

Markus Rosnell

RAKENNUKSEN SALAMASUOJAUS

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2016

RAKENNUKSEN SALAMASUOJAUS

Rosnell, Markus
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2016
Ohjaaja: Nieminen, Esko
Sivumäärä: 38
Liitteitä: 7

Asiasanat: ukkonen, ukkossuojaus, sähkötyöt, rakennussuojelu

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli etsiä olennaiset tiedot rakennuksen salamasuojauksen toteuttamiseen. Tässä työssä perehdyttiin rakennuksen sisäisessä suojauksessa vain 230/400 voltin järjestelmiin. Ulkoisessa suojauksessa keskityttiin vain tilanteisiin, missä suojaus päätetään tehdä ilman luontaisia rakenteita hyväksikäyttäen.

Opinnäytetyön alussa keskityttiin yleisiin asioihin sekä ilmiöihin, joita salama aiheuttaa. Työssä haluttiin keskittyä enemmän kysymykseen, miten salamasuojaus toteutetaan. Tästä syystä päädyttiin ratkaisuun, jossa on mahdollisimman selkeästi kerrottu eri standardi kirjojen sekä muiden alaan liittyvien julkaisuiden määräykset sekä suositukset. Valmistajien internet sivuilta löydettiin erittäin kattavasti tieto laitteista ja niiden asentamisesta.

BUILDING PROTECTION AGAINST LIGHTNING

Rosnell, Markus

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

November 2016

Supervisor: Nieminen, Esko

Number of pages: 38

Appendices: 7

Keywords: lightning, lightning protection, building protection

The purpose of this thesis was to find out the relevant information about the implementation of the building lightning protection. In this thesis, only 230/400 volt systems of internal building protection were studied. While considering the external building protection, only situations where the protection is decided to execute without utilizing any inherent structures were focused.

In the beginning of this thesis the general facts and phenomena that lightning can cause were focused. The work was more to focus on the question, how the lightning protection is implemented. Therefore, the solution, where the various regulations and recommendations of the standard books and other sector-related publications are told as clearly as possible was elected. The information about the devices and their installation were found very comprehensively from the websites of the manufacturers.

SISÄLLYS

1	MÄÄRÄYKSET	6
2	SALAMASUOJAUS.....	8
2.1	Salamasuojauksen tarkoitus	8
2.2	Salamasuojauksen rakentaminen	8
2.3	LPL Suojaustasot	9
3	SALAMAN VAIKUTUS.....	10
4	TRANSIENTTI.....	12
5	SISÄINEN SUOJAUS	14
5.1	Potentiaalintasaus.....	14
5.2	Salama- ja ylijännitesuojaus	15
5.3	Salama- ja ylijänniteuojien valinta.....	15
5.3.1	Karkeasuoja	17
5.3.2	Keskisuoja	18
5.3.3	Hienosuoja	19
5.3.4	Yhdistelmäsuoja	19
5.3.5	Erotusinduktanssi	19
5.4	Huomioitavaa SFS 6000	20
6	ULKOINEN SUOJAUS.....	22
6.1	Yleistä	22
6.2	Suojausmenetelmiä	23
6.2.1	Pallomenetelmä	24
6.2.2	Suojakulmamenetelmä	25
6.2.3	Verkkomenetelmä.....	26
6.3	Salamanvangitsijat	27
6.4	Alastulojohtimet.....	30
6.5	Maadoituselektrodi	33
6.5.1	Maadoitustyyppi A	35
6.5.2	Maadoitustyyppi B	36
6.6	Materiaalien liitettävyys.....	37
	LÄHTEET.....	38
	LIITTEET	

1 MÄÄRÄYKSET

Rakennuksen salamasuojauksen tarpeesta, tasosta ja riskiarvioinnista vastaa omistaja, rakennuttaja tai käyttäjä. (SFS 609 2009, 39.)

Suomessa lainsäädäntö ja viranomaiset eivät yleensä ota kantaa rakennuksen salamasuojaukseen, koska suomessa keskimääräinen salamatiheys on pieni. Poikkeuksena tietynlaiset rakennukset ja rakenteet. (SFS 609 2009, 31.)

Huomioitavaa on, että standardikirja SFS 609 on valmistunut vuonna 2009. Siinä viitataan sivulla 139 kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksiin 130/1980 ja 172/1984. Seuraavat alla olevat asetukset poikkeavat näistä päätöksistä. Niissä jälkimmäinen nelinumeroinen luku on vuosiluku, jolloin asetus on tullut voimaan.

Valtioneuvoston asetus 856/2012 vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista kohdassa 67 §. ”Sellaiset palavaa nestettä, palavaa kaasua tai räjähdysvaarallista pölyä sisältävät säiliöt, putkistot ja laitteistot, joiden osalta salamanvaara on ilmeinen niiden rakenteen tai sijainnin vuoksi, tulee maadoittaa salamaniskun varalta.”

Ja kohdassa 68 §. ”Palavan nesteen, palavan kaasun tai räjähdysvaarallisen pölyn käsittely- ja varastointitiloissa on huolehdittava staattisen sähkövarauksen estämisestä ja poistamisesta laitteiden rakenne- ja materiaalivalinnoin sekä turvallisilla käyttö- ja toimintatavoilla.

Helposti varautuvaa palavaa nestettä, jonka leimahduspiste on enintään 55 celsiusastetta, sekä palavaa kaasua sisältävät maanpäälliset säiliöt, putkistot, laitteistot ja koneet on yhdistettävä potentiaalintasaukseen ja maadoitettava, jos staattinen sähkö voi aiheuttaa vaaraa.

Palavan nesteen tai kaasun säiliötä täytettäessä tai tyhjennettäessä on säiliö, täytössä tai tyhjennyksessä käytettävä laitteisto sekä kuljetussäiliö yhdistettävä toisiinsa johdettavasti.” (Finlex www-sivut.)

Valtioneuvoston asetuksen 856/2012 68 §:n 2 momentti on muuttunut valtioneuvoston annetun asetuksen 686/2015 mukaan. ”Helposti varautuvaa syttyvää nestettä sekä syttyvää kaasua sisältävät maanpäälliset säiliöt, putkistot, laitteistot ja koneet on yhdistettävä potentiaalintasaukseen ja maadoitettava, jos staattinen sähkö voi aiheuttaa vaaraa.” (Finlex www-sivut.)

Valtioneuvoston asetus 1101/2015 räjähteiden valmistuksen, käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista kohdassa 46 §. ”Räjähteiden valmistus-, käsittely- ja varastointitiloissa on huolehdittava staattisen sähkövarauksen estämisestä ja poistamisesta kussakin tapauksessa tarkoituksenmukaisimmalla tavalla ja asianmukaisimmilla laitteilla.

Maanpäällinen muu kuin metallinen konttivarastosuoja, joka sisältää yli 500 kilogrammaa muita kuin vaarallisuusluokkaan 1.4 kuuluvia räjähteitä, on varustettava maadoituksella ja ukkossuojauksella.” (Finlex www-sivut.)

Valtioneuvoston asetus 858/2012 nestekaasulaitosten turvallisuusvaatimuksista kohdassa 20 § momentissa 3. ”Sellaiset nestekaasulaitteistot, joiden osalta salamanvaara on ilmeinen niiden rakenteen tai sijainnin vuoksi, tulee maadoittaa salamaniskun varalta.”

Ja kohdassa 21 §. ”Kiinteät nestekaasusäiliöt, nestemäisen nestekaasun putkistot, höyrystimet sekä rakennuksen sisään johtava nestekaasuputki on yhdistettävä potentiaalintasaukseen ja maadoitettava. Rakennuksessa oleva kaasuputkisto kytketään potentiaalintasaukseen.” (Finlex www-sivut.)

Valtioneuvoston asetus 1399/2011 vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista annetun asetuksen muuttamisesta 63 g §. ” Varastorakennus on suojattava salamaniskun vaikutuksilta, jos siinä varastoitavan ammoniumnitraatin määrä on yli 30 tonnia.” (Finlex www-sivut.)

Joissakin tapauksissa vakuutusehdoissa saattaa olla kohta, jossa vaaditaan rakennuksen salamasuojausta. Esimerkkeinä näistä tapauksista ovat arvo kiinteistöt kuten kirkot ja kulttuurihistorialliset kohteet. Vakuutusehdoissa ollaan voitu ottaa kantaa myös ylijännitteiden aiheuttamiin laitevaurioiden korvaamiseen. (Annanpalo ym. 2012, 25.)

2 SALAMASUOJAUS

2.1 Salamasuojauksen tarkoitus

Salamasuojauksen tarkoitus on vähentää salamaniskun johdosta aiheutuvia rakenteellisia vaurioita sekä palo-, räjähdys- ja hengenvaaraa. Käytännössä on mahdotonta rakentaa salamasuojaus, joka estää salamaniskun, mutta rakentamalla salamasuojaus oikein pystytään johtamaan salamaisku hallitusti maahan.

2.2 Salamasuojauksen rakentaminen

Suojaamisesta päättäminen tulisi tehdä jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa, koska silloin päästään kustannustehokkaaseen ratkaisuun. Myös olemassa olevaan rakennukseen on mahdollista rakentaa suojaus. (ST-53.16.01 2012, 4.)

Tärkeimmät suojausmenetelmät ovat ulkoinen ja sisäinen salamasuojaus. Jos ulkoinen suojaus päätetään rakentaa, on myös sisäinen suojaus välttämätön. (ST-53.16.01 2012, 4.)

SFS6000 mukaan suojaus ilmastollisilta ylijännitteiltä on rakennettava, mikäli asennuksessa on elektronisia laitteita, kuten tieto- tai viihde-elektroniikkaa tai ohjauslaitteita, ja siihen liittyy ilmajohto muuntajan ja liittymän välisessä syöttävässä verkossa tai itse asennuksessa. Suojaus ylijännitteiltä pitää toteuttaa suojalaitteella, jonka suojaus taso ei saa olla korkeampi kuin ylijänniteluokan 2 taso. Ylijännite luokka 2 tarkoittaa 230/400 voltin nimellisjännitteellä, että laitteille vaadittu impulssiylijännitteen kestävyys on 2,5kV. (SFS 600-1 2012, 156.)

Riskiarvioinnista, suojaamisen tarpeesta sekä suojaustasosta vastaa rakennuksen omistaja, rakennuttaja tai käyttäjä. Suunnittelu kuuluu suunnittelijalle, jonka tehtävä on valita määritellyn salamasuojaustason mukaan oikeat suojausrakenteet ja komponentit. Sekä tehdä yksityiskohtainen suojaussuunnitelma. (SFS 609 2009, 39.)

2.3 LPL Suojaustasot

Salamasuojaustasot luokitellaan neljään eri LPL luokkaan. LPL tulee englanninkielen sanoista Lightning Protection Level. Suositeltavat suojaustasot standardien IEC 62305-1, DIN VDE 0185-305 ja VdS 2010 mukaan ovat (OBO www-sivut 2015.)

- LPL I Ydinvoimalat, puolustusovellukset ja ATK-keskukset
- LPL II Teollisuuden EX-tilat, tietoliikennemastot ja yli 100 metriä korkeat kerrostalot
- LPL III Sairaalat, kirkot, museot, julkiset rakennukset, koulut, konttorit, liikekeskukset, pumppuasemat, yli 10 kW valosähköjärjestelmät, hotellit ja yli 22 metriä korkeat kerrostalot
- LPL IV Muut riskiarvioinnin perusteella suojatut kohteet

Suojaustasosta riippuen on määritelty salamanvangitsijoiden sijoittamisesta, alastulojohtimien keskinäisistä etäisyyksistä, ylilyöntien estämiseen tarvittavista etäisyyksistä ja maadoituselektrodien minimipituuksista. (Annanpalo ym. 2012, 56.)

