

Omid Khadem

Omakotitalon salamasuojaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

11.6.2017

Tekijä Otsikko	Omid Khadem Omakotitalon salamasuojaus
Sivumäärä Aika	25 sivua + 7 liitettä 11.6.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Osmo Massinen
<p>Opinnäytetyö käsittelee rakennusten, etenkin omakotitalojen perussalama- ja ylijännitesuojausta. Opinnäytetyössä kerrottiin Suomen ukkospäivien lukumäärästä ja missä päin maata syntyy eniten ukkospäiviä ja missä vähiten. Työssä kerrotaan myös salaman syntymisestä ja omakotitalon salamasuojaustarpeesta ja suojausmenetelmistä. Opinnäytetyössä käytiin läpi Suomessa julkaistut SFS-käsikirja 609 ja SFS6000- standardit sekä niiden esittelemät salamasuojausjärjestelmät.</p> <p>Opinnäytetyössä kerrotaan enemmän salamasuojauksen menetelmistä ja standardien mukaisista asennustavoista ja komponenttien valinnoista. Tärkeimmät rakennusten suojaukset ovat ulkoinen salamasuojausjärjestelmä ja sisäinen salamasuojausjärjestelmä. Kävimme läpi myös ylijännitesuojausta ja sähkölaitteiden lisäsuojauksia. Työssä tehtiin sähköstandardien mukainen salama- ja ylijännitesuojaussuunnitelma olemassa olevaan omakotitaloon ja tähän omakotitaloon tehtiin tuoteluettelo tarvittavista tuotteista sähkönumeroinen. Omakotitaloon ei Loppujen lopuksi ulkoista salamasuojausta voitu asentaa, koska maadoitustoteutuksesta olisi tullut varsin kallis.</p> <p>Opinnäytetyö perehdyttää lukijan rakennusten salamasuojausten toteuttamiseen standardien mukaisesti. Luotettava ja toimiva salamasuojaus vaatii hyvän maadoituksen.</p>	
Avainsanat	Salamasuojaus, ylijännitesuojaus, maadoitus

Author Title	Omid Khadem The lightning protection of detached house
Number of Pages Date	26 pages + 7 appendices 11 June 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Degree programme in Electric Technique
Specialisation option	Electrical power technology
Instructor	Osmo Massinen, Senior Lecturer
<p>This thesis deals with basic and surge protector of buildings, especially private houses. The work tells about the creation of lightning and the need of lightning protection for the detached house as well as the protection methods. The thesis analyzed the SFS manual 609 and the SFS6000 standards published in Finland and the fire protection systems that they present.</p> <p>The thesis deals more with the methods of lightning protection and standard installation methods and component choices. The most important building protection features include both an external and internal lightning protection system. We also went through overvoltage protection and additional protection for electrical equipment. We carried out a plan in accordance with the electrical standard lightning and overvoltage protection for an existing house and we made a catalog of the necessary products with electricity numbers.</p> <p>This bachelor's thesis will familiarize you with the implementation of the buildings' lightning protection in accordance with the standards. Reliable and effective lightning protection requires good grounding.</p>	
Keywords	The lightning protectioning, grounding, overligh protectioning

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Salamasuojaus	2
3	Määräykset ja huolto-ohjeet	4
4	Ulkoisen suojaus	5
4.1	Suojausmenetelmiä	5
4.2	Salamanvangitsija	9
4.3	Kattojohtimet	11
4.4	Alastulojohtimet	12
4.5	Maadoituselektrodi	14
5	Sisäinen suojaus	17
5.1	Potentiaalintasaus	17
5.2	Ylijännitesuojaus	18
5.3	Ylijännitesuojien valinta	19
6	Esimerkkiomakotitalon salama- ja ylijännitesuojauksen suunnittelu	22
7	Yhteenveto	23
	Lähteet	25

Liitteet

Liite 1. Julkisivut

Liite 2. Tasopiirustus kerros 1 ja kerros 2

Liite 3. Leikkaus

Liite 4. Asemapiirros

Liite 5. Ylijännitesuojien asentaminen TN-C järjestelmässä

Liite 6. Tarvike- eli komponenttiluettelo

Liite 7. Urakkatarjouslomake

Lyhenteet

IEC	International electrotechnical commission. Kansainvälinen sähköalan standardointiorganissatio.
kA	Kiloampere. Kiloampeeri.
KTM	Kauppa- ja teollisuusministeriö.
kV	Kilovolt. Kilovoltti.
LEMP	Lightning electromagnetic pulse. Salaman sähkömagneettinen pulssi.
LP	Lightning protection. Salamasuojaus.
LPL	Lightning protection level. Salamasuojaustaso.
LPS	Lightning protection system. Salamasuojausjärjestelmä.
LPZ	Lightning protection zone. Salamasuojausvyöhyke.
SFS	Suomen Standardisoimisliitto.

1 Johdanto

Salama on hyvin vaarallinen sähkötekniinen kipinäpurkaus ja niitä tapahtuu Suomessa pääsääntöisesti touko-syyskuun aikana. Salamanisku voi aiheuttaa hengenvaaraa ihmisille ja eläimille sekä myös vahingoittaa rakennuksia ja elektronisia laitteita. Opinnäytetyö esittää yleisesti rakennusten, kuten omakotitalojen salamasuojauksen toteuttamisen. Asuinrakennuksissa on yhä enemmän arkoja sähkölaitteita. Tehokas ja laadukas salamasuojaus vähentää salamaniskujen aiheuttamia ylijännitevahinkoja rakennusten ulkona ja sisällä sijaitseviin sähkölaitteistoihin.

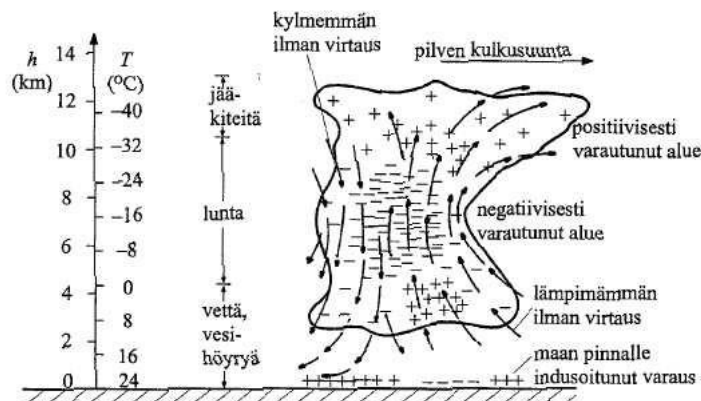
Opinnäytetyössä noudatetaan standardeihin perustuvia salamasuojausmenetelmiä. Suomenkielisiä julkaisuja salama- ja ylijännitesuojauksista ovat muun muassa SFS-käsikirja 609 ja SFS6000-standardit. Obo Bettermann Oy on yksi tunnetuimpia salamasuojauskomponenttien maahantuojia.

Opinnäytetyössä pyritään ratkaisemaan ja suunnittelemaan salama- ja ylijännitesuojaus olemassa olevaan esimerkkiomakotitaloon, joka on valmistunut vuonna 1984. Omakotitalolle suunnitellaan tarvittavat salamasuojauskomponentit ja niiden määrät. Komponenttien hankinnat ja asennukset jäävät opinnäytetyön ulkopuolisia asioita.

Opinnäytetyön suunnitelmien tuloksena muodostetaan tarvikeluettelo, jota voi hyödyntää tarjouspyyntöjen tekemisessä. Komponenttiluettelo määrittelee tarvittavat kaapelointimäärät, kiinnikkeet ja niin edelleen. Käytettävät tarvikkeet on lueteltu komponenttiluettelossa (liite 6).

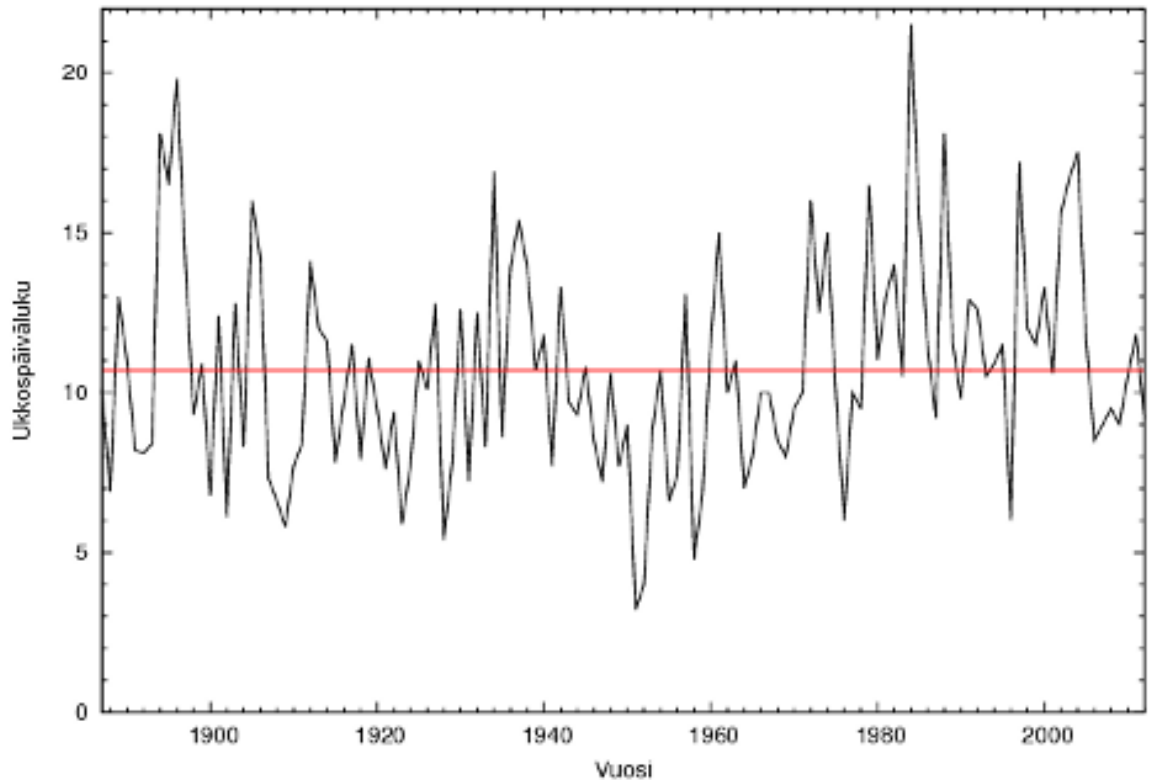
2 Salamasuojaus

Salama on hyvin voimakas kipinäpurkaus, jossa esiintyy voimakas valo, sekä suuri ääni. Salama syntyy, kun pilvet, joilla on eri sähkövaraukset, osuvat toisiinsa. Pilvissä virtauksen mukana kulkee jääkiteitä ja lumirakeita, jotka törmäävät toisiinsa. Tämä muodostaa positiivisia ja negatiivisia sähkövarauksia pilvissä. Positiiviset ja negatiiviset varaukset erottautuvat pilvissä. Negatiiviset varaukset siirtyvät pilven alaosaan ja positiiviset varaukset pilven keski- ja yläosaan. Kun nämä varaukset ovat tarpeeksi suuria, synnyttävät ne sähköpurkauksen eli salaman. Salama iskee pilvestä pilveen ja pilvestä maahan. Ukkospilven syntyminen on havainnollistettu kuvassa 1. Salaman jännite on 20 000 000–1000 000 000 voltia ja vaikuttava virta voi olla 10 000 – 300 000 ampeeria. [6, s. 145–146.]



Kuva 1. Ukkospilven syntyminen [1, s. 11.]

