



Rijkswaterstaat  
*Ministerie van Infrastructuur en Milieu*

**RWS INFORMATIE**

**Handreiking kwantitatieve analyse van bliksemrisico**

Datum	6 september 2017
Status	Definitief (versie 2.0.2)



## Colofon

Naam Standaard Beschrijving:	Handreiking kwantitatieve analyse bliksemrisico door Rijkswaterstaat gezien als geaccepteerde methode voor de analyse van het risico op niet-beschikbaarheid van een complex, object, of deelinstallatie door blikseminslag.
Status:	Definitief
Datum	6 september 2017
Versienummer:	2.0.2
Soort:	Handreiking
Verantwoordelijke PE:	Theo van de Gazelle, Jean-Luc Beguin
Gebruik in proces:	OAM, AenO
Netwerk:	HVWN, HWS en HWN
Object:	Alle RWS-infrastructuur
Hoofdkennisveld:	Assetmanagement
Kennisveld:	Risicogestuurd Beheer en Onderhoud (RGO)
Informatie:	alexander.bakker@rws.nl
Verantwoordelijke afdeling:	RWS GPO – afdeling Instandhouding Constructies & Onderhoud (ICO)
WW RWS Nummer:	#5534

### Overzicht wijzigingen

Versie	Datum	Wijzigingen
2.0	28-11-2016	Initieel opgestelde versie aangeboden aan WWRWS
2.0.1	06-06-2017	Verwerkt reviewcommentaar expertgroepen TM en CM t.b.v. opname handreiking in WWRWS
2.0.2	06-09-2017	Uniformering standaarden onder Prestatiegestuurde risicoanalyse (PRA)



## Inhoud

<b>Inhoud</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding 7</b>
1.1	Context 7
1.2	Doel 7
1.3	Toepassingsgebied 8
1.4	Uitgangspunten in deze handleiding 8
1.5	Methode in hoofdlijnen 9
1.6	Leeswijzer 11
1.6.1	Gebruikte symbolen 11
1.6.2	Relatie met de norm NEN-EN-IEC 62305-2:2012 Bliksembeveiliging – Deel 2: Risicomanagement 11
1.6.3	Vormgeving 11
1.7	Algemene tips 13
<b>2</b>	<b>Uitgangspunten vastleggen 14</b>
2.1	2.1 Bepalen van de gebiedsgegevens. 14
2.2	Vaststellen complex 15
2.3	Complexgegevens vastleggen 16
2.4	Vaststellen van de kabelgegevens (per kabel) 17
2.4.1	Lengte ( $L_L$ ) 17
2.4.2	Reductiefactor installatie ( $C_I$ ) 18
2.4.3	Reductiefactor installatie ( $C_I$ ) 18
2.4.4	Reductiefactor transformator ( $C_T$ ) 18
2.4.5	Reductiefactor omgeving ( $C_E$ ) 18
2.4.6	Afschermingsweerstand ( $R_S$ ) 19
2.4.7	Stootspanningsvastheid ( $U_W$ ) 19
2.4.8	Kans op fysieke schade bij directe inslag in kabel ( $P_V$ ) 19
2.4.9	Kans op uitval van systemen bij directe inslag in kabel ( $P_W$ ) 20
2.4.10	Kans op uitval van systemen bij indirecte inslag nabij kabel ( $P_Z$ ) 21
2.4.11	Samenvatting kabelgegevens 22
2.5	Vaststellen van de objectgegevens (per object) 22
2.5.1	Ruimtelijke dimensies 23
2.5.2	Inslagzone ( $D_M$ ) 23
2.5.3	Locatiefactor ( $C_D$ ) 23
2.5.4	Maaswijdte op gebouwgrens ( $w_{m1}$ ) 23
2.5.5	Afscherming op gebouwgrens ( $K_{S1}$ ) 24
2.5.6	Maaswijdte binnen object ( $w_{m2}$ ) 24
2.5.7	Afscherming binnen object ( $K_{S2}$ ) 24
2.5.8	Type interne bekabeling ( $K_{S3}$ ) 25
2.5.9	Stootspanningsvastheid ( $U_W$ ) 25
2.5.10	Kabelweerstand ( $K_{S4}$ ) 25
2.5.11	Kans op fysieke schade bij directe inslag in object ( $P_B$ ) 26
2.5.12	Kans op schade afhankelijk van de bouwconstructie ( $p_2$ ) 26
2.5.13	Kans op uitval van systemen bij directe inslag in object ( $P_C$ ) 26
2.5.14	Kans op uitval van systemen bij indirecte inslag nabij object ( $P_M$ ) 27
2.5.15	Samenvatting objectgegevens 27
<b>3</b>	<b>Rekenmethode 30</b>
3.1	Schadefrequentie ( $R$ ) 31

3.1.1	Inslagfrequenties (N) 31
3.1.2	Frequentie fysieke schade (D2) 34
3.1.3	Frequentie uitval van systemen (D3) 35
3.2	Berekening van de niet-beschikbaarheid 36

#### **4 Rapportage 39**

4.1	Referentiedocumenten 39
4.2	Gebiedsgegevens 39
4.3	Plattegrond van het complex 40
4.4	Codering objecten en kabels 40
4.5	Complexgegevens 41
4.6	Kabelgegevens 41
4.7	Objectgegevens 43
4.8	Verzamelstaten 44
4.9	Berekeningsresultaten schade frequenties 46
4.10	Hersteltijden. 47
4.11	Berekeningsresultaten niet-beschikbaarheid 48

#### **5 Referentiedocumenten 51**

#### **Bijlage A Gemiddeld aantal dagen onweer [4] 52**

# 1 Inleiding

## 1.1 Context

In 2010 is door Rijkswaterstaat besloten tot het beheerst invoeren van risico-gestuurd beheer en onderhoud (RGO) binnen asset management (AM). Met RGO worden alle risico's voor het functioneren van een object in kaart gebracht, waardoor deze op een transparante en weloverwogen manier beheerst kunnen worden. Dit in tegenstelling tot traditioneel onderhoud dat veelal conditie-gestuurd is, gericht op het handhaven van een bepaald technisch niveau.

Het doel van RGO is om de risico's in het functioneren van de drie netwerken via beheer- en onderhoudsacties zodanig te beheersen, dat de afgesproken prestaties worden geleverd tegen minimale (levensduur)kosten. RGO maakt de relatie tussen de netwerkprestatie en onderhoud expliciet. In 2013 besloot het bestuur RWS tot een verdere doorontwikkeling van RGO om volledig in control te komen middels een vervolgtraject RGO, gevolgd door een herijking ervan in 2016.

Binnen Rijkswaterstaat is daartoe in 2016 de handreiking Prestatiegestuurde Risicoanalyses (PRA) opgesteld om het risicogestuurd denken toepasbaar te maken voor alle infrastructurele assets, die Rijkswaterstaat in beheer heeft. Deze handreiking integreert en vervangt daarmee de Leidraad RAMS en de Leidraad risicogestuurd beheer en onderhoud.

Prestatiegestuurde risicoanalyse (PRA) is een belangrijk instrument. De PRA brengt de balans in beeld tussen de prestaties van een object, de risico's die de prestaties beïnvloeden en de kosten van het in stand houden van de prestatie. Met hulp van PRA's kan Rijkswaterstaat onderbouwde beslissingen nemen bij aanleg, beheer en onderhoud.

In aanvulling op deze handreiking zijn verschillende methodes inhoudelijk verder uitgewerkt en vastgelegd in aparte handreikingen. Zo ook deze standaard die de kwantitatieve risicoanalyse behandelt van niet-beschikbaarheid van infrastructurele objecten ten gevolge van blikseminslag.

## 1.2 Doel

De werkwijze beschreven in deze handleiding wordt door Rijkswaterstaat gezien als geaccepteerde methode voor de analyse van het risico op niet-beschikbaarheid van een complex, object, of deelinstallatie door blikseminslag. Het is opgesteld om de gebruiker (opdrachtnemers of beheerders) een zodanige toelichting te geven op het vereiste analyseproces, dat deze zelfstandig de analyse kan uitvoeren. Na uitvoering van de analyse kan de gebruiker traceerbaar de bijdrage aan de niet-beschikbaarheid door blikseminslag bepalen en deze gebruiken bij het aantonen of een ontwerp of bestaand object voldoet aan de eisen die door Rijkswaterstaat aan de beschikbaarheid ervan zijn gesteld.

De handleiding beschrijft hoe uitgangspunten gekozen moeten worden en hoe de rekenmethode moet worden uitgevoerd, en adviseert hoe de resultaten kunnen worden weergegeven. De rekenmethode richt zich op het berekenen van een totaal niet-beschikbaarheidsgetal voor een geheel complex als gevolg van directe en indirecte blikseminslag in objecten en kabels. Samengevat is deze niet-beschikbaarheid een functie van het verwachte aantal inslagen per jaar, de kans op

schade bij blikseminslag en de hersteltijd. Het resultaat van de berekeningen kan gebruikt worden als input voor basisgebeurtenissen in foutenbomen van een overkoepelende foutenboomanalyse van een complex.

### 1.3 Toepassingsgebied

De handleiding beschrijft een basisaanpak van de analyse. De complexiteit van het samenstel van gebouwen en/of objecten kan echter aanleiding geven om een uitgebreidere analyse toe te passen. Objecten binnen een complex worden in de methode onafhankelijk beschouwd, maar als bijvoorbeeld twee hoge gebouwen dicht bij elkaar staan kunnen deze elkaars blikseminslag afvangen. Daarnaast is de beschikbaarheid van sommige complexen alleen in een bepaalde periode belangrijk. Bijvoorbeeld van een stormvloedkering in het stormseizoen of van een recreatiesluis in de zomer. De kans op onweer wordt in deze analyse als constant beschouwd, maar deze is in de zomer hoger dan in de winter (zie het Factsheet over onweer van het KNMI [4]).

Als er reden is om aan de uitkomst van de basisaanpak te twijfelen moet van de methode worden afgeweken. De reden en de juistheid van de meer uitgebreide analyse moeten dan overtuigend worden onderbouwd. Dit geldt bijvoorbeeld wanneer de resultaten te conservatief blijken, of als er juist een risico is dat de methode een te positief beeld geeft, bijvoorbeeld omdat het complex vooral in de zomer een functie vervult.

### 1.4 Uitgangspunten in deze handleiding

Deze handleiding is gebaseerd op de aanpak uit Deel 2 van de norm NEN-EN-IEC 62305 [2] en het boek "Handboek Bliksembeveiliging voor gebouwen en installaties" [3]. De aanpak is geschikt gemaakt voor toepassing op het areaal van Rijkswaterstaat. In de analyse wordt daarom alleen gekeken naar functieverlies als gevolg van directe of indirecte blikseminslag. Dit betekent dat menselijke slachtoffers en economische gevolgschade niet worden meegenomen.

Deze handleiding behelst slechts het berekenen van de niet-beschikbaarheid van een complex door blikseminslag. Het ontwerp van de bliksembeveiligingsinstallatie valt buiten de scope.

Uitgangspunt van deze handleiding is dat het bliksembeveiligingssysteem van een complex gecertificeerd is, of dat het ontworpen wordt volgens de norm gericht op certificering. Met certificering wordt bedoeld dat door een bliksemspecialist is vastgesteld aan welk kwaliteitsniveau de bliksembeveiliging voldoet, met de norm NEN-EN-IEC 62305 als uitgangspunt. Dat betekent dat het gehanteerde kwaliteitsniveau van de bliksembeveiligingsinstallatie (bliksembeveiligingsklasse LPL genoemd) voor het gehele complex op een juiste en consistente wijze is doorgevoerd en geïmplementeerd. Zie §2.3 voor een nadere toelichting hierop.

De gepresenteerde berekening gaat uit van rechthoekige objecten gedefinieerd door lengte, hoogte en breedte. Bij objecten met een andere vorm kan de methode conservatief worden ingevuld door de lengte, hoogte en breedte zo te kiezen dat het gehele object hierbinnen valt. Als dit geen bruikbaar resultaat geeft zal onderbouwd moeten worden afgeweken van deze standaardmethode, zoals beschreven in §1.3.





