Julkaisu D 1-2006. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

Tiainen, Esa. 2007. Maadoituskirja. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Espoo: Sähköinfo Oy.



Tiainen, Esa. 2008. Maadoitusopas. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Espoo: Sähköinfo Oy.