3 SALAMAN VAIKUTUS

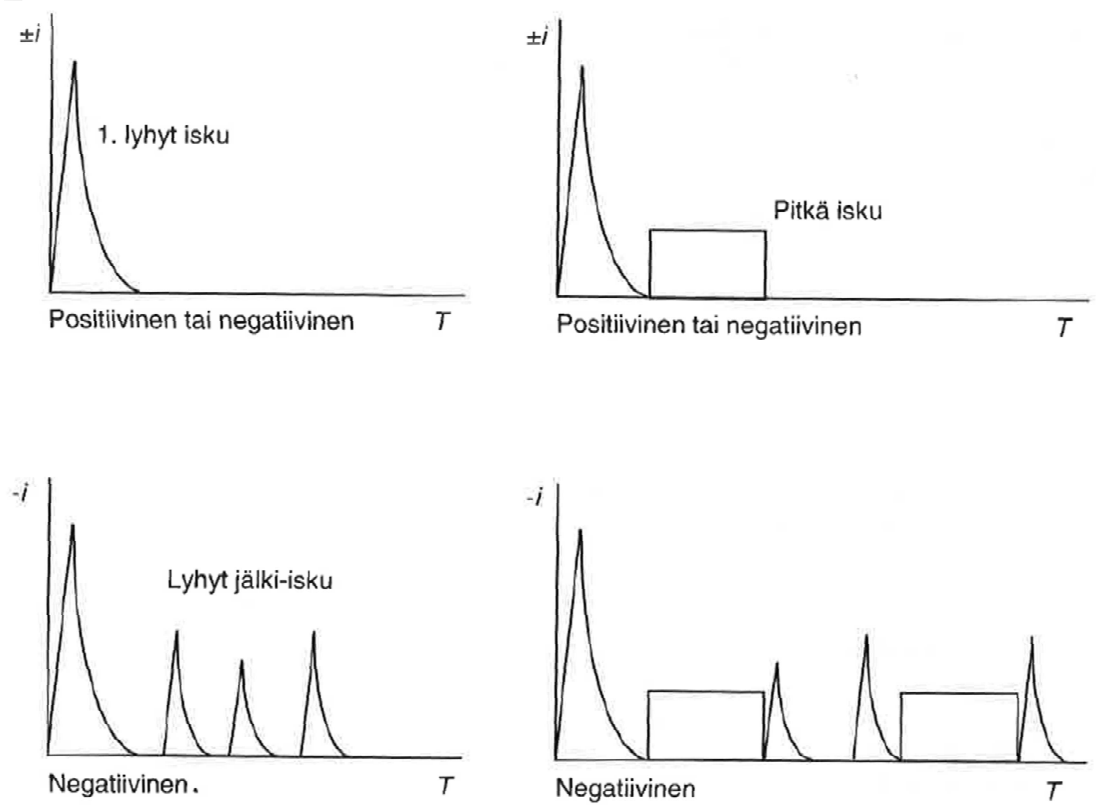
Tässä luvussa keskitytään vain maasalamoihin.

Suomessa salammat ovat joko yksi- tai moni-iskuisia. Moni-iskuisia salamoita on noin puolet ja niissä iskuja voi olla jopa 15 kappaletta. Suomessa iskuja on keskimäärin kaksi ja iskujen keskimääräinen väli on 40 millisekuntia. Iskuista ensimmäinen on virraltaan suurin, mutta jälki-iskujen virta on jyrkempi. Lyhyet, suurivirtaiset osaiskut kestävät joitain satoja mikrosekunteja, kun taas niiden välissä saattaa olla sekunnin kestäviä tasavirtapulsseja. (ST-53.16.01 2012, 2.)

Salama, joka on suurivirtainen sekä ominaisenergialtaan suuri, kuumentaa sen virtatielle osunutta kohdetta jonka takia salama voi tehdä metallilevyyn reiän, pirstottaa puun ja tehdä maahan uran. Jyrkkärintainen salamavirta voi indusoida metallisiin johtimiin suuria ylijännitteitä jopa kolmen kilometrin päähän. (ST-53.16.01 2012, 2.)

Salamoita on kahdenlaisia, negatiivisia ja positiivisia, joista negatiiviset ovat yleisimpiä. (Annanpalo ym. 2012, 11.)

Suomessa ilmatieteen laitoksen tekemien havaintojen mukaan 50 % salamoista on voimakkuudeltaan yli 12 kA ja 5 % yli 50 kA. Havaituista salamoista noin 0,5 % on yli 100 kA suuruisia. Suojusrakenteet mitoitetaan positiivisten salamavirtojen mukaan, koska kansainvälisten tilastojen mukaan ne ovat huomattavasti voimakkaampia kuin negatiiviset salammat. (SFS-käsikirja 609 2009, 150.)



Kuvio 3.1. Mahdolliset komponentit salamassa. (SFS-käsikirja 609 2009, 149.)

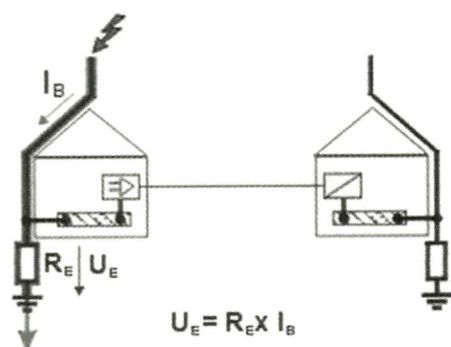
4 TRANSIENTTI

Ylijännitteitä on kahdenlaisia, pitkäkestoisia ja lyhytkestoisia. Pitkäkestoiset ylijännitteet ovat melko matalia, mutta yleensä kuitenkin ylittävät jännitetoleranssin maksimiarvon. Lyhytkestoisissa ylijännitteissä eli transienteissa ominaista on niiden lyhytkestoisuus ja jännitteen suuruus, joka voi olla kymmeniä tai satoja megavoltteja. Transientin ominaispiirre on nopea muutamien mikrosekuntien nousuaika ja kohtuullisen hidas lasku, joitain satoja mikrosekunteja. (Annanpalo ym. 2012, 103.)

Transienttien aiheuttajia ovat sähköverkon kytkentätoimenpiteet, salamanisku sekä sähköstaattinen purkautuminen. Kytkentätoimenpiteitä, jotka aiheuttavat transientteja, ovat useimmin suurten sähkökoneiden kytkennät tai sähköverkon maa- tai oikosulut. Nämä kytkentätoimenpiteet ovat yleisimpiä transienttien aiheuttajia. (Annanpalo ym. 2012, 103-104.)

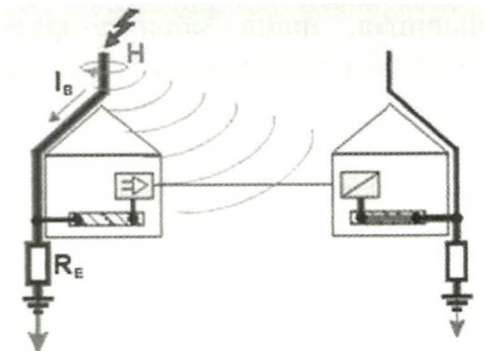
Ylijännitteet kytkettyvät galvaanisesti, induktiivisesti tai kapasitiivisesti sähkölaitteisiin sähköverkon-, antenni-, mittaus- tai tietoliikenneliitännöiden kautta. Salaman suuren amplitudin ja nousunopeuden vuoksi myös muut kuin galvaanisesti suoraan virtajohtimiin yhteydessä olevat laitteet ovat vaarassa. (Annanpalo ym. 2012, 106.)

Seuraavissa kuvissa esitetyt transienttien kytkeytymistavat voi tapahtua, kun salama iskee syöttöjohtoon, rakennuksen välittömään läheisyyteen tai suoraan rakennukseen.



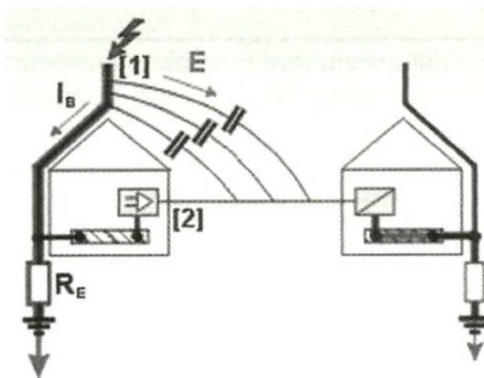
Kuva 4.1. Galvaaninen kytkeytyminen. (Annanpalo ym. 2012, 106.)

Kuvassa 4.1 on salama iskenyt suoraan rakennuksen salamanjohdattimeen. Salama nostaa maapotentiaalia ja syntyy takaperoinen jännite. Tässä tilanteessa maapotentiaali on vaihejännitettä suurempi. (Annanpalo ym. 2012, 106.)



Kuva 4.2. Induktiivinen kytkeytyminen. (Annanpalo ym. 2012, 106.)

Kuvan 4.2 tilanteessa salamavirran nousunopeuden vuoksi syntyy johdattimen ympärille voimakas magneettikenttä, joka indusoi lähellä oleviin johdinsilmukoihin yli-jännitteen. Nämä ovat erittäin haitallisia pienellä nimellisjännitteellä toimiville laitteille. (Annanpalo ym. 2012, 106.)



Kuva 4.3. Kapasitiivinen kytkeytyminen. (Annanpalo ym. 2012, 107.)

Sähkökentästä johtuva kapasitiivinen kytkeytyminen tapahtuu, kun kahden pisteen potentiaali ero on suuri. Salamanjohdattimen ja sähköjohdon liian läheinen sijainti aiheuttaa läpilyönnin. (Annanpalo ym. 2012, 107.)

5 SISÄINEN SUOJAUS

5.1 Potentiaalintasaus

Potentiaalintasauksessa liitetään kaikki johtavat osat yhteen tasapotentiaalilin saavuttamiseksi. Näihin kuuluvat laitteiden jännitteelle alttiit osat, putket, kanavat, rakennuksen metallirakenteet, joissa voi olla maapotentiaali. Suojamaadoituksen ja potentiaalintasauksen erona on esimerkiksi metallinen vesijohtoputki, joka liitetään potentiaalintasaukseen. Kun taas metallinen putki, jonka sisällä on peruseristettyjä johtimia, pitää suojamaadoittaa. Suojaavaa potentiaalintasausta on kahdenlaista, joko pääpotentiaalintaus tai lisäpotentiaalintaus. Lisäpotentiaalintasausta käytetään esimerkiksi lääkintätiloissa, joissa halutaan parantaa turvallisuutta. Häiriösuojauksen takia tehtävä potentiaalintaus on usein toiminnallista potentiaalintasausta. (ST-53.21, 2012, 7.)

Taulukko 5.1. Potentiaalintausliitosten minimipoikkipinnat. (SFS-käsikirja 609 2009, 119.)

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

5.2 Salama- ja ylijännitesuojaus

Salama- ja ylijännitesuojauksen tarkoitus on alentaa impulssiylijännitteitä portaittain pienemmälle tasolle ja näin suojata laitteita niiden rikkoutumiselta. Laitteiden asennustapa ja asennuspaikka määrittelevät niiden suojausluokan, jotka on esitetty taulukossa 5.2. Esimerkiksi 230 voltin nimellisjännitteellä toimivan kiinteästi asennetun laitteen pitää kestää 2,5 kilovoltin transientti. Kun taas pistorasiaan liitettävän laitteen pitää kestää 1,5 kilovoltin transientti. (Annanpalo ym. 2012, 107-108.)

Taulukko 5.2. Laitteiden impulssiylijännitteiden kestävyys. (SFS-käsikirja 600-1 2012, 151.)

Asennuksen nimellisjännite ^a V	Laitteille vaadittu impulssiylijännitteen kestävyys kV ^b			
	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 äärijohtimen ja suojajohdinpiirin välille.

5.3 Salama- ja ylijänniteuojien valinta

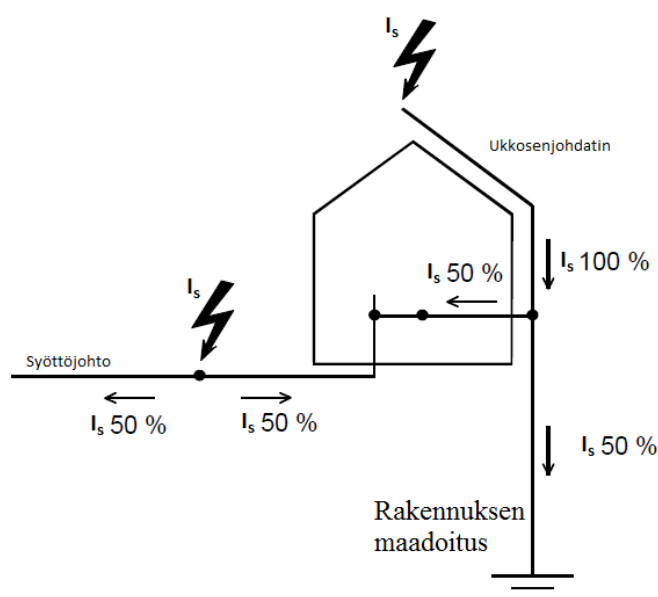
Paras suojaustapa ylijännitteitä vastaan saavutetaan kolmiportaisella suojausjärjestelmällä. Portaat eroavat keskenään salamavirran johtokyvyn ja jäännösjännitteen rajoituskyvyn mukaan. Suojat asennetaan peräkkäin niin että suurempitehosempi suojaa heikompitehosempaa suojaa. Niiden keskinäisille etäisyyksille on annettu tietyt metrimäärät, jolloin kaapelit toimivat erotusinduktanssina. Jos nämä ei täyty, tulee käyttää erillisiä erotusinduktansseja. Liitteistä 1-5 löytyvät Hagerin taulukot suojiin valinnasta ja asentamisesta. (UTU www-sivut.)

Taulukko 5.2. "Sähköverkon suojen luokitukset ja merkinnät." (Annanpalo ym. 2012, 128.)

	Salamasuojat	Ylijännitesuojat	Kojesuojat
IEC-luokitus	class I	class II	class III
VDE-luokitus	B	C	D
EN-luokitus	type 1	type 2	type 3
Merkintä	T1	T2	T3

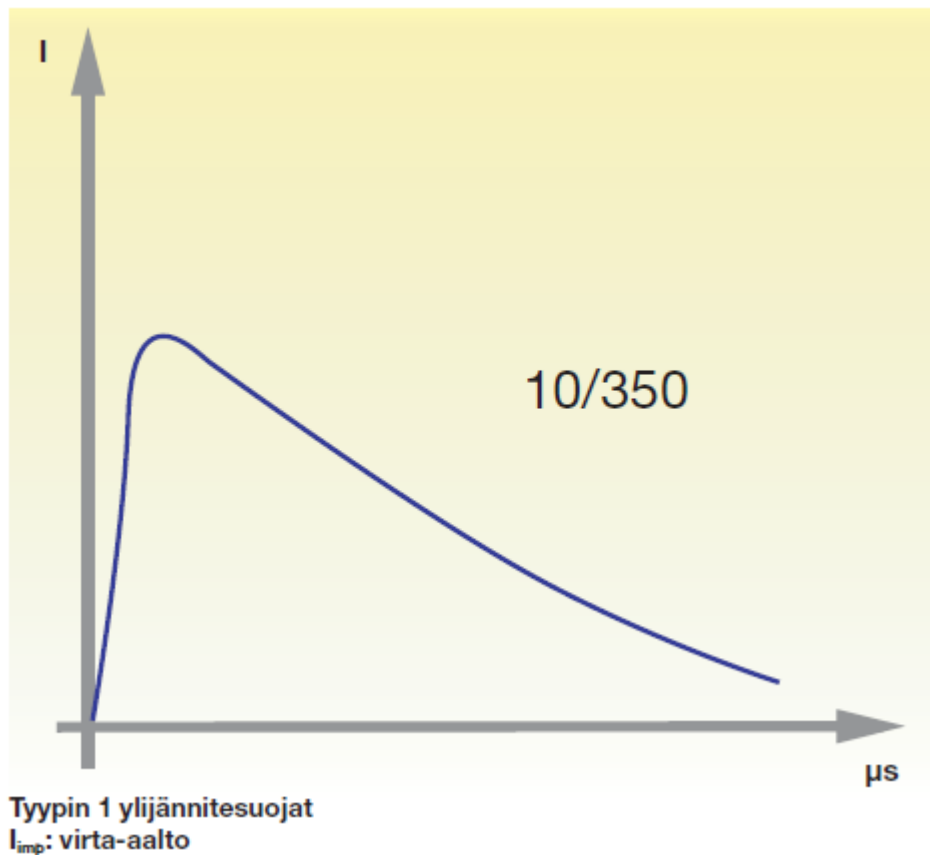
Ylijännitesuojan valintaan vaikuttaa valmistajan ilmoittama virrankestävyys, joka vaikuttaa siihen, miten ylijännitesuojan ylivirtasuojat (sulakkeet) asennetaan. Ylivirtasuoja asennetaan ylijännitesuojan kanssa rinnan, jolloin syötön jatkuvuus on ensisijainen. Toinen tapa on asentaa ylivirtasuoja sarjaan, jolloin ylijännitesuojaus on ensisijainen. Edellä mainituista tilanteista on piirikaaviokuvat liitteissä 5-6. Valintaan vaikuttaa myös suojaustaso (U_p), käyttöjännite (U_c), impulssivirta (I_{imp} , 10/350 μ s), purkausvirta (I_n , 8/20 μ s) ja odotettavissa oleva oikosulkuvirta. (SFS-käsikirja 609 2009, 127.)

Tarkkaan ylijännitesuojauksen suunnitteluun tarvitaan tietoa salamavirran jakautumisesta sähkö-, tele- ja signaalijohtoihin sekä muihin palvelujohtoihin. Tästä syystä laskenta on hankalaa ja jopa mahdotonta. Jos laskentaa ei pystytä tekemään, voidaan käyttää kuvan 5.1 mukaista arviointia. Suomessa riittävät 4x12,5kA suojat, koska salaman kokonaisvirta on erittäin harvoin yli 100kA. (SFS-käsikirja 609 2009, 125.)



Kuva 5.1. Salamavirran I_s jakautuminen. (SFS-käsikirja 609 2009, 126, muokattu.)

5.3.1 Karkeasuojaja

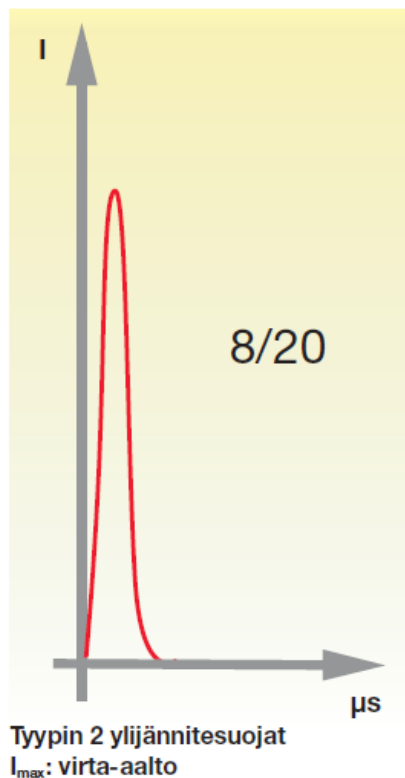


Kuvio 5.1. "Virta-aalto, joka kulkee laitteiston läpi, kun se on altistunut salaman aiheuttamalle ylijännitteelle." (ABB www-sivut.)

Ensimmäisen portaan suojan impulssivirran I_{imp} minimi kesto on 12,5–20 kA/vaihe (10/350μs, missä 10 on virran nousuaika ja 350 virran puoliintumisaika). Salamasuojaja asennetaan mahdollisimman lähelle syötön sisääntulokohtaa, eli käytännössä pääkeskukseen. Tyypin 1 suojava kutsutaan myös karkeasuojaksi, sen tarkoitus on pienentää impulssiylijännite ≤ 4 kilovolttiin. Tyypin 1 suojava luotettavin on kipinäväli. (SFS-käsikirja 609 2009, 123.)

Perinteisiä kipinävälejä käytetään salamapurkaussuojina, koska niillä on hyvä salamavirran purkauskky. Ongelma on valokaaren hidas syttyminen, jonka johdosta jännite nousee liian korkeaksi sähkölaitteille. Tästä johtuen tyypin 1 suojava voidaan käyttää suojavaan vain laitteita, joilla on yli 4 kilovoltin syöksyjännitekestoisuus. (Annanpalo ym. 2012, 114.)

5.3.2 Keskisuoja



Kuvio 5.2. “Virta-aalto, joka kulkee laitteiston läpi, kun se on altistunut ylijännitteelle (vähäinen energia).” (ABB www-sivut.)

Portaassa kaksi käytetään välisuoja, jotka ovat toteutettu varistoreilla. Näillä pystytään pienentämään karkeasuojalta tulevaa jäännösjännitettä sallittuun $\leq 2,5$ kilovoltiin. (SFS-käsikirja 609 2009, 124.)

Tyypin 2 ylijännitesuojan tehtävä on suodattaa virrat aaltomuodolla $8/20\mu\text{s}$ virtaan 20 kA. Kyseisellä virralla jäännösjännite on 1,25kV. (UTU www-sivut.)

Mikäli suorasta salamaniskusta ei ole vaaraa, voidaan välisuoja asentaa pääkeskukseen ja jättää karkeasuojat kokonaan pois. Välisuojoilla pystytään suodattamaan ylijännitteet jotka ovat peräisin epäsuorasta salamaniskusta tai kytkennästä. Ne eivät pysty purkamaan suuria ylijännitteitä, jotka tulevat suorasta salamaniskusta. (ABB www-sivut.)

Kytkenäesimerkki on esitetty liitteessä 7.

5.3.3 Hienosuoja

Porrasta kolme kutsutaan hienosuojaksi ja ne sijoitetaan kulutuskojeen läheisyyteen. Mikäli sisäiset kaapeloinnit ovat alle 10 metriä pitkiä tai kaapelit kulkevat metallisia johtokouruja pitkin, ei hienosuojia tarvita. (SFS-käsikirja 609 2009, 124.)

Hienosuojan tehtävä on alentaa indusoituneita ja rakennuksen sisällä syntyviä 8/20 μ s aaltomuodon ylijännitepiikkejä $\leq 1,5$ kilovolttiin. (Finnelectric www-sivut.)

Hienosuoja voi olla pistorasiaan integroitu tai erillinen laite joka kytketään pistorasiaan kojerasiassa.

5.3.4 Yhdistelmäsuoja

Yhdistelmäsuojassa on yhdistetty tyyppin 1 ja 2 ominaisuudet yhteen. Ne on testattu sekä 10/350 μ s että 8/20 μ s aaltomuodoilla ja suojan jälkeen ylijännite on maksimissaan 1,5 kilovolttia. Mikäli yhdistelmäsuojalta on matkaa suojattavalle laitteelle yli 10 metriä, on suositeltavaa asentaa välisuoja. Ja mikäli matkaa on yli 30 metriä, lisäylijännitesuoja on pakollinen. (ABB www-sivut.)

Yhdistelmäsuojalla voidaan korvata muut suojat, jos suojattavat laitteet ovat alle 10 metrin etäisyydellä yhdistelmäsuojasta. Yhdistelmäsuojaa käytetään, kun suojattavat laitteet sijaitsevat lähellä pääkeskusta. (Finnelectric www-sivut.)

Huomioitavaa on, että laitteiden etäisyyksille on annettu eri metrimääriä laitevalmistajasta riippuen.

5.3.5 Erotusinduktanssi

Erotusinduktanssia käytetään karkeasuojan ja keskisuojan välissä, mikäli niiden välissä olevan kaapelin pituus on alle 15 metriä. Erotusinduktanssia ei asenneta yhdistelmäsuojan kanssa, vaan pelkästään, kun asennetaan erillisiä karkea- ja keskisuoja. Erotusinduktanssin arvo on 15 μ H \pm 20 %. (UTU www-sivut.)

5.4 Huomioitavaa SFS 6000

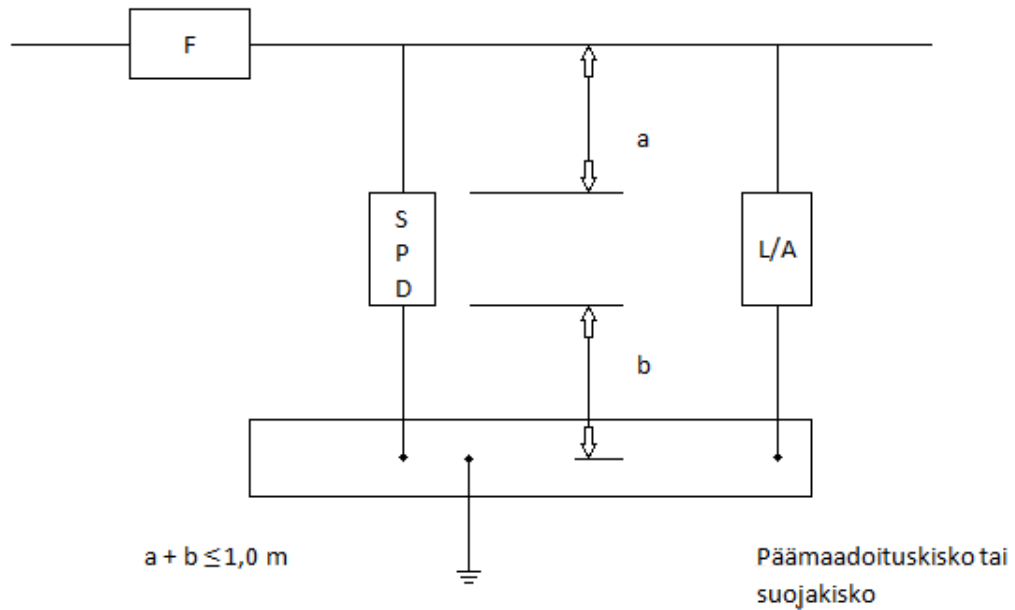
Jos ylijännitesuojat ovat vikavirtasuojan kuorman puolella, pitää käyttää hidastettua tai hidastamatonta vikavirtasuojaa, jonka impulssiylivirran kesto on vähintään 3 kA 8/20 μ s. Standardien EN 61008-1 ja EN 61009-1 mukainen S-tyypin vikavirtasuojia on tällainen. Vikavirta voi aiheuttaa syötön katkaisun, mikäli impulssiylivirta on suurempi kuin 3 kA 8/20 μ s. (SFS-käsikirja 600-1 2012, 281.)

Eristysresistanssi mittauksen ajaksi voidaan ylijännitesuojat erottaa, jotka ovat asennettu syöttöpisteeseen, sen lähelle tai jakokeskukseen ja niitä ei ole mitoitettu eristysresistanssimittauksen testausjännitteelle. Ylijännitesuojien tulee kestää testausjännite, jos ne ovat kytketty suojajohtimeen ja ovat pistorasian osia. (SFS-käsikirja 600-1 2012, 281.)