Het verdient aanbeveling om een bliksemanalyse te laten toetsen door een specialist, bijvoorbeeld een deskundige van Rijkswaterstaat of een specialist op het gebied van bliksembeveiliging met kennis van en ervaring met de norm NEN-EN-IEC 62305. Deze kan nagaan of de aannames en uitgangspunten zoals deze voor het complex gehanteerd worden de juiste zijn.

## 1.5

### Methode in hoofdlijnen

De analyse in deze handleiding richt zich op de niet-beschikbaarheid van een complex als gevolg van directe en indirecte blikseminslag in objecten en kabels. De handleiding beschrijft het analyseproces en de aanbevolen rapportagevorm hiervan. Het analyseproces bestaat uit het verzamelen van de relevante parameters en de rekenmethode die op basis van deze parameters wordt ingevuld.

In het schema in Figuur 1 zijn de verschillende stappen van het analyseproces uiteengezet. We verwijzen in het schema voor elke stap naar de paragraaf in de handleiding waarin deze is uitgewerkt.

In het algemeen is de niet-beschikbaarheid ten gevolge van blikseminslag een functie van het verwachte aantal blikseminslagen per jaar, de kans op schade bij een inslag en de hersteltijd van die schade.

In deze methode maken we onderscheid in verschillende typen blikseminslag en in verschillende vormen van schade, dit onderscheid is ook zichtbaar in Figuur 1.

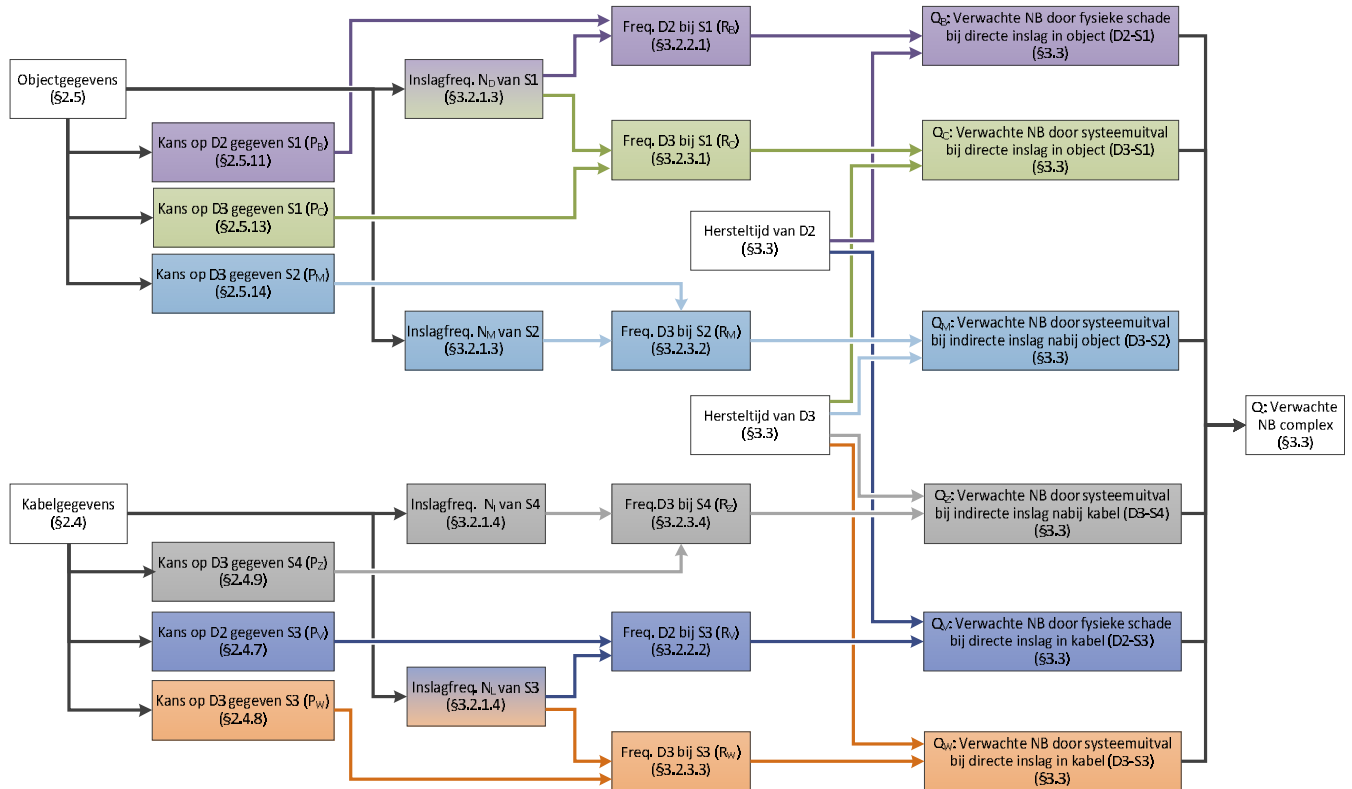
De inslagtypen die worden beschouwd zijn:

- S1 Directe inslag in een object;
- S2 Indirecte inslag nabij een object;
- S3 Directe inslag in een kabel;
- S4 Indirecte inslag nabij een kabel.

De vormen van schade zijn:

- D2 Fysieke schade;
- D3 Uitval van systemen.

Bij fysieke schade gaat het om brand, explosie, mechanische schade, etc. ten gevolge van de effecten van bliksemstroom met inbegrip van vonkvorming. Deze schadevorm kan alleen optreden bij directe inslag in een object of een kabel verbonden met een object. Uitval van systemen treedt op door de elektromagnetische effecten van blikseminslag. Deze effecten kunnen bij alle inslagtypen ontstaan. De aanduiding S1 t/m S4, D2 en D3 wordt ook gebruikt in [2] en [3].



**Figuur 1: Schema analyseproces**

In Hoofdstuk 2 worden de benodigde gegevens voor de analyse beschreven. Er wordt onderscheid gemaakt in objectgegevens en kabelgegevens. Als onderdeel van de beschreven parameters wordt in dit hoofdstuk de kans op schade gegeven een blikseminslag  $P$  bepaald, voor de verschillende schadevormen en inslagtypen.

Vervolgens wordt op basis van de gegevens uit Hoofdstuk 2 in Hoofdstuk 3 de inslagfrequentie  $N$  berekend, dat is het aantal inslagen per jaar dat verwacht wordt. Voor elk inslagtype wordt de inslagfrequentie bepaald.

In Hoofdstuk 3 wordt vervolgens van deze inslagfrequentie  $N$  en de kans op schade  $P$ , de verwachte schadefrequentie  $R$  afgeleid. Dat is het verwachte aantal schades per jaar voor iedere (relevante) combinatie van schadevorm en inslagtype.

Van de schadevormen D2 en D3 moet per object de tijd bepaald worden die nodig is om de schade te herstellen, in Hoofdstuk 3 beschrijven we welke factoren hierbij een rol spelen. Vervolgens kan op basis van de schadefrequentie  $R$  en de hersteltijd de verwachte niet-beschikbaarheid  $Q$  per combinatie van schadevorm en inslagtype worden berekend. Als de uitkomsten hiervan voor alle relevante objecten en kabels van een complex zijn bepaald kan de verwachte niet-beschikbaarheid van het gehele complex ten gevolge van blikseminslag worden bepaald door alle gevonden waarden op te tellen.

## 1.6 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de eerste stap van het analyseproces waarin de scope en benodigde invoergegevens voor de berekening worden bepaald en vastgelegd. Hoofdstuk 3 beschrijft de vervolgstappen waarin de rekenmethode zelf wordt toegelicht en uitgevoerd. Als laatste stap wordt in Hoofdstuk 4 de aanbevolen rapportagevorm voor zowel stap 1 als de berekende resultaten van stap 2 beschreven.

### 1.6.1 Gebruikte symbolen

Om te verduidelijken of een paragraaf of sectie dient als informatie, tot actie aanzet, of als controlestap bedoeld is, zijn er drie symbolen (resp. Figuur 2, Figuur 3 en Figuur 4) in de marge te vinden.



**Figuur 2**  
informatie



**Figuur 3:**  
invullen



**Figuur 4:**  
controleren

### 1.6.2 Relatie met de norm NEN-EN-IEC 62305-2:2012 Bliksembeveiliging – Deel 2: Risicomanagement

In de tekst worden veel tabellen en formules gepresenteerd. Hoewel de handleiding zodanig is opgesteld dat de analyses kunnen worden uitgevoerd zonder de norm te raadplegen, kan het handig zijn om een en ander in zijn context te lezen. Hiertoe wordt de vindplaats in de norm aangegeven met onderstaand symbool.



**Figuur 5: Relatie met de norm**

Het symbool geeft een verwijzing naar de betreffende formule, tabel of randvoorwaarde uit NEN-EN-IEC 62305-2:2012 Bliksembeveiliging – Deel 2: Risicomanagement [2].

Daarnaast wordt verwezen naar "Handboek Bliksembeveiliging voor gebouwen en installaties" (ISBN 90 8572 027 0) [3]. Dit boek bevat veel achtergrondinformatie en voorbeelden van analyses. Om de relatie met het boek aan te geven wordt geen symbool gebruikt maar in de tekst een verwijzing opgenomen.

### 1.6.3 Vormgeving

In de handleiding worden op diverse plaatsen tabellen gepresenteerd. In navolgende paragrafen wordt aangegeven hoe deze te herkennen zijn en hoe de inhoud dient te worden geïnterpreteerd.

## 1.6.3.1. Normtabellen

Brontabellen uit de norm [2] zijn te herkennen door het symbool in de kantlijn. In dit symbool is aangegeven om welke tabel het gaat. Een voorbeeld van een normtabel is weergegeven in Tabel 1.

NORM

tabel  
B.9

Kabeltype	Stootspanningsvastheid $U_w$ in kV				
	1	1,5	2,5	4	6
Voedingskabel	1	0,6	0,3	0,16	0,1
Telecommunicatiekabel	1	0,5	0,2	0,08	0,04

**Tabel 1: Voorbeeld normtabel B.9 (Doorslagkans indirecte inslag)**

De tabellen uit de norm zijn Engelstalig. In deze handleiding zijn ze vertaald.

## 1.6.3.2. Resultaattabellen

In deze handleiding wordt op diverse plaatsen gevraagd om resultaten vast te leggen. Veelal zal dit in tabelvorm gebeuren. Tabel 2 is een voorbeeld van een resultaattabel.

Resultaattabel				
parameter	symbool	eenheid	waarde	onderbouwing
Reductiefactor transformator	$C_T$	-	1	Service only
Isolatie waarde	$K_{S4}$	-	3,75	

**Tabel 2: Voorbeeld resultaattabel**

De cursieve tekst in deze tabellen betreft voorbeelden van ingevulde waarden. De rechterkolom dient om verduidelijking van een keuze aan te geven of een referentie voor de betreffende grootte op te nemen.

In de resultaattabellen wordt middels kleurgebruik aangegeven hoe de waarde moet worden verkregen. Het overzicht in Tabel 3 geeft aan welke kleuren gebruikt worden en wat zij betekenen.

Kleur	Betekenis	Bijbehorende actie
Wit	Basistekst	Er hoeft niets te worden ingevuld of de tekst is slechts toelichting.
Grijs	Toelichting of referentie	Voeg een toelichting en/of referentie toe van de gekozen optie of waarde.
Geel	Bepalen uit ontwerp of technische gegevens.	In de rechterkolom van de betreffende parameter kan een referentie naar een (ontwerp)document worden opgenomen. In de cel zelf wordt de waarde ingevuld zoals deze uit het document is afgeleid.
Blauw	Opzoeken in tabellen of figuren.	In de rechterkolom dient de tekst van de gehanteerde keuze te worden opgenomen. In de gekleurde cel zelf dient de bijbehorende getalswaarde te worden ingevuld.
Groen	Berekenen	Het resultaat van de berekening moet in de cel worden opgenomen. Een verwijzing naar het nummer van de formule uit de handleiding wordt opgenomen in de toelichting op de variabele.

**Tabel 3: Toelichting kleurgebruik resultaat tabellen****1.7****Algemene tips**

Volgende algemene tips en aandachtspunten vergemakkelijken de analyse en vergroten de traceerbaarheid en transparantie ervan.



Neem in de rapportage een lijst op van alle referentiedocumenten (rapporten, tekeningen e.d.) waar informatie voor de analyse uit wordt verkregen inclusief versie en datum van deze documenten.



Daar waar informatie uit het ontwerp wordt verkregen dient een referentie opgenomen te worden naar de bron van de data (traceerbaarheid): documenttitel, paragraafnummer, paragraaftitel, bladzijde, of tekeningnummer, titel, bladnummer.

## 2 Uitgangsparameters vastleggen

In dit hoofdstuk worden alle relevante parameters die benodigd zijn voor de berekening beschreven en vastgelegd. De feitelijke berekening van de niet-beschikbaarheid van het complex, de objecten en installaties ten gevolge van blikseminslag vindt plaats in Hoofdstuk 3.

### 2.1 2.1 Bepalen van de gebiedsgegevens.

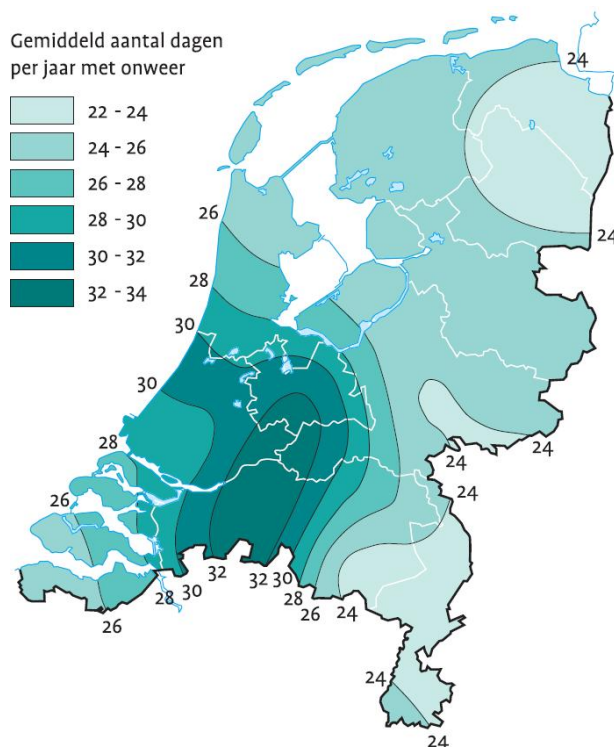
De gebiedsparameters worden bepaald op basis van de plaats van het complex:

$T_D$  Gemiddeld aantal onweersdagen per jaar;

$N_G$  Gemiddeld aantal inslagen per km<sup>2</sup> per jaar.



- Stel de vestigingsplaats vast.
- Bepaal op basis van Figuur 6 het gemiddeld aantal onweersdagen per jaar [ $T_D$ ]. Ga per gekleurd gebied uit van het maximale gemiddelde. Bijvoorbeeld: op basis van de Figuur ligt in Overijssel het gemiddeld aantal onweersdagen per jaar tussen 24 en 26. Ga dan (conservatief) uit van gemiddeld 26 dagen per jaar. Alleen bij plaatsen (heel dicht) op de grens van twee gebieden mag worden uitgegaan van de waarde die op die grens geldt.



**Figuur 6: Gemiddeld aantal dagen met onweer [4]**



In Bijlage A is een grotere versie van de afbeelding bijgevoegd.

Het gemiddeld aantal inslagen per km<sup>2</sup> per jaar volgt uit het aantal onweersdagen  $T_D$  volgens Vergelijking (1). Deze vergelijking heeft als bron §3.1 van [3]:

$$N_G = 0,04 \cdot T_D^{1,25} \quad (1)$$



- Bereken het gemiddeld aantal inslagen per km<sup>2</sup> per jaar [ $N_G$ ].
- Leg de resultaten vast, bijvoorbeeld in een tabel zoals Tabel 4.

Gebiedsgegevens			
parameter	symbool	eenheid	waarde
Locatie	-	-	
Onweersdagen per jaar (gemiddeld)	$T_D$	-/jaar	
Inslagen per km <sup>2</sup> per jaar (gemiddeld)	$N_G$	-/km <sup>2</sup> ·jaar	

**Tabel 4: Gebiedsgegevens**



In de norm [2] wordt het aantal inslagen per km<sup>2</sup> per jaar met een andere formule berekend, die ook in de internationale versie van deze norm staat. In deze handleiding is bewust gekozen om af te wijken van [2] en Vergelijking (1) afkomstig uit [3] te gebruiken, omdat deze de situatie in Nederland beter benadert (zie [3]).

## 2.2

### Vaststellen complex

Om eenduidig vast te leggen waar de analyse betrekking op heeft, dient het complex in kaart gebracht te worden. Doe dit aan de hand van een plattegrond (zie voorbeeld in §4.3). Breng op deze plattegrond coderingen aan zodat alle objecten en kabels een eigen code krijgen. Geef op de plattegrond ook omgevingsfactoren aan, zoals bomen en andere objecten die geen rol spelen in de beschikbaarheid van het complex. Deze kunnen invloed hebben op de resultaten van de analyse. Geef in ieder geval per object alle omgevingsfactoren aan die rond het object staan, binnen een straal van ongeveer driemaal de hoogte van het object.

Bepaal vervolgens welke installaties zich in elk object bevinden en hoe deze via interne bekabeling zijn aangesloten. Het is alleen nodig de installaties te beschouwen die een functie hebben die bijdraagt aan de beschikbaarheid van het betreffende object en complex. Apart opgestelde installaties zoals een camera worden gezien als object, daarvan hoeven interne systemen en kabels niet benoemd te worden. Deze objecten moeten wel in de analyse worden beschouwd als de functie bijdraagt aan de beschikbaarheid, bijvoorbeeld als zicht via een camera een voorwaarde is voor een veilige bediening.



- Maak een plattegrond.
- Codeer de objecten.
- Codeer de kabels die een verbinding hebben met de objecten.
- Leg de codering vast, bijvoorbeeld in een tabel, zie voor een voorbeeld Tabel 5.
- Bepaal per object de relevante installaties en interne bekabeling.

Complex	[Referentie plattegrond]		
Objecten			
Code	Naam of korte omschrijving	Installaties	Interne bekabeling
BG	Bedieningsgebouw	Bediensysteem	Voedingskabel
			Data-aansluiting
PG	Pompgebouw	Pompinstallatie	Voedingskabel
CAM1	Bewakingscamera 1	n.v.t.	n.v.t.
Kabels			
Code	Naam of korte omschrijving	Gekoppeld met object	
400V	Distributiekabel 400V	BG, PG	
10kV	Hoofdvoedingskabel	BG	
C1	Coaxkabel naar camera 1	BG, CAM1	

**Tabel 5: Voorbeeld vaststellen complex**

## 2.3

### Complexgegevens vastleggen

Een belangrijke factor in de analyse is de kwaliteit van de (beoogde) beveiligingsinstallatie tegen directe en indirecte blikseminslag. In de norm [2] wordt onderscheid gemaakt tussen vier beschermingsniveaus of -klassen van bliksembeveiligingsinstallaties. Deze klasse-indeling, LPL I t/m IV, sluit aan op verschillende uitvoeringsvormen en is zodanig dat een lager getal met een grotere mate van beveiliging overeenkomt.



Uitgangspunt van deze handleiding is dat het bliksembeveiligingssysteem van een complex gecertificeerd is met een bepaald LPL, of dat het ontworpen wordt conform de norm [2], met een bepaald LPL (en dan later gecertificeerd). Dit betekent dat het LPL voor het gehele complex op een consistente en juiste wijze is doorgevoerd en uniform is geïmplementeerd (zie §1.4) en dat een expert dit getoetst heeft. Dit is een essentiële stap in de risicoanalyse. Hiervan moet documentatie beschikbaar zijn (certificaat of ontwerprapport) en de onderbouwing dat de toetssituatie overeenkomt met de huidige dan wel as-built situatie. Bij systeemwijzigingen moet onderbouwd worden dat deze geen effect hebben op het bliksembeveiligingsniveau of moet de beveiliging opnieuw getoetst worden.

Bestaande installaties zijn vaak getoetst aan de verouderde norm NEN 1014 [5]. In Tabel 6 is de relatie tussen beide normen gegeven. Deze tabel kan worden gebruikt om van deze installaties het LPL af te leiden.



LPL	NEN-EN-IEC 62305 [2]	NEN 1014 [5]
	Bliksembeveiligingsniveau	Bliksembeveiligingsniveau
I	I	
II	II	
III	III	LP4
IV	IV	LP3
	-	LP2
	-	LP1

**Tabel 6 De beveiligingsniveaus uit [2] in relatie tot [5]**

Leg vast aan welk LPL de (beoogde) bliksembeveiligingsinstallatie voldoet en neem een onderbouwing / verwijzing van deze waarde op, zoals bijvoorbeeld in Tabel 7. Indien de installatie op basis van de NEN 1014 is ontworpen, kan aan de hand van Tabel 6 de LPL-waarde worden bepaald. Geef in dit geval ook aan middels onderbouwing / verwijzing wat de LP-waarde van de NEN 1014-installatie is.

Algemene eigenschappen van het complex kunnen ook bij de complexgegevens worden opgenomen. Minimaal de gegevens zoals genoemd in het voorbeeld in Tabel 7 moeten worden verzameld, eventueel aangevuld met andere specifieke eigenschappen.

parameter	symbool	Waarde	onderbouwing
Naam complex	-		
Locatie complex	-		
DISK-codering complex	-		Code uit Data Informatie Systeem Kunstwerken (DISK) van Rijkswaterstaat
Beheerder complex	-		
Functie complex	-		
Bliksembeveiligingsniveau	LPL	I	Ref. certificaat
...			

**Tabel 7: Complexgegevens**

## 2.4

### Vaststellen van de kabelgegevens (per kabel)

Voor iedere kabel buiten een object moet een aantal parameters bepaald worden om de kans op schade te kunnen berekenen door blikseminslag in of nabij de kabel. In navolgende paragrafen worden deze parameters nader toegelicht. In §2.4.10 volgt een tabel waarin het overzicht van de parameters per kabel kan worden opgenomen.

#### 2.4.1

##### Lengte ( $L_L$ )

Met de lengte  $L_L$  wordt de totale lengte van de kabel buiten het object uitgedrukt in meters aangeduid. Voor de berekening geldt een maximale waarde van 1000m.



Indien de lengte  $L_L$  niet bekend is dient 1000m als uitgangspunt te worden gebruikt (conservatieve benadering).

#### 2.4.2 Reductiefactor installatie ( $C_I$ )

De reductiefactor  $C_I$  wordt gebruikt om rekening te houden met de fysieke plaatsing van de kabel buiten het object.

Fysieke plaatsing (installatie)	$C_I$
Open lucht	1
Onder maaiveld	0,5
Onder maaiveld onder aardingsnet (5.2 van EN62305-4:2011)	0,01

**Tabel 8: Reductiefactor installatie  $C_I$**



Kabels die gedeeltelijk onder en gedeeltelijk boven maaiveld liggen kunnen conservatief gemodelleerd worden als een kabel in de open lucht.

#### 2.4.3 Reductiefactor installatie ( $C_I$ )

De reductiefactor  $C_I$  wordt gebruikt om rekening te houden met de fysieke plaatsing van de kabel buiten het object.

NORM

tabel  
A.2

Fysieke plaatsing (installatie)	$C_I$
Open lucht	1
Onder maaiveld	0,5
Onder maaiveld onder aardingsnet (5.2 van EN62305-4:2011)	0,01

**Tabel 9: Reductiefactor installatie  $C_I$**



Kabels die gedeeltelijk onder en gedeeltelijk boven maaiveld liggen kunnen conservatief gemodelleerd worden als een kabel in de open lucht.

#### 2.4.4 Reductiefactor transformator ( $C_T$ )

Als een kabel van buiten niet rechtstreeks is aangesloten op een object, maar via een transformator, waarbij de transformator op de gebouwgrens is geplaatst, geldt een reductiefactor  $C_T$ . Voor kabels die rechtstreeks zijn aangesloten, zoals laagspannings- en datakabels geldt geen reductie ( $C_T = 1$ ).

NORM

tabel  
A.3

Installatie-uitvoering	$C_T$
Laagspanning, telecommunicatie of dataverbinding	1
Hoogspanning, met hoogspanning / laagspanning-transformator	0,2

**Tabel 10: Reductiefactor transformator  $C_T$**

#### 2.4.5 Reductiefactor omgeving ( $C_E$ )

De reductiefactor omgeving  $C_E$  wordt op basis van volgende tabel bepaald.

Omgeving	$C_E$
Landelijk (met lage dichtheid van bebouwing)	1
Voorstedelijk (met gemiddelde dichtheid van bebouwing)	0,5
Stedelijk (met hoge dichtheid van bebouwing)	0,1
Stedelijk met hoge gebouwen (hoger dan 20 meter)	0,01

**Tabel 11: Reductiefactor omgeving  $C_E$**

#### 2.4.6 Afschermingsweerstand ( $R_s$ )

Vul de weerstand van de afscherming van de kabel,  $R_s$  [ $\Omega/\text{km}$ ], in. Afscherming van kabels zorgt ervoor dat stoorsignalen naar de aarde afgevoerd worden. De afscherming van kabels heeft een bepaalde weerstand afhankelijk van het materiaal, de afmetingen en de vorm van de afscherming. Deze eigenschap kan in technische specificaties van de fabrikant staan. Als dit niet het geval is kan, afhankelijk van de bereikbaarheid van de kabel, de waarde gemeten worden (door een specialist), of er kan conservatief worden uitgegaan van een kabel zonder afscherming.

#### 2.4.7 Stootspanningsvastheid ( $U_w$ )

Geef de stootspanningsvastheid  $U_w$  van de kabel uitgedrukt in kV. Dit is een ontwerpwaarde die door de fabrikant wordt toegekend. Het geeft de maximale spanningspiek (veroorzaakt door een blikseminslag) aan waartegen het systeem beschermd is.

#### 2.4.8 Kans op fysieke schade bij directe inslag in kabel ( $P_V$ )

De kans op fysieke schade bij directe inslag in de kabel wordt bepaald met Vergelijking (2):

NORM

formule  
B.9

$$P_V = P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \quad (1)$$

Hierin is:

- $P_{EB}$  Kans op falen van de bliksembeveiligingspotentiaalvereffening, zie §2.4.8.1;
- $P_{LD}$  Doorslagkans, zie §2.4.8.2;
- $C_{LD}$  Correctiefactor directe inslag in kabel, afhankelijk van afscherming, aarding en isolatiecondities, zie §2.4.8.3.

##### 2.4.8.1. Kans op falen bliksembeveiligingspotentiaalvereffening ( $P_{EB}$ )

Bepaal de kans op falen van de bliksembeveiligingspotentiaalvereffening  $P_{EB}$  als functie van de LPL-waarde waarvoor de overspanningsbeveiligingen van de bliksembeveiligingspotentiaalvereffening zijn ontworpen. Omdat het uitgangspunt is dat de LPL-waarde consistent is doorgevoerd, is deze minimaal gelijk aan die in Tabel 7.

NORM

tabel  
B.7

LPL	$P_{EB}$
Geen overspanningsbeveiliging	1
III-IV	0,05
II	0,02
I	0,01
Lagere waarden (**)	0,005 – 0,001

**Tabel 12: Kans  $P_{EB}$  als functie van LPL-waarde van de overspanningsbeveiliging**



(\*\*) Lagere waarden voor  $P_{EB}$  mogen worden gebruikt indien de overspanningsbeveiliging een aantoonbaar hogere bescherming biedt dan de vereiste beschermingsgraad die hoort bij LPL I.

##### 2.4.8.2. Doorslagkans directe inslag ( $P_{LD}$ )

Bepaal de doorslagkans directe inslag  $P_{LD}$  op basis van de stootspanningsvastheid  $U_w$  en de afschermingsweerstand  $R_s$ . In §2.4.7 is  $U_w$  bepaald en  $R_s$  is bepaald in §2.4.6.

## NORM

tabel  
B.8

Kabeltype	Kabelloop, afscherming en aansluitcondities		Stootspanningsvastheid $U_w$ in kV				
			1	1,5	2,5	4	6
Voedings-kabel of telecom-municatie-kabel	Boven- of ondergrondse kabel, niet-afgeschermd of afgeschermd waarbij de afscherming niet verbonden is met dezelfde potentiaal-vereffeningsrail als de apparatuur		1	1	1	1	1
	Boven- of onder-gronds afgeschermd waarbij de afscherming verbonden is met dezelfde potentiaalvereffeningsrail als de apparatuur	$5 \Omega/\text{km} < R_s \leq 20 \Omega/\text{km}$	1	1	0,95	0,9	0,8
		$1 \Omega/\text{km} < R_s \leq 5 \Omega/\text{km}$	0,9	0,8	0,6	0,3	0,1
		$R_s \leq 1 \Omega/\text{km}$	0,6	0,4	0,2	0,04	0,02

Tabel 13: Doorslagkans directe inslag  $P_{LD}$ 

## 2.4.8.3.

Correctiefactoren  $C_{LD}$  en  $C_{LI}$ 

Bepaal de correctiefactoren  $C_{LD}$  en  $C_{LI}$  afhankelijk van afscherming, aarding en isolatie, op basis van Tabel 14.

## NORM

tabel  
B.4

Extern kabeltype	Verbinding bij entrepunt in bouwwerk	$C_{LD}$	$C_{LI}$
Bovengronds, niet-afgeschermd	Onbekend	1	1
Ondergronds, niet-afgeschermd	Onbekend	1	1
Meervoudig geaarde voedingskabel	Geen	1	0,2
Ondergronds, afgeschermd (voedings- of telecommunicatiekabel)	Afscherming niet verbonden met dezelfde potentiaalvereffeningsrail als de apparatuur	1	0,3
Bovengronds, afgeschermd (voedings- of telecommunicatiekabel)	Afscherming niet verbonden met dezelfde potentiaalvereffeningsrail als de apparatuur	1	0,1
Ondergronds, afgeschermd (voedings- of telecommunicatiekabel)	Afscherming verbonden met dezelfde potentiaalvereffeningsrail als de apparatuur	1	0
Bovengronds, afgeschermd (voedings- of telecommunicatiekabel)	Afscherming verbonden met dezelfde potentiaalvereffeningsrail als de apparatuur	1	0
Bliksembeveiligingskabel of bedrading in Bliksembeveiligingskabelgoten, metalen mantels of metalen buizen	Afscherming verbonden met dezelfde potentiaalvereffeningsrail als de apparatuur	0	0
(Geen externe kabel)	Geen verbinding met externe kabels (Stand-alone systeem)	0	0
Alle kabels	Isolatie-interface conform EN62305-4	0	0

Tabel 14: Factoren  $C_{LD}$  en  $C_{LI}$  o.b.v. type externe bekabeling / verbinding bij entrepunt

## 2.4.9

Kans op uitval van systemen bij directe inslag in kabel ( $P_w$ )

De kans op uitval van systemen bij directe inslag in de kabel wordt bepaald met Vergelijking (3):

## NORM

formule  
B.10

$$P_w = P_{SPD} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} \quad (2)$$

Hierin is:

- $P_{SPD}$  Kans op falen van de overspanningsbeveiliging, zie §2.4.9.1;
- $P_{LD}$  Doorslagkans, zie §2.4.8.2;
- $C_{LD}$  Correctiefactor directe inslag in kabel, afhankelijk van afscherming, aarding en isolatiecondities, zie §2.4.8.3.

#### 2.4.9.1.

Kans op falen overspanningsbeveiliging ( $P_{SPD}$ )

SPD staat voor "Surge Protective Device" (overspanningsbeveiliging). Er is sprake van een gecoördineerd SPD-systeem wanneer de SPD's zorgvuldig geselecteerd, op elkaar afgestemd en geïnstalleerd zijn om een systeem te vormen om falen van elektrische en elektronische systemen te verminderen. Bepaal op basis van Tabel 15 de kans op falen van de overspanningsbeveiliging  $P_{SPD}$  als functie van de LPL-waarde waarvoor de overspanningsbeveiligingen van het SPD-systeem zijn ontworpen. Omdat het uitgangspunt is dat de LPL-waarde consistent is doorgevoerd, is deze gelijk aan die in Tabel 7.



LPL	$P_{SPD}$
Geen gecoördineerd SPD-systeem.	1
III-IV	0,05
II	0,02
I	0,01
Lagere waarden (**)	0,005 – 0,001

**Tabel 15: Kans  $P_{SPD}$  als functie van LPL-waarde van de overspanningsbeveiliging**



(\*\*) Lagere waarden voor  $P_{SPD}$  mogen worden gebruikt indien de overspanningsbeveiliging een aantoonbaar hogere bescherming biedt dan de vereiste beschermingsgraad die hoort bij LPL I.

#### 2.4.10

*Kans op uitval van systemen bij indirecte inslag nabij kabel ( $P_Z$ )*

De kans op uitval van systemen bij indirecte inslag nabij een kabel wordt bepaald met Vergelijking (4):

$$P_Z = P_{SPD} \cdot P_{LI} \cdot C_{LI} \quad (3)$$

Hierin is:

- $P_{SPD}$  Kans op falen van de overspanningsbeveiliging, zie §2.4.8.1;
- $P_{LI}$  Doorslagkans indirecte inslag, zie §2.4.10.1;
- $C_{LI}$  Correctiefactor indirecte inslag nabij kabel, afhankelijk van afscherming, aarding en isolatiecondities, zie §2.4.8.3.

#### 2.4.10.1.

Doorslagkans indirecte inslag ( $P_{LI}$ )

Bepaal de doorslagkans indirecte inslag  $P_{LI}$  op basis van de stootspanningsvastheid  $U_W$  en het kabeltype, zie Tabel 16. In §2.4.7 is  $U_W$  bepaald.

Kabeltype	Stootspanningsvastheid $U_W$ in kV				
	1	1,5	2,5	4	6
Voedingskabel	1	0,6	0,3	0,16	0,1
Telecommunicatiekabel	1	0,5	0,2	0,08	0,04

**Tabel 16: Doorslagkans indirecte inslag  $P_{LI}$**

### 2.4.11 Samenvatting kabelgegevens



Leg alle parameters voor iedere kabel buiten een object vast, bijvoorbeeld zoals in Tabel 17. Gebruik voor de traceerbaarheid de code die is vastgelegd conform §Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..

Kabelgegevens				
Code kabel	10kV			
Naam of korte omschrijving	Hoofdvoeding			
Koppeling met gebouw	BG			
parameter	symbool	eenheid	waarde	onderbouwing
Lengte	$L_L$	m		
Reductiefactor installatie	$C_i$			
Reductiefactor transformator	$C_T$	-		
Reductiefactor omgeving	$C_E$	-		
Afschermingsweerstand	$R_S$	$\Omega/\text{km}$		
Stootspanningsvastheid	$U_W$	kV		
Kans op falen van de bliksembeveiligingspotentiaalvereffening	$P_{EB}$	-		
Doorslagkans directe inslag	$P_{LD}$	-		
Correctiefactor directe inslag in kabel	$C_{LD}$	-		
Kans op fysieke schade bij directe inslag in kabel	$P_V$	-		
Kans op falen overspanningsbeveiliging	$P_{SPD}$	-		
Kans op uitval van systemen bij directe inslag in kabel	$P_W$	-		
Doorslagkans indirecte inslag	$P_{LI}$			
Correctiefactor indirecte inslag nabij kabel	$C_{LI}$	-		
Kans op uitval van systemen bij indirecte inslag nabij kabel	$P_Z$	-		

**Tabel 17: Kabelgegevens**



Voor de betekenis van de kleuren in de tabel wordt verwezen naar §Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..

## 2.5 Vaststellen van de objectgegevens (per object)

Voor ieder object dient een aantal parameters bepaald te worden om de kans op schade te kunnen berekenen door blikseminslag in of nabij het object. In navolgende paragrafen worden deze parameters nader toegelicht. In §2.5.15 volgt

een tabel waarin het overzicht van de parameters per object kan worden opgenomen.

Een aantal factoren is alleen van toepassing op gebouwen, voor objecten als camera's kunnen deze niet worden bepaald en worden dan buiten beschouwing gelaten.

#### 2.5.1 *Ruimtelijke dimensies*

Zoals beschreven in §Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. gaan we uit van rechthoekige objecten. Bij objecten met een andere vorm kan de methode conservatief worden ingevuld door de lengte, breedte en hoogte zo te kiezen dat het gehele object hierbinnen valt. Geef Lengte (L), Breedte (W) en Hoogte (H) van het object uitgedrukt in meters.

#### 2.5.2 *Inslagzone ( $D_M$ )*

Een indirecte blikseminslag is een inslag nabij een object of kabel die via de grond invloed heeft op het object, zodat door de optredende overspanning systemen kunnen uitvallen. Het gebied waarin een blikseminslag indirect invloed kan hebben op het object noemen we de inslagzone. Bepaal de inslagzone  $D_M$  uitgedrukt in meters op basis van Tabel 18.

Inslagzone	$D_M$ [m]
Object is verbonden met de grond	500
Object is niet verbonden met de grond (mits onderbouwd)	0

**Tabel 18: Inslagzone  $D_M$  (gebaseerd op Formule A.7 uit [2])**



Indien het object verbonden is met de grond dan dient voor  $D_M$  de waarde 500 meter te worden gebruikt. Wanneer dit niet het geval is kan  $D_M$  op 0 meter worden gesteld, omdat een inslag in de grond dan niet kan doordringen in het object. Voorbeeld is de schuif van een kering zoals bij de "Stormvloedkering Hollandse IJssel" en "Hartelkering" ervan uitgaande dat via hijskabels en contact met de torens geen overdracht kan plaatsvinden.



Standaard wordt voor deze parameter de waarde 500 meter gebruikt. Indien de waarde 0 meter wordt gebruikt, dan moet worden onderbouwd waarom dit acceptabel is.

#### 2.5.3 *Locatiefactor ( $C_D$ )*

Bepaal de locatiefactor  $C_D$  op basis van Tabel 19. Beschouw een gebied rond het object met een straal van ongeveer driemaal de hoogte ervan. Zorg dat de situatie is aangegeven op de plattegrond uit §Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. en verwijs hiernaar ter onderbouwing.



Relatieve locatie	$C_D$
Omgeven door hogere objecten of bomen	0,25
Omgeven door objecten of bomen van dezelfde hoogte of kleiner	0,5
Geïsoleerd, geen andere objecten in de omgeving	1
Geïsoleerd, op een heuvel of berg	2

**Tabel 19: Locatiefactor  $C_D$**

#### 2.5.4 *Maaswijdte op gebouwgrens ( $w_{m1}$ )*

Vul de maaswijdte  $w_{m1}$  van de maasvormige ruimtelijke afscherming van de buitenzijde van het gebouw in (in meters). Dit is een rooster van vangleidingen over het dak (en zo nodig langs het bovenste deel van de buitenmuur) van het object. Neem bij een rechthoekig rooster conservatief de lengte van de langste zijde als maaswijdte. Per bliksembeveiligingsklasse geldt een bepaalde maximum maaswijdte, de maaswijdte moet dus bekend zijn aangezien we ervan uitgaan dat het beveiligingssysteem gecertificeerd is. Zo nodig kan een expert worden gevraagd de maaswijdte te achterhalen. De maximale waarden van de maaswijdte per beveiligingsklasse zijn gegeven in Tabel 20. Het is ook mogelijk om conservatief de maximale waarde van de factor van de afscherming te kiezen, zie §2.5.5.

LPL	Maximale maaswijdte $w_{m1}$ [m]
I	5 x 5
II	10 x 10
III	15 x 15
IV	20 x 20

**Tabel 20: Relatie beveiligingsklasse en maaswijdte (bron: Tabel 6.1.3b van [3])**

#### 2.5.5

##### *Afscherming op gebouwgrens ( $K_{S1}$ )*

Via de factor  $K_{S1}$  wordt de effectiviteit van de afscherming op de gebouwgrens in rekening gebracht. Bepaal  $K_{S1}$  op basis van Vergelijking (5).

$$K_{S1} = 0.12 \cdot w_{m1} \quad (4)$$

NORM

formule  
B.5

Hierin is:

- $w_{m1}$  Maaswijdte [m] op de gebouwgrens zoals bepaald in §2.5.4;
- $K_{S1} \leq 1$  Deze factor wordt in §2.5.14 gebruikt om de kans op uitval van systemen te bepalen. Deze kan niet groter zijn dan 1, daarom geldt een maximale waarde van  $K_{S1}$  van 1.

#### 2.5.6

##### *Maaswijdte binnen object ( $w_{m2}$ )*

Vul de maaswijdte  $w_{m2}$  van de maasvormige ruimtelijke afscherming aan de binnenzijde van het gebouw in. Hiervoor kan gebruik gemaakt zijn van onderling verbonden reeds aanwezige metalen componenten van het object (bijv. wapeningsstaven in beton, metalen frames en metalen dragers). Hiervoor geldt ook dat de maaswijdte bekend moet zijn aangezien we ervan uitgaan dat het beveiligingssysteem gecertificeerd is. Zo nodig kan een expert worden gevraagd de maaswijdte te achterhalen of de maximum waarde behorend bij de bliksembeveiligingsklasse te kiezen (zie Tabel 20). Het is ook mogelijk om conservatief de maximale waarde van de factor van de afscherming te kiezen, zie §2.5.5.



Indien de maaswijdte niet overal gelijk is neem dan (conservatief) de grootste afstand. Indien een kleinere afstand gehanteerd wordt dient onderbouwd te worden waarom dit acceptabel is.

#### 2.5.7

##### *Afscherming binnen object ( $K_{S2}$ )*

Via de factor  $K_{S2}$  wordt de effectiviteit van de afscherming binnen het object in rekening gebracht. Bepaal  $K_{S2}$  op basis van Vergelijking (6).



$$K_{S2} = 0.12 \cdot w_{m2} \quad (5)$$

Hierin is:

- $w_{m2}$  Maaswijdte [m] binnen het object zoals bepaald in §2.5.6.
- $K_{S2} \leq 1$  Deze factor wordt in §2.5.14 gebruikt om de kans op uitval van systemen te bepalen. Deze kan niet groter zijn dan 1, daarom geldt een maximale waarde van  $K_{S2}$  van 1.

### 2.5.8

#### Type interne bekabeling ( $K_{S3}$ )

Factor  $K_{S3}$  betreft kenmerken van de interne bekabeling. Bepaal  $K_{S3}$  op basis van Tabel 21, voor alle interne kabels die verbonden zijn met het object.



Type interne bekabeling		$K_{S3}$
Niet afgeschermd kabel	geen voorzorgsmaatregelen om lussen te voorkomen <sup>1</sup> .	1
	wel voorzorgsmaatregelen om grote lussen te voorkomen <sup>2</sup> .	0,2
	wel voorzorgsmaatregelen om lussen te voorkomen <sup>3</sup> .	0,01
Afgeschermd kabel en kabel in metalen kabelkanaal <sup>4</sup> .		0,0001
<sup>1</sup> Inductielussen met verschillende kabelloop in grote gebouwen (lusoppervlak in de orde van 50 m <sup>2</sup> ). <sup>2</sup> Inductielussen met kabelloop in dezelfde koker of inductielussen met verschillende kabelloop in kleine gebouwen (lusoppervlak in de orde van 10 m <sup>2</sup> ). <sup>3</sup> Inductielussen met kabelloop in dezelfde kabel (lusoppervlak in de orde van 0,5 m <sup>2</sup> ). <sup>4</sup> Kabelafscherming en metalen kabelkanaal aan beide zijden verbonden met een potentiaalvereffeningsrail en object is verbonden met dezelfde rail.		

**Tabel 21: Factor  $K_{S3}$  op basis van type interne bekabeling**

### 2.5.9

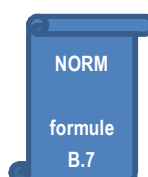
#### Stootspanningsvastheid ( $U_W$ )

Geef de stootspanningsvastheid  $U_W$  in kV van alle interne kabels die verbonden zijn met het object en van alle aangesloten apparatuur. Dit is een ontwerpwaarde die door de fabrikant wordt toegekend. Het geeft de maximale spanningspiek (veroorzaakt door een blikseminslag) aan waartegen het systeem beschermd is (zie ook §2.4.7).

### 2.5.10

#### Kabelweerstand ( $K_{S4}$ )

Bereken de isolatiewaarde  $K_{S4}$  op basis van de stootspanningsvastheid  $U_W$  volgens Vergelijking (7).  $U_W$  is gegeven voor alle interne kabels en alle aangesloten apparatuur.  $K_{S4}$  wordt bepaald voor elke interne kabel, waarbij de  $U_W$  van de zwakste schakel gebruikt wordt. Dat wil zeggen dat van  $U_W$  van de interne kabel zelf, of van de aangesloten installatie, de kleinste (en dus meest conservatieve) waarde wordt gekozen.



$$K_{S4} = \frac{1}{U_W} \quad (6)$$

Hierin is

- $U_W$  Stootspanningsvastheid in [kV], zie §2.5.9;
- $K_{S4} \leq 1$  Deze factor wordt in §2.5.14 gebruikt om de kans op uitval van systemen te bepalen. Deze kan niet groter zijn dan 1, daarom geldt een maximale waarde van  $K_{S4}$  van 1.

### 2.5.11 *Kans op fysieke schade bij directe inslag in object ( $P_B$ )*

De kans op fysieke schade bij directe inslag,  $P_B$ , is afhankelijk van de genomen bliksembeveiligingsmaatregelen en wordt bepaald op basis van Tabel 22. Als de kans niet direct wordt afgeleid van de bliksembeveiligingsklasse (dat wil zeggen  $P_B < 0,02$ ) moeten in de onderbouwing van deze keuze de betreffende eigenschappen van het object worden aangetoond.

NORM

tabel  
B.2

Eigenschappen van het object	Klasse bliksembeveiligingsinstallatie	$P_B$
Geen bliksembeveiligingsinstallatie	-	1
Object beveiligd met bliksembeveiligingsinstallatie	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
"Object met een opvanginrichting volgens beveiligingsklasse I en een ononderbroken metalen of gewapend betonnen raamwerk dat dienst doet als natuurlijk systeem van afgaande leidingen."		0,01
"Object met een metalen dak of een opvanginrichting, die mogelijk natuurlijke componenten bevat, met volledige bescherming van elke dakinstallatie tegen directe blikseminslag en een ononderbroken metalen of gewapend betonnen raamwerk dat dienst doet als natuurlijk systeem van afgaande leidingen."		0,001

**Tabel 22: Kans op fysieke schade bij directe inslag**

### 2.5.12 *Kans op schade afhankelijk van de bouwconstructie ( $p_2$ )*

De kans  $p_2$  heeft betrekking op zowel schade aan gebouw en constructie als op schade ten gevolge van brand. Deze kans dient uit onderstaand overzicht bepaald te worden.

Soort bouw	$p_2$
Staalskelet met gekoppelde metalen wanden en dak	0,1
Staalskelet (kolommen en liggers gekoppeld)	0,4
Wanden en dak van niet-doorgelast gewapend-betonskelet	0,5
Steen of metselwerk	0,7
Hout	0,9
Elk gebouw met riet of stro als dakbedekking	1,0

**Tabel 23: Kans  $p_2$  als functie van het soort bouw (bron: §5.6.2.10 van [3])**

### 2.5.13 *Kans op uitval van systemen bij directe inslag in object ( $P_C$ )*

De kans op uitval van systemen bij directe inslag ( $P_C$ ) is gelijk aan:

NORM

formule  
B.2

$$P_C = P_{SPD} \cdot C_{LD} \quad (7)$$

De  $P_{SPD}$ -waarde kan via Tabel 15 op blz. 21 worden bepaald.

De waarde van  $C_{LD}$  is afhankelijk van afscherming, aarding en isolatiecondities van de interne kabels van het object. Waarden voor  $C_{LD}$  kunnen bepaald worden aan de hand van Tabel 14 op blz. 20.



Bij de bepaling van  $P_c$  hebben de  $C_{LD}$ -waarden in Tabel 14 betrekking op afgeschermd interne systemen. Voor niet-afgeschermd interne systemen dient  $C_{LD} = 1$  te worden aangenomen.



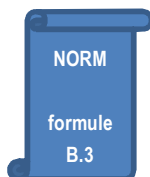
Indien er verschillende SPD's gebruikt worden voor de verschillende kabels of kabels liggen afwisselend wel en niet in metalen geaarde goten (dat wil zeggen: er zijn kabels met verschillende  $C_{LD}$ ), zal voor elke interne kabel apart  $P_c$  bepaald moeten worden.

De kans op uitval  $P_c$  wordt dus bepaald voor alle systemen aanwezig in het object, per interne kabel waarop het betreffende systeem is aangesloten (voor zover de systemen relevant zijn voor de beschikbaarheid van het complex).

#### 2.5.14

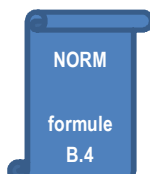
##### *Kans op uitval van systemen bij indirecte inslag nabij object ( $P_M$ )*

De kans op uitval van systemen bij indirecte inslag nabij het object wordt bepaald aan de hand van Vergelijking (9):



$$P_M = P_{SPD} \cdot P_{MS} \quad (8)$$

Hierbij wordt  $P_{MS}$  bepaald op basis van de factoren  $K_{S1}$ ,  $K_{S2}$ ,  $K_{S3}$  en  $K_{S4}$  (zie respectievelijk §2.5.5, §2.5.7, §2.5.8 en §2.5.10) volgens onderstaande vergelijking:



$$P_{MS} = (K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_{S3} \cdot K_{S4})^2 \quad (9)$$



De parameters  $K_{S3}$  en  $K_{S4}$  worden bepaald voor alle interne kabels. De kans op uitval  $P_M$  wordt daarom bepaald voor alle systemen aanwezig in het object per interne kabel waarop het betreffende systeem is aangesloten (voor zover de systemen relevant zijn voor de beschikbaarheid van het complex).

#### 2.5.15

##### *Samenvatting objectgegevens*



Leg alle parameters voor ieder object vast, bijvoorbeeld in een tabel zoals Tabel 24. Gebruik voor de traceerbaarheid de code die is vastgelegd conform §Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.. Een aantal parameters moet voor alle relevante systemen binnen een object en de bijbehorende interne kabels worden ingevuld, dit kan bijvoorbeeld in tabellen zoals Tabel 25.

Objectgegevens				
Code object	BG			
Naam object	Bediengebouw			
parameter	symbool	eenheid	waarde	onderbouwing
Lengte	L	m		
Breedte	W	m		
Hoogte	H	m		
Inslagzone	D <sub>M</sub>	m		
Locatiefactor	C <sub>D</sub>	-		
Maaswijdte op gebouwgrens	w <sub>m1</sub>	m		
Afscherming op gebouwgrens	K <sub>S1</sub>	-		
Maaswijdte binnen object	w <sub>m2</sub>	m		
Afscherming binnen object	K <sub>S2</sub>	-		
Kans op fysieke schade bij directe inslag	P <sub>B</sub>	-		
Kans op schade afhankelijk van de bouwconstructie	p <sub>2</sub>	-		
Relevante installaties van het object:				
Beschrijving systeem			Interne kabels	
Bediensysteem			Voedingskabel Data-aansluiting	

**Tabel 24: Objectgegevens**

Gegevens per interne kabel				
Code object	BG			
Naam object	Bediengebouw			
Beschrijving systeem	Bediensysteem			
Beschrijving interne kabel aangesloten op het systeem	Voedingskabel bediensysteem			
parameter	symbool	eenheid	waarde	onderbouwing
Type interne bekabeling	$K_{S3}$	-		
Stootspanningsvastheid systeem	$U_W$	kV		
Stootspanningsvastheid kabel	$U_W$	kV		
Kabelweerstand (o.b.v. min. $U_W$ )	$K_{S4}$	-		
Kans op falen overspanningsbeveiliging	$P_{SPD}$	-		
Correctiefactor afscherming interne kabel	$C_{LD}$	-		
Kans op uitval systeem bij directe inslag	$P_C$	-		
Kans op uitval systeem bij indirecte inslag nabij het object	$P_M$	-		

**Tabel 25: Systeemgegevens per interne kabel**

### 3 Rekenmethode

Dit hoofdstuk bevat de voorgeschreven rekenmethode om de niet-beschikbaarheid te berekenen van het complex, de objecten en installaties ten gevolge van blikseminslag.

Basis voor de rekenmethode wordt gevormd door de parameters zoals bepaald in Hoofdstuk **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**

In de eerste stap van de rekenmethode wordt de schadefrequentie (R) berekend. De algemene basisvergelijking hiervoor is:

$$R = N \cdot P \quad (10)$$

Hierin is:

- R Schadefrequentie (kans op schade per jaar);
- N Gemiddeld aantal inslagen per jaar;
- P Kans op schade gegeven een inslag.

Vervolgens wordt de niet-beschikbaarheid berekend. De algemene basisformule hiervoor is:

$$Q = \lambda \cdot MTTR \quad (11)$$

Hierin is:

- Q Niet-beschikbaarheid (-);
- $\lambda$  Faalfrequentie (-/uur);
- MTTR Hersteltijd (uur).

De faalfrequentie ( $\lambda$ ) is de frequentie dat de ongewenste gebeurtenis optreedt. In deze analyse is de ongewenste gebeurtenis 'het optreden van schade als gevolg van bliksem'. De faalfrequentie is hier dus hetzelfde als de schadefrequentie als gevolg van blikseminslag.



Let op dat in Vergelijking (11) de schadefrequentie per jaar wordt berekend en Vergelijking (12) uitgaat van een tijdseenheid in uren. De tijdseenheid kan vrij gekozen worden, zolang de eenheden binnen de vergelijking op elkaar aansluiten en de gebruikte tijdseenheid consistent is met de rest van de bliksemanalyse en de overkoepelende risicoanalyse.

De basisformules in Vergelijking (11) en (12) worden beschouwd voor twee vormen van schade en vier vormen van blikseminslag (zie ook §1.5), te weten:

- Schadevorm D2: Fysieke schade
- Schadevorm D3: Uitval van systemen
- Inslagtype S1: Directe inslag in een object
- Inslagtype S2: Indirecte inslag nabij een object
- Inslagtype S3: Directe inslag in een kabel
- Inslagtype S4: Indirecte inslag nabij een kabel

Bij indirecte inslag treedt geen fysieke schade op, maar het kan wel systeemuitval tot gevolg hebben. Daarom zijn er 6 combinaties van schadevorm en inslagtype

waarvoor de schade frequentie en niet-beschikbaarheid worden berekend: D2-S1, D2-S3, D3-S1, D3-S2, D3-S3 en D3-S4. In de volgende paragrafen wordt de berekening in detail besproken en toegepast.

### 3.1 Schadefrequentie (R)

Uitgaande van de verschillende inslagtypes en de voor deze handleiding relevante schadevormen (zie §Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.) hebben we in onderstaand overzicht alle formules voor de schade frequentie R bij elkaar gezet (zie de basisformule in Vergelijking (11)).

	Inslagtype			
Schadevorm	S1 In een object	S2 Nabij een object	S3 In een kabel	S4 Nabij een kabel
D2 Fysieke schade	$R_B = N_D \cdot P_B \cdot p_2$		$R_V = N_L \cdot P_V$	
D3 Uitval van systemen	$R_C = N_D \cdot P_C$	$R_M = N_M \cdot P_M$	$R_W = N_L \cdot P_W$	$R_Z = N_I \cdot P_Z$

**Tabel 26: Algemene formules schadefrequenties R**

Hierin is:

- $R_B, R_V, R_C, R_M, R_W, R_Z$  Schadefrequentie [-/jaar];
- $N_D, N_M, N_L, N_I$  Inslagfrequentie [-/jaar];
- $P_B, P_V, P_C, P_M, P_W, P_Z$  Kans op schade gegeven een inslag;
- $p_2$  Kans op schade afhankelijk van de bouwconstructie.

Merk op dat:

- de invloed van de bouwconstructie  $p_2$  in de algemene formules geïntegreerd is;
- de kans op schade voor iedere combinatie van schade (D2, D3) en inslag (S1 t/m S4) verschillend is en er daarmee 6 schadekansen ( $P_B, P_V, P_C, P_M, P_W, P_Z$ ) zijn;
- de inslagfrequentie niet afhankelijk is van de schadevorm (D2, D3) maar alleen van het inslagtype (S1 t/m S4) en er daarmee vier inslagfrequenties ( $N_D, N_M, N_L, N_I$ ) zijn.

De variabelen N en P worden bepaald aan de hand van de eigenschappen van de objecten, kabels en locatie. Om deze te kunnen bepalen moet een groot aantal eigenschappen van de gebouwen en installaties worden bepaald en vastgelegd. In Hoofdstuk **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn alle gegevens verzameld om de hier genoemde formules in te kunnen vullen. In de navolgende berekeningen wordt aangegeven waar in Hoofdstuk **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** deze gegevens terug te vinden zijn.

De inslagfrequentie (N) dient uit de gebieds- en objectgegevens berekend te worden. Deze berekening wordt in navolgende paragrafen toegelicht. De kans (P) dat een inslag tot schade leidt wordt bepaald door de eigenschappen van de installatie(s) en volgt direct uit de gegevens zoals deze in Hoofdstuk **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn vastgelegd.

#### 3.1.1 Inslagfrequenties (N)

In deze paragraaf wordt de inslagfrequentie beschreven. Voor de berekening wordt onderscheid gemaakt tussen de vier inslagtypes (S1 t/m S4). De algemene basisformule voor de inslagfrequentie is:

$$N = N_G \cdot A \cdot C \cdot 10^{-6} \quad (12)$$

Hierin is:

- $N_G$  Inslagen per jaar in het gebied [-/km<sup>2</sup>], zie Tabel 4;
- $A$  Collectieve oppervlakte voor de inslag [m<sup>2</sup>];
- $C$  Correctiefactor op basis van locatie [-].



Aangezien de collectieve oppervlakte ( $A$ ) in vierkante meters wordt berekend en het verwachte aantal inslagen in het gebied in vierkante kilometers is gegeven dient hiervoor gecorrigeerd te worden. Hiertoe wordt in de formule met  $10^{-6}$  vermenigvuldigd.

De collectieve oppervlakte van alle objecten en kabels dient bepaald te worden voor zowel directe als nabije inslag (dat wil zeggen inslagtype S1 t/m S4). Hierdoor zijn er vier oppervlakten te bepalen:

- $A_D$  collectieve oppervlakte voor directe inslag in object (S1) [m<sup>2</sup>];
- $A_M$  collectieve oppervlakte voor indirecte inslag nabij object (S2) [m<sup>2</sup>];
- $A_L$  collectieve oppervlakte voor directe inslag in kabel (S3) [m<sup>2</sup>];
- $A_I$  collectieve oppervlakte voor indirecte inslag nabij kabel (S4) [m<sup>2</sup>].

In §3.1.1.1 wordt de oppervlakte voor directe en indirecte inslag in een object bepaald ( $A_D$  en  $A_M$ ). In §3.1.1.2 wordt de oppervlakte voor directe en indirecte inslag in een kabel bepaald ( $A_L$  en  $A_I$ ).

Op basis van de verzamelde informatie en de collectieve oppervlakten kan de verwachte inslagfrequentie (het gemiddeld aantal inslagen per jaar) worden berekend. Op basis van de algemene formule (Vergelijking (13)) wordt voor ieder inslagtype (S1 t/m S4) de inslagfrequentie bepaald. De afzonderlijke inslagfrequenties worden als volgt aangeduid:

- $N_D$  frequentie directe inslag in een object (S1) [-/jaar];
- $N_M$  frequentie indirecte inslag nabij een object (S2) [-/jaar];
- $N_L$  frequentie directe inslag in een kabel (S3) [-/jaar];
- $N_I$  frequentie indirecte inslag nabij een kabel (S4) [-/jaar].

In §3.1.1.3 wordt de inslagfrequentie voor directe en indirecte inslag in een object bepaald ( $N_D$ ,  $N_M$ ). In §3.1.1.4 wordt de inslagfrequentie voor directe en indirecte inslag in een kabel bepaald ( $N_L$ ,  $N_I$ ).

#### 3.1.1.1.

Collectieve oppervlakten voor objecten

Voor *directe inslag* in een object (inslagtype S1) dient de oppervlakte  $A_D$  berekend te worden aan de hand van de formule in Vergelijking (14).

$$A_D = L \cdot W + 2 \cdot (3 \cdot H) \cdot (L + W) + \pi \cdot (3 \cdot H)^2 \quad (13)$$

NORM

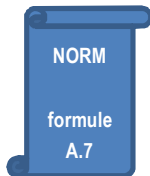
formule  
A.2

Hierin is:

- $A_D$  Collectieve oppervlak voor directe inslag in een object (S1) [m<sup>2</sup>];
- $L$  Lengte van het object [m] (zie §2.5.1);
- $W$  Breedte van het object [m] (zie §2.5.1);
- $H$  Hoogte van het object [m] (zie §2.5.1).



Voor *indirecte inslag* nabij het object (inslagtype S2) dient oppervlakte  $A_M$  berekend te worden aan de hand van de formule in Vergelijking (15).



$$A_M = 2 \cdot D_M \cdot (L + W) + \pi \cdot D_M^2 \quad (14)$$

Hierin is:

- $A_M$  Collectieve oppervlakte voor indirecte inslag nabij een object (S2) [ $m^2$ ];
- $L$  Lengte van het object [ $m$ ] (zie §2.5.1);
- $W$  Breedte van het object [ $m$ ] (zie §2.5.1);
- $D_M$  Inslagzone [ $m$ ] (zie §2.5.2).

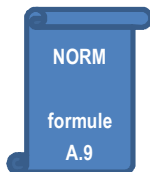


Bepaal de collectieve oppervlakten  $A_D$  en  $A_M$  voor ieder object en leg de resultaten vast in een tabel conform het voorbeeld zoals opgenomen in Tabel 37 van §4.9.

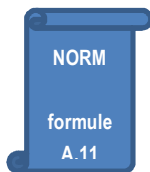
#### 3.1.1.2.

Collectieve oppervlakten voor kabels

Voor kabels wordt voor de oppervlaktebepaling onderscheid gemaakt tussen directe en indirecte inslag (inslagtype S3 en S4), zie Vergelijking (16) en (17).



$$A_L = 40 \cdot L_L \quad (15)$$



$$A_I = 4000 \cdot L_L \quad (16)$$

Hierin is:

- $A_L$  Het collectieve oppervlak voor directe inslag in een kabel (S3) [ $m^2$ ];
- $A_I$  Het collectieve oppervlak voor indirecte inslag nabij een kabel (S4) [ $m^2$ ];
- $L_L$  Lengte van de kabel [ $m$ ] (zie §**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).



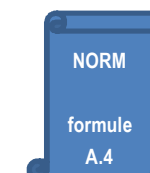
Bepaal de collectieve oppervlakten  $A_L$  en  $A_I$  voor iedere kabel en leg de resultaten vast in een tabel conform het voorbeeld zoals opgenomen in Tabel 38 van §4.9.

#### 3.1.1.3.

Inslagfrequentie objecten

Voor de objecten wordt gebruik gemaakt van de inslagoppervlakten  $A_D$  en  $A_M$ .

Samen met de locatiefactor  $C_D$  wordt hieruit de verwachte inslagfrequentie bepaald volgens de relaties in Vergelijking (18) en Vergelijking (19):



$$N_D = N_G \cdot A_D \cdot C_D \cdot 10^{-6} \quad (17)$$

Hierin is:

- $N_D$  Verwachte aantal directe inslagen in een object (S1) [-/jaar];
- $N_G$  Verwachte aantal inslagen in gebied [-/jaar] (zie Tabel 4);
- $A_D$  Collectief oppervlak directe inslag object (S1) [ $m^2$ ] (zie §3.1.1.1, Vergelijking (14));
- $C_D$  Locatiefactor [-] (zie §2.5.3).

$$N_M = N_G \cdot A_M \cdot 10^{-6} \quad (18)$$

Hierin is:

- $N_M$  Verwachte aantal indirecte inslagen nabij een object (S2) [-/jaar];
- $N_G$  Verwachte aantal inslagen in gebied [-/jaar] (zie Tabel 4);
- $A_M$  Collectief oppervlak indirecte inslag object (S2) [ $m^2$ ] (zie §3.1.1.1, Vergelijking (15)).



Bepaal de verwachte inslagfrequenties  $N_D$  en  $N_M$  voor ieder object en leg de resultaten vast in een tabel conform het voorbeeld zoals opgenomen in Tabel 37 van §4.9.

#### 3.1.1.4.

##### Inslagfrequentie kabels

Voor de kabels wordt gebruik gemaakt van de inslagoppervlakten  $A_L$  en  $A_I$ .

Onderstaande vergelijkingen geven de verwachte inslagfrequentie als functie van de oppervlakte en de correctiefactoren  $C_I$ ,  $C_E$  en  $C_T$ .

NORM

formule  
A.8

$$N_L = N_G \cdot A_L \cdot C_I \cdot C_E \cdot C_T \cdot 10^{-6} \quad (19)$$

Hierin is:

- $N_L$  Verwachte aantal directe inslagen in een kabel (S3) [-/jaar];
- $N_G$  Verwachte aantal inslagen in gebied [-/jaar] (zie Tabel 4);
- $A_L$  Collectief oppervlak directe inslag kabel (S3) [ $m^2$ ] (zie §3.1.1.2);
- $C_I$  Reductiefactor installatie (zie §2.4.3);
- $C_E$  Reductiefactor omgeving (zie §2.4.5);
- $C_T$  Reductiefactor transformator (zie §2.4.4).

NORM

formule  
A.10

$$N_I = N_G \cdot A_I \cdot C_I \cdot C_E \cdot C_T \cdot 10^{-6} \quad (20)$$

Hierin is:

- $N_I$  Verwachte aantal indirecte inslagen nabij een kabel (S4) [-/jaar];
- $N_G$  Verwachte aantal inslagen in gebied [-/jaar] (zie Tabel 4);
- $A_I$  Collectief oppervlak indirecte inslag nabij kabel (S4) [ $m^2$ ] (zie §3.1.1.2);
- $C_I$  Reductiefactor installatie (zie §2.4.3);
- $C_E$  Reductiefactor omgeving (zie §2.4.5);
- $C_T$  Reductiefactor transformator (zie §2.4.4).



Bepaal de verwachte inslagfrequenties  $N_L$  en  $N_I$  voor iedere kabel en leg de resultaten vast in een tabel conform het voorbeeld zoals opgenomen in Tabel 38 van §4.9.

#### 3.1.2

##### Frequentie fysieke schade (D2)

Op basis van de verzamelde en berekende data kunnen de formules van de frequenties van fysieke schade (schadevorm D2, zie Tabel 26 in §3.1) worden ingevuld. Fysieke schade treedt alleen op bij directe blikseminslag, dat wil zeggen inslagtype S1 en S3:

- $R_B$  frequentie fysieke schade door directe inslag in een object (S1);
- $R_V$  frequentie fysieke schade door directe inslag in een kabel (S3);

#### 3.1.2.1.

##### Frequentie fysieke schade door directe inslag object (D2- S1)

De verwachte frequentie van fysieke schade door directe inslag in een object wordt gegeven door de relatie in Vergelijking (22).

$$R_B = N_D \cdot P_B \cdot p_2 \quad (21)$$

Hierin is:

- $N_D$  Verwachte aantal directe inslagen in het object (S1) [-/jaar] (zie §3.1.1.3);
- $P_B$  Kans op fysieke schade bij directe inslag object (S1) (zie §2.5.11);
- $p_2$  Kans op schade afhankelijk van de bouwconstructie (zie §2.5.12).



Bepaal de verwachte schadefrequentie  $R_B$  voor ieder object en leg de resultaten vast in een tabel conform het voorbeeld zoals opgenomen in Tabel 37 van §4.9.

#### 3.1.2.2. Frequentie fysieke schade door directe inslag kabel (D2-S3)

De verwachte frequentie van fysieke schade door directe inslag in een kabel wordt gegeven door de relatie in Vergelijking (23):

$$R_v = N_L \cdot P_v \quad (22)$$

Hierin is:

- $N_L$  Verwachte aantal directe inslagen in de kabel (S3) [-/jaar] (zie §3.1.1.4);
- $P_v$  Kans op fysieke schade bij directe inslag kabel (S3) (zie §2.4.8);



Bepaal de verwachte schadefrequentie  $R_v$  voor iedere kabel buiten een object en leg de resultaten vast in een tabel conform het voorbeeld zoals opgenomen in Tabel 38 van §4.9.

#### 3.1.3 Frequentie uitval van systemen (D3)

De frequentie van uitval van systemen (schadevorm D3) door de vier inslagtypen (S1 t/m S4) wordt vastgelegd met de resultaatparameter  $R$  (schadefrequentie):

- $R_C$  frequentie systeemuitval door directe inslag in het object (S1);
- $R_M$  frequentie systeemuitval door indirecte inslag nabij het object (S2);
- $R_W$  frequentie systeemuitval door directe inslag in een kabel (S3);
- $R_Z$  frequentie systeemuitval door indirecte inslag nabij een kabel (S4).

##### 3.1.3.1. Frequentie systeemuitval door directe inslag object (D3-S1)

De verwachte frequentie van uitval van systemen door directe inslag in een object wordt gegeven door de relatie in Vergelijking (24):

$$R_C = N_D \cdot P_C \quad (23)$$

Hierin is:

- $N_D$  Verwachte aantal directe inslagen in een object (S1) [-/jaar] (zie §3.1.1.3);
- $P_C$  Meest conservatieve kans op uitval van systemen bij directe inslag (S1) (zie §2.5.13).

##### 3.1.3.2. Frequentie systeemuitval door nabije inslag object (D3-S2)

De verwachte frequentie van uitval van systemen door indirecte inslag nabij een object wordt gegeven door de relatie in Vergelijking (25):

$$R_M = N_M \cdot P_M \quad (24)$$

Hierin is:

- $N_M$  Verwachte aantal indirecte inslagen nabij een object (S2) [-/jaar] (zie §3.1.1.3);
- $P_M$  Meest conservatieve kans op uitval van systemen bij indirecte inslag nabij object (S2) (zie §2.5.14).



De parameters  $P_C$  en  $P_M$  worden per interne kabel en installatie van een object apart bepaald. De kans op uitval wordt bepaald door de zwakste schakel in het geheel. Neem daarom van alle interne kabels die met de betreffende installatie verbonden zijn de grootste waarden van  $P_C$  en  $P_M$  en leg deze keuze traceerbaar vast. Er wordt dan één kans op uitval per (relevante) installatie in een object bepaald.



Bepaal de verwachte schadefrequenties  $R_C$  en  $R_M$  per systeem voor ieder object en leg de resultaten vast bijvoorbeeld in een tabel zoals opgenomen in Tabel 37 van §4.9.

- 3.1.3.3. Frequentie systeemuitval door directe inslag kabel (D3-S3)  
De verwachte frequentie van uitval van systemen door directe inslag in een kabel wordt gegeven door de relatie in Vergelijking (26):

$$R_W = N_L \cdot P_W \quad (25)$$

Hierin is:

- $N_L$  Verwachte aantal directe inslagen in een kabel (S3) [-/jaar] (zie §3.1.1.4);
- $P_W$  Kans op uitval van systemen bij directe inslag in kabel (S3) (zie §2.4.9.).

- 3.1.3.4. Frequentie systeemuitval door nabije inslag kabel (D3-S4)  
De verwachte frequentie van uitval van systemen door directe inslag in een kabel wordt gegeven door de relatie in Vergelijking (27):

$$R_Z = N_I \cdot P_Z \quad (26)$$

Hierin is:

- $N_I$  Verwachte aantal indirecte inslagen nabij een kabel (S4) [-/jaar] (zie §3.1.1.4);
- $P_Z$  Kans op uitval van systemen bij indirecte inslag nabij kabel (S4) (zie §2.4.10).

Bepaal de verwachte schadefrequenties  $R_W$  en  $R_Z$  voor iedere kabel en leg de resultaten vast in een tabel conform het voorbeeld zoals opgenomen in Tabel 38 van §4.9.



## 3.2 Berekening van de niet-beschikbaarheid

Op basis van de verkregen schadefrequenties is het mogelijk om de verwachte niet-beschikbaarheid te berekenen. Hiertoe dient per schade de tijd bepaald te worden dat het systeem niet kan worden gebruikt (verwachte hersteltijd, MTTR).

De verwachte hersteltijden van de verschillende schadevormen moeten specifiek per object worden ingeschat. Voeg altijd een onderbouwing toe van een dergelijke inschatting. Er zijn diverse factoren die een rol spelen. Is er sprake van zware schade inclusief versmolten leidingen of blijft de schade beperkt tot de elektrotechnische installatie? Zal de schade beperkt blijven door de aanwezigheid van blusmiddelen of brandalarm? Zijn er reservedelen (die niet tegelijk worden getroffen)? Wat is de levertijd van onderdelen en de tijd die nodig is om een gebouw weer te kunnen gebruiken? Houd rekening met de beschikbaarheid van het complex, dus beoordeel wanneer de functies van het complex weer operationeel zijn (eventueel via tijdelijke maatregelen zonder dat het getroffen gebouw volledig hersteld is).



Bepaal de totale te verwachten hersteltijd van fysieke schade aan het object en de te verwachten hersteltijd van storingen en schade aan elektrische en elektrotechnische systemen binnen het object en leg de resultaten vast in een tabel conform het voorbeeld zoals opgenomen in Tabel 39 van §4.10.

Omdat van een object de schadefrequentie apart wordt bepaald per installatie, moet ook de hersteltijd van uitval van de betreffende aangesloten apparatuur apart worden ingeschat.

De verwachte niet-beschikbaarheid kan per schadevorm worden bepaald door de gevonden schadefrequentie te vermenigvuldigen met de verwachte hersteltijd, volgens de basisformule in Vergelijking (12).



Let op dat de eenheid van de schadefrequenties  $R_B$ ,  $R_V$ ,  $R_C$ ,  $R_M$ ,  $R_W$  en  $R_Z$  [-/jaar] is. De hersteltijden worden vaak in uren uitgedrukt. Om een schadefrequentie uitgedrukt in [-/jaar] om te rekenen naar [-/uur] wordt deze gedeeld door 8760 uur (het aantal uren in een jaar). Afhankelijk van de eenheid van de MTTR moet op een andere manier worden omgerekend.

Voor een schadefrequentie per jaar en een hersteltijd in uren hebben we in het overzicht in Tabel 27 alle formules voor de niet-beschikbaarheid  $Q$  per schadevorm en inslagtype bij elkaar gezet (zie de basisformule in Vergelijking (12)).

	Inslagtype			
Schadevorm	S1 In een object	S2 Nabij een object	S3 In een kabel	S4 Nabij een kabel
D2 Fysieke schade	$Q_B = R_B/8760 \cdot MTTR_B$		$Q_M = R_M/8760 \cdot MTTR_M$	
D3 Uitval van systemen	$Q_C = R_C/8760 \cdot MTTR_C$	$Q_M = R_M/8760 \cdot MTTR_M$	$Q_W = R_W/8760 \cdot MTTR_W$	$Q_Z = R_Z/8760 \cdot MTTR_Z$

**Tabel 27: Algemene formules niet-beschikbaarheid Q**

Bepaal de verwachte niet-beschikbaarheid  $Q_B$ ,  $Q_C$  en  $Q_M$  voor ieder object (en daarbij voor  $Q_C$  en  $Q_M$  per installatie) en leg de resultaten vast in een tabel conform het voorbeeld zoals opgenomen in Tabel 40 van §4.11.



Bepaal de verwachte niet-beschikbaarheid  $Q_V$ ,  $Q_W$  en  $Q_Z$  voor iedere kabel en leg de resultaten vast in een tabel conform het voorbeeld zoals opgenomen in §4.11.

De niet-beschikbaarheden laten zich vervolgens sommeren, zowel per object als voor het gehele complex. De optelling van alle niet-beschikbaarheidsbijdragen geldt alleen als elke bijdrage onafhankelijk is en direct uitval van de functie van het object of complex betekent.



Bepaal de totale niet-beschikbaarheid door te sommeren conform het voorbeeld zoals opgenomen in §4.11.

## 4 Rapportage

Dit hoofdstuk beschrijft de aanbevolen rapportagevorm van de berekeningsresultaten en gehanteerde uitgangspunten voor de verschillende stappen van de methode (zie §**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Deze rapportage moet vooral bijdragen aan de aantoonbaarheid, transparantie en volledigheid van gemaakte keuzes, gebruikte methode en berekende resultaten. Een eventuele alternatieve vorm van rapportage moet tenminste dezelfde aspecten bevatten als de hieronder beschreven vorm.

De eindrapportage van een bliksemanalyse bestaat minimaal uit:

- Naam en organisatie persoon die de analyse gedaan heeft;
- Datum;
- Versie van de handleiding die gevolgd is;
- Gegevens uitgevoerde reviews;
- Referentiedocumenten;
- Naam complex;
- DISK-codering complex (het areaal van Rijkswaterstaat is opgenomen in het Data Informatie Systeem Kunstwerken (DISK) en elk complex wordt daarin met een unieke code aangeduid);
- Gebiedsgegevens;
- Plattegrond complex;
- Codering objecten en kabels;
- Complexgegevens;
- Kabelgegevens;
- Objectgegevens;
- Verzamelstaten;
- Berekeningsresultaten:
  - Collectieve oppervlakten;
  - Inslagfrequenties;
  - Schadefrequenties;
- Berekening verwachte niet-beschikbaarheid.

In de hierop volgende paragrafen zijn voorbeelden gegeven met betrekking tot bovengenoemde indeling van een mogelijke rapportage.

### 4.1 Referentiedocumenten

Neem een lijst op van alle ontwerpdocumenten waar informatie uit benodigd is voor de analyse. Voorzie deze van een documentnummer met datum en versie-informatie (zie §**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

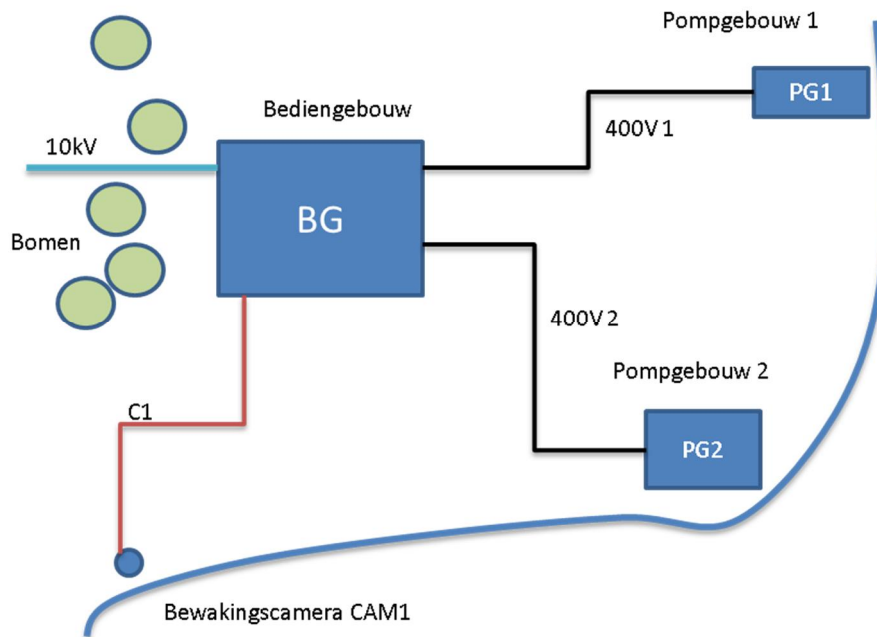
### 4.2 Gebiedsgegevens

Voeg de gebiedsgegevens van het betreffende complex toe, bijvoorbeeld zoals in Tabel 28 (zie §**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

Gebiedsgegevens			
parameter	symbool	eenheid	waarde
Locatie			Capelle a/d IJssel
Onweersdagen per jaar (gemiddeld)	$T_D$	-/jaar	32
Inslagen per km <sup>2</sup> per jaar (gemiddeld)	$N_G$	-/km <sup>2</sup> ·jaar	3,04

**Tabel 28: Voorbeeld gebiedsgegevens (situatie Capelle a/d IJssel).****4.3****Plattegrond van het complex**

Stel een plattegrond van het complex op met daarop alle relevante gebouwen en kabels inclusief codering, en omgevingsfactoren, bijvoorbeeld zoals in Figuur 7 (zie §Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.).

**Figuur 7: Voorbeeld plattegrond complex****4.4****Codering objecten en kabels**

Alle relevante objecten en kabels uit de plattegrond dienen in een overzicht te worden gepresenteerd. In dit overzicht worden codes aan de objecten en kabels toegekend die in de rest van de analyse gehanteerd worden (zie §Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.). Zie voor een voorbeeld Tabel 29.



Complex	[Referentie plattegrond]
Gebouwen / objecten	
Code	Naam of korte omschrijving
BG	Bedieningsgebouw
PG1	Pompgebouw 1
PG2	Pompgebouw 2
CAM1	Bewakingscamera 1
Kabels	
Code	Naam of korte omschrijving
400V	Distributiekabel 400V
10kV	Hoofdvoedingskabel
C1	Coaxkabel naar camera 1

**Tabel 29: Voorbeeld coderingen****4.5****Complexgegevens**

Neem alle relevante algemene gegevens van het complex op, waaronder tenminste het bliksembeveiligingsniveau LPL (zie §**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**), bijvoorbeeld in een tabel zoals Tabel 30.

parameter	symbool	waarde	Onderbouwing
Naam complex	-	Prinses Irenesluis (oude sluis)	-
Locatie complex	-	Amsterdam- Rijnkanaal bij Wijk bij Duurstede	-
DISK-codering complex	-	39B-002-02	Code uit Data Informatie Systeem Kunstwerken (DISK) van Rijkswaterstaat
Beheerder complex	-	Rijkswaterstaat Midden Nederland	-
Functie complex	-	Schutten, keren en spuien	-
Bliksembeveiligingsniveau	LPL	IV	[certificaat bliksembev.inst.]

**Tabel 30: Voorbeeld complexgegevens****4.6****Kabelgegevens**

Voor alle externe kabels wordt een aantal basisgegevens verzameld. Daarbij moet een motivatie en/of verwijzing gegeven worden van de waarde van de parameter. Bij verwijzingen naar documentatie moet de vindplaats duidelijk worden vastgelegd (zie §2.4.11). De gegevens kunnen worden vastgelegd in een tabel zoals Tabel 31.



Voor Tabel 31 geldt dat deze voor iedere kabel één keer wordt ingevuld als de kabel met één object op het complex gekoppeld is, en twee keer wordt ingevuld als de kabel met twee objecten gekoppeld is. Alle gegevens dienen in de rapportage te worden opgenomen, bijvoorbeeld als bijlage, ter onderbouwing van de gemaakte keuzes.

Kabelgegevens				
Code	10kV			
Naam of korte omschrijving	Hoofdvoeding			
Koppeling met object	BG			
parameter	symbool	eenheid	waarde	onderbouwing
Lengte	$L_L$	m	100	[TEK-9-5-665 rev a1]
Reductiefactor installatie	$C_I$	-	0,01	Ondergronds onder aardingsnet
Reductiefactor transformator	$C_T$	-	0,2	Transformator aanwezig
Reductiefactor omgeving	$C_E$	-	0,5	Voorstad
Afschermingsweerstand	$R_S$	$\Omega/\text{km}$	10	...
Stootspanningsvastheid	$U_W$	kV	1,5	...
Kans op falen van de bliksembeveiligingspotentiaalvereffening	$P_{EB}$	-	0,01	LPL niveau I
Doorslagkans directe inslag	$P_{LD}$	-	1	$U_W = 1.5\text{kV}$ , $R_S = 10 \Omega/\text{km}$
Correctiefactor directe inslag in kabel	$C_{LD}$	-	1	Ondergronds afgeschermd
Kans op fysieke schade bij directe inslag in kabel	$P_V$	-	0,01	Op basis van Vergelijking (2) uit de handleiding
Kans op falen overspanningsbeveiliging	$P_{SPD}$	-	0,01	LPL niveau I
Kans op uitval van systemen bij directe inslag in kabel	$P_W$	-	0,01	Op basis van Vergelijking (3) uit de handleiding
Doorslagkans indirecte inslag	$P_{LI}$	-	0,6	$U_W = 1.5\text{kV}$
Correctiefactor indirecte inslag nabij kabel	$C_{LI}$	-	0,3	Ondergronds afgeschermd
Kans op uitval van systemen bij indirecte inslag nabij kabel	$P_Z$	-	0,006	Op basis van Vergelijking (4) uit de handleiding

**Tabel 31: Voorbeeld kabelgegevens**



De puntjes “...” geven waarden aan die nog ingevuld moeten worden.

## 4.7 Objectgegevens

Voor ieder object wordt een aantal basisgegevens verzameld. