

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	pagina 1
Inleiding	pagina 2
1.1 Geschiedenis	pagina 3
2.1 De opvanginrichting	pagina 4 pagina 5 pagina 6 pagina 7 pagina 8 pagina 9 pagina 10
2.2 Afgaande leidingen	pagina 11 pagina 12 pagina 13 pagina 14
2.3 Veilige afstand	pagina 15 pagina 16 pagina 17 pagina 18 pagina 19
2.4 Aardingssystemen	pagina 20 pagina 21 pagina 22
2.5 Aardingssystemen volgens ENV61024-1	pagina 23
2.6 Aarding van antennes	pagina 24 pagina 25 pagina 26 pagina 27

Inleiding

Gefeliciteerd met de aankoop van uw lightning protector.

Om u het verhaal van bliksembeveiliging een beetje duidelijk te maken hebben wij er voor u een stukje algemene informatie bijgeleverd. In deze algemene informatie staat van alles m.b.t het beveiligen van uw bezittingen tegen inslag van bliksem.

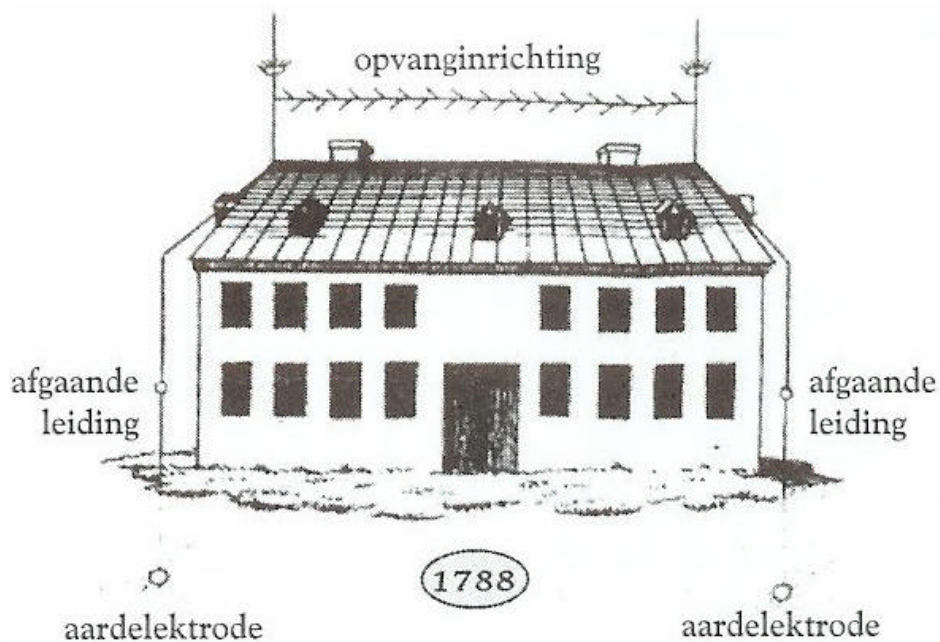
Veel lees plezier,

Het D.D.S Team

DDS Electronics Europe BV.
Tel.: (+31)(0)168 370347
Fax.: (+31)(0)168 370346
E-mail.: info@d-d-s.nl

1.1 Geschiedenis

Na het uitvinden van bliksemafleiders werden ze in de Verenigde Staten al snel toegepast. In Europa duurde het even voordat ze toegepast werden. Kerkelijke autoriteiten zagen in bliksemafleiders een poging van de mens om zich aan de wil van god te onttrekken omdat bliksems vaak in de kerktorens insloegen. In een periode van 33 jaar zijn maar liefst 103 klokkenluiders om het leven gekomen tijdens het luiden van de kerkklokken als 'bescherming' tegen onweer. Dit werd omstreeks 1785 officieel verboden. Sindsdien hebben steeds meer geestelijken zich sterk gemaakt voor bliksemafleiders, omdat ze inzagen dat het luiden van de klokken tegen het onweer niet alleen nutteloos was maar ook levensgevaarlijk. Het was dan ook een geestelijke, een Silezische abt met de naam Felbiger, die op het gebied van bliksembeveiliging pionierswerk verrichtte door de eerste bliksemafleider op Duits grondgebied te installeren.



Figuur 1. Bliksemafleider die te vergelijken is met die van Felbiger.

Uit dit ontwerp blijkt dat er de afgelopen tweehonderd jaar weinig is veranderd aan het basisprincipe van de bliksemafleider (figuur 1), en ook dat 'antieke' afleidingsinstallaties een effectieve beveiliging konden bieden. Net als toen bestaat een bliksemafleider tegenwoordig nog uit de opvanginrichting op het dak, afgaande leidingen en een aardingssysteem.

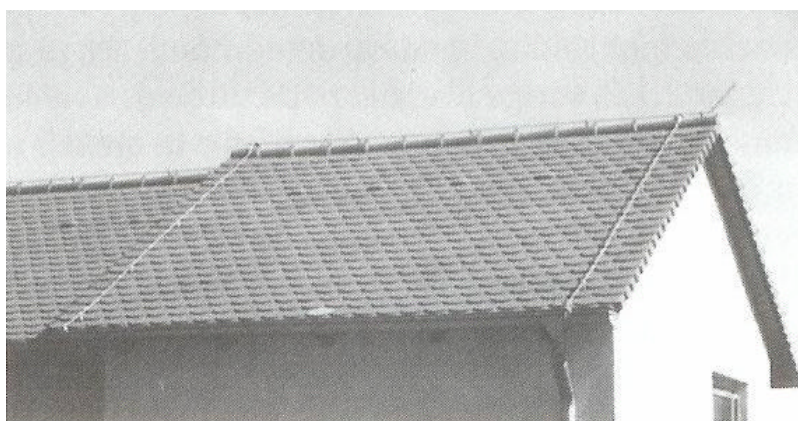
2.1 De opvanginrichting

Normaal gesproken wordt bij gebouwen met een plat dak volgens de NEN1014 een opvanginrichting aangebracht, met een maaswijdte van 10 x 20 meter. Als in het te beveiligen gebouw uitgebreide elektronische installaties aanwezig zijn, dan moet de maaswijdte worden verkleind tot 10 x 10 meter.

Volgens de Nederlands voornorm NVN-ENV61024-1 die internationaal al jarenlang wordt gebruikt, zijn er (afhankelijk van de beveiligingsklasse) vier verschillende maaswijdtes mogelijk (tabel 1).

Tabel 1: opvanginrichtingen volgens de voornorm NVN-ENV61024-1		
beveiligingsklasse	Maaswijdte (m)	Opvangefficiëntie E
I	5 x 5	$0,95 < E \leq 0,98$
II	10 x 10	$0,90 < E \leq 0,95$
III	15 x 15	$0,80 < E \leq 0,90$
IV	20 x 20	$0 < E \leq 0,80$

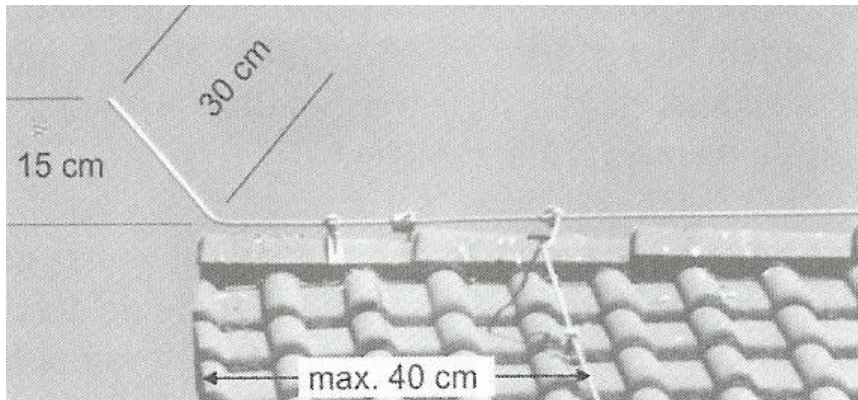
Beveiligingsklasse 1 stelt de hoogste eisen aan de bliksembeveiliging van een gebouw of bouwkundig constructie. Zo wordt bijvoorbeeld voor een transformatorhuisje dat belangrijk is voor de elektriciteitsvoorziening van een wijk, gekozen voor een beveiligingsklasse 1 met een maaswijdte van 5 x 5 meter (figuur 2).



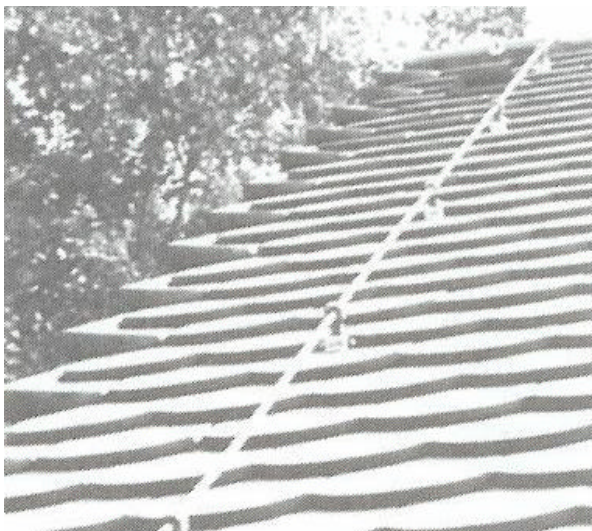
Figuur 2. Opvanginrichting op het dak van een transformatorhuisje.

Geschikte materialen voor dakleidingen zijn bijvoorbeeld blank koperdraad met een diameter van 8mm en blank aluminiumdraad met een diameter van 10 mm. Bij montage van de dakleidingen op een zadeldak wordt parallel aan de nok de nokleiding aangebracht. Deze wordt bevestigd met behulp van speciaal voor nokpannen bedoelde (nok)leidinghouders en geplaatst op een onderlinge afstand van ongeveer 1 meter. De uiteinden van de nokleiding horen over een lengte van 30 cm over de nok uit te steken en worden vervolgens 15 cm omhoog gebogen (figuur 3 pagina 5) Daarna wordt op een afstand van maximaal 40 cm

parallel aan de schuine dakrand een dakleiding aangebracht die aan de ene kant op de nokleiding wordt aangesloten en aan de andere kant (in de meeste gevallen) op de metalen dakgoot (figuur 4 pagina 5).



Figuur 3. Aan de uiteinden wordt de nokleiding omhoog gebogen.



Figuur 4. Dakleiding parallel aan de schuine dakrand .

Voor het monteren van de dakleidinghouders wordt de dakpan een klein stukje omhoog geschoven: de leidinghouder kan in de meeste gevallen simpelweg aan de panlat worden gehangen.

In gebieden waar het veel sneeuwt en dus met forse sneeuwbelasting rekening moet worden gehouden, mogen voor de montage van de opvanginrichting op een zadel- of schilddak geen PVC-leidinghouders worden gebruikt, maar uitsluitend stevige metalen leidinghouders.

Een metalen dakgoot kan de functie van een dakleiding overnemen als die dakgoot elektrisch goed geleidend is en volgens de geldende normen met de rest van de inrichting verbonden is. Bij dakgoten van PVC of andere niet-geleidende materialen moet enkele centimeters boven die goot en parallel daaraan op het dak een dakleiding worden aangebracht.