Suomessa salamoita esiintyy eniten maan länsiosissa. Lapissa ukkospilviä on vähemmän, koska Lapissa kesät ovat lyhyitä. Salaman lämpötila on jopa 30 000 celsiusastetta, joka laskee 10 000 asteeseen 30 mikrosekunnin aikana. Salaman lämpötilan keskiarvona on 20 000 astetta. Suomessa touko-syyskuun aikana on ukkosia yhteensä noin satana päivänä vuodessa. Ukkospäivien esiintymisiä Suomessa on esitetty kuvassa 2. [3.]



Kuva 2. Ukkospäiviä Suomessa 1887-2011 [3].

Salamasuojauksen tarkoitus on suojata ja vähentää salamaniskuista aiheutuvia rakenteellisia vahinkoja sekä estää palo-, räjähdys- ja hengenvaara. Salamaniskun estäminen on käytännössä mahdotonta, mutta rakentamalla salamasuojaus pystytään salamanisku johtamaan turvallisesti maahan.

Salamasuojaamisesta on hyvä päättää jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. On myös mahdollista rakentaa salamasuojaus olemassa olevaan rakennukseen. Salamasuojauksen tärkeimmät menetelmät ovat sisäinen ja ulkoinen suojaus. Jos rakennuksen päätetään suunnitella ja rakentaa ulkoinen suojaus, on myös suunniteltava ja rakennettava sisäinen suojaus. [7, s. 4.]

Jos rakennuksessa on elektronisia laitteita, esimerkiksi viihde-elektroniikkaa tai ohjauslaitteita, on sisäinen suojaus eli ylijännitesuojaus rakennettava SFS6000-standardin mukaan. Ylijänniteltä suojaus toteutetaan suojalaitteella, jonka suojaus ei saa olla korkeampi kuin ylijänniteluokan 2. taso. Ylijännite luokka 2 on 230/400 voltin nimellisjännite. Luokan 2 laitteille vaadittu impulssijännitteen kestävyys on 2,5 kV. Laitteiden vaadittu ylijännitesuojaustaso on esitetty taulukossa 8 (ks.s.19). [5, s. 156.]

3 Määräykset ja huolto-ohjeet

Suomessa keskimääräinen salamatiheys on pieni, ja tämän perusteella Suomen lain-säädäntö ja viranomaiset eivät yleensä ota vastuuta rakennuksen salamasuojaukseen. Salamasuojausta koskevia määräyksiä on olemassa räjähdys- ja palavien nesteiden ti-lojen osalta. [2, s. 21.]

Rakennuksen salamasuojausta koskevista vaatimuksista, riskiarvioinnista ja tasosta vastaa itse omistaja, rakennuttaja tai käyttäjä. [6, s. 39.]

Kauppa- ja teollisuusministeriön (KTM) määräykset vaativat salamasuojauksen arvok-kaille ja vaarallisia tarvikkeita sisältäville rakennuksille. Arvokkaiksi rakennuksiksi voi-daan luetella esim. näyttötornit, ydinvoimalat ja kirkot. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 130/80 (muutos 438/1982) vaatii salamasuojausta tehdasalueilla oleviin raken-nuksiin, joissa käsitellään 50 kg tai enemmän vaarallisuusluokassa 1.1, 1.2 tai 1.3 olevia räjähdystarvikkeita. Pysyvä varastosuoja, jossa säilytetään yli 500 kg vaarallisuusluok-kien 1.1, 1.2 tai 1.3 räjähdystarvikkeita, on salamasuojattava. Näissä tiloissa on hyvä tarkistaa salamasuojauksen toimintakunto kerran vuodessa. Räjähdystilat ja palavien nesteiden säiliöt tulee suojata salaman vaaraa vastaan. [2, s. 22–23.]

Vakuutusehdoissa saattaa olla kohta, jossa vaaditaan rakennuksen salamasuojausta. Näitä voivat olla esimerkiksi arvokiinteistöt, kuten kirkot ja kulttuurihistorialliset kohteet. Vakuutusehdot ottavat kantaa myös salamaylijännitteiden aiheuttamien laitevaurioiden korvaamiseen. Esimerkiksi kotivakuutuksen kuuluu korvata sähköilmiöiden aiheuttamat vahingot. Vakuutusehdoissa on yleensä tiedossa oleva omavastuu. Vakuutusehdoista suositellaan aina tarkistettavaksi vakuutuksen kattavuus salamaylijännitteiden aiheutta-missa vaurioissa. [2, s. 25.]

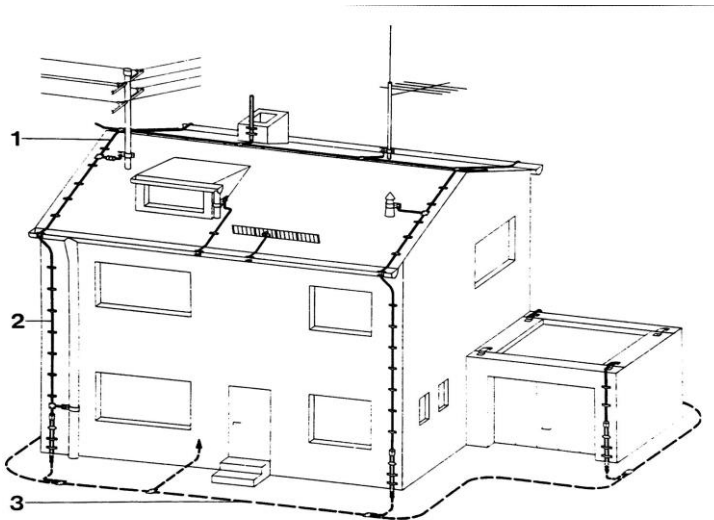
Toimiva maadoitus on kaikkien rakennusten sähköasennusten tärkeä osa. Yleensä pe-rustusmaadoituksella saadaan rakennuksen käyttöiän toimiva, kestävä ja huoltovapaa maadoitusjärjestelmä. Betoni suojaa maadoitusmateriaalia korroosiolta. Salama-suojausjärjestelmien huolto ja tarkastus saattavat usein unohtua, koska näistä suojauk-sista ei ole juuri ohjeita.

On ilmeistä, että kiinteistöjen haltijat eivät ymmärrä salamasuojauksen merkitystä arvo-kiinteistössä, joten olisi hyvä tehdä huoltosuunnitelma. Tarkoituksena on, että vuosittain

tehtäisiin silmämääräinen tarkastus ja viiden vuoden välein kuntotutkimukset johdinten ja jatkosten jatkuvuudesta. Niistä tehtäisiin pöytäkirjat, jotka sitten joka viisivuotiskerralla täydennettäisiin mittaustuloksilla, kuten tehtäisiin muuntopiirien osalta. Katto- ja alastulojohtimien lisäksi pitää mitata myös maadoitusten ominaisvastusarvot. Mittaukset voivat maksaa alle 1000 euroa, mutta palanut arvokiinteistö, esimerkiksi kirkko, maksaa noin 5 miljoonaa euroa ja vanhaa ja historiallista tunnelmaa ei saa takaisin.

4 Ulkoinen suojaus

Ulkoisen salamasuojauksen tarkoituksena on ehkäistä suojattavassa kohteessa salamaniskun aiheuttamat vauriot. Ulkoisessa salamasuojauksessa käytetään salamanvangitsijoita, joita voivat olla sieppaustangot, ripustetut johtimet ja verkkorakenteet, antennimastot sekä niiden yhdistelmät. Myös metallikatto voi toimia salamanvangitsijana. Periaatteet on esitetty kuvassa 3. Mikäli rakennetaan ulkoinen suojaus, pitää rakentaa myös sisäinen suojaus. [1, s. 83.]



Kuva 3. Rakennuksen ulkoinen salamasuojaus. 1= kattojohtimet, 2= alastulojohtimet, 3= maadoituselektrodi. Yhdistys potentiaalintasauskiskoon [1, s. 84.]

4.1 Suojausmenetelmiä

Suojausmenetelmiä on kolme. Menetelmiä ovat pallomenetelmä, verkkomenetelmä ja suojakulmamenetelmä. Pallomenetelmä soveltuu kaikkiin tapauksiin. Verkkomenetelmä

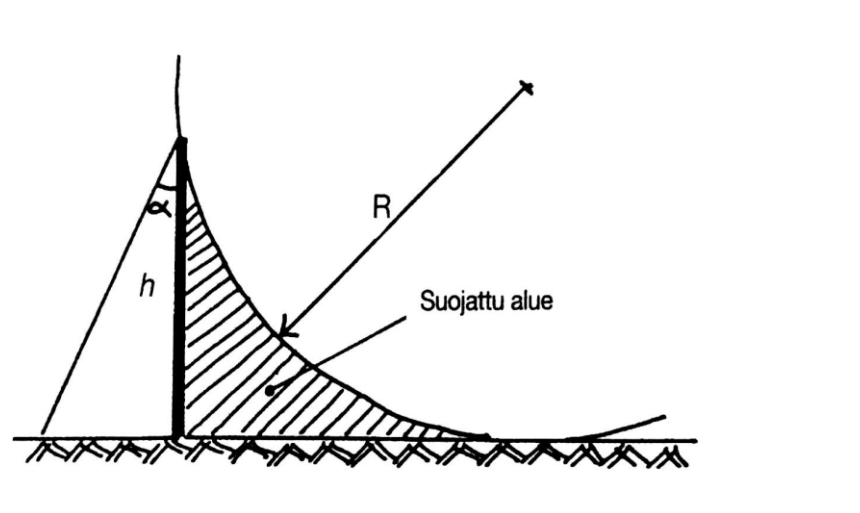
soveltuu tasopintojen suojaamiseen vaakasuorille ja kalteville katoille. Suojakulmamenetelmä soveltuu yksinkertaisille rakennuksille. Kun rakennuksen katolle asennetaan erilaisia komponentteja, on ne yhdistettävä keskenään, jotta varmistetaan mahdollisimman hyvä salamavirran jakautuminen. [1, s. 84–85.]

Taulukko 1. LPL Suojaustasojen kattamat salamavirta-alueet, pallonsäteet pallomenetelmä ja verkon silmäkoko [6, s. 64.]

Suojaustaso LPL	Virta-alue (kA)	Minimivirtaa vastaava pallon säde r (m)	Verkon silmäkoko W (m)	Suojakulma α (°)
I	3–200	20	5*5	Katso kuva 6
II	5–150	30	10*10	
III	10–100	45	15*15	
IV	16–100	60	20*20	

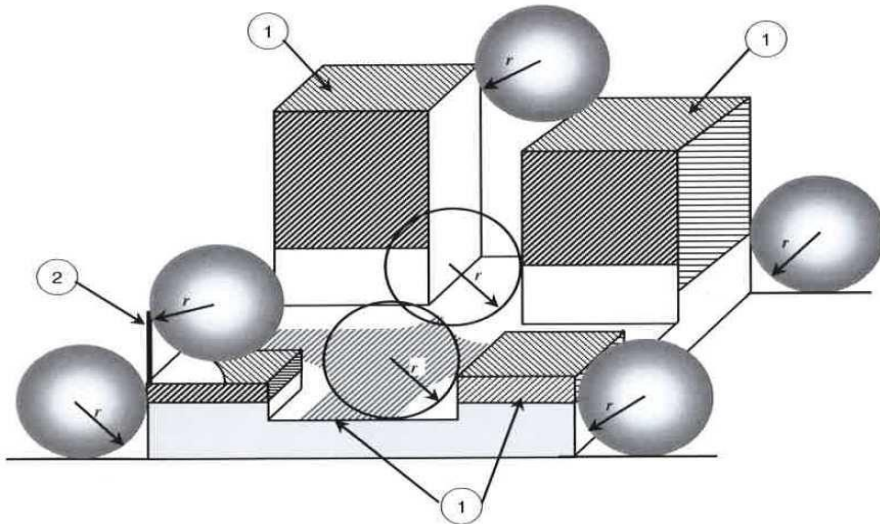
Pallomenetelmä

Pallomenetelmän ideana on, että säteen R omaavaa palloa vieritetään salamasuojattavan kohteen ympäri tai yli, kunnes se on maan tasolla. Pallomenetelmää käytetään, kun suojakulmamenetelmää ei voida käyttää tai kun suojattava rakennus on monimutkainen. [2, s. 84.]



Kuva 4. Suojakulman tai R -säteisen pallon määrittelemä suojattu alue. [2, s. 60.]

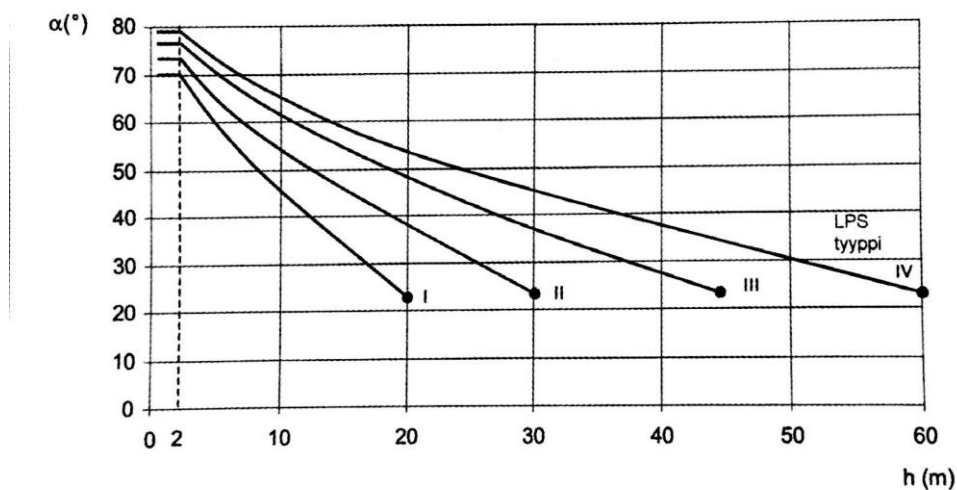
Rakennuksen suojattavat alueet määritellään pallomenetelmällä vierivän pallon avulla. Pallomenetelmässä säde on pienin suojausluokassa LPL I, se estää yli 3 kA salaman iskut. Mitä pienempi on pallon säde, sitä paremmin pienivirtaisten salamoiden iskut voidaan estää. Pallon säde määritellään taulukossa 2, sivulla 6. [4. 6, s. 67.]



Kuva 5. kuvassa varjostetut alueet (1) ovat alltiita salamaniskuille. Numero kaksi on masto. [6, s. 68.]

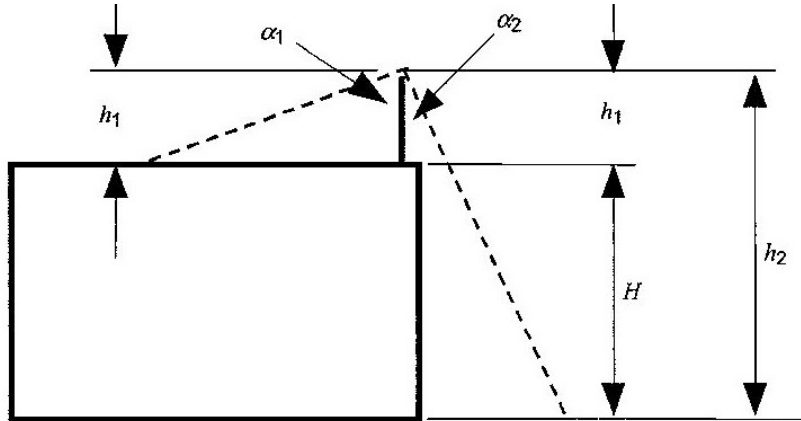
Suojakulmamenetelmä

Suojakulmamenetelmä sopii yksinkertaisille rakennuksille. Sen tarkoitus on rajoittaa vastaanottorakenteen korkeutta. [4.]



Kuva 6. α = suojauskulma asteina, h = tangon maston tms korkeus (rakennusten korkeus huomioon ottaen, jos tanko tms. on rakennuksen katolla). [1, s. 64.]

Salamavirran ja pystytangon korkeus vaikuttavat suojakulman suuruuteen. Kuva 7 esittää tilannetta, kun LPL I suojaustason rakenteessa 20 metriä korkealla tangolla suojauskulma on 23° ja vastaavasti 10 metrin tangolla 47° . Tangon pituus mitataan yleensä referenssisitasosta. [6, s. 64-65.]

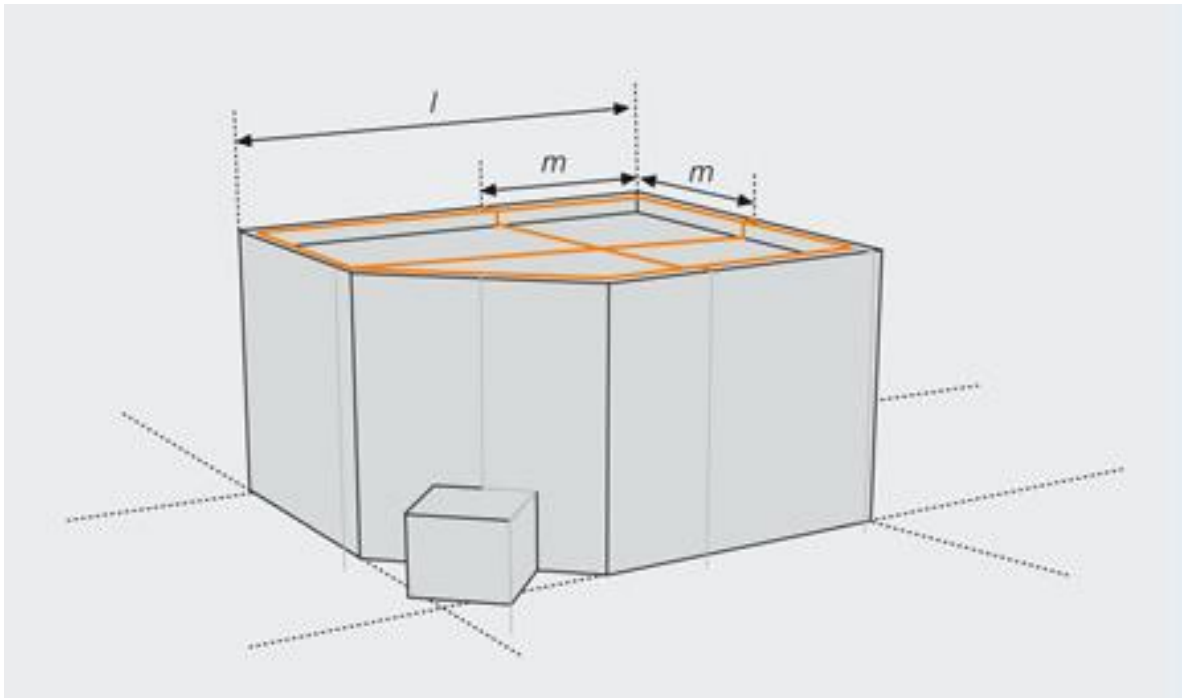


Kuva 7. H on rakennuksen korkeus ja h_1 on tangon korkeus, $h_2 = H + h_1$. [6, s. 65.]

Verkkomenetelmä

Verkkomenetelmän periaatteet näkyvät kuvassa 8 (k.s.9). Verkkomenetelmä suunnitellaan yleensä vaakasuorien ja kaltevien tasojen suojaamiseen. Verkkomenetelmä soveltuu myös suorille seinille, sillä voidaan estää myös sivuiskuja. Verkkomenetelmän suunnittelussa on huomioitava, että mikään metallirakenne ei saa olla verkon ulkopuolella. [6, s. 70. 4.]

Verkon silmäkoko m on suojausluokan mukainen. Verkon silmäkoko on esitetty taulukossa 1 (ks. s. 6). Alastulojohtimet vedetään suojausluokan mukaisin välein maadoituselektrodiin. Jos johtimen kokonaispituus $l > 20$ metriä, se täytyy varustaa laajennuskappaleella. Laajennuskappaleella estetään lämpölaajenemisen aiheuttamat vahingot. Sieppaustangot liitetään verkkoon ja sieppaustangoilla suojataan kaikki katolla olevat ulkonemat, jotka voivat johtaa salamavirran rakennuksen sisälle. [4.]



Kuva 8. Verkkomenetelmän periaatekuva. [4]

4.2 Salamanvangitsija

Salamanvangitsijoiden tarkoitus on suojata rakennus suoralta salamaniskulta, eli sen tehtävä on ottaa salamanisku vastaan. Salamanvangitsijoiden sijoittelu on tärkeää, sillä oikeanlainen sijoittelu vähentää salaman aiheuttamia vaurioita kohteessa. Salamanvangitsijoita voivat olla tangot, ripustetut johtimet, ukkosköydet, mastot, verkkorakenteet tai näiden kaikkien yhdistelmät. [2, s. 59.]

Rakennuksen kattoa voidaan käyttää salamanvangitsijana, jos katto on tehty vähintään 0,5 millimetrin paksuista pellistä. Metallilevyjen minimipaksuudet on esitetty taulukossa 2. Metallirakenteen pitää olla luotettava ja tarpeeksi hyvin sähköä johtava. Sähköinen jatkuvuus eri osien välillä on toteuttava kestävästi esimerkiksi hitsaamalla, puristamalla, ruuvaamalla tai juottamalla.

Sadevesikourut voivat toimia salamanvangitsijoina, jos ne ovat paksuudeltaan vähintään 0,5 millimetriä ja rakenteeltaan yhtenäisiä, sekä limitetty tarpeeksi hyvin. Katon muiksi salamanvangitsijoiksi voidaan laskea muun muassa kävelysillat, kaiteet ja tikkaat. [6, s. 86–93.]

Taulukko 2. Metallilevyn tai putken seinämän minimipaksuus vastaanottorakenteessa. [6, s. 92.]

Suojaluokka	Materiaali	Paksuus ^a t (mm)	Paksuus ^b t' (mm)
I-IV	Lyijy	-	2
	Teräs (ruostumaton tai sinkitty)		4 0,5
	Titaani		4 0,5
	Kupari		5 0,5
	Alumiini		7 0,65
	Sinkki		0,7

^a Paksuus t on riittävä estämään läpilyönnin, kuumen pisteen syntyminen tai palavan materiaalin syttymisen. ^b Paksuus t' on riittävä, jos ei ole tärkeätä estää edellä mainittuja

Kattojohtimiin ei saa yhdistää laitteita, joilla on suora yhteys rakennukseen sähkökaapeleihin tai ilmanvaihtoputkiin. Näin ehkäistään salamavirran pääsy rakennuksen sisäosiin. [2, s. 88–89.]

Katolla olevia metallisia rakenteita ei tarvitse erikseen suojata, jos kaikki seuraavista neljästä ehdosta täytyy.

- Rakenteen korkeus kattopinnasta alle 0,3 metriä.
- Rakenteen pinta-ala enintään 1 m².
- Rakenteen pituus enintään 2 metriä.
- Rakenteen etäisyys vähintään 0,5 metriä salamanvangitsijasta.

Jos jokin näistä ehdoista ei täyty, tulee rakenne yhdistää salamasuojaukseen. [1, s. 91.]

Vastaanottorakenteen, alastulojohtimen ja rakenteellisten metalliosien, asennusten ja sisäisten järjestelmien välinen sähköinen eristys on riittävä, kun niiden välinen etäisyys d on suurempi kuin vaadittava erotusväli S:

$$s = k_i * \frac{kc}{km} * l \quad (1)$$

s on erotusväli

k_i on kerroin riippuen suojausluokasta

k_c on virranjakautumiskerroin riippuen alastulojohtimien määrästä n , niiden sijainnista, yhdistävistä rengasjohtimista, vastaanottorakenteen tyypistä ja maadoitusjärjestelmästä

k_m riippuu eristysmateriaalista

l on etäisyys lähimpään potentiaalintasauskiskoon, koska $A > s$ pyöristetään ylöspäin

Jos monikerroksisen rakennuksen kerroskorkeus on 5 metriä ja potentiaalitasaus on toteutettu kaikissa kerroksissa, etäisyys lähimpään potentiaalintasauspisteeseen saa olla enintään 2,5 metriä. Alastulojohtimien virran jakautumiskerroin $k_c = 1$ (taulukko 3). Rakennus on tehty betonista ja tiilestä $k_m = 0,4$ (taulukko 4.). [6, s. 81.]

Erotusväli saadaan $S = 0,08 * (1/0,4) * 2,5 \text{ m} = 0,5 \text{ m}$.

Taulukko 3. Ulkoisen salamasuojausjärjestelmän eristysväli – kertoimen k_i ja k_m arvot [6, 81-82].

Suojausluokka LPL	I	II	III ja IV
Kerroin k_i	0,08	0,06	0,04
Alastulojohtimia			
n	1	2	4
Kerroin k_c jos tyyppin A maadoituselektrodi	1	0,66	0,44
Kerroin k_c jos tyyppin B rengasmaadoituselektrodi	1	0,5-1,0	0,25-0,5
Materiaali			
	Ilma	Betoni, tiilet	
Kerroin k_m ^{a)}	1	0,5	
a) Jos useita eristysmateriaaleja on sarjassa, kertoimelle k_m on syytä käyttää pienempää arvoa.			

4.3 Kattojohtimet

Kattojohtimet on asennettava niin, että ne eivät vahingoitu esimerkiksi tuulen, jään tai lumen vaikutuksesta. Näissä asennuksissa on käytettävä sellaisia johtimia ja asennustuotteita, että niiden kesken ei aiheudu korroosioita. Jos kattopinta on palonarkaa materiaalia, voi salamavirta kattojohtimessa aiheuttaa palovaaran syntymisen. Palovaaraa voidaan vähentää

- lisäämällä kattojohtimien määrä tai suurennetaan niiden poikkipinta.
- lisäämällä kattojohtimien etäisyyttä kattopinnasta.
- asentamalla kattopinnan ja kattojohtimien väliin lämpösuojalevy.

Kattojohtimia on asennettava kattoon sopivilla johdinkiinnikkeillä maksimissaan 1,2 metrin välein. Kattojohtimet voidaan räystäskouruilla yhdistää alastulojohtimiin. Jos rakennuksessa on tarpeeksi paksuja metallirakenteita (taulukko 3), voidaan niitä käyttää salamavangitsijoina. [2, s. 85–86.]

4.4 Alastulojohtimet

Alastulojohtimien tehtävä on johtaa salamavirta salamavangitsijoista maadoitukseen. Alastulojohtimia asennetaan seinäpinnoille ja mahdollisesti kulkemaan lyhintä reittiä suoraan maadoitusjärjestelmään. Alastulojohtimia on oltava vähintään kaksi riippumatta suojattavan kohteen koosta. Suosituksena on asentaa rakennuksen jokaiseen nurkkaan oma alastulojohdin. Välimatkat alastulojohtimilla ovat lueteltu taulukossa 5 (ks. s. 14). Alastulojohtimien poikkipinta-ala on esitetty taulukossa 4. [2, s. 92–93.]

Taulukko 4. Kansainvälisen ja kansallisen standardin vertailu maadoituselektrodien ja katto- ja alastulojohtimien pinta-aloista [2, s. 63].

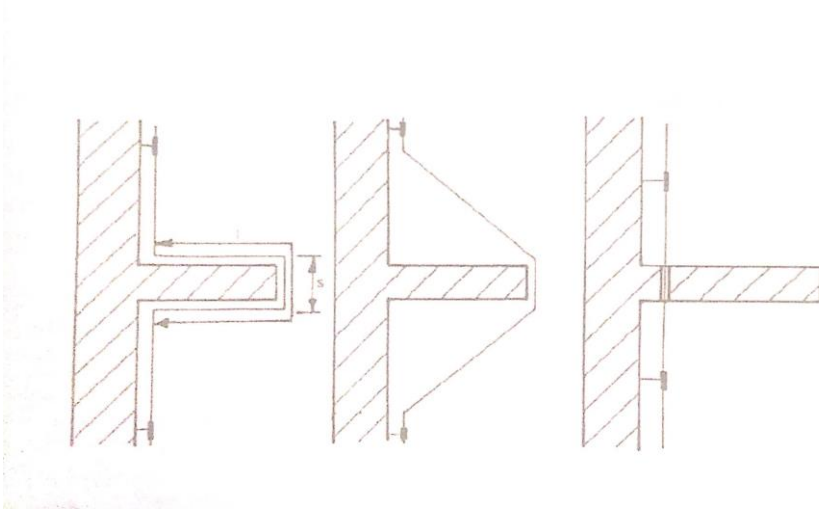
Materiaali (pyörömuotoinen)		Kupari (mm ²)	Alumiini (mm ²)	Teräs (mm ²)
Kattojohdin	SFS	25	35	50
	IEC	50	50	50
Alastulojohdin	SFS	16	25	50
	IEC	50	50	50
Maadoituselektrodi	SFS	25	Ei sallittu	50
	IEC	50	Ei sallittu	78

1 50 mm² (8 mm halkaisija) pienentää 28 mm² (6 mm halkaisija) soveluksissa, joissa mekaaninen lujuus ei ole olennainen vaatimus. Tällöin on harkittava kiinnitysvälin lyhentämistä.

2 Pienin poikkipinta-ala, jolla vältetään sulamiselta on 16 mm² kuparille, 25 mm² alumiinille ja 50 mm² teräkselle ominaisenergialla 10000 kJ/Ω.

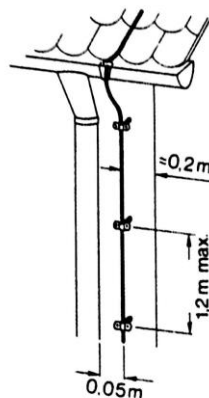
3 SFS 609:n mukaan 25 mm² kuparijohdin tai -lanka on riittävä poikkipinta Suomen olosuhteissa, mikäli maadoituselektrodiin liitetään salamasuoja.

Alastulojohtimet asennetaan mahdollisimman suoraa reittiä maahan. Jyrkkiä mutkia on vältettävä. Sadeveden juoksuputkiin ja räystäskouruihin ei saa alastulojohtimia asentaa korroosion vuoksi, vaikka ne olisivat eristettyjä. Jos syöksytorvi on yhtenäinen ja se täyttää vaatimukset, se voi toimia alastulojohtimena. Alastulojohtimet voidaan asentaa suoraan seinäpinnalle, kun seinämateriaali ei ole palava materiaali. Muissa tapauksissa alastulojohtimen kiinnitykseen käytetään kiinnikkeitä, joilla seinäpinnan ja johtimen välinen etäisyys on vähintään 0,1 metriä. Kuvassa 9 on esitetty alastulojohtimien asennustapoja. [2, s. 92–93. 6, s. 72.]



Kuva 9. Alastulojohtimessa vältetään silmukoita. Mahdollisimman suora reitti kahdessa oikeanpuoleisessa. Vasemmassa tapauksessa erotusväli s on varmistettava kaavalla 1 [6, s. 73].

Alastulojohtimet pyritään asentamaan rakennuksen nurkkiin 20 senttimetrin etäisyydelle rakennuksen nurkasta. Tämä on esitetty kuvassa 10.



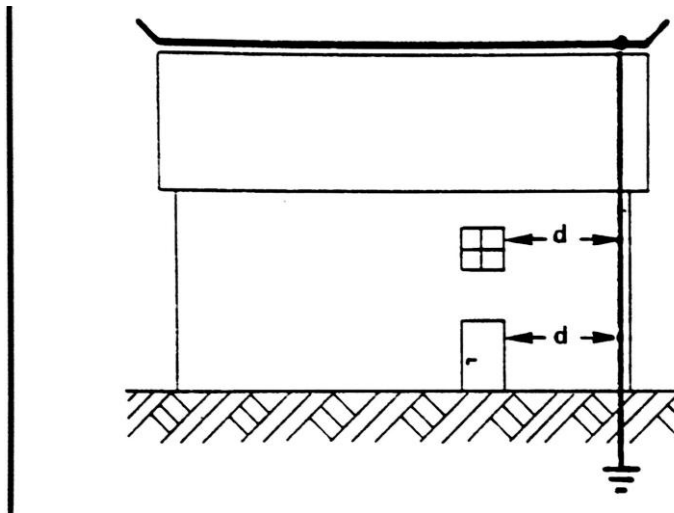
Kuva 10. Alastulojohtimen kiinnitys. Myös kattojohdin ja sadevesikouru yhdistetty alastulojohtimeen. [2, s. 93.]

Jos rakennus on yli 20 metriä korkea, alastulojohtimet on yhdistettävä vaakasuoralla johtimella korkeussuunnassa 20 metrin välein. [2, s. 94.]

Taulukko 5. Alastulojohtimien väliset maksimi etäisyydet eri suojausluokissa. [6, s. 72.]

Suojausluokka LPL	I	II	III	IV
Etäisyys (m)	10	10	15	20

Kuvassa 11 on esitetty alastulojohtimen etäisyys d ikkunoista, ovista tai muusta rakennuksessa olevasta aukosta.



Kuva 11. Alastulojohtimen etäisyys d ikkunoista ja ovista yli 50 senttimetriä. [2, s. 94.]

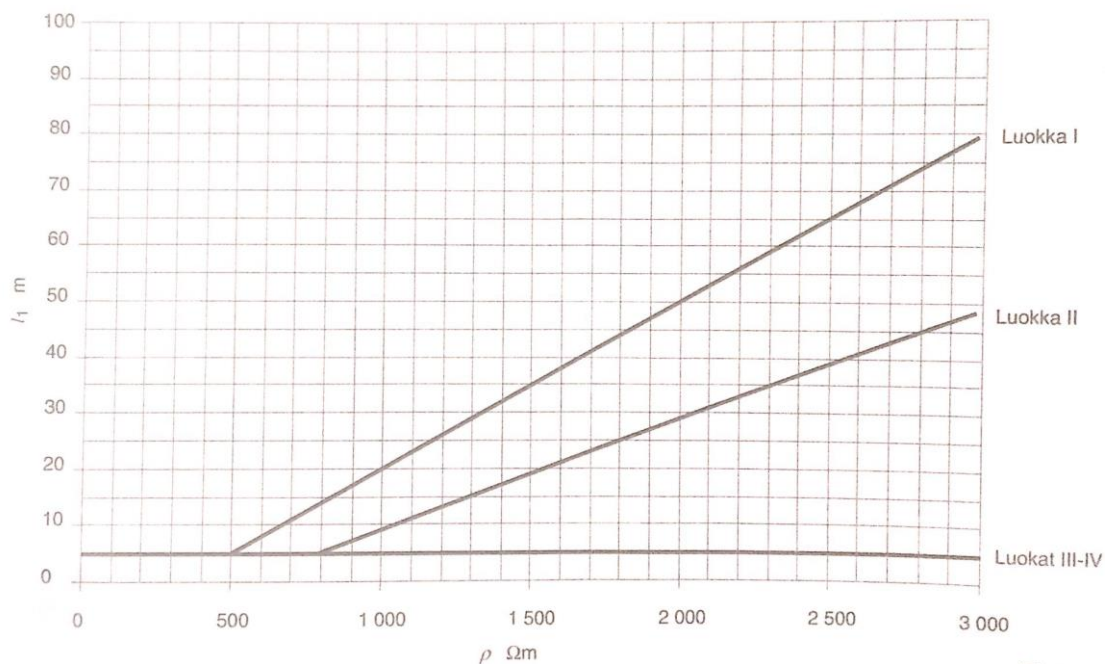
4.5 Maadoituselektrodi

Maadoitusjärjestelmällä on kolme eri tehtävää salamasuojauksessa. Tehtäviä ovat salamavirran johtaminen maahan, jotta salamavirta hajaantuisi maahan ilman että se aiheuttaisi vaarallisia ylijännitteitä, potentiaalitasaus alastulojohtimien välillä ja potentiaalinhojaus seinän johtavien osien läheisyydessä. Maadoitusjärjestelmä yhdistetään kohteen potentiaalitasaukseen. On hyvä suunnitella maadoituselektrodi uudisrakennusta tehtäessä. Jos uudisrakennusta tehtäessä maadoituselektrodiä ei ole mahdollista toteuttaa,

tehdään rengaselektrodi, johon kaikki rakennuksen alastulojohtimet on yhdistetty. Näitä voi olla useita ja sitä voidaan täydentää pysty- ja säteittäiselektrodeilla. [6, s. 73.]

Maadoituselektrodi on asennettava vähintään 0,5 metrin syvyyteen ja noin 1 metrin etäisyydelle rakennuksen perustuksista. Maadoituselektrodi voi olla perustusmaadoituselektrodi, jossa on teräsbetonista tehty perustus, metallirakenne joka on upotettu betoniperustuksiin tai pystysuoraan upotettu metallitanko. Maadoituselektrodin materiaalina voivat toimia teräs, ruostumaton teräs sekä myös kupari. Alumiinia ei saa käyttää maadoituselektrodina korroosion vuoksi. [6, s. 75.]

Maadoituselektrodien poikkipinta-alat on esitetty taulukossa 4 (ks. s. 12). Maadoituselektrodi voidaan rakentaa 16 mm²:n köydellä, jos maadoituselektrodin yhdistetään ulkoinen salamasuojaus. Suomessa maadoituselektrodin poikkipinta-ala kuparijohtimelle on 25 mm². [2, s. 62.]



Kuva 12. Maadoituselektrodin minimipituus l_1 maan resistiivisyyden funktiona. [6, s. 76.]

Kallioon voidaan asentaa maadoituselektrodi, jos rakennuksen lähistöllä ei ole johtavampaa maaperää. Jotta kallioon voidaan asentaa maadoituselektrodeja, täytyy kallioon porata halkaisijaltaan 10 senttimetrin reikä. [6, s. 77.]

Taulukko 6. Esimerkkejä eri maalajien keskimääräisestä ominaisresistanssista (Ωm) [6, s. 76].

Savi	Lieju, turve, multa	Hiekka, hieta	Harju- sora	Graniittikal- lio	Betoni tuo- reena maassa	Betoni kuivana
40	150	2000	15000	20000	100	10000

Maadoituselektrodit jakautuvat kahteen eri tyyppiin. Tyypin A elektrodi on säteittäinen, ja ne rakennetaan vähintään 50 senttimetrin syvyyteen. Tyypin B rengaselektrodi rakennetaan vähintään 50 senttimetrin syvyyteen ja noin 1 metrin etäisyydelle ulkoseinistä. Suomessa kuitenkin suositellaan vähintään 70 senttimetrin syvyyttä. [6, s. 77.]

Tyypin A maadoitus muodostuu suojattavan kohteen ulkopuolelle kytketyistä vaakaja/tai pystyelektrodeista, jotka asennetaan jokaiseen alastulojohtimeen. Alastulojohtimia on oltava vähintään kaksi. Jos elektrodeja yhdistää rengasjohdin ja se on kosketuksissa maan kanssa alle 80 %, se luokitellaan A tyyppiseksi. Elektrodin pituus on l_1 vaakasuunnassa tai $0,5 l_1$ pystysuunnassa, joissa l_1 on kuvan 12 käyrästä saatu elektrodin pituus. [6, s. 75.]

B tyypin elektrodi muodostuu suojattavan kohteen ympärille rakennetusta rengaselektrodista, joka on maan sisällä vähintään 80 % pituudestaan tai maadoituksena käytetään rakennuksen perustusmaadoituselektrodia. Rengaselektrodi voi olla silmukoitu, joka parantaa sen ominaisuuksia. Perustuselektrodin keskimääräinen säde r on $r \geq l_1$, jossa l_1 on kuvan 12 käyrästä saatu elektrodin pituus. Mikäli l_1 pituus on suurempi kuin säteen r pituus, rengaselektrodia täytyy täydentää vaakaja/tai pystysuorilla elektrodeilla. Pystyelektrodi l_v ja vaakaelektrodi l_r pituudet lasketaan kaavoilla 2 ja 3.

$$l_r \geq l_1 - r \quad (2)$$

$$l_v \geq (l_1 - r) / 2 \quad (3)$$

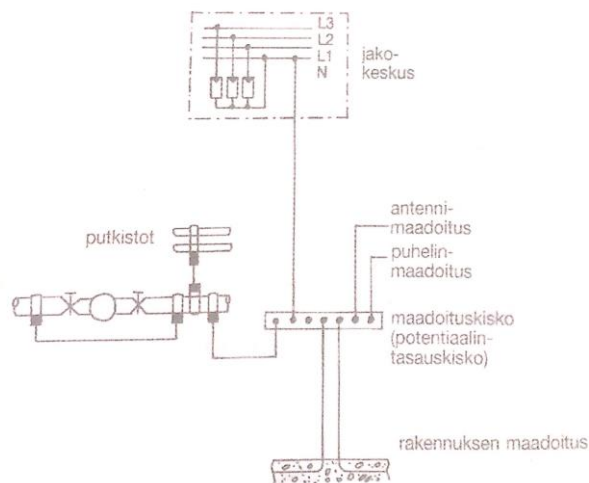
Lisäelektrodien määrä täytyy olla sama kuin alastulojohtimien määrä. Näitä asennetaan paikkoihin, joissa alastulojohtimet on liitetty rengaselektrodiin. [2, s. 97–98. 6, s. 76–77.]

5 Sisäinen suojaus

Sisäisen salamasuojauksen tarkoitus on estää ulkoisessa suojauksessa rakennuksen johtavassa osissa kulkevan salamavirran aiheuttama kipinöinti suojattavan rakennuksen sisällä. Kipinöinti voi esiintyä metalliasennusten, sisäisten järjestelmien tai ulkoisten johtavien osien ja rakennuksen johtojen välillä. Potentiaalintasauksella tai tarpeeksi hyvällä eristyksellä voidaan estää vaarallinen kipinöinti eri osien välillä. [6, s. 78.]

5.1 Potentiaalintasaus

Yhdistämällä rakenteelliset metalliosat, metalliasennukset, sisäiset järjestelmät, ulkoiset metalliosat ja rakennukseen kytketyt johdot yhteen voidaan saavuttaa potentiaalintasaus. Potentiaalintasauksella voidaan merkittävästi pienentää henkilö-, palo- ja räjähdysvaaroja suojattavan kohteen sisällä. Potentiaalintasaus saavutetaan yhdistämällä sähköverkon PE- ja PEN-johtimet maadoituselektrodiin (kuva 13). Ylijännitesuojien välityksellä sähköjohdon vaihejohtimet ja televerkon johtimet yhdistetään maadoituskiskoon. [1, s. 70. 6, s. 78.]



Kuva 13. Potentiaalintasaus TN-C-järjestelmässä [1, s. 71].

Potentiaalintasauskomponenttien mitat ja materiaalit määrittää standardi IEC 62305-3. Potentiaalintasausliitosten minimipoikkipintoja on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 7. Potentiaalintasausliitosten minimipoikkipinnat. [6, s. 119.]

Liitoskomponentti		Materiaali	Poikkipinta mm ²
Potentiaalintasauskisko (kupari tai sinkitty teräs)		Cu, Fe	50
Yhdistysjohtimet potentiaalintasauskiskosta maadoitukseen tai toisiin kiskoihin (täysi salamavirta tai huomattava osa siitä)		Cu Al Fe	16 25 50
Yhdistysjohtimet sisäisistä metalliasennuksista potentiaalintasauskiskoon (osa salamavirrasta)		Cu Al Fe	6 10 16
Yhdistysjohtimet ylijännitesuojiiin	Tyyppi 1 Tyyppi 2 Tyyppi 3	Cu	16 6 1
Huom. Muita materiaaleja käytettäessä pinta-ala on valittava siten, että resistanssi on sama.			

5.2 Ylijännitesuojaus

Ylijännitesuojauksella voidaan vähentää impulssiyljännitteitä portaittain pienemmälle tasolle. Ylijännitesuojauksella suojataan laitteita ja estetään niiden rikkoutuminen. Taulukossa 8 esittää laitteille vaadittu ylijännitesuojaustaso.

Taulukko 8. Laitteiden vaadittu ylijännitesuojaustaso. [5, s. 156.)

Asennuksen nimellisjännite ^a V	Laitteille vaadittu impulssiyljännitteen kestävyys			
	kV ^b			
Kolmivaihejärjestelmä	Laitteet asennuksen liittymiskohdassa (ylijänniteluokka IV)	Pää- ja ryhmäjohtojen laitteet (ylijänniteluokka III)	Laitteet (Ylijänniteluokka II)	Erityisesti suojatut laitteet (ylijänniteluokka I)
230/400	6	4	2,5	1,5
400/690	8	6	4	2,5
1000	12	8	6	4

^a SFS-EN 60038 mukaan
^b Tämä jännite johdetaan äärijohtimien ja suojajohdinpiirin välille.

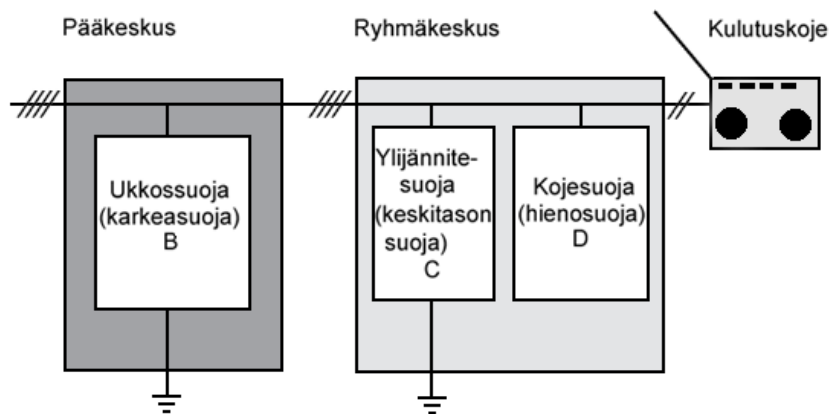
5.3 Ylijännitesuojien valinta

Valmistajan ilmoittama virrankestävyys vaikuttaa hyvinkin paljon ylijännitesuojan valintaan, mikä vaikuttaa siihen, miten ylijännitesuojan ylivirtasuojat asennetaan. Ylivirtasuoja- ja ylijännitesuoja voidaan asentaa rinnan, jolloin syötön jatkuvuus on ensisijainen. Ylivirtasuoja voidaan asentaa myös sarjaan, jolloin ylijännitesuojaus on etusijalla. Taulukossa 9 on esitetty laitteiden suojausluokat. [6, s. 126.]

Taulukko 9. Sähköverkon suojiin luokitukset ja merkinnät. [1, s. 142.]

Luokitus	Salamasuojat	Ylijännitesuojat	kojesuojat
IEC	Class I	Class II	Class III
VDE	B	C	D
EN	Type 1	Type 2	Type 3
Merkintä	T1	T2	T3

Ylijännitesuojia on erilaisia ja on tärkeä valita oikeanlainen suoja oikeaan kohteeseen. Ylijännitesuojat jaetaan eri luokkiin (B, C, D ja B+C) riippuen käyttötarkoituksesta ja kohteesta. Kolmiportainen ylijännitesuojaus on esitetty kuvassa 14 ja se on paras suojaus-tapa, jos järjestelmässä on herkkiä elektronisia laitteita. [8. 9.]



Kuva 14. Kolmiportainen ylijännitesuojaus. [8]

Ensimmäinen porras, salamavirtaa (10/350 μ s) kestävä ylijännitesuoja eli karkeasuoja T1 (= tyyppi1, B) asennetaan pääkeskukseen silloin kun ulkoinen salamasuojaus on asennettu, antennimasto yhdistetty maadoituselektrodiin ja katolla on maadoitettuja sähkölaitteita, esimerkiksi metallisia rakenteita, joihin salama voi iskeä. Karkeasuojana voidaan käyttää myös yhdistelmäsuojaa (kuva 15) T1+T2 (Tyyppi 1+2, B+C).

Toinen porras, salamavirtaa (8/20 μ s) kestävä ylijännitesuoja eli välisuoja T2 (= tyyppi 2, C) asennetaan ryhmäkeskukseen. Välisuoja tarvietaan, kun kaapelin pituus pääkeskuksesta ryhmäkeskukseen on yli 10 metriä.

Kolmas porras eli hienosuoja T3 (= tyyppi 3, D) asennetaan koje- ja ryhmäsuojana kojeen yhteyteen. Hienosuoja asennetaan silloin kun kaapelin pituus välisuojusta kojeeseen on yli 10 metriä. [4.]

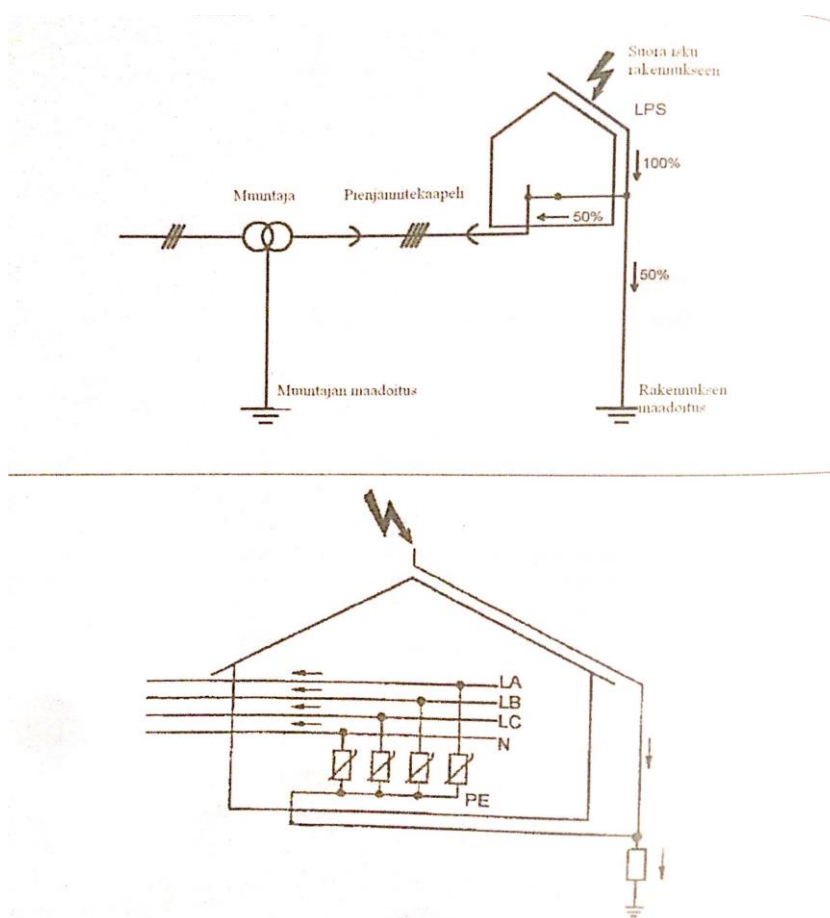


Kuva 15. TN-C järjestelmän salamasuoja B+C, yhdistelmäsuoja [4].



Kuva 16. Televerkon ylijännitesuoja [4].

Ylijännitesuojauksen suunnittelussa on tiedettävä salamavirran jakautuminen sähkö-, tele- ja signaalijohtoihin ja myös muihin palvelujohtoihin. Jos laskentaa ei voida tehdä, käytetään kuvan 17 mukaista arviointia. Valmistajilla on suoja jopa 200 kA:n kokonais-salamavirralle, jolloin karkeasuojat äärijohtimessa ja nolajohtimessa valitaan 4 x 25 kA virrälle. Suomessa riittävät 4 x 12,5 kA suojat, koska Suomessa kokonaisvirta on harvoin yli 100 kA. [6, s. 125.]



Kuva 17. Salamavirranjako I_s . [6, s. 126.]

Komponentit, joilla suojataan tietoliikennelaitteita, ovat muun muassa suojakipinäväli, kaasupurkausputki, varistori ja purkausdiodi.

Karkeatason ylijännitesuojat ovat kipinäväli ja kaasupurkausputki. Keskitasolla ylijännitesuojana on varistori. Hienotasolla käytetään suojapurkausdiodia. [2, s. 112.]

Kaapeli-tv-verkoissa käytetään yleensä kuitu- tai koaksiaalikaapelia. Salaman aiheuttama vaara koaksiaalikaapelin johtimessa on helposti hallittavissa, sillä koaksiaalikaapelin ulkojohdin on maapotentiaalissa, kun ulkojohdin maadoitetaan tarpeeksi tiheästi. Koaksiaalikaapelin metallivaippa on maadoitettava teleasemalla ja laitekaapeissa. Maadoittamista ei tarvitse tehdä, jos maapotentiaali ei ole kosketusetäisyydellä ja kaapeli-tv-verkon liityntäkaapelin potentiaali yhdistetään rakennuksen maapotentiaalin. [2, s. 152.]

6 Esimerkkiomakotitalon salama- ja ylijännitesuojauksen suunnittelu

Kaksikerroksinen omakotitalo, johon pyrittiin suunnittelemaan salama- ja ylijännitesuojaus, on valmistunut vuosien 1983–1984 aikana, ja se on rakennettu valkotiilestä ja harjoista. Rakennuksen pinta-ala on 240 m² ja tontilla sijaitsee myös noin 40 m²:n autotalli. Kumpaankin rakennukseen on asennettu lukkosaumapeltikatto vuoden 2016 aikana. Tavoitteena oli salamasuojata päärakennus ennen kesää 2017. Kun suunnitellaan ulkoinen salamasuojaus, on myös toteutettava sisäinen salamasuojaus eli ylijännitesuojaus. Valmiiden omakotitalojen salamasuojaukset on hankalia ja kalliita toteuttaa, sillä valmis pihaympäristö, valmiit kivitykset, betoniporaat ynnä muut seikat vaikeuttavat tai jopa estävät salamasuojauksen alastulojohtimien ja maadoituksen tarkoituksenmukaisen toteuttamisen.

Kattoon asennetaan kattojohtimia metrin kiinnikevälein katon peltisaumoihin asianmukaisilla kiinnikkeillä. Jos katossa on savupiippu ja piipun hormit ovat keraamiset, voidaan sieppaustanko kiinnittää savupiipun kylkeen. Jos savupiipun hormit ovat metallia, on sieppaustanko kiinnitettävä kattopeltiin, eivätkä savupiipun pellit saa olla galvaanisessa yhteydessä piipun metallihormeihin. Kattojohtimet voidaan yhdistää upposinkkijohdin kiinnikkeillä räystäskourun ja alastulojohtimiin. Alastulojohtimet tuodaan talon jokaisesta nurkasta alas. Alastulojohtimet kiinnitetään 113 Z8-10 -seinäkiinnikkeillä metrin välein ja ne yhdistetään maadoituselektrodiin. Vaihtoliitintä käytetään, jos maadoituselektrodi on kuparia. Maadoituselektrodi asennetaan vähintään 50 senttimetrin syvyyteen ja metrin etäisyydelle seinien reunoista ja se yhdistetään omakotitalon päämaadoituskiskoon. Maadoitusmenetelmäksi valittiin pysty maadoituselektrodi ja materiaalina voidaan käyt-

tää kuumasinkittyjä tai ruostumattomasta teräksestä valmistettuja sauvoja. Sauvojen minimihalkaisijan täytyy olla 20 millimetriä. Katto- ja alastulojohtimien materiaalina käytetään alumiinia, joka on halkaisijaltaan 8mm (poikkipinta-ala 50 mm²). Alastulojohtimien materiaalina voidaan myös käyttää kuparijohtimia. Taulukossa 4 (ks. s. 12) on esitetty alastulojohtimien poikkipinta-alojen minimipaksuudet. Liitteet 1, 2 ja 3 esittävät tämän esimerkkiomakotitalon ulkoisen salamasuojauksen asennusperiaatteet.

Kolmiportainen ylijännitesuojaus on turvallisin suojausmenetelmä, mutta se riippuu myös suojattavan rakennuksen suojaustarpeesta. Pää- /mittauskeskuksessa asennetaan karkea- (B) tai yhdistelmäsuoja (B+C). Ryhmäkeskukseen, jos kaapelin pituus ensimmäisestä ylijännitesuojasta on yli 10 metriä, on asennettava välisuoja (C). Tässä esimerkkiomakotitalossa käytetään yhdistelmäsuojaa eli T2+T3 (B+C-suoja). Ylijännitesuojia ei kannattaisi asentaa sellaisissa tiloissa, joissa uhkana on palo- ja räjähdysvaarallinen riski. Ylijännitesuojat TN-C-verkossa asennetaan vaihejohtimelta PEN-kiskoon ja PEN-kisko maadoitetaan erikseen (liite 5). Antenni- ja televerkon ylijännitesuojat asennetaan mahdollisimman lähelle päämaadoituskiskoa ja kaapelien sisääntuloa. [4]

7 Yhteenveto

Salama voi aiheuttaa suuria vahinkoja asuinkiinteistöille, teollisuusrakennuksille ja niiden ulkopuolella, sekä sisällä sijaitseville sähkölaitteille. Salammat voivat tappaa ihmisiä ja eläimiä. Suomessa ukkospäiviä on melko vähän, koska Suomessa kesät ovat lyhyitä. Yleensä ukkoskaudella touko-syyskuun aikana ukkosia on noin 100 päivänä. Suomessa on ollut tapauksia, joissa salamanisku on aiheuttanut suuria vahinkoja, sekä usein taloudellisia menetyksiä ja jopa ihmisen tai eläimen kuoleman.

Salamasuojauksella ei voi täysin välttyä salamaniskun aiheuttamilta vaurioilta. Salamasuojauksella voidaan kuitenkin pienentää salaman aiheuttamia vaaroja. Salama on hyvin arvaamaton eikä voida tietää etukäteen, mihin salama iskee. Laadukkaasti suunnitellulla, tehokkaalla salamasuojausjärjestelmällä salamasuojaus voidaan toteuttaa kohtalaisen luotettavasti.

Opinnäytetyössä pyrittiin siis kartoittamaan rakennusten, kuten omakotitalojen, salama- ja ylijännitesuojaustapoja sekä asennusten perusperiaatteita Suomessa käytössä ole-

vien standardien mukaisesti. Salamasuojaus kannattaisi aina kuitenkin tehdä jo uudisrakennuksen suunnitteluvaiheessa, koska rakennusten salamasuojaus on paljon helpompaa toteuttaa perustusvaiheessa. Tällöin esimerkiksi maadoituksen ojien kaivut voidaan tehdä estoitta kohtuullisin kustannuksin. Jo olemassa olevien rakennettujen omakotitalojen kokonaisvaltainen salamasuojauksen suunnittelu on todella hankalaa ja kallista sekä siksi vähäistä, koska valmiit pihat, kivetyksineen, puutarhan istutuksineen, betoniportainneen, ja niin edelleen voivat vaikeuttaa tai jopa estää alastulojohdinten asennukset ja tarkoituksenmukaiset maadoitukset.

Suomen lainsäädäntö ei sisällä salama- ja ylijännitesuojauksia koskevia vaatimuksia. Perinteisesti kokonaisvaltainen salamasuojaus on vaadittu suurten ja arvokkaampien rakennusten suojaksi, esimerkiksi kirkkoille, museoille ja niin edelleen.

Suomessa on vain kaksi tunnetumpaa salamasuojauksen maahantuojaa (Finn Electric Oy, saksalaiset Dehn tuotteet ja Obo Bettermann Oy), jotka eivät suoraan suunnittele salamasuojauksratkaisuja loppuasiakkaalle, eivätkä myöskään suoraan tarjoa tai myy tuotteitaan. Loppuasiakkaan pitää ensin ostaa suunnittelu suunnittelutoimistolta ja sen jälkeen asennusyritysten kautta ostaa komponentit alan tukkuliikkeiltä.

Koska ihmiselon tärkein ja kallein investointi saattaa olla omakotitalo kaikkine kalusteineen ja laitteineen, sen salama- ja ylijännitesuojauksiin tulisi mahdollisuuksien mukaan kiinnittää entistä enemmän huomiota, koska ennustetut ilmastomuutokset saattavat nyt ja tulevaisuudessa aiheuttaa lisääntyneitä ukkosilmoja salamoineen.

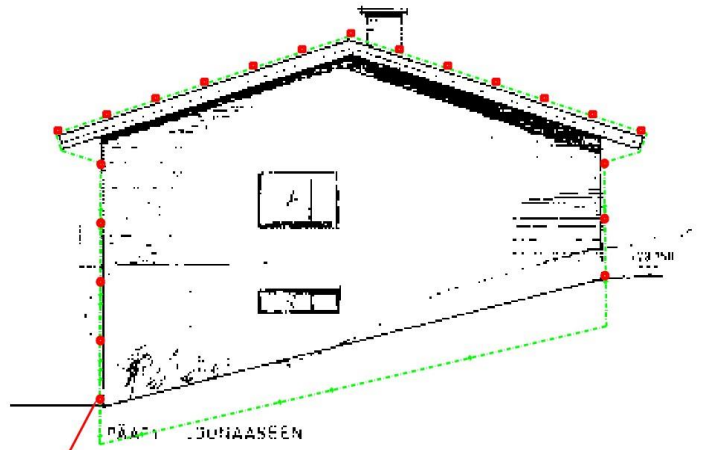
Esimerkkiomakotitaloon ei loppujen lopuksi varsinaista ulkoista salamasuojauksia voitu asentaa ja pitää järkevänä investointina, sillä valmis pihaympäristö olisi jouduttu tuhoamaan sekä jälleenrakentamaan, koska maadoitustoteutuksesta olisi tullut varsin työläs ja kallis. Kävi ilmi, että esimerkkiomakotitalossa oli jo asennettu sisäinen salamasuojaus.

Esimerkkiomakotitalo on toisaalta tiheästi kasvavien, korkeiden puiden ympäröimä, jotka todennäköisesti antavat jonkinlaisen salamasuojan. On myös toki muistettava se tosiasia, ettei mikään salamasuojaus takaa täydellistä suojaa.

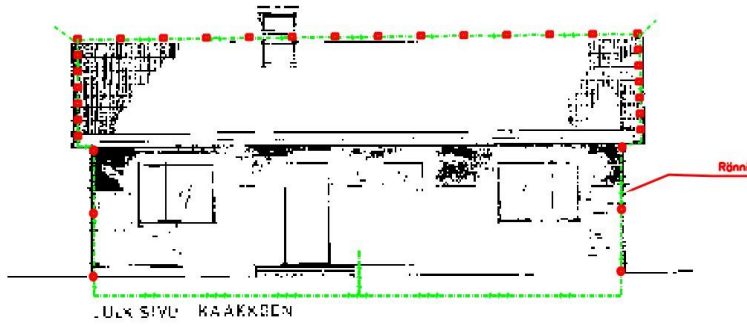
Lähteet

1. Annanpalo, J., Ikävalko, M., Koponen, J., Mäkelä, A., Ristilä, J., Sjögren, H., Taimisto, S. & Tiainen, E. 2005. Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus. Espoo: Tammerprint.
2. Annanpalo, J., Ikävalko, M., Koponen, J., Mäkelä, A., Ristilä, J., Sjögren, H., Taimisto, S. & Tiainen, E. 2012. Rakennusten salama- ja ylijännitesuojaus. Espoo: Tammerprint.
3. Suomen ukkosilmasto. 2015. Verkkoaineisto. Ilmantieteen laitos. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/salama-ja-ukkonen>>. Viitattu 27.3.2017.
4. Obo Bettermann. 2015. Luentomateriaali. TBS_Rakennusten salama_ ja_ylijännitesuojaus.pdf. Viitattu 25.4.2017.
5. SFS-käsikirja 600-1 Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000 Pienjänniteasennukset. 2012. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS.
6. SFS-käsikirja 609 Rakennusten ja rakenteiden salamasuojaus. 2009. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS.
7. ST 53.16.01 Rakennusten salamasuojaus. 2012. Sähkötieto ry. Espoo Sähköinfo. <<https://severi.sahkoinfo.fi>>. Viitattu 27.3.2017
8. Oikean ylijännitesuojan valinta. 2008. Verkkoaineisto. <http://www.sahkoala.fi/koti/ukkossuojaus/fi_FI/oikea_ylijannitesuoja/>. Viitattu 25.4.2017.
9. Hager. Ukkos- ja ylijännitesuojat. <<http://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/ylijannitesuojat-tekniset-tiedot-11fi0211.pdf>>. Viitattu 25.4.2017

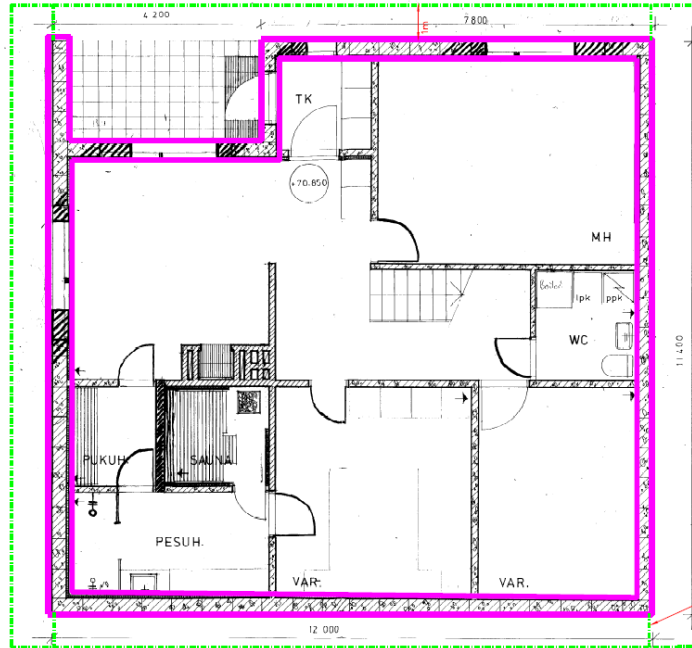
Julkisivut



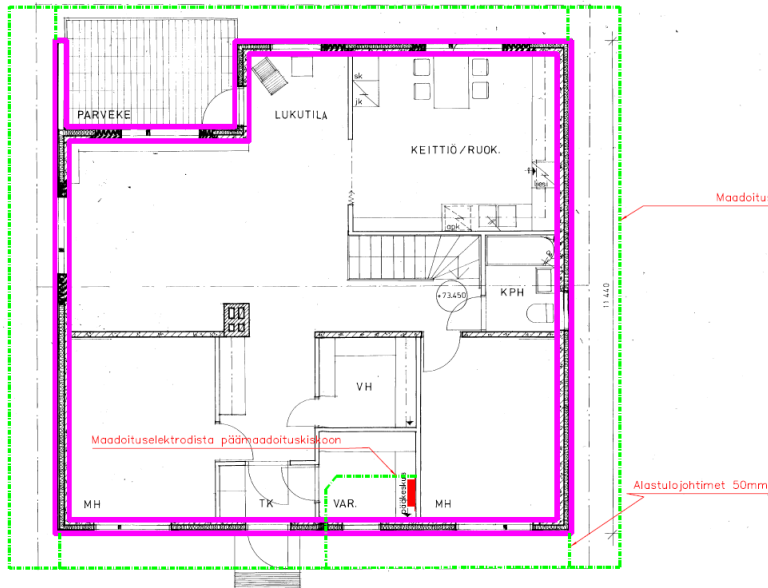
Vaihtolaitin jos mooduliselektrodi ei ole samosta materiaalista kuin alustulejohdin



Tasopiirustus kerros 1 ja kerros 2

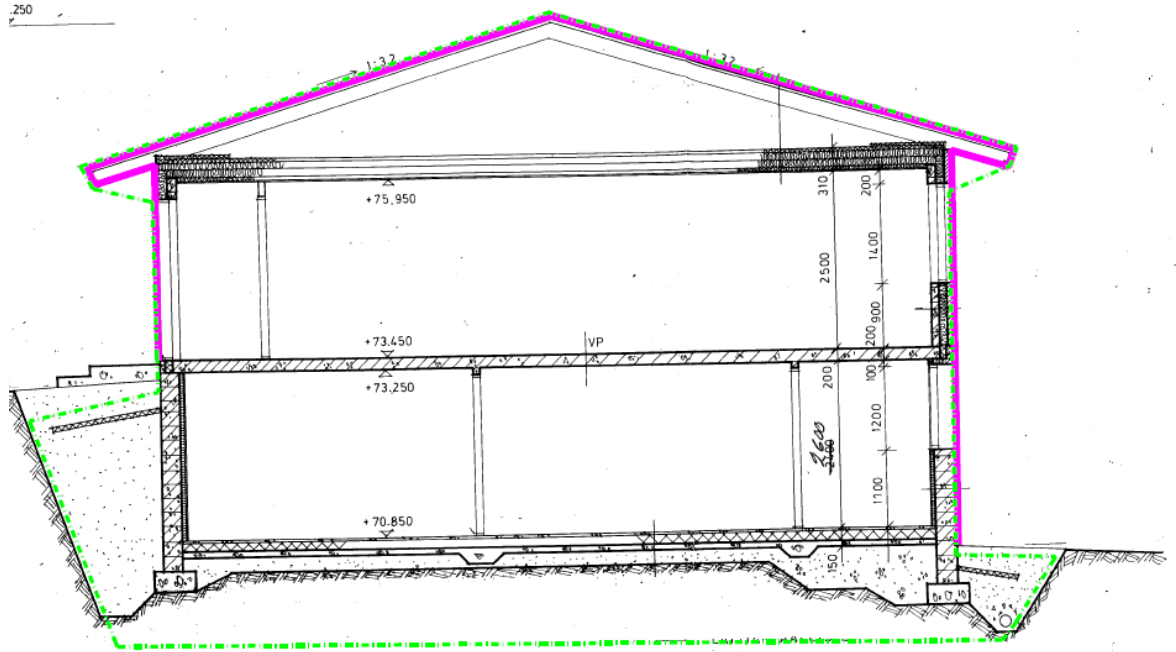


1. KERROS 1:50



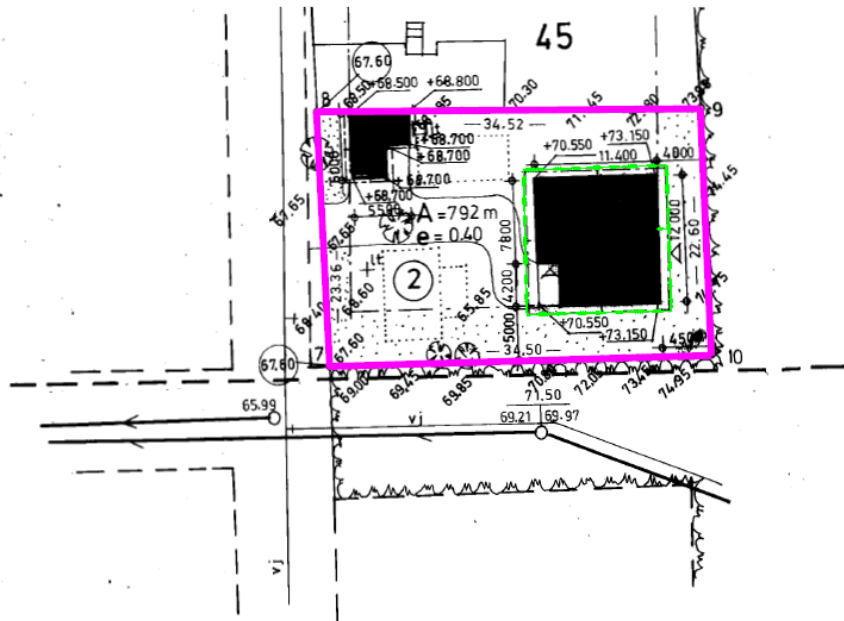
2. KERROS 1:50

Leikkaus ja asemapiirros



LEIKKAUS A-A 1:50

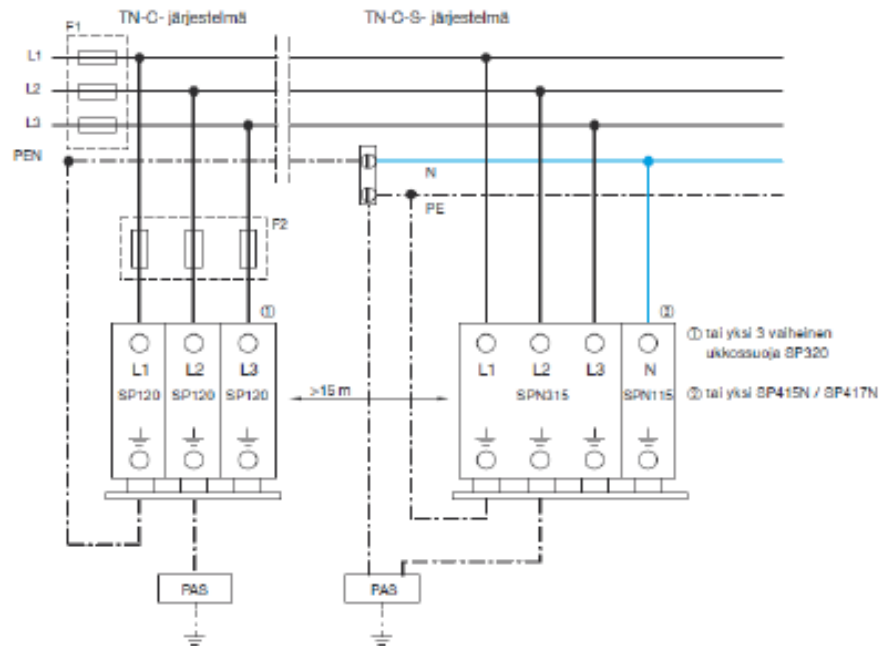
Asemapiirros



ASEMAPIIRROS 1:500

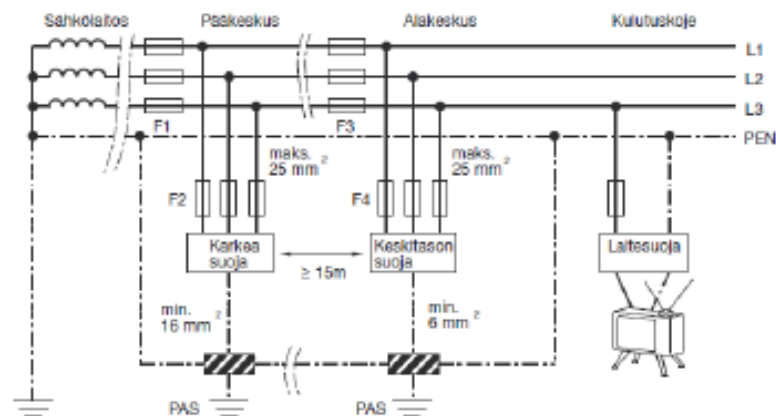
Ylijännitesuojien asentaminen TN-C järjestelmässä

Asentaminen erityyppisiin verkkoihin
TN-C ja TN-C-S -järjestelmät erillisuojilla



Suoja F2 voidaan jättää pois jos verkon etusutake on < 160A

Virtapiirikaavio, esim. TN-C -järjestelmä



Vihje:
mikäli suoja F3 on suurempi kuin 125A tulee käyttää etusuojausta F4 = 125A

TN-S -järjestelmässä myös N-johdin pitää suojata erillisillä kärkea- ja keskitasonsuojilla.

Tuoteluettelo

Snro	Tyyppi	Nimike	määrä
5808166	270 8-10 FT	Pyöröjohdinkiinnike, Konesaumattuun peltiin, uppo-sinkki	42 kpl
5808250	RD 8-ALU-T	Pyöröjohdin, Alu notkea, halkaisija 8 (=50mm)	65m
5808109	RD 10	Pyöröjohdin, halkaisija 10 (= 78mm)	55m
5808155	113 Z8-10	Seinäkiinnike	16kpl
5808082	249 8-10 ALU	Liitin, X/T -liitos, ALU	4kpl
5808171	237 N FT	Jatko-/mittausliitin, sinkki/ALU/sinkki	4kpl
5808204	233 ZV	Liitin, vaihtoliitin, RST/Vu/sinkki. RST-Cu	4kpl
5808162	262	Pyöröjohdinkiinnike, räystäskouru, upposinkki	4kpl
5808180	113 Z-16	Tankokiinnike, sieppaustanko kiinnitin, upposinkki	2kpl
5808252	101 VL 1500	Sieppaustanko 1500 mm, Alu	1kpl
5808123	F-FIX-KL	Liitin, Sieppaustangon kytkentä - RD 8-ALU-T, RST	1kpl
5808101	35650	Korroosiosuojanauha	1kpl
5808279	219/20ST	Maadoitussauva, halkaisija 20mm, pituus 1500	4kpl
5808102	1819/20BP	Lyöntikärki, halkaisija 20mm, sauvalle 219/20ST	4kpl
5808104	2760 20 FT	Liitin, halkaisija 20mm	4kpl
5808282	1805/2	Maadoituskisko 50x200xh54, 11 liitäntäreikä	1kpl
3228556	V50-3-280	Salama- ja ylijännitesuoja T1+T2, TN-C, pääkeskukset	1kpl
1912514	1802/10Cu	Potentiaalintasauskisko kupari 10xM10 Liitinpultti	1kpl
5808068	TKS_B	TELE /IT, televerkon ylijännitesuoja	1kpl
5808215	DS-F W/W	Antenniverkon ylijännitesuoja	1kpl
5808115	252 8-10 FT	Ristiliitin	4kpl

Urakkatarjouslomake



Kattoilto ry
LVI-Tekniset Urakoitsijat LVI-TU ry
Suomen Maalarimestariliitto ry
Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL

URAKKATARJOUS

REYS-8 1995 mukaiset sopimukset

1 (2)

TARJOUKSEN VASTAANOTTAJA	
Nimi	Puhelin
Osoite	Faksi
TARJOUKSEN ANTAJA	
Nimi	Puhelin
Osoite	Faksi
Tarjoudumme suorittamaan alla mainittavaa kohdetta koskevat jäljempänä lähemmin yksilöivät työt kokonaisuutena seuraavin ehdoin.	
TYÖN KOHDE	
Kohteen laatu ja osoite (esim. vapaa-ajan asunto)	
Työn laatu (esim. sähköasennustyöt)	
URAKAN SISÄLTÖ	
Tarjous käsittää alla luetelluissa asiakirjoissa mainittavien edellisessä kohdassa mainitun työläjien mukaisten töiden suorittamisen tarvittavine materiaaleineen.	
Urakkasuoritusta määrittävät asiakirjat (liitetään tarjoukseen, jos asiakirjat eivät ole sisällyneet tarjouspyyntöön)	
URAKKAHINTA JA SEN MAKSAMINEN	
Urakkahinta tarjouksen mukaisista töistä	Urakkahinta sisältää arvonlisäveron (22 %)
Urakkahinnan maksutapa	
Tilaaaja maksaa urakkahinnan	
<input type="checkbox"/>	maksuerätaulukon mukaisissa erissä työn edistymisen mukaan (katso REYS-8 1995, kohta 25.1) Ei-lei maksuerätaulukkoa ole liitetty tarjoukseen, se laaditaan erikseen ennen urakkasopimuksen allekirjoittamista.
<input type="checkbox"/>	kertasuorituksena työn valmistuttua
Ennakkomaksu (katso REYS-8 1995, kohta 25.3)	
Tilaaaja maksaa ennakkomaksua seuraavasti (ennakkomaksun määrä ja maksuajankohta; mahdollinen materiaali, johon ennakkomaksu kohdistuu):	
Maksuerätaulukon mukaisten maksujen erääntyminen	
Tilaaaja suorittaa urakkasopimuksen mukaiset maksuerät _____ päivän (ei alle seitsemän päivää) kuluessa siitä, kun maksuerän laskutusedellytykset ovat täyttyneet ja urakoitsija on lähettänyt sitä koskevan laskun.	
Jos urakkahinta ei tämän tarjouksen mukaan tule maksettavaksi erissä, erääntyy se kokonaisuudessaan maksettavaksi REYS-8 1995 kohdan 25.2 mukaan.	

© SÄHKÖINFO OY • 802

VIIVÄSTYSKORKKO	
Viivästyneelle suoritukselle tilaaja on velvollinen suorittamaan viivästyskorkoa korkolain mukaan.	
URAKAN SUORITUSAIKA	
Urakkasuorituksen aloittamispäivämäärä	Urakkasuorituksen tulee olla valmis viimeistään (pvm.)
URAKKAKOHTEEN VAKUUTTAMINEN (katso REYS-8 1995, kohta 9)	
Urakan kohteen vakuuttamisesta osapuolet vastaavat seuraavasti (vakuuttamisesta vastuussa oleva taho merkitään kirjaintunnuksella asianomaisen vakuutuksen kohdalle; T = tilaaja tai joku muu hänen toimeksiannostaan, U = urakoitsija):	
<input type="checkbox"/> palovakuutus	<input type="checkbox"/> vahinkovakuutus
Edellä urakoitsijan toimesta otettavaksi määritelty vakuutus sisältyy urakkahintaan; vakuutuksen sisältö on yksilöity liitteessä _____	
URAKKASUORITUSTA PALVELEVAT JÄRJESTELYT	
Tilaaja vastaa liitteessä yksilöidyistä urakoitsijan urakkasuoritusta palvelevista järjestelyistä. (Oikea vaihtoehto rastitetaan.)	
<input type="checkbox"/> kyllä, ks. liite _____	<input type="checkbox"/> ei
MUUT EHDOT (esim. tilaajan toimittava materiaali)	
YLEISET SOPIMUSEHDOT JA KULUTTAJANSUOJALAKI	
Tämän tarjouksen osana sovelletaan kuluttaja-asiamiehen tarkastamia ja hyväksymiä Rakennusalan erikoistöitä koskevia yleisiä sopimusehtoja, REYS-8 1995, sekä kuluttajansuojalakia. Yleiset ehdot ovat tämän tarjouksen liitteenä.	
URAKKASOPIMUS	
Tarjouksen tarkoittamaa urakkaa koskeva urakkasopimus laaditaan kirjallisesti kahtena kappaleena kuluttaja-asiamiehen tarkastamalle ja hyväksymälle Rakennusalan erikoistöitä koskevalle sopimuslomakkeelle.	
TARJOUKSEN VOIMASSAOLOAIKA	
Tämä tarjous on voimassa	
<input type="checkbox"/> yhden kuukauden tarjouksen päiväyksestä lukien	<input type="checkbox"/> muun ajan, _____ asti
TARJOUKSEN ANTAJAN YHTEYSHENKIÖ	
Yhteyshenkilö, jolle tarjoustä koskevat yhteydenotot osoitetaan	
PÄIVÄYS JA ALLEKIRJOITUS	
Päikka ja aika	Tarjouksen antajan allekirjoitus