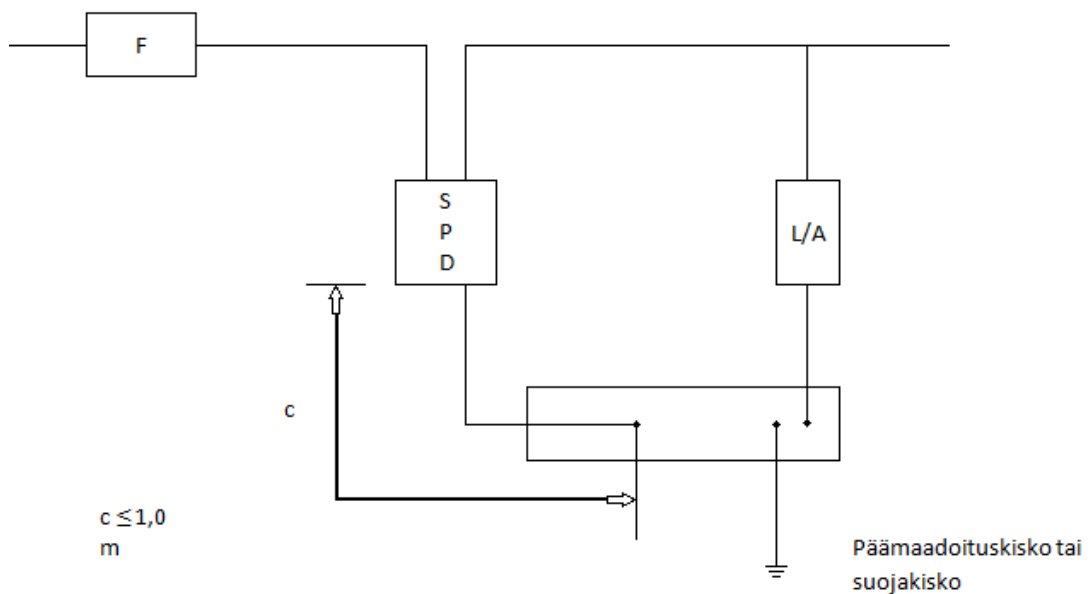
Tilanteessa, jossa ylijännitesuoja ei enää anna suojausta ylijännitteiltä, pitää antaa ylijännitesuojan tila ilmaisimella tai erillisellä ylijännitesuojan suojalaitteella. (SFS-käsikirja 600-1 2012, 281.)

Liitosjohtimet tulee olla mahdollisimman lyhyet, ensisijaisesti 0,5 metriä, eikä missään tapauksessa yli 1,0 metrin pituisia, kuva 5.1. Johtimien pidentäminen heikentää ylijännitesuojauksen tehoa. Voidaan myös soveltaa kuvan 5.2 osoittamalla tavalla, johtimen c pituus maksimissaan 1,0 metriä. (SFS-käsikirja 600-1 2012, 281.)

Seuraavista kytkentäperiaatteista on liitteissä 5 ja 6 piirikaavio kuva.



Kuva 5.1. Ylijännitesuojan SPD liitosjohdot $a+b=0,5$ metriä, F on sulake ja L/A on suojattava laite tai asennus. (SFS-käsikirja 600-1 2012, 281.)



Kuva 5.2. Ylijännitesuojan SPD liitosjohto $c=1,0$ metriä, F on sulake ja L/A on suojattava laite tai asennus. (SFS-käsikirja 600-1 2012, 282.)

6 ULKOINEN SUOJAUS

6.1 Yleistä

Mikäli ulkoinen suojaus rakennetaan, myös sisäinen suojaus on rakennettava. (ST-53.16.01 2012, 4.)

Rakennuksen ulkoiseen salamasuojaukseen kuuluvat kaikki asennukset ja tarvikkeet, jotka sieppaavat salamaniskun ja johdattavat sen maadoitukseen. (Annanpalo ym. 2012, 82.)

Eristetty ulkoinen salamasuojaus tai eristetty ulkoinen ykkössuojaus tarkoittaa, että salamasuojaus ja alastulojohtimet ovat erillään suojattavasta kohteesta. Tämä tarkoittaa, ettei salamavirran kulkureitti ole kosketuksissa suojattavaan alueeseen. (Annanpalo ym. 2012, 90.)

Taulukko 6.1. Kansainvälisen ja kansallisen standardin vertailu tarvikkeiden poikkipinta-aloista. (Annanpalo ym. 2012, 63.)

Salamasuojausjärjestelmä Materiaali (Pyörömuotoinen)		Poikkipinta-ala mm ²		
		Kupari	Alumiini	Teräs
Kattokohdin	SFS	25	35	50
	IEC	50 ¹	50	50
Alastulojohdin	SFS	16 ²	25 ²	50 ²
	IEC	50 ¹	50	50
Maadoituselektrodi	SFS	25 ³	ei sallittu	50
	IEC	50	ei sallittu	78

1 50 mm² (8 mm halkaisija) voidaan pienentää 28 mm² (6 mm halkaisija) sovelluksissa, 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.

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

Rakennuksen suojaustasosta riippumatta jokaisessa tasossa on samat vaatimukset potentiaalintasauksesta, vastaanottorakenteen metallilevyn tai metalliputken seinämän minimipaksuus, vastaanotto ja alastulojohtimien sekä maadoituselektrodin materiaali, rakenne ja minimietäisyydet ja yhdysjohtimien minimimitat. (SFS-käsikirja 609 2009, 62.)

Rakennuksen seinään osuva salama on mahdollinen, kun pallon säde on pienempi kuin rakennuksen korkeus. On kuitenkin havaittu, että korkeissakin yli 60 metriä korkeissa rakennuksissa suurin osa salamoista osuu kattoon, sen reunoihin sekä kuluihin ja vain muutama prosentti seiniin. Vastaanotto rakenteita onkin syytä rakentaa tätä korkeammissa rakennuksissa ylimmän 20% osuudelle. (SFS-käsikirja 609 2009, 71.)

6.2 Suojausmenetelmiä

Suojausmenetelmiä on kolme, joita voidaan keskenään hyödyntää. Pallomenetelmä soveltuu kaikkiin tapauksiin, kun taas verkkomenetelmä sopii tasapintojen suojaamiseen. Suojakulmamenetelmässä rajoitus on vastaanottorakenteen korkeus ja se soveltuu parhaiten yksinkertaisille rakennuksille. Kun rakennukseen asennetaan erilaisia komponentteja pitää ne yhdistää keskenään katolla, jotta varmistetaan mahdollisimman hyvä salamavirran jakautuminen. (SFS-käsikirja 609 2009, 63.)

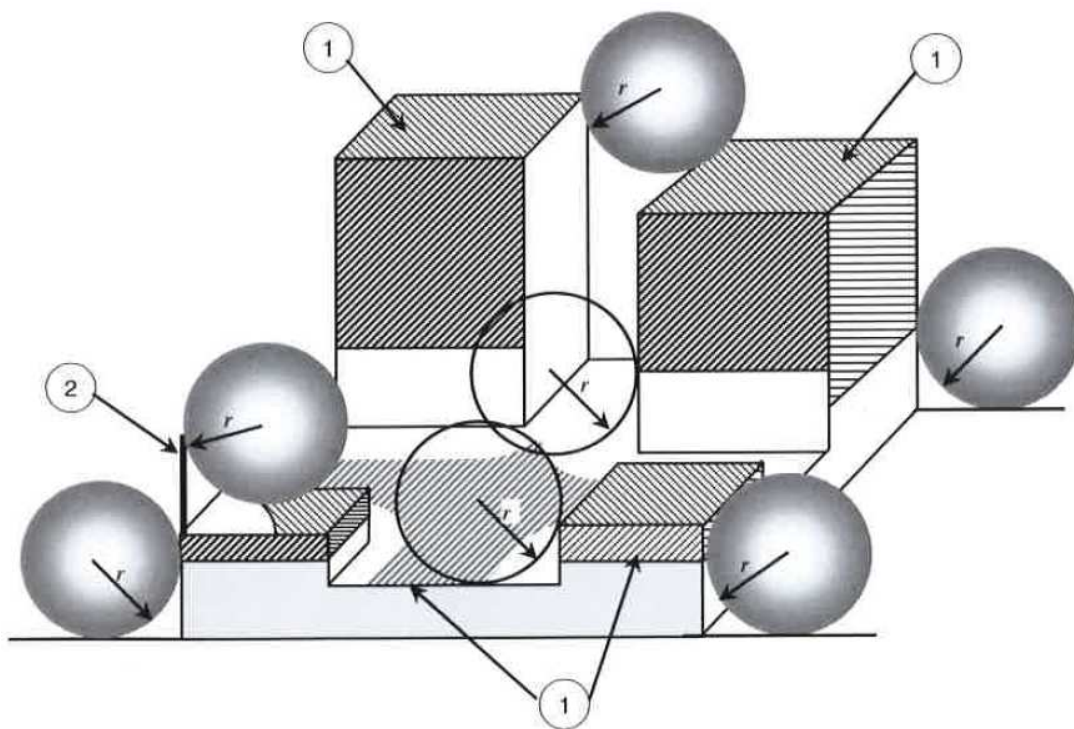
Taulukko 6.2. LPL suojaustasojen kattamat salamavirta-alueet, pallonsäteet pallomenetelmässä ja verkon silmäkoko. (SFS-käsikirja 609 2009, 64.)

Suojaustaso LPL	Virta-alue (kA)	Minimivirtaa vastaava pallon säde r (m)	Verkon silmäkoko W (m)	Suojakulma α (°)
I	3-200	20	5 x 5	Katso kuvio 6.1
II	5-150	30	10 x 10	
III	10-100	45	15 x 15	
IV	16-100	60	20 x 20	

6.2.1 Pallomenetelmä

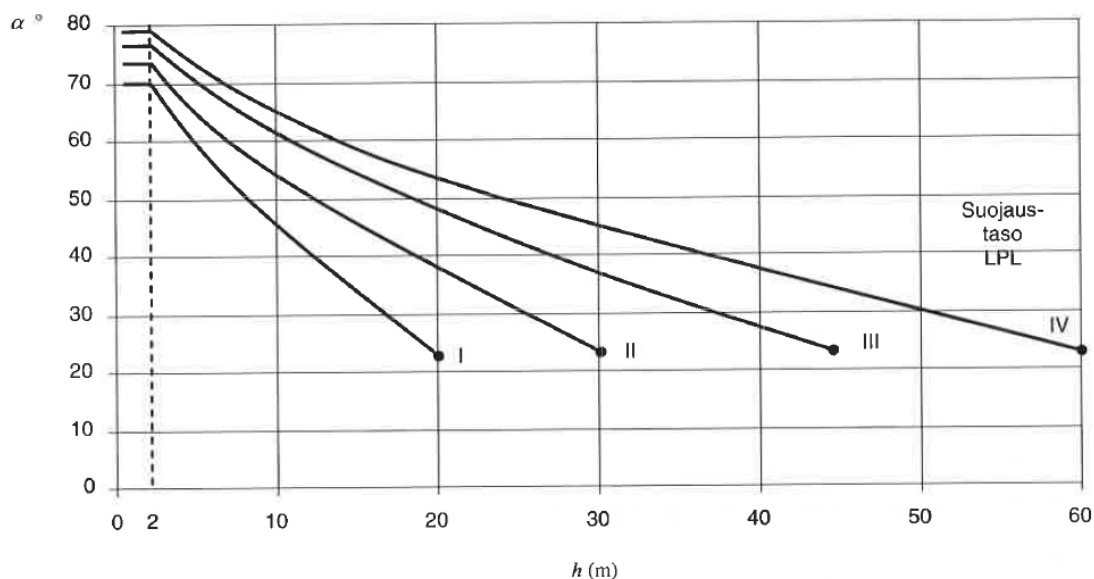
Pallomenetelmää käytetään etenkin silloin, kun suojattava rakennus on monimutkainen ja kun suojakulmamenetelmää ei voida käyttää. Suojakulmamenetelmän käyttömahdollisuudet selviävät kuviosta 6.2. (Annanpalo ym. 2012, 82.)

Pallon säteen pituus perustuu salaman esipurkauksen viimeisen hypyn pituuteen. Hypyn pituus on suoraan verrannollinen salamavirtaan, mitä isompi virta sen pidempi on viimeinen hyppy. Menetelmässä pallon säde on pienin suojausluokassa LPL I, koska silloin se estää yli 3 kA salamoiden osumisen suojatulle alueelle. Toisin sanoen, mitä pienempi pallo säde, sitä paremmin estetään pienimpien virtaisten salamoiden iskut. (SFS-käsikirja 609 2009, 67.)



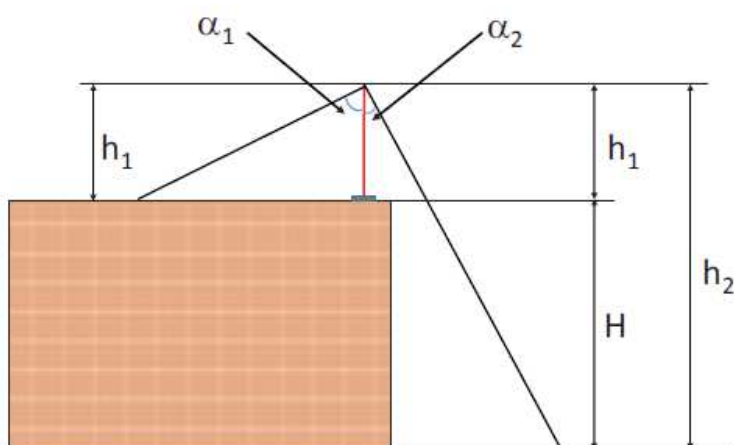
Kuva 6.1. Kuvassa varjostetut alueet yksi, ovat alttiita salamaiskuille. Numero kaksi on masto. (SFS-käsikirja 609 2009, 68.)

6.2.2 Suojakulmamenetelmä



Kuvio 6.1. Tilanteessa, jossa arvot ovat pisteen alapuolella, on käytettävä pallo- tai verkkomenetelmää. (SFS-käsikirja 609 2009, 64.)

Ympäristöään korkeamman metallisen pystytangon, maston, pylvään tai muun hyvin johtavan rakenteen ympäristöä suojaavaan vaikutukseen. Pystytangon korkeus ja salamavirran suuruus vaikuttavat suojakulman suuruuteen. Esimerkkinä LPL I suojaustason kohteessa 20 metrin korkuisella tangolla suojauskulma on 23° ja 10 metrin tangolla 47°. Tangon pituus mitataan referenssisitasosta, tästä johtuen suojakulma on suurempi katolla kuin maassa. Kuva 6.2 havainnollistaa tätä tilannetta. (SFS-käsikirja 609 2009, 64-65.)



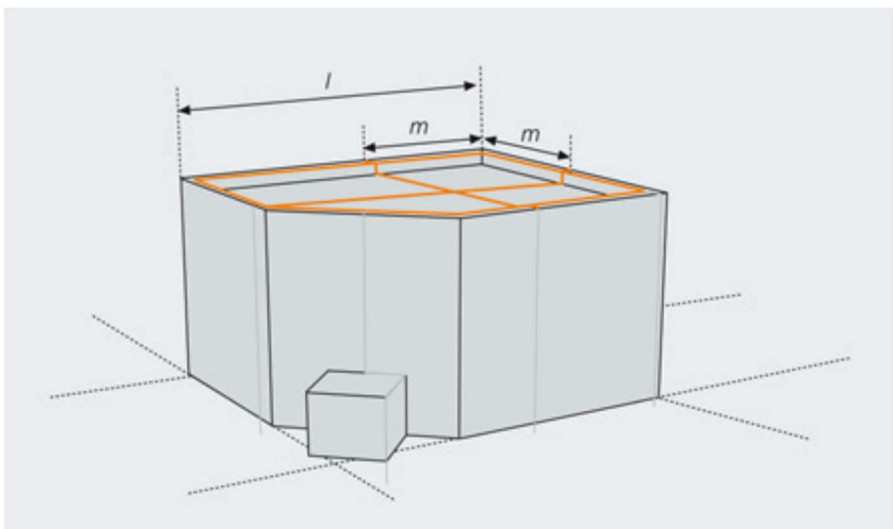
Kuva 6.2. Kuvassa H on rakennuksen korkeus, h_1 tangon korkeus ja $h_2 = H + h_1$. (OBO www-sivut 2015.)

6.2.3 Verkkomenetelmä

Verkkomenetelmää käytetään erityisesti tasaisille vaakasuorien ja kaltevien pintojen suojaamiseen. Myös suorilla seinäpinnoilla sivuiskujen estämiseksi. Verkkomenetelmässä mikään metallirakenne ei saa olla verkon ulkopuolella. (SFS-käsikirja 609 2009, 70.)

Verkkomenetelmä koostuu kehästä, joka kulkee katon reunoilla, sekä sitä mahdollisesti täydentävistä poikittaisista kattojohtimista. Verkon silmäkoko on esitetty taulukossa 6.2. (Annanpalo ym. 2012, 82.)

Jos johtimen kokonaispituus $l > 20$ metriä, varustetaan se laajennuskappaleella. Tämä estää lämpölaajenemisen aiheuttamat vahingot. Kaikki katolla olevat ulkonemat, jotka voivat johtaa salamavirran rakennuksen sisälle, suojataan sieppaustangoilla ja liitetään verkkoon.



Kuva 6.3. Verkkomenetelmän periaatekuva. (OBO www-sivut 2015.)

6.3 Salamanvangitsijat

Salamanvangitsijoiden tehtävä on vastaanottaa salama. Salamanvangitsijoita ovat kattojohtimet, sieppaustangot, salamaköydet, antennimastot ja mahdollisuuksien mukaan katon eri rakenteet. Asennuksissa tulee ottaa huomioon, että ne eivät vaurioidu tuulen, lumen tai jään vaikutuksesta. Huomioitavaa on myös johtimien, liittimien ja asennustarvikkeiden välinen korroosio sekä niiden ja rakennuksen metallirakenteiden välinen korroosio. (Annanpalo ym. 2012, 84–85.)

Katon metallisia rakenteita voidaan käyttää salamanvangitsijoina, mikäli ne ovat riittävän paksuja (taulukko 6.3) ja niillä on riittävä sähköinen johtavuus eri rakennosien välillä eikä pinta ole eristepäällysteinen. (SFS-käsikirja 609 2009, 92.)

Vähintään 0,5 millimetrin paksuista kattopeltiä voidaan käyttää salamanvangitsijana, jos levyjen liitoskohdan mahdollinen kipinöinti ei aiheuta palovaaraa katon alapuolisille rakenteille. Kattopellin puhkeaminen on kuitenkin mahdollista. Myös sadevesikouruja voidaan käyttää salamanvangitsijoina, jos ainevahvuus on vähintään 0,5 millimetriä ja ne ovat rakenteeltaan yhtenäisiä tai limitetty riittävästi. Sadevesikourut on kuitenkin aina yhdistettävä räystäällä katto- tai alastulojohtimiin. Katon muita metallisia rakenteita, joita voidaan käyttää salamanvangitsijoina, ovat muun muassa kaiheet, tikapuut ja kävelysillat. Antennimastoissa antenniputki yhdistetään salamasuojaukseen ja silloin siitä tulee salamanvangitsija. (Annanpalo ym. 2012, 87.)

Taulukko 6.3. Metallilevyn tai putken seinämän minimipaksuudet vastaanottorakenteessa. (SFS-käsikirja 609 2009, 92.)

Suojausluokka	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 syntymisen tai palavan materiaalin syttymisen.

^b Paksuus t' on riittävä, jos ei ole tärkeitä estää edellä mainittuja.

Sieppaustangoilla suojataan laitteita ja rakenteita joita ei pystytä suojaamaan verkomenetelmällä. Suojattavuus perustuu suojakulmamenetelmään, jossa suojattavan kohteen on oltava kokonaisuudessaan suoja-alueella. (Annanpalo ym. 2012, 87.)

Laitteita joilla on suora yhteys rakennukseen sähkökaapeleilla tai ilmanvaihtoputkilla, ei saa yhdistää kattojohtimiin. Näin estetään salamavirran kulkeutuminen rakennuksen sisäosiin. Ne tulee suojata joko sieppaustangoilla tai mikäli suojattavia rakenteita on useita vierekkäin, voidaan niiden yläpuolelle rakentaa metallikehikko. (Annanpalo ym. 2012, 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 ehdoista ei täyty, tulee rakenne yhdistää salamasuojaukseen. (Annanpalo ym. 2012, 89.)

Katolla tulee ottaa huomioon ulkoisen salamasuojauksen ja katolla tai sisätiloissa olevien kaapeleiden sekä rakenteiden väliset läpilyönnit. Läpilyönnit voidaan välttää käyttämällä potentiaalintasausta, riittäviä suojavälejä, pienentämällä verkon ruutukoa ja lisäämällä alastulojohtimia. Käytännössä 0,8-1,0 metriä on riittävä suojaväli, mutta jos tätä ei pystytä käyttämään, voidaan suojaväli laskea seuraavalla kaavalla 6.1. Kaava on pätevä, kun etäisyys tarkastelukohdasta lähimpään potentiaalintasaukseen on maksimissaan 20 metriä. (Annanpalo ym. 2012, 90.)

Jos monikerroksisen rakennuksen kerroskorkeus on 5 metriä ja potentiaalintasausta on toteutettu kaikissa kerroksissa, etäisyys lähimpään potentiaalintasaukseen on enintään 2,5 metriä. (SFS-käsikirja 609 2009, 81.)

Taulukko 6.4. Suojavälin laskemiseen. (Annanpalo ym. 2012, 91.)

Suojausluokka LPL			
	I	II	III ja IV
k_i	0,08	0,06	0,04
Alastulojohtimia			
N	1	2	4
k_c jos tyyppin A maadoituselektrodi	1	0,66	0,44
k_c jos tyyppin B rengasmaadoituselektrodi	1	0,5-1,0	0,25-0,5
Materiaalikerroin			
	Ilma	Betoni, tiilet	
k_m	1	0,5	

$$s = k_i * \frac{k_c}{k_m} * l \quad (6.1)$$

missä

s on erotusväli

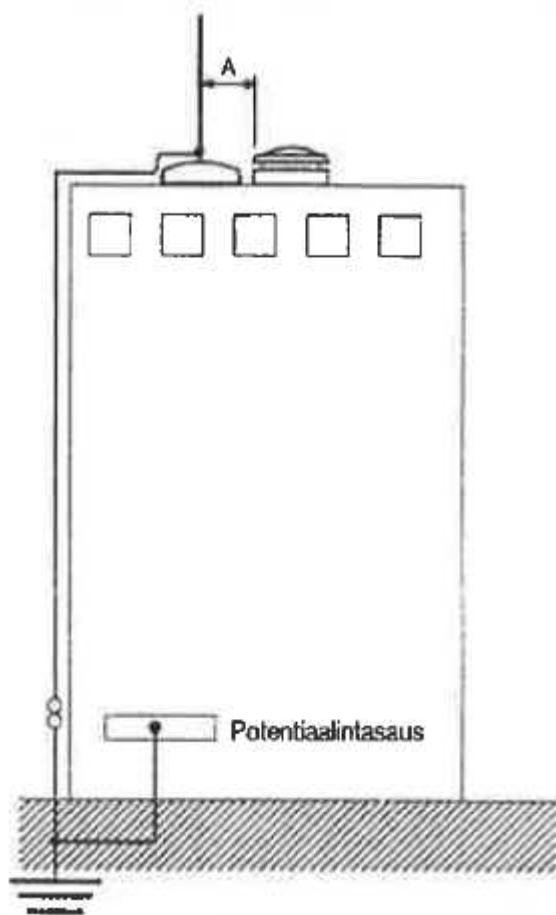
k_i on kerroin riippuen suojausluokasta

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

k_m on riippuen eristysmateriaalista

l on etäisyys lähimpään potentiaalintasauskiskoon

Koska $A > s$ pyöristetään ylöspäin



Kuva 6.3. Sieppaustangon ja huippumurin välinen suojaväli A. (Annanpalo ym. 2012, 91.)

Oletetaan, että $l = 20$ metriä, $n = 4$ kpl, tyyppin A maadoituselektrodi, suojausluokka III ja tiilikatto. Lasketaan kaavan 6.1 mukaan suojaväli A.

$$s = 0,04 * \frac{0,44}{0,5} * 20$$

$$s = 0,704 \text{ ja koska } A > s, \text{ suojaväli } A = 0,71 \text{ metriä}$$

6.4 Alastulojohtimet

Alastulojohtimien tehtävä on johtaa salamavirta hallitusti maadoitukseen. Niitä on oltava vähintään kaksi riippumatta suojattavan kohteen koosta, mutta suositeltavaa on asentaa joka nurkkaan oma alastulojohdin. Välimatkat alastulojohtimilla ovat lueteltu taulukossa 6.5. (ST-53.16.01 2012, 5.)

Alastulojohtimien poikkipinta-alat on esitetty taulukossa 6.1.

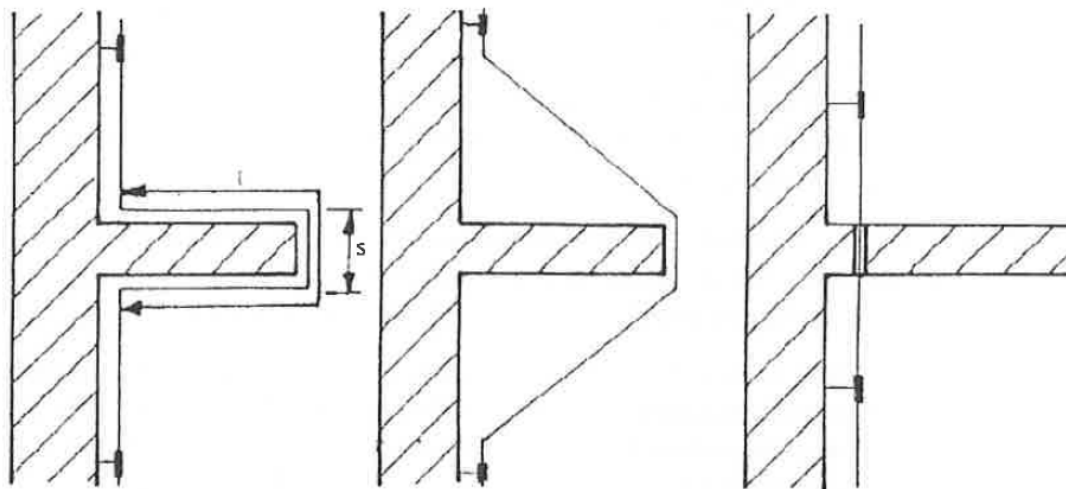
Alastulojohtimet liitetään maadoituselektrodiin maanpinnan yläpuolella työkalulla avattavaan testiliittimeen. On myös huomioitava eri materiaalien keskinäinen korrosio esimerkiksi alastulojohtimen ollessa alumiinia ja maadoituselektrodin kuparia tulee käyttää tähän soveltuvaa vaihtoliitintä. (Annanpalo ym. 2012, 68.)

Jos rakennus on yli 20 metriä korkea, on alastulojohtimet yhdistettävä vaakasuoralla johtimella toisiinsa korkeussuunnassa 20 metrin välein. (Annanpalo ym. 2012, 94.)

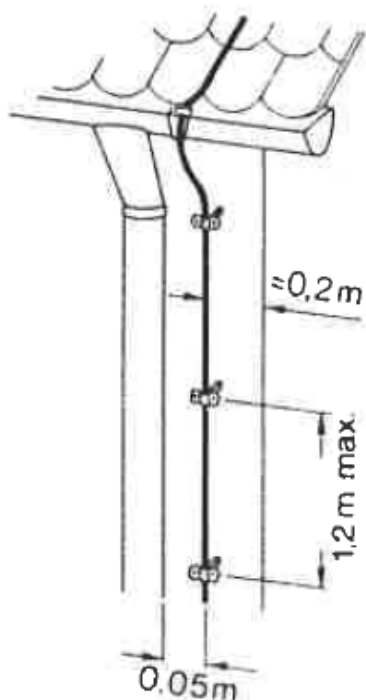
Suojausluokka LPL	I	II	III	IV
Etäisyys (m)	10	10	15	20

Taulukko 6.5. Alastulojohtimien väliset maksimi etäisyydet. (SFS-käsikirja 609 2009, 72.)

Alastulojohtimet tulee asentaa mahdollisimman suoraa reittiä maahan ja silmukoita on vältettävä. Räystäskouruihin tai sadeveden syöksytorviin ei alastulojohtimia tule asentaa korroosion vuoksi, vaikka ne olisivatkin eristettä. Mikäli syöksytorvi on yhtenäinen ja se täyttää vaatimukset, voi se toimia alastulojohtimena. Eristämättömien suojajohtimien asennus seinälle voidaan toteuttaa, jos seinä ei ole palavaa materiaalia tai johtimen lämpötilan nousu ei ole materiaalille vaarallisen suuri. Muissa tapauksissa johtimet asennetaan kiinnikkeillä niin, että johtimen ja seinän väliin jää 10 senttimetriä. Standardi EN 62305 ei ota kantaa kiinnikkeiden lämmönkestävyydelle ja kuuman johtimen pitokyvyille. (SFS-käsikirja 609 2009, 72.)

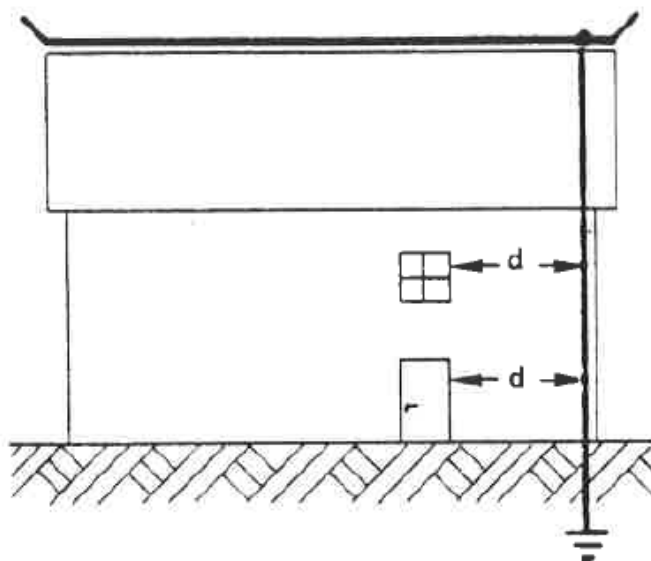


Kuva 6.4. Mahdollisimman suora reitti kahdessa oikeanpuoleisessa. Vasemmassa erotusväli s on varmistettava kaavalla 6.1. (SFS-käsikirja 609 2009, 73.)



Kuva 6.5. Alastulojohtimen kiinnitys. Kattojohdin ja vesikouru yhdistetty alastulojohtimeen. (Annanpalo ym. 2012, 93.)

Kuvan 6.5 mukaan alastulojohdin asennetaan maksimissaan 20 senttimetrin päähän rakennuksen reunasta. Kiinnitysväli maksimissaan 1,2 metriä. Kuvassa 6.6 on esitetty alastulojohtimen etäisyys d ikkunoista, ovista tai muusta rakennuksessa olevasta aukosta. (Annanpalo ym. 2012, 92–93.)



Kuva 6.6. Alastulojohtimen etäisyys ikkunoista ja ovista. Etäisyys d on 50 senttimetriä (Annanpalo ym. 2012, 94.)

Alastulojohtimina voidaan myös käyttää rakenteiden luontaisia osia. Jos käytetään teräs-, teräsbetonirakenteita, metallikattoja, metallisia julkisivurakenteita ja perustuksien metalliverkkoja on ne varustetta riittävin, tarkoituksenmukaisin liitoksien sekä yhdistyksien ja estetään eri metallien sähkökemiallinen korroosio. (ST-53.16.01 2012, 5.)

On kuitenkin huomioitava, että aina ei ole mahdollista käyttää luontaisia rakenteita alastulojohtimina. Esimerkkinä esijännitetyt teräsbetonirakenne joissa tapahtuu ei-hyväksytyjä mekaanisia vaikutuksia salamavirran tai salamasuojauksen liittämisen seurauksena. Jos luontaisia rakenteita pystytään käyttämään, riittävä liitos esimerkiksi on hitsauksella varmistettu, jossa hitsauksen tulisi olla 30 millimetriä pitkä. (SFS-käsikirja 609 2009, 89–91.)

Alastulojohtimissa on myös huomioitava kohdat joissa tiedetään ihmisen liikkuvan. Näissä kohdissa voidaan käyttää erikoiseristettyä alastulojohdinta. Tällöin eristeen tulee ulottua 2,5 metriin maantasosta. Käytännössä kolmeen metriin koska korkeuteen lisätään vielä erotusväli. (Annanpalo ym. 2012, 69–70.)

6.5 Maadoituselektrodi

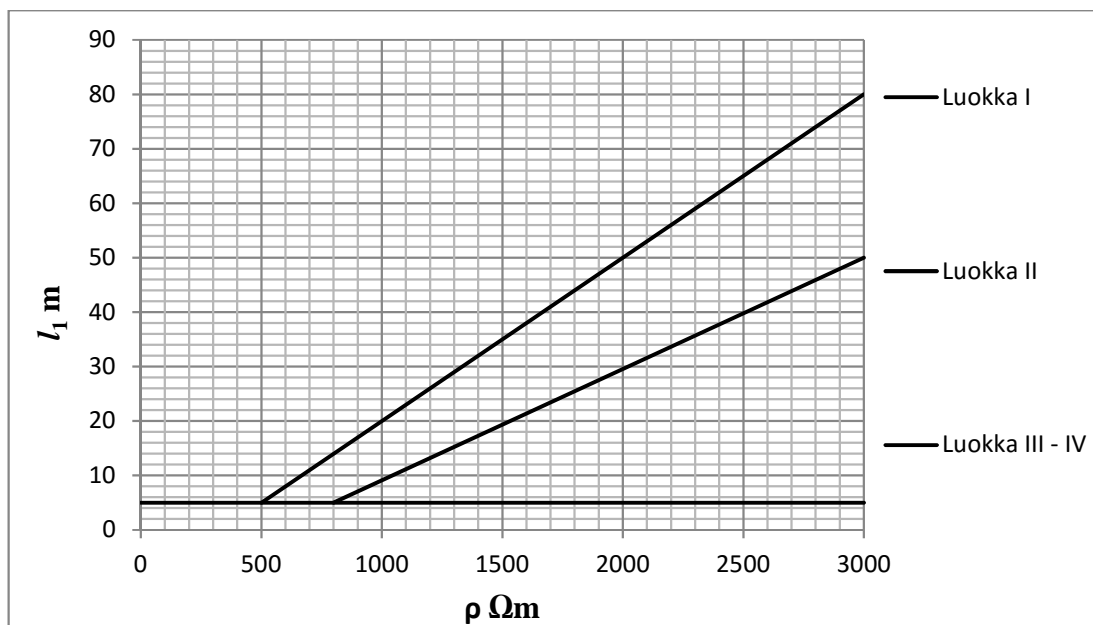
Maadoituksella on kolme tehtävää salamasuojauksessa, salamavirran johtaminen maahan, potentiaalintasaus alastulojohtimien välillä ja potentiaalinojaus seinien johtavien osien läheisyydessä. Sähköasennuksia koskevissa standardeissa ja teleasennuksia koskevissa määräyksissä on opastavia tietoja ja vaatimuksia maadoitukseen liittyen. Salamasuojauksen maadoitukseen liittyvät määräykset ovat samansuuntaisia, mutta voi edellyttää tehokkaampaa maadoitusta. (SFS-käsikirja 609 2009, 73.)

Maadoituselektrodina voivat toimia kiinteä ruostumattomasta teräksestä tai galvanoidusta teräksestä tehty johdin, tai kiinteästä tai kerratusta kuparista tehty elektrodi. Syöpymisen vuoksi alumiinia ei saa käyttää maassa elektrodina. (Annanpalo ym. 2012, 62.)

Maadoituselektrodina voidaan käyttää myös suojaamattomia teräksiä, kun ne liitetään maadoitusjärjestelmään vain salamaniskussa toimivalla erotuskipinävälillä. (SFS-käsikirja 609 2009, 75.)

Kansainvälisissä ja kansallisissa standardeissa on eroja johtimien poikkipinnoissa ja muiden johtavien rakenteiden aineen vahvuuksissa, taulukko 6.1. Maanpäälliset ulkoisen salamasuojauksen järjestelmät tulisi rakentaa Euroopassa suunniteltujen standardien mukaan. Maadoituselektrodin voi edelleen rakentaa 16 mm^2 kupariköydellä. Mikäli maadoituselektrodiin liitetään ulkoinen salamasuojaus, riittävä poikkipinta kuparijohtimelle maadoituselektrodina Suomen oloissa on 25 mm^2 . Maahan jo asennettuun 16 mm^2 maadoituselektrodiin voidaan liittää standardin mukainen salamasuojausjärjestelmä. (Annanpalo ym. 2012, 62.)

Paras suojaus saadaan aikaiseksi kun käytetään yhteistä maadoituselektrodia eri järjestelmien kanssa. Erillisissä maadoituksissa haittana on, että salamaniskutilanteessa maadoitukset saattavat yhdistyä toisiinsa hallitsemattomasti. Salamaniskutilanteen vuoksi on huomioitava yhdistysjohtimissa kulkevien virtojen suuruus. (SFS-käsikirja 609 2009, 74.)



Kuvio 6.2. Maadoituselektrodin minimipituus maan resistiivisyyden funktiona. (SFS-käsikirja 609 2009, 76.)

Taulukko 6.6. Esimerkkejä eri maalajien keskimääräisestä ominaisresistanssista (Ωm). (SFS-käsikirja 609 2009, 76.)

Savi	Lieju, turve, multa	Hiekka, hieta	Harjusora	Graniittikallio	Betoni tuoreena maassa	Betoni kuivana
40	150	2000	15 000	20 000	100	10 000

Kuviossa 6.2 ei anneta ohjetta maaperälle, jonka ominaisresistanssi on yli 3000 Ω . Esimerkkinä standardikirja 609 ottaa kallion. Jos lähistöllä ei ole johtavampaa maaperää, kannattavaa elektrodit asentaa kallionhalkeamiin tai halkaisijaltaan 10 senttimetrin porattuihin reikiin. Elektrodin ympärillä tulisi käyttää oikeanlaista yhdistettä, jotta kosketuspinta kallioon on suurempi ja vakaampi sekä maadoitusresistanssi pienempi. Mahdollista on myös valaa betonilla elektrodi kallion pintaan. (SFS-käsikirja 609 2009, 77.)