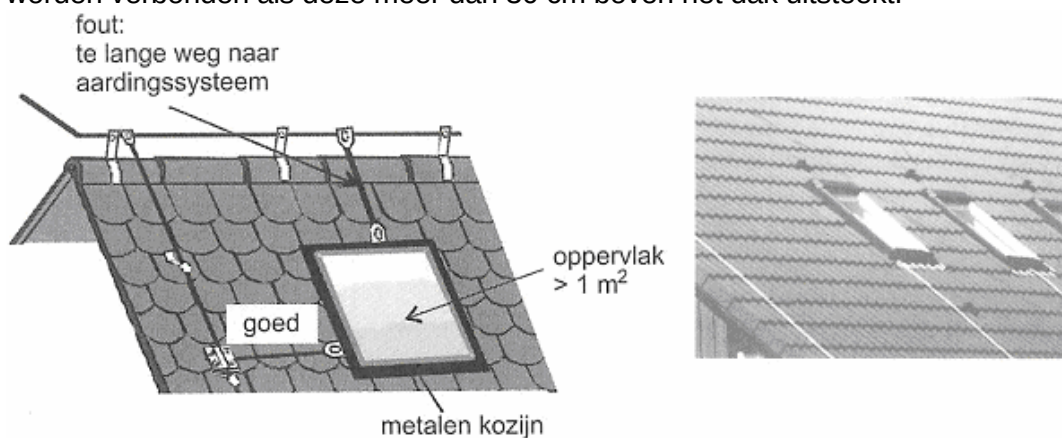
Een metalen dakbedekking mag volgens NEN1014/ ENV61024-1 als uitwendige opvanginrichting worden gebruikt, op voorwaarde dat de delen in overeenstemming met de geldende normen elektrisch met elkaar zijn verbonden en dat het metaal devolgende minimale dikte heeft:

Plaatstaal:	0,5 mm
Aluminium:	0,5 mm

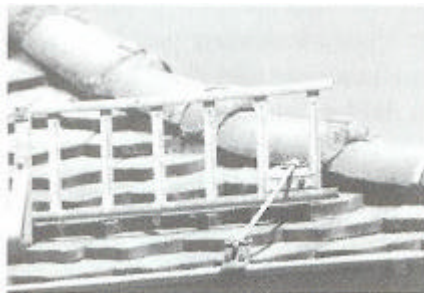
Zink: 0,7 mm
Lood: 2 mm

In principe moeten alle metalen constructies (afdekplaten, luiken, dakkapellen, enz) die binnen de veilige afstand van de opvanginrichting bevinden of daar niet meer dan 50 cm van verwijderd zijn, langs de kortste weg met die inrichting verbonden worden. Daarbij is het voor groot belang dat de installateurs de aansluiting altijd via de kortste weg aanleggen die ook de kortste weg vormt tussen de dakconstructie en het aardingssysteem, dus dat de dakleidingen loodrecht, horizontaal of parallel aan de dakranden lopen.

Een metalen dakconstructie die niet in de directe omgeving van een dakleiding bevindt, moet met de opvanginrichting of dakleiding worden verbonden als het oppervlak ervan groter is dan 1 m^2 . Dat geldt ook voor een dakraam waarvan het metalen kozijn een oppervlak heeft dat groter is dan 1 m^2 (figuur 5 en 6). Ook moeten metalen dakconstructies met een lengte van meer dan 1 m (zoals sneeuwroosters of gootlijst), met het daknet of de dakgoot worden verbonden (figuur 7). En tenslotte moet een metalen dakconstructie met de opvanginrichting worden verbonden als deze meer dan 30 cm boven het dak uitsteekt.

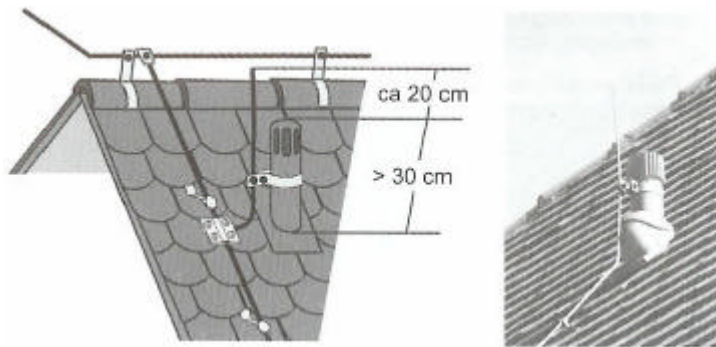


Figuur 5 en 6. Beveiliging van een dakraam.



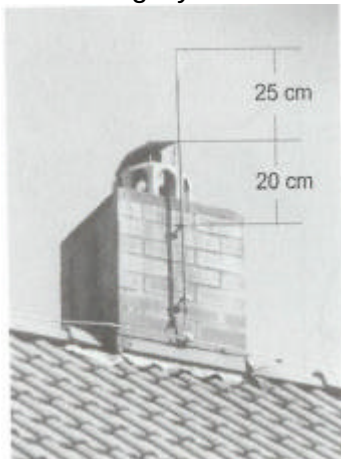
Figuur 7. Sneeuwroosters worden met de dakgoot of het daknet verbonden.

Dakconstructies van niet-geleidend materiaal zoals PVC-ventilatiekokers moeten van een opvanger of opvangstang worden voorzien als ze niet meer dan 50 cm van de opvanginrichting verwijderd zijn of meer dan 30 cm boven het dan uitsteken. Daarbij moet ervoor worden gezorgd dat de opvanger tenminste 20 cm boven de bovenzijde van de ventilatiekoker uitsteekt (figuren 8 en 9)



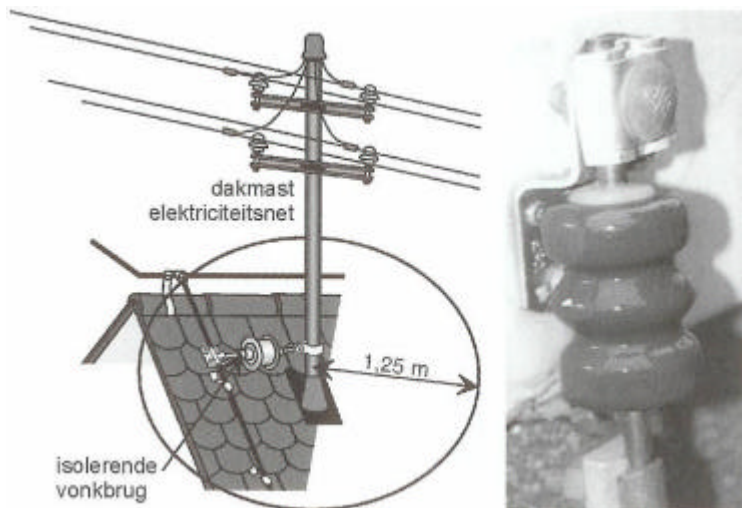
Figuur 8 en 9. Beveiliging van een ventilatiekoker

Voor de beveiliging van een gemetselde schoorsteen moet een opvangstang worden gebruikt die met twee staafhouders aan de schoorsteen is gemonteerd. Daarbij moet de bovenste staafhouder zich ongeveer 20 cm onder de bovenkant van de schoorsteen bevinden. De opvangstang zelf dient ongeveer 25 cm boven het hoogste punt van de schoorsteen uit te steken (figuur 10). Vanwege corrosiegevaar door de rookgassen uit de schoorsteen zijn opvangers met een diameter van slechts 8 of 10 mm niet toegestaan. Voor montage aan schoorstenen moeten opvangers van koper of verzinkt staal zijn en met een diameter van 16 mm. In veel gevallen is een schoorsteen het hoogste punt van een gebouw, en heeft daardoor veel meer kans om door de bliksem getroffen te worden. Daarom is het van groot belang dat voor de verbindingsleiding tussen de opvanger aan de schoorsteen en het aardingssysteem een zo kort mogelijke route wordt gekozen.



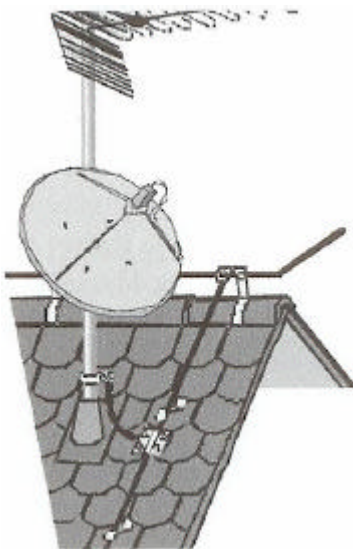
Figuur 10. Montage van een opvangstang aan een schoorsteen.

Dakmasten voor bovengrondse (elektrische)leidingen mogen normaal gesproken niet rechtstreeks met de opvanginrichting van de uitwendige bliksembeveiliging worden verbonden. Bij de aanleg van het daknet moet erop worden gelet dat er een minimale afstand van 1,25 m tot de dakmast wordt gehouden. Als dat niet mogelijk is moeten dakleidingen en bevestigingspunten die op een kortere afstand dan 1,25 m van de mast bevind, geïsoleerd worden uitgevoerd. Aansluiting van de mast op het daknet via een isolerende vonkbrug (figuur 11) of een beveiligingsvonkbrug (figuur 12) mag eventueel met toestemming van het elektriciteitsbedrijf.



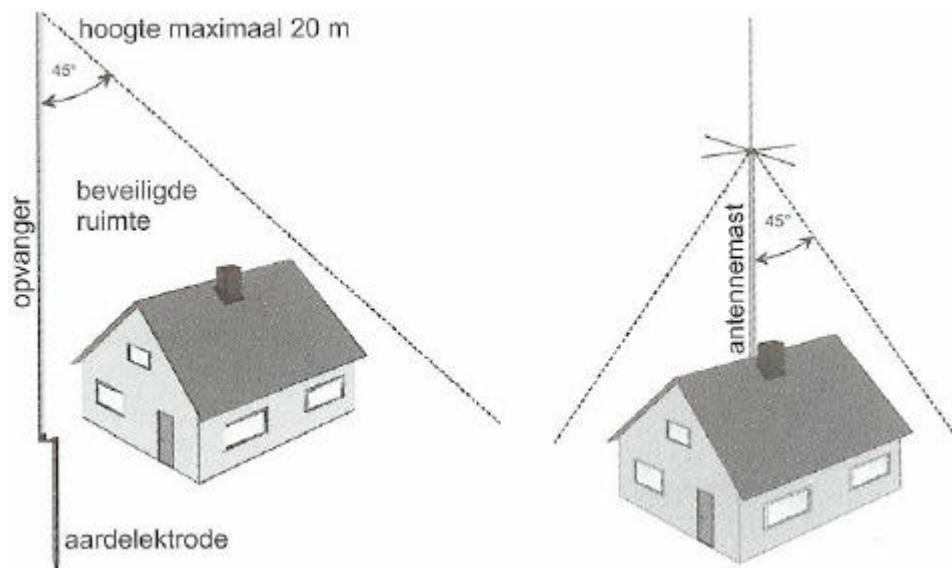
Figuur 11 en 12. Isolerende vonkbrug en beveiligingsvonkbrug

Wanneer er een bliksembeveiligingsinstallatie aanwezig is, moet een antennemast rechtstreeks en langs de kortste route met de opvanginrichting worden verbonden (figuur 13). Een extra aardleiding van de antennemast naar de hoofdpotentiaalvereffeningsrail is dankzij de aansluiting van de mast op de uitwendige beveiligingsinstallatie niet meer nodig. Om te voorkomen dat te grote bliksemstromen door het gebouw lopen, moeten eventuele inwendig aangebrachte aardverbindingen van de antennemast naar de hoofdpotentiaalvereffeningsrail worden verwijderd.



Figuur 13. Verbinding van de antennemast met de opvanginrichting van de uitwendige bliksembeveiligingsinstallatie.

Bij woonhuizen met een plat dak of een zadeldak wordt normaal gesproken een maasvormig daknet toegepast. De bliksembeveiligingsnorm NEN1014 staat ook toe een gebouw met een enkele opvanger te beveiligen. Aan zo'n vrijstaande opvanger wordt een kegelvormige beveiligde ruimte met een halve tophoek van 45° toegedacht. Daarbij moet wel worden bedacht dat deze beveiliging volgens de norm slechts geldt wanneer de opvanger maximaal 20 m hoog is. Gebouwen of objecten die zich binnen de door de opvanger beveiligde ruimte bevinden, zijn volgens de norm NEN1014 beveiligd tegen directe blikseminslagen (figuur 14).

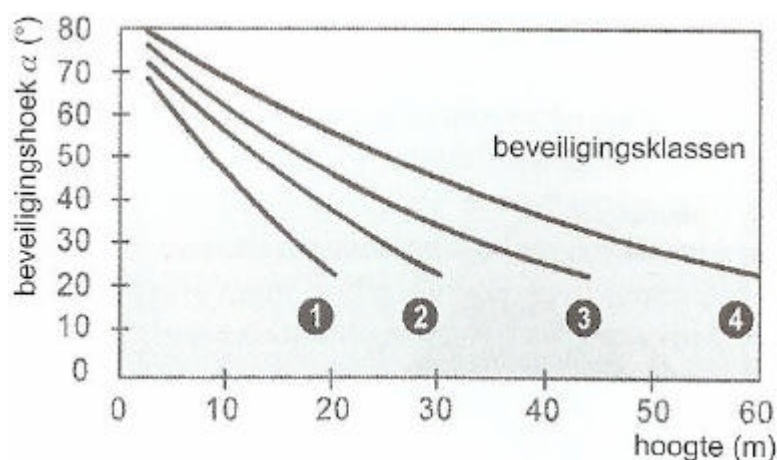


Figuur 14 en 15. Beveiliging d.m.v. een vrijstaande opvanger en beveiliging d.m.v. een antennemast.

Een bestaande antennemast die op het dak van een gebouw is opgesteld kan worden gebruikt als opvanginrichting of opvanger voor de bliksembeveiliging, als de beveiligde ruimte tenminste groot genoeg is. Als 'beveiligde ruimte' geldt ook hier weer (volgens NEN1014) een kegelvormige ruimte met een halve tophoek van 45° (figuur 15 pagina 8). Daarbij moet erop worden gelet dat het gebouw zich geheel binnen de beveiligde ruimte bevindt, dus dat er geen delen van de constructie buiten de denkbeeldige kegel uitsteken.

Volgens de voornorm ENV61024-1 zijn voor de bepaling van de halve tophoek van de door een opvanger beveiligde ruimte de beveiligingsklasse en de hoogte van de opvanger bepalend. Bij beveiligingsklasse 1 geldt voor een opvanger met een hoogte van maximaal 20 m een beveiligingshoek van 25°. In deze klasse zijn geen hogere opvangers mogelijk.

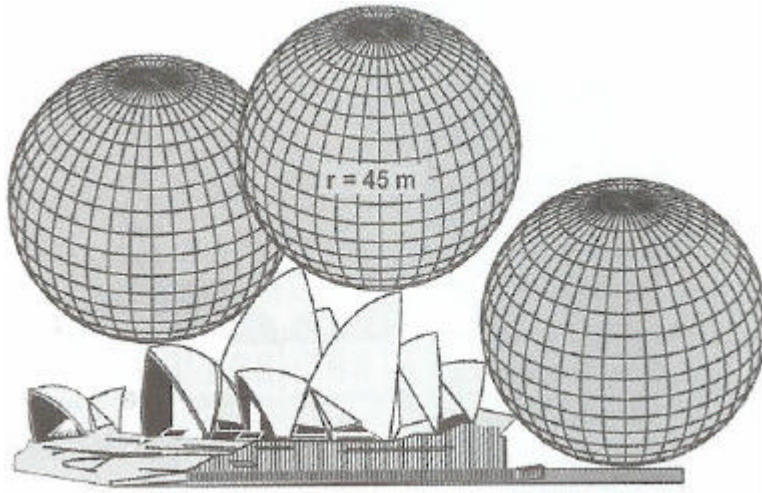
Beveiligingsklasse 4 stelt de minste eisen aan de bliksembeveiliging van een gebouw of bouwkundige constructie. In deze klasse kan bijvoorbeeld aan een 60 m hoge opvanger een beveiligingshoek van 25° worden toegerekend (grafiek 1). In de voornorm ENV61024-1 wordt geen rekening gehouden met gebouwen die hoger zijn dan 60 m zoals zendertorens, flats, industriële schoorstenen enz.



Grafiek 1. Beveiligingshoek als functie van de beveiligingsklasse en de hoogte.

Bij een gebouw met een ingewikkelde geometrie wordt de *rolling sphere* methode toegepast om de juiste plaatsing van de opvangleidingen vast te stellen. Om deze methode te kunnen toepassen, is een schaalmodel van het te beveiligen bouwwerk nodig. Vervolgens laat je een (fictieve) bol, waarvan de straal in overeenstemming is met de schaal van het model en met de gewenste beveiligingsklasse, in alle mogelijke richtingen over het model 'rollen'. Alle delen van het bouwwerk die door de bol worden geraakt, moeten van een geschikte opvanginrichting worden voorzien.

Figuur 16 op pagina 10 toont het markante Opera House van Sydney, waar een op de juiste schaal getekende 'bliksembol' overeen rolt. Deze bol of *rolling sphere* mag een grotere schaal hebben wanneer het gebouw minder inslagrisico loopt.



Figuur 16. Rolling sphere methode volgens ENV61024-1 (beveiligingsklasse 3).

De *rolling sphere* methode (en ook het rekenen met beveiligingshoeken) is niet zomaar 'uit de lucht komen vallen', maar is direct afgeleid van de waarneming dat vlak voordat de voorontlading de opvanginrichting van een gebouw bereikt (op een afstand van enkele tientallen meters), het definitieve doorslagkanaal wordt gevormd. Dit kanaal (de voorontlading) heeft zijn oorsprong in een geleidend met aarde verbonden deel van het gebouw en plant zich voort in de richting van de 'tip' van de voorontlading. De lengte van dit doorslagkanaal is afhankelijk van de topwaarde van de bliksemstroom. In deze redenering wordt het middelpunt van de *rolling sphere* gevormd door de tip van de voorontlading. Alle punten die vanuit deze tip bereikt kunnen worden, vormen het oppervlak van de bol.

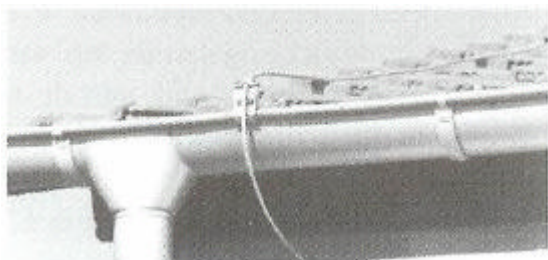
Figuur 17 laat een *rolling sphere* model, de relatie tussen de straal daarvan en de beveiligingsklasse zien volgens de ENV61024-1.

Beveiligings- klasse	Staal <i>rolling</i> <i>sphere</i>
1	20 m
2	30 m
3	45 m
4	60 m

Figuur 17. Beveiligingsklasse.

2.2 Afgaande leidingen

De afgaande leidingen vormen een elektrisch geleidende verbinding tussen het aardingssysteem en de opvanginrichting. De overgang van het opvangnet naar de afgaande leidingen wordt bij woonhuizen in de meeste gevallen gevormd door een gootklem (figuur 18).

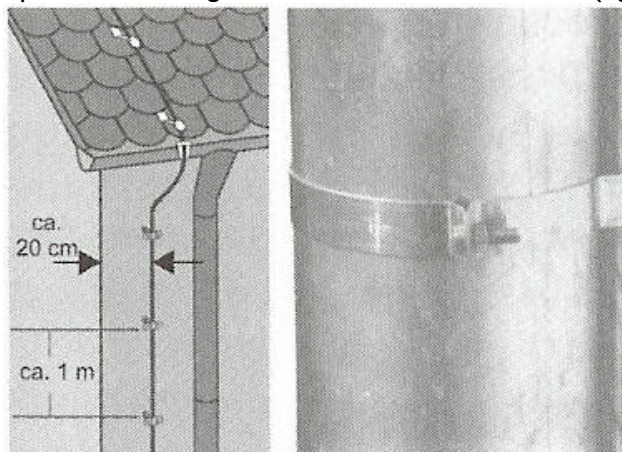


Figuur 18. De gootklem vormt de verbinding tussen het deknet en de afgaande leiding.

Bij de montage van afgaande leidingen moet er in principe weer voor worden gezorgd dat deze zo kort mogelijk zijn. Volgens de Nederlandse bliksembeveiligingsnorm NEN1014 en de voornorm ENV61024-1 moet een opvanginrichting ten minste twee afgaande leidingen hebben. Tabel 2 geeft de 'typische' minimale afstanden tussen afgaande leidingen als functie van de beveiligingsklasse.

Tabel 2: afstand tussen afgaande leidingen volgens ENV61024-1	
beveiligingsklasse	Typische afstand (m)
I	10
II	15
III	20

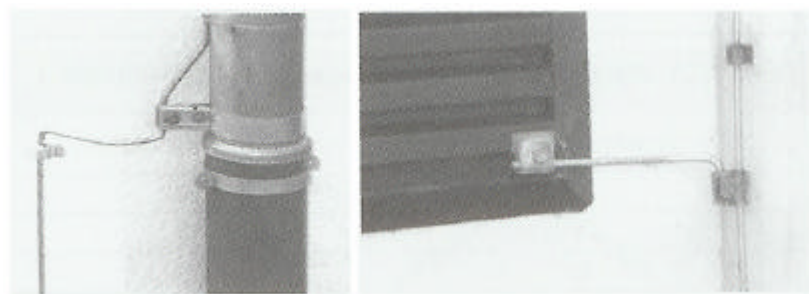
In principe mag een metalen regenpijp als afgaande leiding worden gebruikt. De voorwaarde is wel dat er (zoals in de NEN1014 staat) een duurzaam elektrisch contact tussen de delen daarvan onderling, met de opvanginrichting en met de aardingsinstallatie bestaat. In de praktijk betekend dit dat over elke las tenminste vier plaatschroeven van 5mm diameter moet worden vastgeschroefd. Bij koperen regenpijpen kan dit worden opgelost met een zachtgesoldeerde verbindingslas. In die gevallen waar het is toegestaan een regenpijp als afgaande leiding te gebruiken is het verstandiger en veiliger om parallel daaraan een 'echte' afgaande leiding te monteren. Deze leidingen moeten dan op ongeveer 20 cm afstand van de hoeken van het gebouw worden gemonteerd met behulp van geschikte leidinghouders, op een onderlinge afstand van 80 tot 100 cm (figuur 19).



Figuur 19 en 20. Montage van een afgaande leiding en een regenpijpklem.

Eventueel mag de afgaande leiding met speciale regenpijpklemmen mechanisch aan de regenpijp worden bevestigd (figuur 20 pagina 11). Let op: Dit is niet hetzelfde als een elektrische aansluiting op de regenpijp! Daarvoor moet per se een geschikte aansluitklem voor worden gebruikt, die ongeveer 30 cm boven de (meet)koppeling wordt gemonteerd (figuur 21).

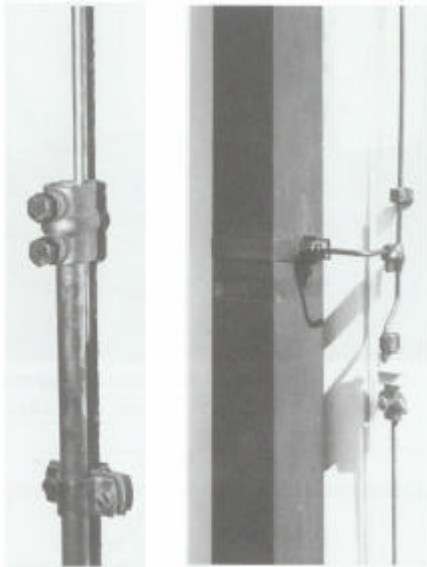
Afgaande leidingen moeten minimaal 50 cm verwijderd blijven van vensters, deuren en andere openingen in het gebouw. Wanneer deze minimale afstand tot openingen met metalen deuren of metalen kozijnen niet worden aangehouden, dan moeten die metalen delen op de afgaande leiding worden aangesloten (figuur 22).