Ensisijaisena perustusmaadoituselektrodina tulisi käyttää yhteen kytkettyä teräsbetoniperustusta. Toiseksi paras vaihtoehto on B tyypin rengaselektrodi rakennuksen ympärille. Kalliomaastossa suositellaan vain B tyypin maadoitusta ja rakennuksissa joissa on laajoja elektronisia järjestelmiä tai suuri palovaara. (SFS-käsikirja 609 2009, 77.)

6.5.1 Maadoitustyyppi A

A tyypin maadoituksessa asennuksen ulkopuolelle asennetaan jokaista alastulojohdinta kohden erikseen vaaka- ja/tai pystyelektrodi, kuitenkin vähintään kaksi. Jos näitä elektrodeja yhdistää rengasjohdin, joka on alle 80 % kosketuksissa maan kanssa, luokitellaan myös se A tyypin maadoitukseksi. (SFS-käsikirja 609 2009, 75–77.)

Elektrodin pituus vaakasuunnassa on l_1 tai pystysuunnassa $0,5 \times l_1$. l_1 saadaan kuvion 6.2 käyrästä riippuen suojausluokasta ja maan ominaisresistanssista. A tyypin elektrodia käytetään, kun maan ominaisresistanssi on alhainen, suojattava kohde on kooltaan pieni ja kohde sisältää tavanomaisia järeitä sähkölaitteita. Pystyelektrodeja suositellaan käytettäväksi, jotta päästään alhaiseen maan ominaisvastukseen. (Annanpalo ym. 2012, 64.)

Elektrodit asennetaan vähintään 0,5 metrin syvyyteen. Tällä estetään korroosion, maan kuivumisen ja jäätyminen vaikutukset maadoitusresistanssiin. Jäätyvässä maassa ensimmäistä metriä pituus tai vaaka suuntaan ei pidetä tehollisena. Joten suositellaan, että pystyelektrodin pituutta tulisi 0,5 metriä. (SFS-käsikirja 609 2009, 77.)

6.5.2 Maadoitustyyppi B

B tyyppin maadoituksessa rakennuksen ulkopuolinen rengaselektrodi on vähintään 80 % pituudestaan kosketuksissa maan kanssa tai maadoituksena käytetään perustusmaadoituselektrodiä. Perustusmaadoituselektrodi on joko perustuksiin upotettu, perustusten alle upotettu tai perustusten ympärille upotettu elektrodi. (SFS-käsikirja 609 2009, 75–77.)

Rengas elektrodi voi olla silmukoitu jolloin se parantaa sen ominaisuuksia. Rengas tai perustuselektrodin keskimääräinen säde $r \leq l_1$. Mikäli elektrodin pituus $l_1 > r$ pitää rengaselektrodiä täydentää vaaka- ja pystysuorilla elektrodeilla. Vaakaelektrodin l_r ja pystyelektrodin l_v pituudet lasketaan kaavoilla

$$l_r \geq l_1 - r \quad (6.2)$$

$$l_v \geq (l_1 - r) / 2 \quad (6.3)$$

Lisä elektrodeja tulee olla vähintään yhtä monta kuin on alastulojohtimia ja ne asennetaan sinne, missä alastulojohtimet on liitetty rengaselektrodiin. (Annanpalo ym. 2012, 64.)

Elektrodit asennetaan vähintään 0,5 metrin syvyyteen ja noin 1 metrin etäisyydelle rakennuksen ulkoseinistä. Suomessa suositus syvyys on 0,7 metriä. (SFS-käsikirja 609 2009, 77.)

6.6 Materiaalien liitettävyys

Ulkoilmassa on huomioitava eri materiaalien liitettävyys keskenään. Näin pystytään estämään eri metallien sähkökemiallinen korroosio. Taulukossa 6.7 on esitetty materiaalien keskinäin liitettävyys. (OBO www-sivut 2015.)

Taulukko 6.7. Materiaalien liitettävyys. (OBO www-sivut 2015.)

Materiaali	Kuumasinkitty teräs FT	Alumiini Alu	Kupari CU	Ruostumaton teräs RST
Kuumasinkitty teräs FT	suositus	mahdollinen	ei sallittu	mahdollinen
Alumiini Alu	mahdollinen	suositus	ei sallittu	mahdollinen
Kupari CU	ei sallittu	ei sallittu	suositus	mahdollinen
Ruostumaton teräs V2A	mahdollinen	mahdollinen	mahdollinen	suositus

LÄHTEET

ABB www-sivut. Viitattu 28.10.2016.

https://library.e.abb.com/public/714929bf5d32c23bc1257241004440d0/ABB_OVR_fi_online.pdf

Annanpalo, J., Ikävalko, M., Koponen, J., Mäkelä, A., Ristilä, J., Sjögren, H., Taimisto, S. & Tiainen, E. 2012. Rakennusten salama- ja ylijännitesuojaus. Espoo: Tammerprint.

Finnelectric www-sivut. Viitattu 11.11.2016.

http://media.finnelectric.fi/catalogue/content/data_fe/Dehn/DEHN_Ylijannitesuojaus_FE.pdf

Finlex www-sivut. Viitattu 11.11.2016. Valtioneuvoston asetus räjähteiden valmistuksen, käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista 1101/2015 momentti 46. <http://www.finlex.fi/>

Finlex www-sivut. Viitattu 11.11.2016. Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista 856/2012 momentit 67 ja 68. <http://www.finlex.fi/>

Finlex www-sivut. Viitattu 11.11.2016. Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta 686/2015. <http://www.finlex.fi/>

OBO Betterman www-sivut. 2015. Viitattu 13.10.2016.

http://obo.fi/media/TBS_Rakennusten_salama_ja_ylijaennitesuojaus.pdf

SFS-käsikirja 600-1 Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000 Pienjänniteasennukset. 2012. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS.

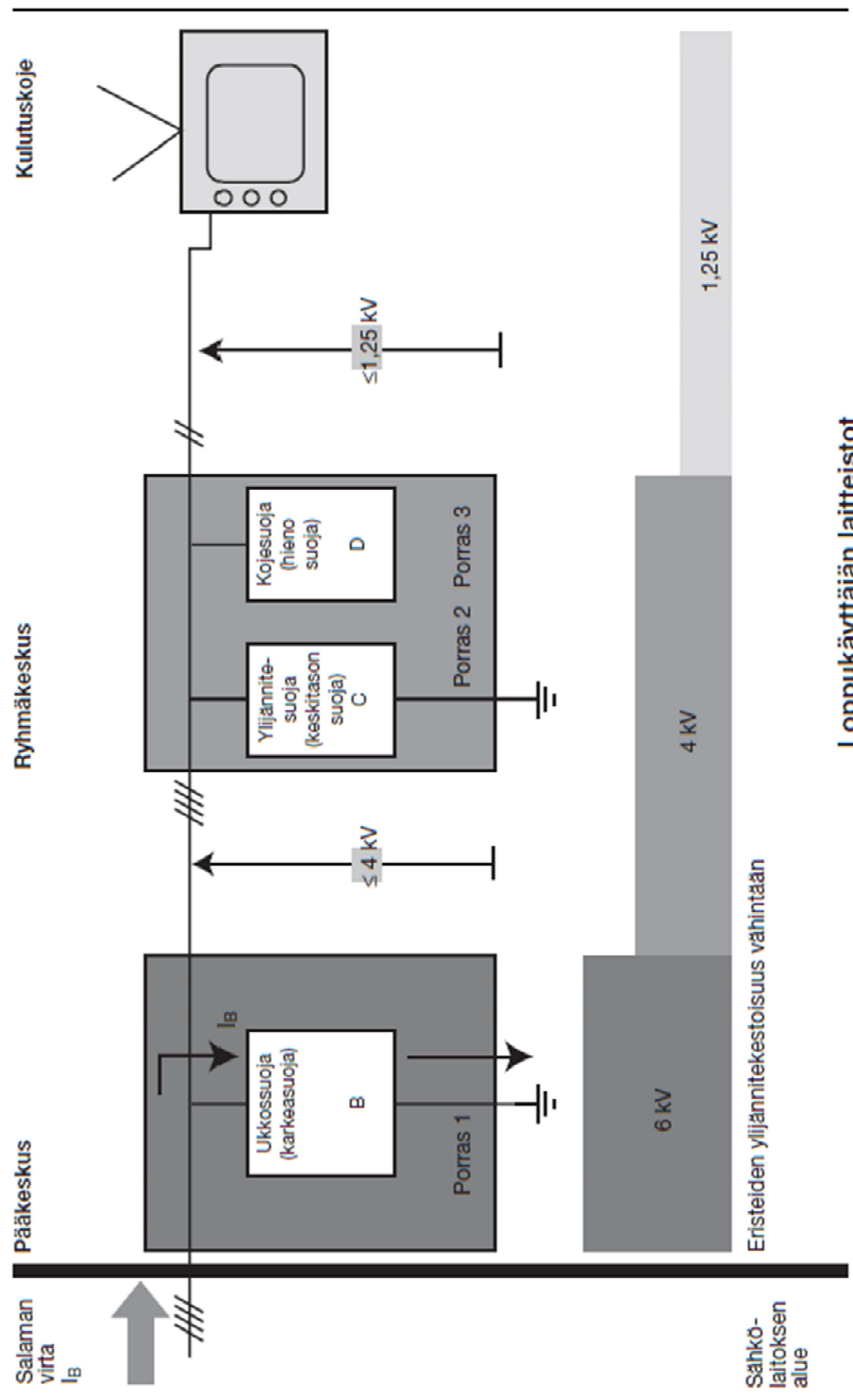
SFS-käsikirja 609 Rakennusten ja rakenteiden salamasuojaus. 2009. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS.

ST 53.16.01 Rakennusten salamasuojaus. 2012. Sähkötieto ry. Espoo Sähköinfo. Viitattu 13.10.2016. <https://severi.sahkoinfo.fi/>



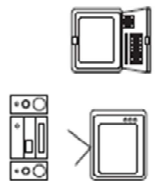
ST 53.21 Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset. 2012. Sähkötieto ry. Espoo Sähköinfo. Viitattu 29.10.2016. <https://severi.sahkoinfo.fi/>

UTU www-sivut. Viitattu 10.11.2016.

http://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/13fi0468_pro_spd_spa_web.pdf



Ylijännitesuojien valintataulukko

		Kilteistön salaman iskun todennäköisyys		
		Suuri	Keskisuuri	Pieni
		<ul style="list-style-type: none"> • harjanteet/mäet • avoimet alueet (esim. maatilat) • rakennukset: <ul style="list-style-type: none"> - ukkosenjohdattimilla - avojohtolittymällä - korkeiden rakennusten läheisyydessä (esim. kirkko) - suurjänniteinjojen läheisyydessä 	<ul style="list-style-type: none"> • taajamat • rakennukset avojohtolittymällä 	<ul style="list-style-type: none"> • maakaapeliliitäntä maadoitusjohtimella
Kuormien ja/tai päätelaitteiden herkkyys  Pleni 		(B) + (C)	(C)	(C) (1)
		(B) + (C)	(C)	(C)
	Korkea 		(B) + (C) + (D)	(C) + (D)

Asennusesimerkkejä

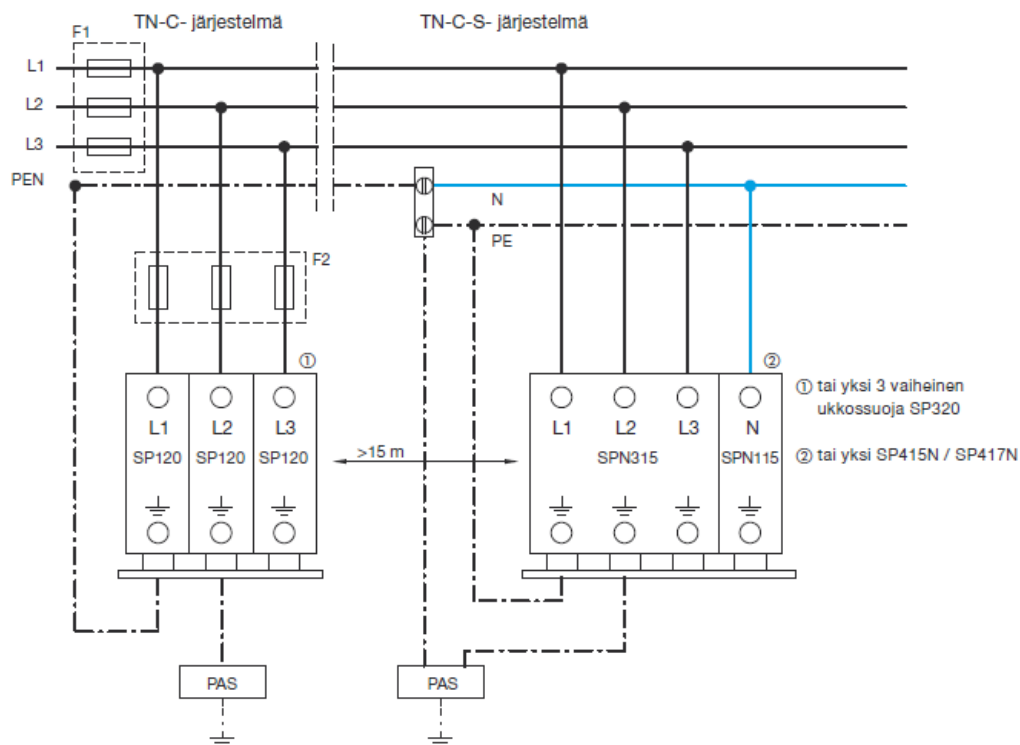
Suojayhdistelmät	Pääkeskus	Alakeskus 1	Alakeskus 2	Kulutusköje	Kaapelipituus L1	Kaapelipituus L2
Ukkossuoja Tyyppi 1 ⓑ	B	C D		Televisio	15 m	
+ Ylijännitesuoja Tyyppi 2 ⓒ	B	C	D	HIFI	15 m	vapaa
+ Laitesuoja Tyyppi 3 ⓓ	B E [*] C	D		PC	vapaa	
	B E [*] C D			Pesukone		
Ukkossuoja Tyyppi 1 ⓑ	B	C		Kuivaus- rumpu		
+ Ylijännitesuoja Tyyppi 2 ⓒ	B E [*] C			Jääkaappi	15 m	
Ylijännitesuoja Tyyppi 2 ⓒ	C	D		...		
+ Laitesuoja Tyyppi 3 ⓓ	C D				vapaa	
		C	D			vapaa
		C D				
Ylijännitesuoja Tyyppi 2 ⓒ	C					
Yhdistelmäsuoja Tyyppi 1	B C	C D	C D		vapaa	vapaa



- * EI = erotusinduktanssi
- ukkossuojat - tyyppi 1 → Suoja ⓑ
 - ylijännitesuoja - tyyppi 2 → Suoja ⓒ
 - laitesuoja - tyyppi 3 → Suoja ⓓ

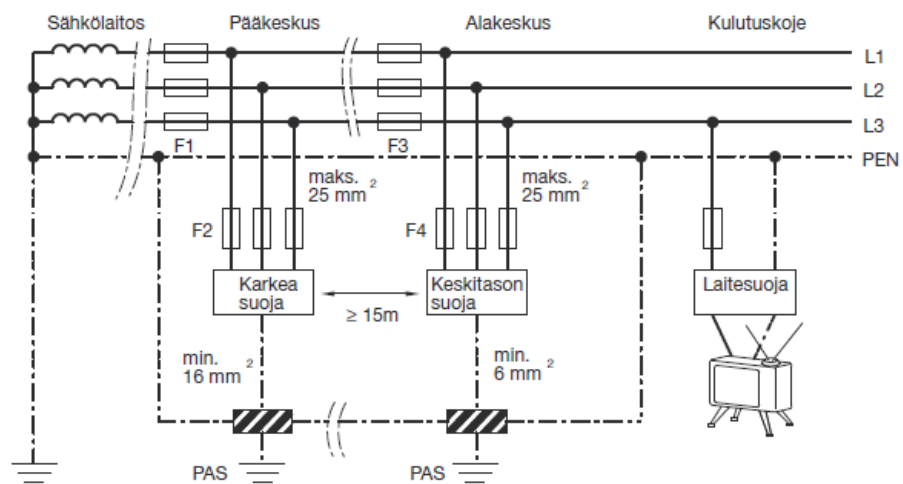
Ylijännitesuojien sijoittelu eri tilanteissa.

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



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

Virtapiirikaavio, esim. TN-C -järjestelmä

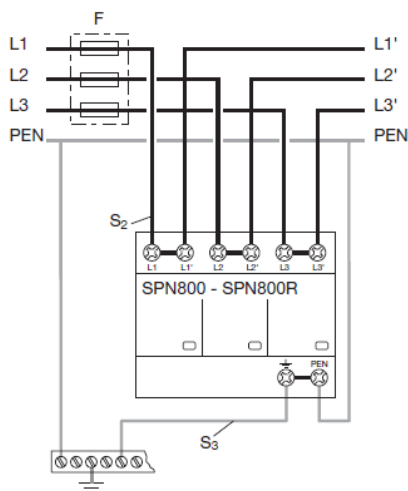


Vihje:
mikäli suoja F3 on suurempi kuin 125A tulee käyttää etusuojasta F4 = 125A

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

Kytchentäesimerkkejä.

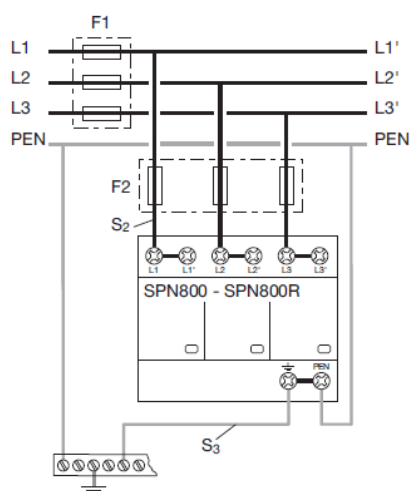
TN-C



F gL/gG	
F	F ≤ 125 A ↓ OK
	F > 125 A ↓ TNC parallel

F A	S ₂ mm ²	S ₃ mm ²
25	10	16
35	10	16
40	10	16
50	10	16
63	10	16
80	16	16
100	25	16
125	35	16

TN-C

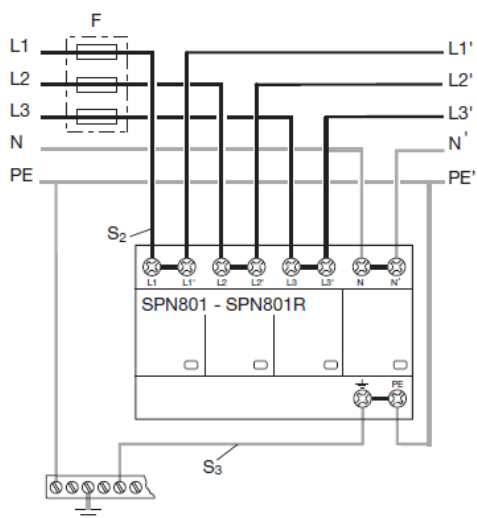


F1 - F2 gL/gG	
F1	F1 > 315 A ↓ F2 = 315 A
	F2 ≤ 315 A ↓ F2

F1 A	S ₂ mm ²	S ₃ mm ²	F2 A
25	10	16	-
35	10	16	-
40	10	16	-
50	10	16	-
63	10	16	-
80	10	16	-
100	16	16	-
125	16	16	-
160	25	25	-
200	35	35	-
250	35	35	-
315	50	50	-
> 315	50	50	315

Kytchentäesimerkkejä Hagerin yhdistelmäsuojalle TN-C järjestelmässä.

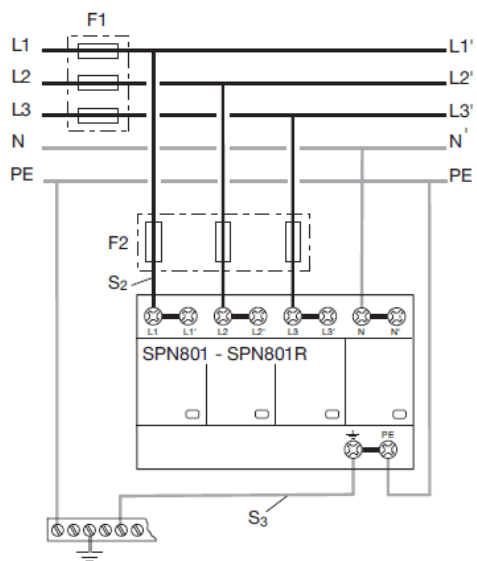
TN-S



F gL/gG		F A	S ₂ mm ²	S ₃ mm ²
F	F ≤ 125 A	25	10	16
	↓	35	10	16
	OK	40	10	16
	F > 125 A	50	10	16
	↓	63	10	16
	TNS parallel	80	16	16
		100	25	16
		125	35	16

F A	S ₂ mm ²	S ₃ mm ²
25	10	16
35	10	16
40	10	16
50	10	16
63	10	16
80	16	16
100	25	16
125	35	16

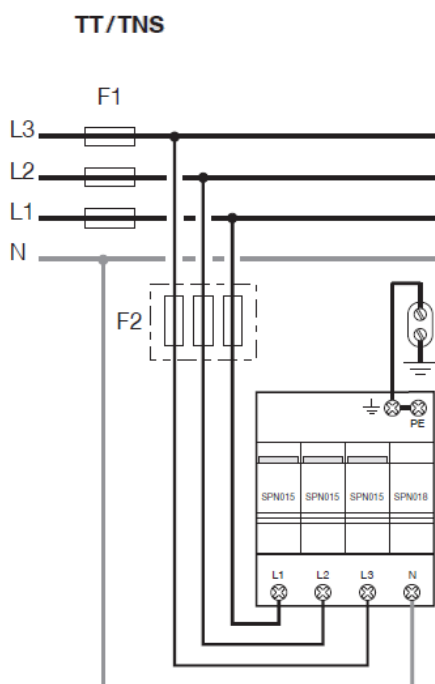
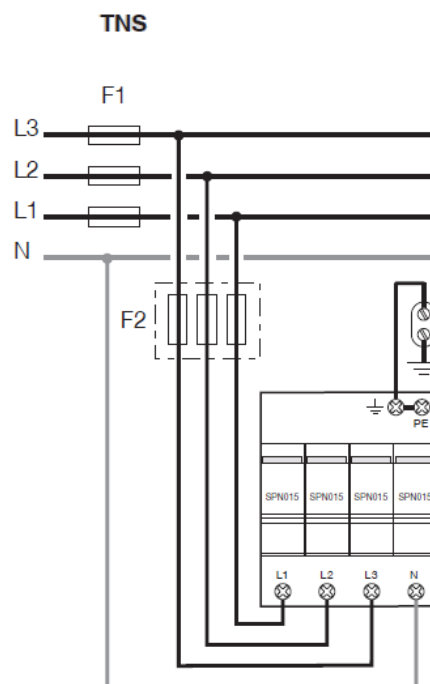
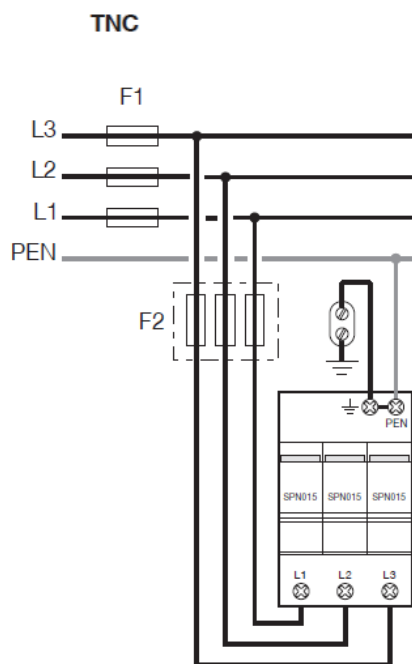
TN-S



F1 - F2 gL/gG		F1 A	S ₂ mm ²	S ₃ mm ²	F2 A
F1	F1 > 315 A	25	10	16	-
	↓	35	10	16	-
	F2 = 315 A	40	10	16	-
	↓	50	10	16	-
	F1 ≤ 315 A	63	10	16	-
	↓	80	10	16	-
F2		100	16	16	-
		125	16	16	-
		160	25	25	-
		200	35	35	-
		250	35	35	-
		315	50	50	-
		> 315	50	50	315

F1 A	S ₂ mm ²	S ₃ mm ²	F2 A
25	10	16	-
35	10	16	-
40	10	16	-
50	10	16	-
63	10	16	-
80	10	16	-
100	16	16	-
125	16	16	-
160	25	25	-
200	35	35	-
250	35	35	-
315	50	50	-
> 315	50	50	315

Kytkeäesimerkkejä Hagerin yhdistelmäsuojalle TN-S järjestelmässä.



F1	$F1 \leq 125 \text{ AgG}$ ↓ F2
F2	$F1 > 125 \text{ AgG}$ ↓ $F2 \leq 125 \text{ AgG}$
A	min. 6 mm ² Cu

F1 A/gG	S ₂ mm ²	S ₃ mm ²	F2 A/gG
25	4	6	-
35	4	6	-
40	4	6	-
50	6	6	-
63	10	10	-
80	10	10	-
100	16	16	-
125	16	16	-
> 125	16	16	125

Eräiden Hagerin keskisuojiin kytkenäesimerkkejä. S₂ on vaihejohtin ja S₃ on PEN/N johdin.