Figuur 21 en 22. Regenpijp aansluitklem en aansluiting op de afgaande leiding.

Afgaande leidingen mogen zowel *op* het stucwerk (zichtbaar) als *onder* het stucwerk (onzichtbaar) worden aangebracht. Voor 'zichtbare' montage is blank koperdraad met een diameter van 8 mm of blank aluminiumdraad met een diameter van 10 mm geschikt. Vanwege het corrosiegevaar moet, als de afgaande leiding onder het stucwerk wordt weggewerkt, aluminium- of koperdraad met PVC-isolatie worden gebruikt. De verbinding tussen een zichtbare gemonteerde afgaande leiding en het aardingssysteem wordt tot stand gebracht via een meetkoppeling en een aardelektrode (figuur 23).

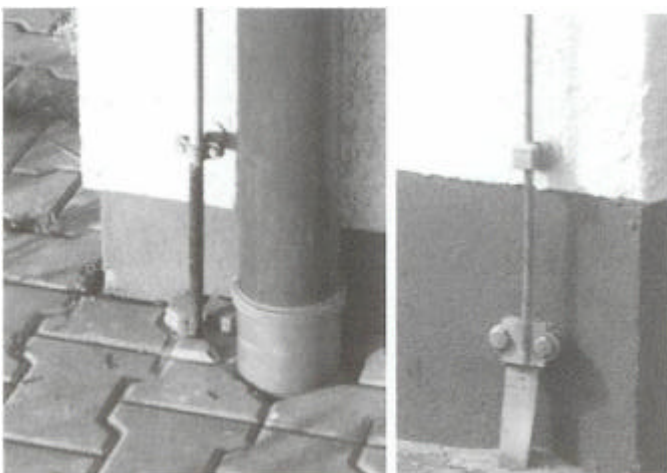
Die meetkoppeling is vereist voor controle- en inspectiedoeleinden en moet makkelijk bereikbaar zijn, dat wil zeggen ergens tussen 30 en 150 cm boven het maaiveld. Vanwege het gevaar van corrosie op het punt waar de leiding onder de grond verdwijnt, en vanwege het gevaar van mechanische beschadiging van de laagste delen van de afgaande leiding, moeten aardelektroden van koper of verzinkt staal met een minimale diameter van 16 mm worden gebruikt. Voor de aansluiting van een afgaande leiding van koper op een aardelektrode van staal krijgt om corrosie te vermijden het gebruik van een bimetaal-meetkoppeling de voorkeur (figuur 24).



Figuur 23 en 24. Meetkoppeling en bimetaal-meetkoppeling.

De aarde-invoerstaaf moet ongeveer een halve meter diep in de bodem worden gezet. Omdat het risico van corrosie op de plaats waar de staaf in de grond zit bijzonder groot is, moet de invoerstaaf vanaf 30 cm boven de grond tot 30 cm onder de grond van een 'naadloze' PVC-isolatie voorzien zijn of tegen roest beschermd zijn (figuur 25).

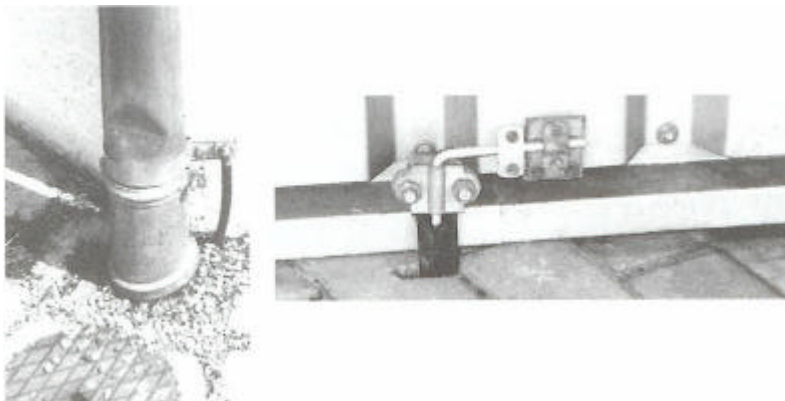
Een goedkoop alternatief voor aarde-invoerstaven wordt gevormd door aardelektrodes van bandstaal (30mm breed, 3,5mm dik. Uiteraard moet ook dan voor de verbinding met de afgaande leiding een meetkoppeling worden toegepast die zodanig is gemonteerd dat deze voor meet- en inspectiedoeleinden goed toegankelijk is en probleemloos kan worden losgenomen (figuur 26)



Figuur 25 en 26. Tegen corrosie beschermde aardelektrode en een aardelektrode van bandstaal.

Een metalen regenpijp moet in principe via een meetkoppeling en een invoerstaaf met het aardingssysteem worden verbonden, ook wanneer de betreffende pijp niet als afgaande leiding dienst doet. In verschillende situaties blijkt dat het gebruik van 'Ondervloerse onderbrekingsdozen' handig is. Zo'n onderbrekingsdoos wordt in de directe omgeving van de aarde-invoerstaaf in de grond geplaatst. Figuur 27 (pagina 14) toont zo'n Ondervloerse onderbrekingsdoos en een alternatief voor de aarde-invoerstaaf, bestaande uit een met PVC geïsoleerde stalen staaf met een diameter van 10mm, die via een aansluitklem met de regenpijp is verbonden.

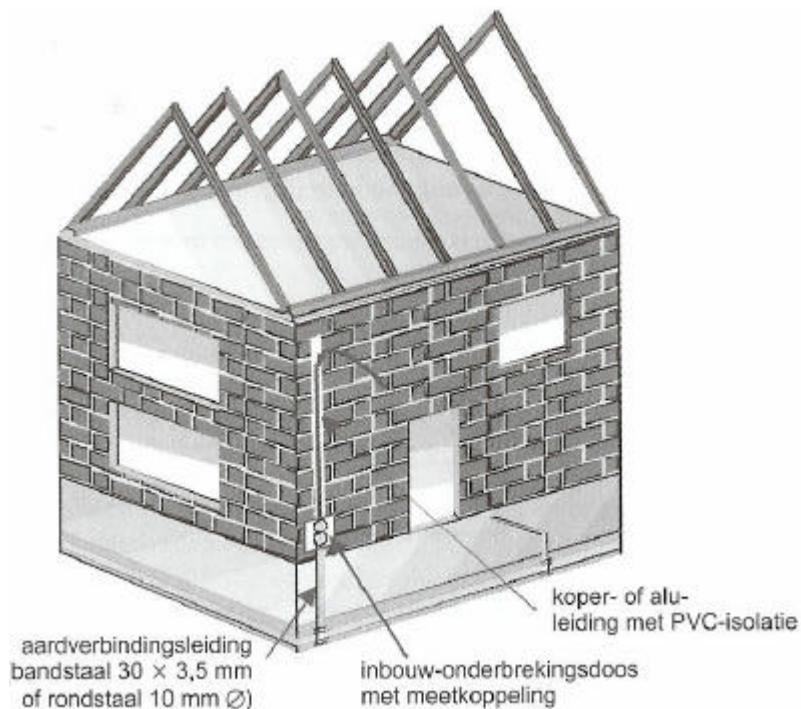
Gebouwen met metalen gevelplaten die elektrisch geleidend met elkaar zijn verbonden, worden niet voorzien van afgaande leidingen. In plaats daarvan worden de metalen gevelplaten op regelmatige afstanden aan de onderzijde geaard. Het aantal aardpunten moet overeen komen met het in de Nederlandse norm NEN1014 genoemde aantal afgaande leidingen, of moet overeenstemmen met de voornorm ENV61024-1. Figuur 28 (pagina 14) toont de correcte aardaansluiting van een metalen gevelplaat van een winkelgebouw.



Figuur 27 en 28. Ondervloerse onderbrekingsdoos en een metalen gevelbeplating die aan de onderzijde geaard is.

Aanleg van de afgaande leidingen onder het stucwerk krijgt de voorkeur, om veiligheidsredenen en om het risico van mechanische beschadiging te minimaliseren. In de vakhandel zijn hiervoor speciale inbouw-onderbrekingsdozen in verschillende afmetingen verkrijgbaar.

De verbinding tussen de meetkoppeling en het aardingssysteem moet dan niet door de bodem lopen, maar moet ook onder het stucwerk langs de muur (of in de muur zelf) omhoog worden gevoerd. Voor deze verbinding is verzinkt rondstaaf van 10mm diameter of bandstaaf van 30 x 3,5mm geschikt en ook toegestaan (figuur 29). Er is niets op tegen om verzinkte en met PVC geïsoleerde leidingen met gelijke diameter toe te passen. Des te beter: de PVC-isolatie zorgt voor extra en betere corrosiewerende eigenschappen.



Figuur 29. Onder het stucwerk aangebrachte of ingelaten afgaande leidingen.

2.3 Veilige afstand

Om gevaarlijke overslag of vonkbogen van de bliksemstroom in het te beveiligen gebouw te voorkomen en ook om brand te vermijden, moet tussen de opvanginrichting en de afgaande leidingen van de uitwendige beveiligingsinstallatie, de metalen delen van het gebouw en de elektrische installatie daarvan een veilige afstand worden aangehouden (figuur 30). Hiervoor is een berekening voor volgens de ENV61024-1.



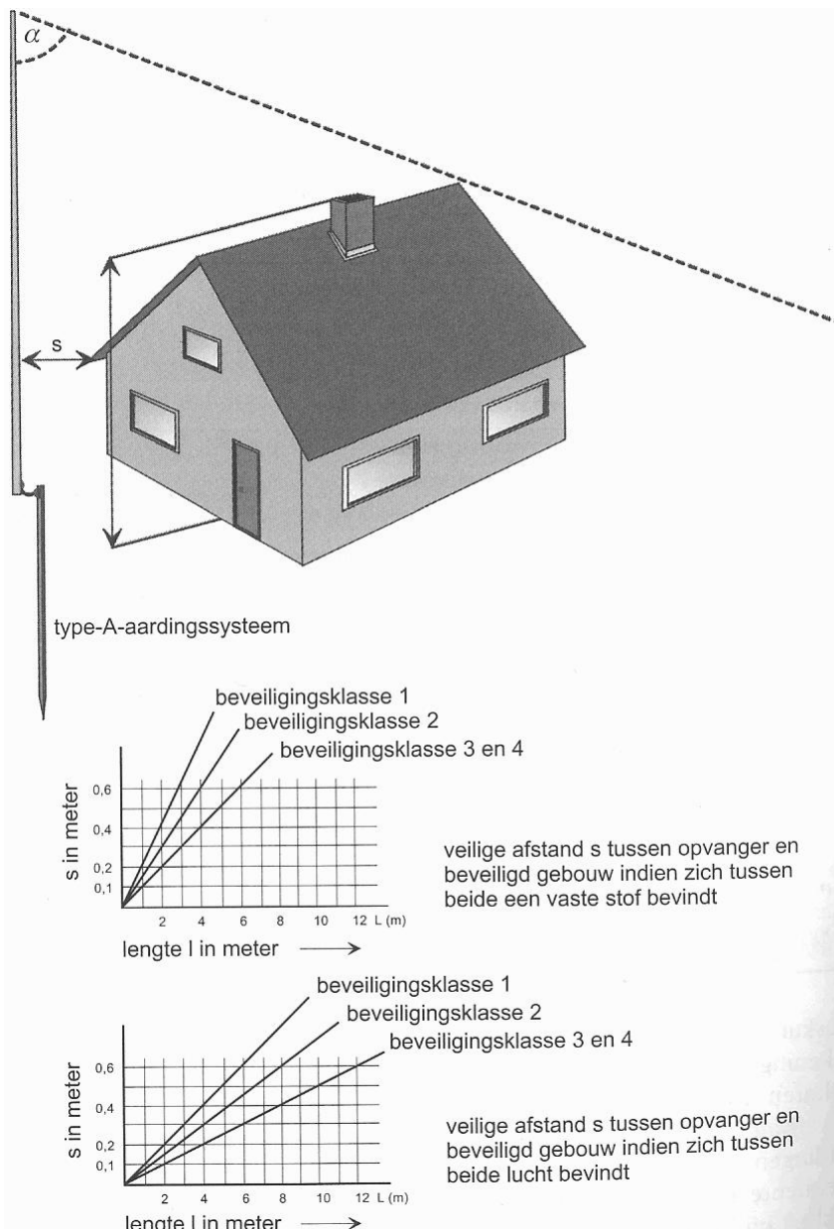
Figuur 30. Veilige afstand.

Tabel 3: berekening van de veilige afstand s volgens ENV61024-1

Basisformule		
$s = K_i \cdot \frac{K_c}{K_m} \cdot l(m)$		
l(m): Kortste afstand van het punt waarvoor de veilige afstand wordt berekend tot het dichtstbijzijnde potentiaalvereffeningsniveau		
k _{m,i,c} zie onder		
Waarde van de parameter K _m		
K _m	Vaste stof	0,5
K _m	lucht	1
Waarde van de parameter K _i		
K _i	Beveiligingsklasse 1	0,1
K _i	Beveiligingsklasse 2	0,075
K _i	Beveiligingsklasse 3 en 4	0,05
Waarde van de parameter K _c Voor een vrijstaande opvangleiding en een type-B-aardingssysteem		
$K_c = \frac{c+f}{2c+f}$		
C: afstand opvangleiding tot het potentiaalvereffeningsniveau		
F: lengte van de opvangleiding		
$K_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 + \frac{3F}{H}$		
N: totaal aantal afgaande leidingen		
C: afstand tot de dichtstbijzijnde afgaande leiding		
H: afstand tussen ringleidingen (op verschillende hoogte)		

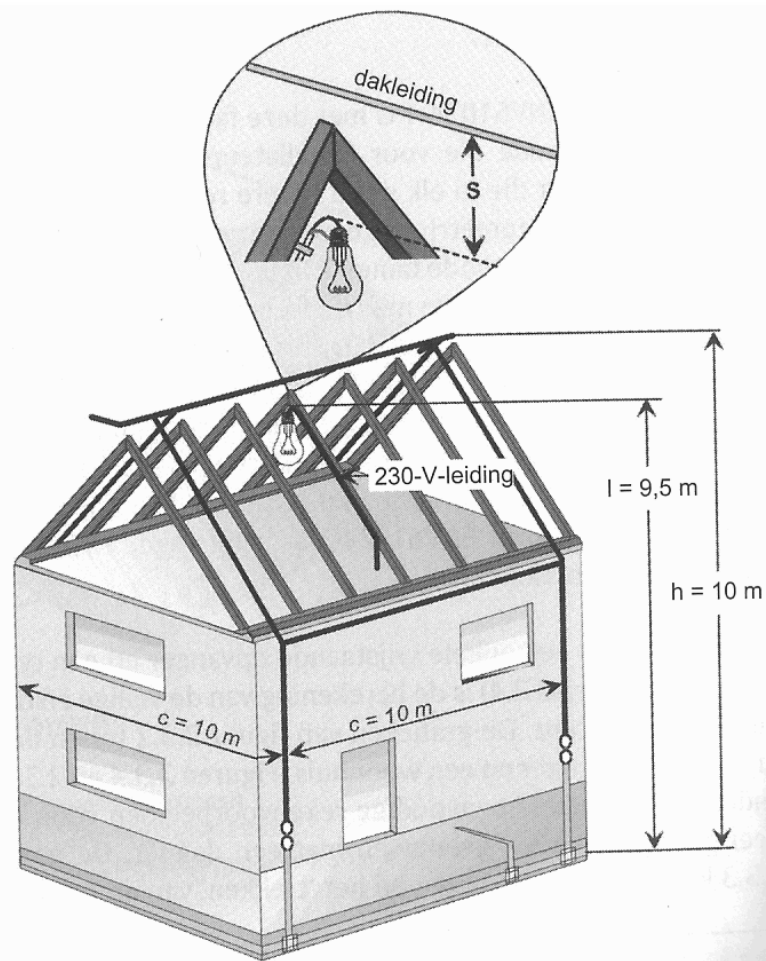
Deskundigen weten al lang dat de toepassing die in de NEN1014 als rekenmethode voor de veilige afstand wordt gebruikt, niet goed is. Dat komt omdat het normalisatiecomité ervan uitging dat in geval van inslag de bliksemstroom gelijkmatig over de aanwezige afgaande leidingen naar aarde zou wegvloeien. Inmiddels is vastgesteld dat de hoogfrequente bliksemstroom door de leiding gaat die het dichtst bij het inslagpunt bevindt. Daarnaast is ten onrechte aangenomen dat een vaste stof tussen de leidingen van de uitwendige beveiligingsinstallatie en de interne installatie beter isoleert dan lucht. Proefnemingen hebben uitgewezen dat lucht ten opzichte van de gebruikelijke bouwmaterialen beduidend beter isoleert.

In de voornorm ENV61024-1 is met deze factoren rekening gehouden in een berekeningsmethode die voor installateurs en ontwerpers weliswaar omslachtiger is, maar die in elk geval betere resultaten oplevert. Berekeningen zijn met deze methode erg ingewikkeld, zodat de ontwerpfase veel meer tijd in beslag zal nemen. De nieuwe formule voor de berekening van de minimale veilige afstand is in tabel 3 (pagina 16) beschreven. Hierbij moet wel verteld worden dat de formule tot stand is gekomen in weer met de 'perfecte' weersomstandigheden. Daar komt op neer dat de installatie het best werkt, als het goed weer is!!



Figuur 31. Veilige afstand s tussen een opvanger en een woonhuis.

In het geval van een enkele vrijstaande opvanger en een type-A-aardingssysteem, is de berekening van de veilige afstand nog altijd erg makkelijk. De grafieken van figuur 31 (pagina 16) laten de vereiste afstand tussen een opvanger en een woonhuis zien. Figuur 32 en 33 (pagina 17) laten enkele eenvoudige rekenvoorbeelden zien voor kleine, conventioneel geconstrueerde gebouwen met een daknet.

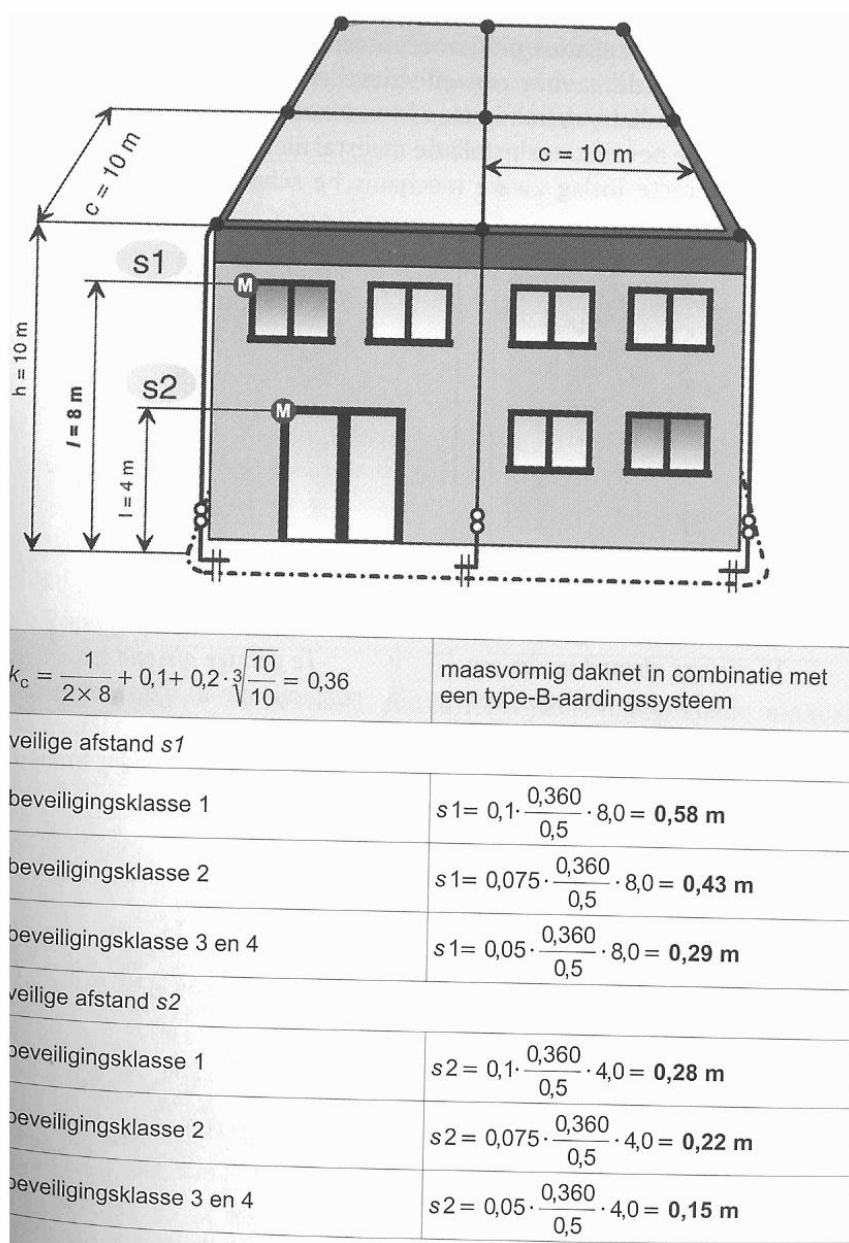


$$k_c = \frac{1}{2 \times 4} + 0,1 + 0,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{10}{10}} = 0,425$$

veilige afstand s

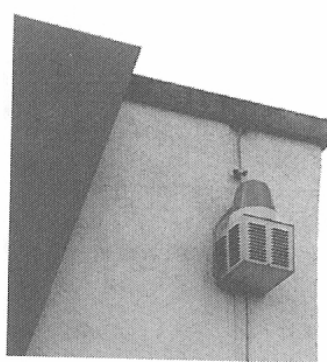
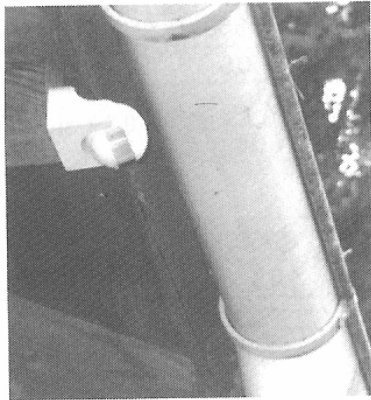
beveiligingsklasse 1	$s = 0,1 \cdot \frac{0,425}{0,5} \cdot 9,5 = \mathbf{0,80 \text{ m}}$
beveiligingsklasse 2	$s = 0,075 \cdot \frac{0,425}{0,5} \cdot 9,5 = \mathbf{0,60 \text{ m}}$
beveiligingsklasse 3 en 4	$s = 0,05 \cdot \frac{0,425}{0,5} \cdot 9,5 = \mathbf{0,40 \text{ m}}$

Figuur 32. Minimale veilige afstand s voor een gebouw met vier afgaande leidingen (volgens ENV61024-1).



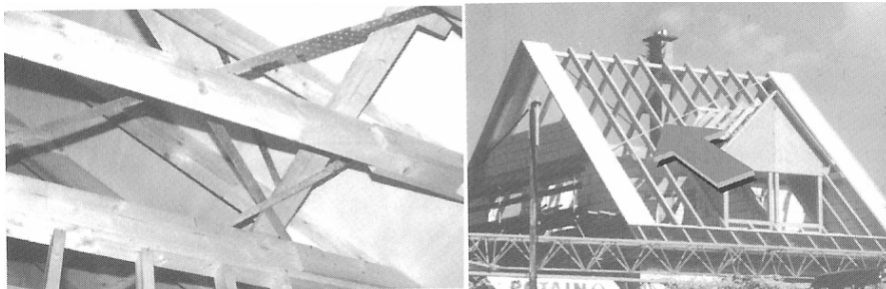
Figuur 33. Minimale veilige afstand voor een gebouw met een plat dak en acht afgaande leidingen.

In de praktijk komt het toch nog veel te vaak voor dat de minimale veilige afstand bij de meeste bliksembeveiligingsinstallaties niet wordt aangehouden, hoewel dat toch een eerste voorwaarde is voor een effectieve en betrouwbare beveiliging. Wanneer bij de installatie de minimale afstanden niet worden aangehouden, kan de uitwendige beveiligingsinstallatie meestal niet voorkomen dat het gebouw na een directe inslag zware mechanische schade oploopt en dat er brand ontstaat. Figuur 34 en 35 (beide pagina 19) laten voorbeelden zien van situaties waar de leidingen van de uitwendige beveiliging verkeerd bevestigd zijn. Zo moet het dus niet! Ze hebben een te kleine afstand tot de inwendige installatie, een situatie die bij zeer veel gebouwen met een uitwendige beveiliging te zien is.



Figuur 34 en 35. Te kleine afstand tussen dakgoot en de opvanginrichting, te kleine afstand tot de sirene van een alarminstallatie

Bij het oprichten van het dakgebint is het vrijwel onmogelijk de minimale veilige afstand aan te houden als metalen schoren tegen de dakspanten worden aangebracht (figuur 36 en 37). Daarom is het van groot belang om al bij het ontwerp van de dakconstructie te voorzien in geschikte alternatieven voor deze metalen verstevigingsbalken, zodat later bij de voltooiing van de zolderverdieping aan de eisen voor de minimale veilige afstand kan worden voldaan.

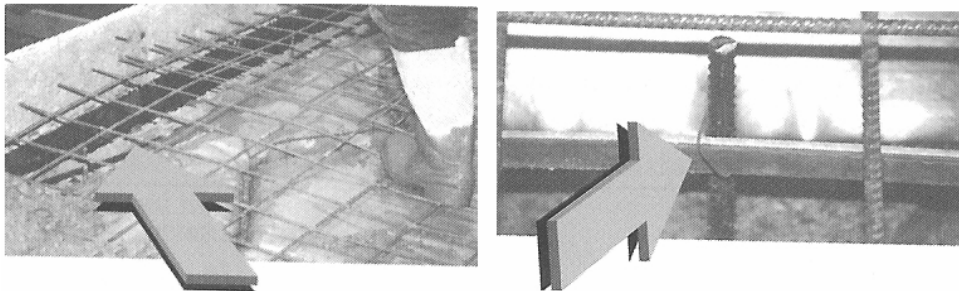


Figuur 36 en 37. Metalen verstevigingsbalken.

2.4 Aardingssystemen

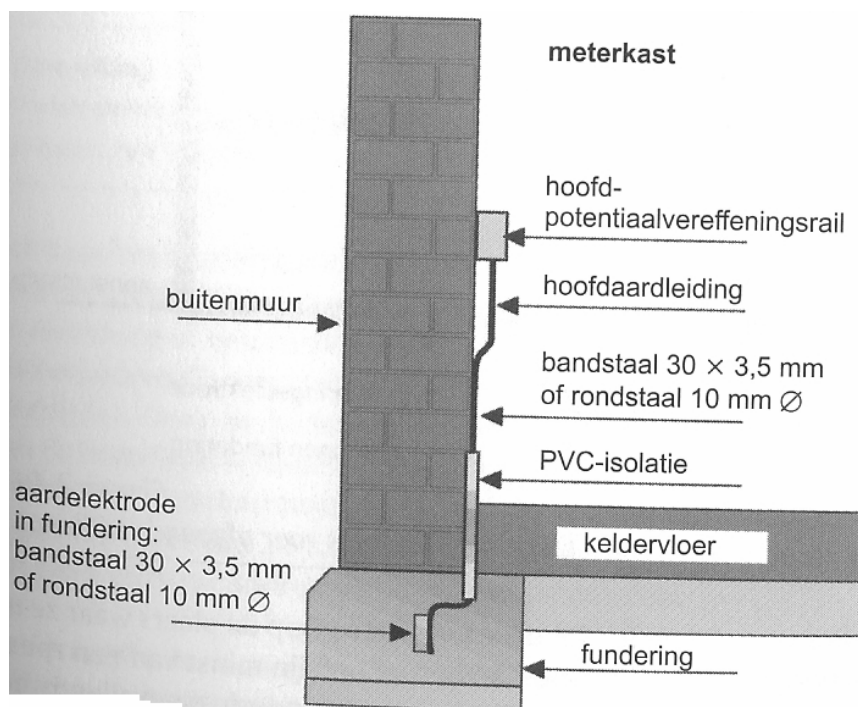
Voor nieuwe bouwwerken is het gebruik van een in de fundering opgenomen aardelektrode (funderingselektrode) verplicht. Deze elektrode verzorgt de aarding van de elektrische installatie en kan tegelijk dienst doen als aardingssysteem voor de bliksembeveiligingsinstallatie. De funderingselektrode wordt, zoals de naam al zegt, in de betonnen fundering van een gebouw of in de fundamenteplaat opgenomen (figuur 38) en maakt zo over een groot oppervlak contact met de aardbodem.

Een in de fundering opgenomen aardelektrode moet altijd als gesloten 'ringleiding' worden uitgevoerd en moet op regelmatige afstanden met het betonijzer van de wapening worden verbonden (figuur 39). De funderingselektrode is aan alle kanten omgeven door een paar centimeter beton, geen enkel deel van de elektrode mag uit het beton steken. De samenstellende delen van de elektrode kunnen aan elkaar worden gelast of met daarvoor geschikte klemmen met elkaar worden verbonden.

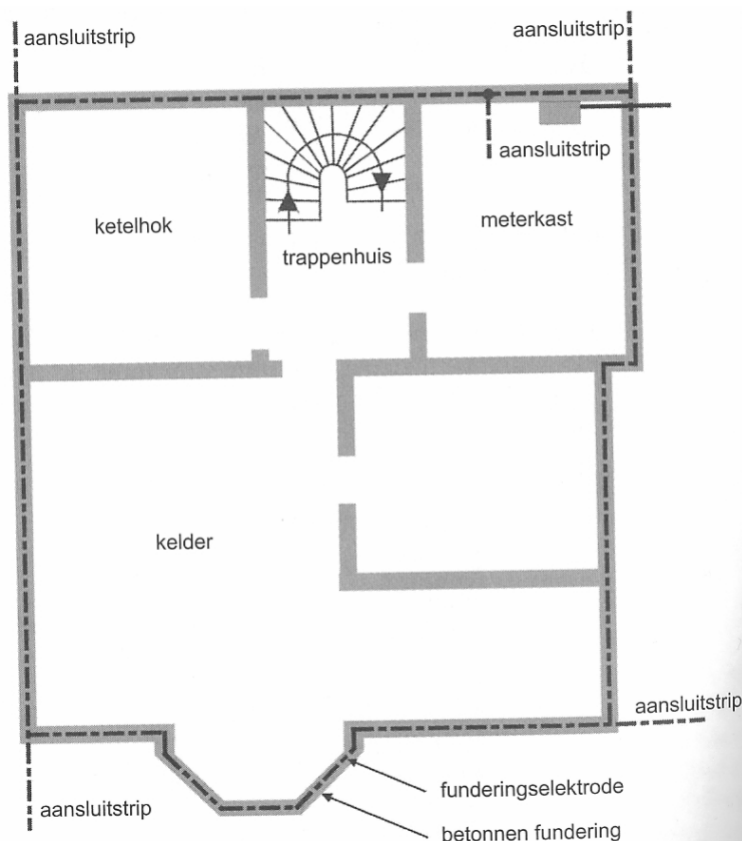


Figuur 38 en 39. In de fundering opgenomen aardelektrode, de elektrode wordt met de wapening verbonden.

In principe moet de funderingselektrode zijn voorzien van een aansluitstrip die in de meterkast uitkomt (figuur 40). Deze strip vormt de verbinding tussen de hoofdaardrail en de in de fundering opgenomen aardelektrode, en doet dienst als hoofdaardleiding. Wanneer de funderingselektrode ook als aardingssysteem voor de bliksembeveiligingsinstallatie wordt gebruikt, moeten er extra aansluitstrips worden aangebracht (figuur 41 pagina 21).



Figuur 40. Aardelektrode in de fundering: aansluiting op de hoofdaardrail.



Figuur 41. Extra aansluitstrips voor afgaande leidingen.

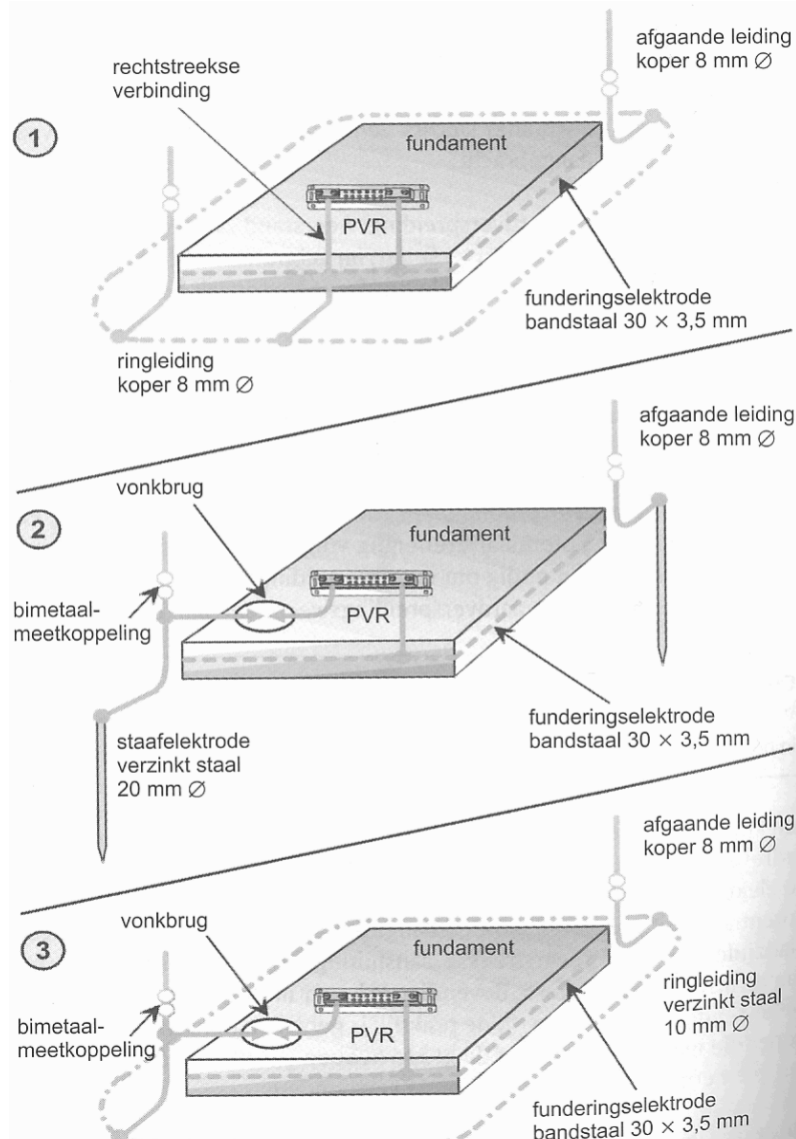
Daarbij moet erop worden gelet dat die aansluitstrips op de plaats waar ze uit de fundering steken, een PVC-mantel hebben of op zijn minst van een roestwerend bitumenlaagje zijn voorzien. Slechts in uitzonderingsgevallen is het toegestaan in plaats van een funderingselektrode een uitwendige ringleiding of een aardingssysteem met verticale elektroden voor de bliksembeveiliging van een woonhuis te gebruiken. Zo'n uitzondering wordt bijvoorbeeld gevormd door een gebouw dat naderhand alsnog met een bliksembeveiligingsinstallatie wordt uitgerust en waarbij aansluiting op de funderingselektrode niet meer mogelijk is doordat de installateur destijds slechts één aansluitstrip ten behoeve van de hoofdaardrail heeft aangebracht.

De praktijk leert dat de aardverspreidingsweerstand van een funderingselektrode doorgaans tussen de 50 en 150 ligt. Bij gebouwen met een aanmerkelijk groter door de funderingselektrode omsloten oppervlak, bedraagt die weerstand normaal gesproken minder dan 10. Uitzonderingen op deze regel zijn bijvoorbeeld gebouwen die aan alle zijden door een waterdichte laag van de aardbodem zijn geïsoleerd. Om in zo'n geval de vereiste aardingsweerstand te krijgen en aan de eisen van de bliksembeveiligingsnorm te voldoen, kan een funderingselektrode die door een laag bitumen of isolatiemateriaal van de aardbodem is geïsoleerd, met een in de aardbodem aangebrachte aardingselektrode worden verbonden. Als de hoofdpotentiaalvereffening en de bliksembeveiligings-potentiaalvereffening volgens de voorschriften zijn uitgevoerd, dan is het niet nodig om voor het aardingssysteem van de bliksembeveiliging een specifieke aardverspreidingsweerstand aan te houden.

Vanwege het grote risico van corrosie is het gebruik van aluminium in de aardbodem of in beton niet toegestaan!

Een koperen aardelektrode die naast de funderingselektrode in de bodem is gedreven (waarbij het niet uitmaakt of dit een ringleiding is, een stervormige elektrode of een verticale

staafelektrode) mag rechtstreeks op de hoofdpotentialvereffeningsrail worden aangesloten (figuur 42-1). Door de rechtstreekse aansluiting wordt de aardingsweerstand van de installatie verbeterd. Bovendien is koper en de aardbodem zeer corrosiebestendig en duurzaam. In de praktijk is gebleken dat aardelektroden van koper die meer dan 30 jaar in de grond hebben gezeten in de meeste gevallen geen ernstige sporen van corrosie laten zien.



Figuur 42-1 t/m 42-3. Verbinding van een extra aardelektrode met in de fundering opgenomen aardelektrode

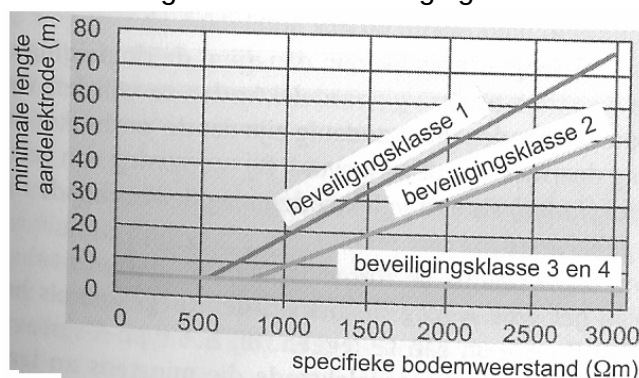
In de aardbodem aangebrachte aardelektroden van verzinkt staal moeten vanwege het corrosiegevaar indirect via een vonkbrug op de hoofdpotentialvereffeningsrail worden aangesloten (figuur 42-2 en 42-3). De reden daarvoor is dat bij directe aansluiting van een stalen aardelektrode een corrosiestroom van het betonfundament naar de elektrode zou vloeien, die het toch al bijzonder corrosiegevoelige materiaal nog sneller zou vernielen en onwerkzaam maken.

Ook al is het gebruik van verzinkt staal in de aardbodem toegestaan, er moet toch in principe een koperen aardelektrode worden gebruikt ook omdat het geleidingsvermogen van koper veel beter is.

Wanneer voor de aarding van de bliksembeveiligingsinstallatie aparte aardelektroden worden gebruikt (figuur 42-2), dan hoeft slechts één van die aardelektroden op de hoofdpotentialvereffeningsrail worden aangesloten.

2.5 Aardingssystemen volgens ENV61024-1

Net als de nog geldende norm NEN1014 stelt de voornorm ENV61024-1 geen eisen met betrekking tot een specifieke aardingsweerstand van een bliksembeveiligings-aardingssysteem. Beide normen geven wel aan om te proberen een kleine aardingsweerstand te krijgen. In tegenstelling tot NEN1014 schrijft de voornorm afhankelijk van de beveiligingsklasse en de soortelijke bodemweerstand wel een zekere lengte van de aardelektrode voor. Voor de beveiligingsklasse 3 en 4 volstaat een lengte van 5m (figuur 43), onafhankelijk van de bodemweerstand. Daar komt nog bij dat voor een verticaal in de bodem gedreven aardelektrode met de halve lengte is toegestaan, dus 2,5m. hetzelfde geldt voor de elektrodelengtes die voor beveiligingsklassen 1 en 2 worden bepaald.



Figuur 43. Lengte van de aardelektrode als functie van de beveiligingsklasse en de soortelijke bodemweerstand

In tegenstelling tot beveiligingsklasse 3 en 4 is de lengte van de aardelektroden bij klassen 1 en 2 wel van de soortelijke bodemweerstand afhankelijk. Dat betekent dat naarmate de soortelijke bodemweerstand groter is, de elektroden langer moeten worden gemaakt. Er zijn twee verschillende typen aardingssystemen mogelijk, type A en type B. Type B is het normale type, dat normaal gesproken ook voor woonhuizen wordt toegepast. Dit type aardingssysteem bestaat uit een funderingselektrode of een gesloten ringleiding (die dan op een afstand van 1m van de buitenmuren en tenminste 50cm diep in de aardbodem moet liggen). Een verdere eis is dat een type-B-ringleiding voor tenminste 80% in direct contact met de aardbodem staat (dat wil zeggen niet van de aardbodem is geïsoleerd). Wanneer die 80% niet gehaald wordt, dan wordt de ringleiding als een type-A-aardingssysteem aangemerkt.

Als het niet mogelijk is deze lengte te krijgen, dan moet de ringleiding of funderingselektrode met extra stervormige aardelektroden worden verbonden. De lengte van die elektroden moeten zodanig zijn dat de 'ontbrekende' lengte van de ringleiding daarmee wordt aangevuld. Bij toepassing van verticale elektroden als extra elektroden mag de berekende minimale lengte worden gehalveerd.

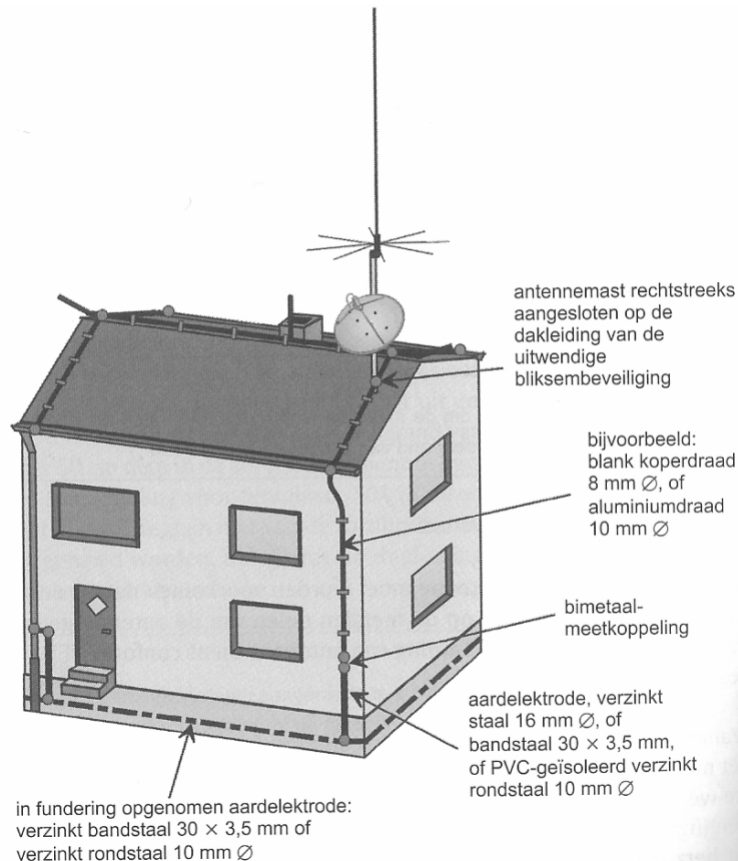
Een aardingssysteem van het type A mag slechts worden toegepast als het niet mogelijk is een type-B-systeem aan te leggen. Bij het type-A-systeem krijgt elke afdgaande leiding een eigen aardelektrode die minstens zo lang moet zijn als uit de grafiek van figuur 43 volgt. Ook in dit geval geldt weer dat de berekende lengte mag worden gehalveerd bij de toepassing van verticaal in de grond gedreven elektroden. Zowel profiel-, staaf als buiselektroden zijn geschikt. Deze worden op een afstand van ongeveer 1m van de buitenmuur in de grond gedreven.

Ook een horizontale type-A-aardelektrode moet op een afstand van ongeveer 1m van de buitenmuur op een diepte van ongeveer 50cm in de aardbodem worden aangebracht. Geschikte materialen zijn onder andere blank koperdraad met een diameter van 8mm of verzinkt staaldraad met een diameter van 10mm. Type-A-aardelektroden moeten, net als de bijhorende afdgaande leidingen, zo gelijkmatig mogelijk langs de omtrek van het gebouw worden verdeeld.

2.6 Aarding van antennes

Met de aarding van een antenne moet worden voorkomen dat op de mantel van een coaxiale kabel en op de metalen delen van de antenne gevaarlijke spanningen kunnen staan. Aarding van antennes gaat volgens de NEN1014.

Wanneer een uitwendige bliksembeveiligingsinstallaties aanwezig is, dan is het niet moeilijk de antennemast te aarden: deze hoeft slechts langs de kortste weg met de dakleiding van de uitwendige beveiliging te worden verbonden (figuur 44). De aardleiding moet, als dat mogelijk is, uit hetzelfde materiaal bestaan als de dakleiding en ook dezelfde diameter hebben.



Figuur 44. Aarding van een antenne in combinatie met een uitwendige bliksembeveiligingsinstallatie

Bij een gebouw zonder uitwendige bliksembeveiliging gebruikt de elektra-installateur normaal gesproken een leiding van het type NYM 1 x 16mm² voor de aardaansluiting. Meestal wordt de antennemast op het dak via deze leiding verbonden met de hoofdpotentiaalvereffeningsrail die in de meeste gevallen in de meterkast of kelder van het huis bevindt (figuur 45).



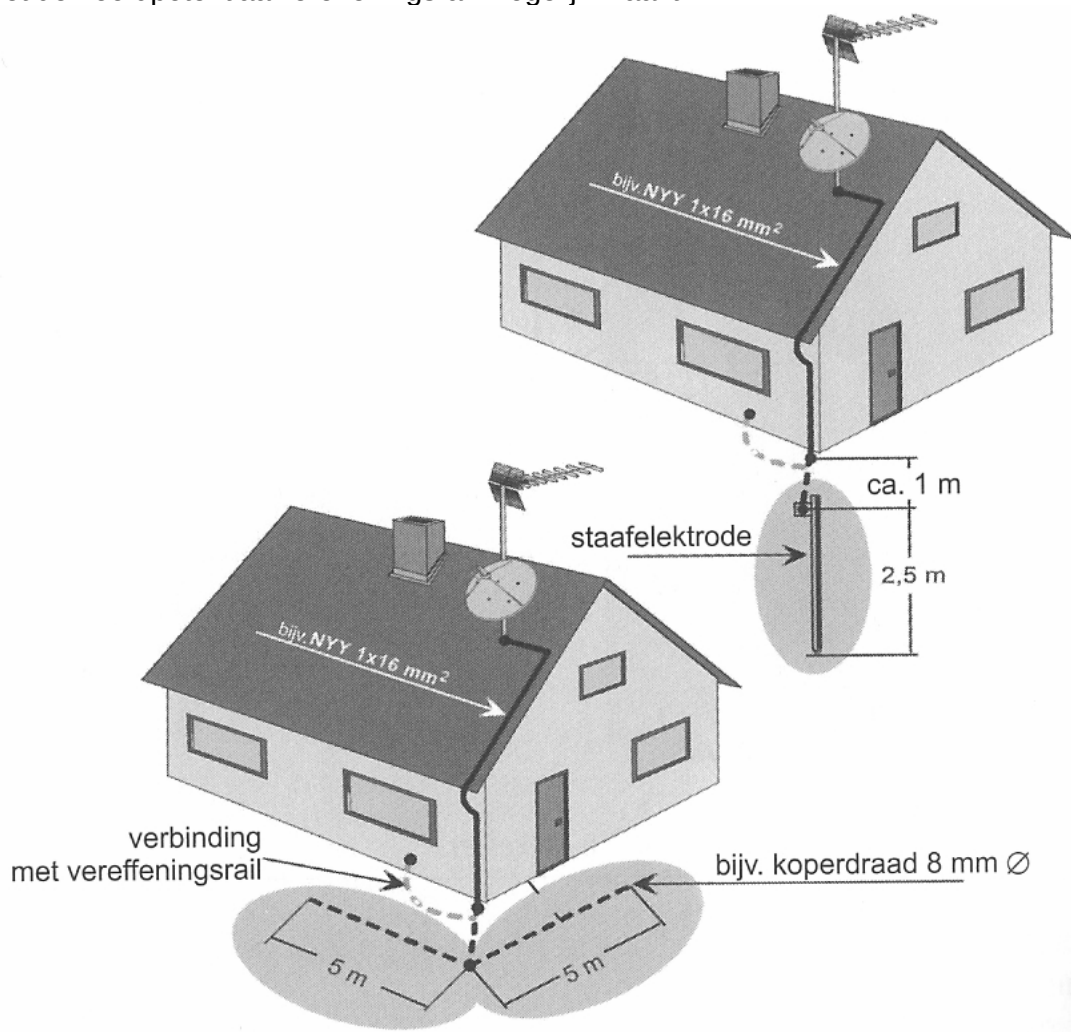
Figuur 45. Aansluiting op de vereffeningrail in de kelder.

De koperkern van NYM-leidingen met een doorsnee van 16mm^2 of meer is niet meer massief maar bestaat uit meerdere aders, en is om die reden minder goed voor aardingsdoeleinden geschikt. Het leidingtype NYY $1 \times 16\text{mm}^2$ heeft daarentegen een massieve koperkern die mechanisch zwaarder belast kan worden.

Meestal vormt aansluiting van de antennemast op de hoofdpotentiaalvereffeningsrail als enige maatregel geen afdoend alternatief voor een echte uitwendige bliksembeveiligingsinstallatie, omdat het gebouw zich meestal niet volledig in de beveiligde ruimte van de antennemast zal bevinden. Dat betekent dat de bliksem altijd nog in de niet-beveiligde delen van het gebouw kan inslaan.

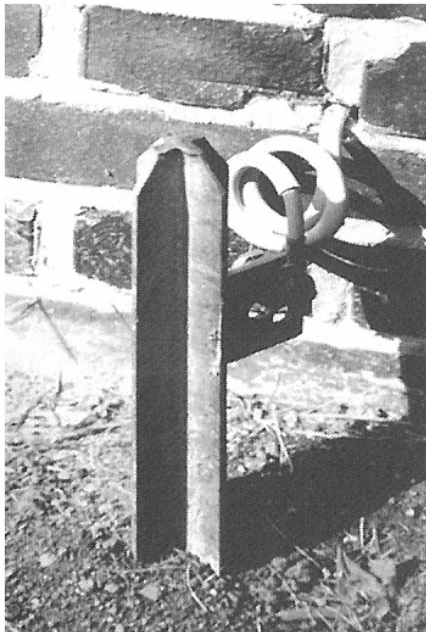
Installateurs proberen de aardleiding van de antennemast langs de binnenzijde van een gebouw naar de hoofdpotentiaalvereffeningsrail aan te leggen. Wanneer de bliksem in een op deze manier beveiligde antennemast inslaat, dan loopt het grootste deel van de bliksemstroom gegarandeerd via die aardleiding door het gebouw naar het aardingssysteem. In de praktijk loopt een 'in pandige' aardleiding bijna altijd parallel aan net- en telecomleidingen. Door dat parallelle verloop worden bij een blikseminslag niet alleen hoge spanningen inductief in de elektrische installatie van het gebouw ingekoppeld; ook is overslag in de vorm van vonkbogen mogelijk, waardoor niet alleen hoge spanningen maar ook grote bliksemstromen in de installatie worden ingekoppeld. Daar komt nog bij dat de hete vonkboog brand kan veroorzaken.

Om deze redenen dient de aardleiding van de antenne onder inachtneming van de veilige afstanden altijd langs de buitenzijde van een gebouw te lopen (figuur 46). De aardleiding komt het gebouw pas iets boven het maaiveld binnen, op een plaats die een korte verbinding met de hoofdpotentiaalvereffeningsrail mogelijk maakt.



Figuur 46. Aarding van een antenne.

Voor gebouwen zonder in de fundering opgenomen aardelektrode moet de aardleiding van de antenne niet alleen op de vereffeningsrail zijn aangesloten maar ook op een verticale aardelektrode. Die elektrode moet dan tenminste 2,5 m lang zijn. Als alternatief voor zo'n verticale aardelektrode is ook een horizontale elektrode toegestaan: deze moet dan uit twee 'takken' bestaan die elk minimaal 5 m lang zijn en die op een diepte van ongeveer 0,5 m op een afstand van 1 m van de buitenmuren zijn ingegraven (figuur 46 pagina 25). Als materiaal voor zo'n horizontale aardelektrode krijgt blank koperdraad met een diameter van 8 mm de voorkeur. In de handel verkrijgbare aard-invoorstaven (rondstaal, profielstaal of staalbuis – figuur 47) zijn prima geschikt als verticale elektrode. Hierbij moet worden opgemerkt dat het soms heel moeilijk is een 2,5 m lange elektrode de grond in te krijgen, als de bodem vol stenen zit is het in veel gevallen helemaal onmogelijk. Figuur 47 laat ook gelijk zien dat de aardelektrode van profielstaal veel te dicht tegen de buitenmuur is geplaatst.



Figuur 47. Verticale aardelektrode (verzinkt profielstaal).

Het is absoluut verboden om een PE-, PEN- of N-leiding van de elektrische installatie als aardleiding voor een antennemast te gebruiken. De afscherming (mantel) van de coaxkabels zoals die binnenshuis wordt gebruikt, zijn vanwege de veel de kleine doorsnede niet als aardleiding geschikt.

Zoals in figuur 44 (pagina 24) is getekend, moet voor de aarding van een antenne dezelfde geleider worden gebruikt als gebruikelijk is voor de installatie van het daknet van de uitwendige bliksembeveiliging. Geschikte materialen zijn massief koperdraad met een diameter van 8 mm of aluminiumdraad met een diameter van 10 mm. De reden dat aan deze materialen de voorkeur krijgen is de ten opzichte van 16-mm²-koperdraad grotere mechanische sterkte en grotere stroombelastbaarheid. Daar komt bij dat er voor deze draaddiameters een grotere keuze bestaat aan dakleidinghouders, aansluitklemmen en andere bevestigingsmaterialen.

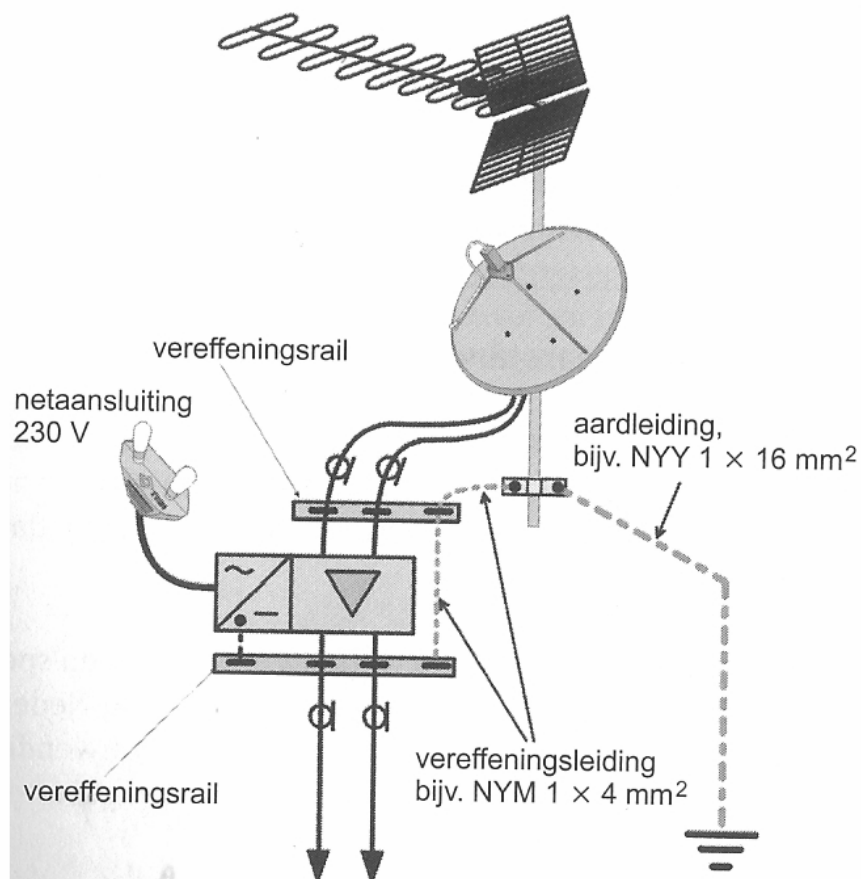
Hoewel 'roestvrij staal' door de normcommissies is toegelaten als materiaal voor bliksembeveiligingsinstallaties, is dit materiaal vanwege zijn slechte geleidbaarheid slechts in beperkte mate bruikbaar als aardleiding (tabel 4 pagina 27). Voorelektrische installaties in woonhuizen is het slecht geleidende aluminium al tientallen jaren gelden afgeschaft. Bij bliksembeveiliging is de situatie juist omgekeerd: hier worden slechter geleidende materialen juist opnieuw geïntroduceerd, maar dan vanwege grote corrosiebestendigheid.

Tabel 4 vergelijking van verschillende materialen		
Materiaal	Soortelijke weerstand ?	Geleidbaarheid ?
Koper (Cu)	0,0178	56
Aluminium (Al)	0,0303	33
IJzer (Fe)	0,1300	7,7
Roestvrij staal (V4A/V2A)	1,4000	0,7

Een roestvrij stalen geleider waar een energierijke bliksemstroom doorheen loopt, kan een temperatuur bereiken die boven het smeltpunt van RVS komt. Om die reden wordt het gebruik van RVS-leidingen zo veel mogelijk beperkt.

Het antennesysteem moet niet alleen geaard worden, maar bovendien op de potentiaalvereffeningsrail worden aangesloten om gevaarlijke potentiaalverschillen te voorkomen. Hiermee worden alle van de antenne afkomstige coaxkabels naar de ontvangers via een geschikte vereffeningrails met de vereffeningleiding verbonden (figuur 48).

Voor deze vereffeningleiding kan bijvoorbeeld een groen/geel gecodeerde leiding van het type H07V-U of NYM worden gebruikt, met een diameter van minimaal 4 mm².



Figuur 48. Potentiaalvereffening en aarding van antenne en versterkers.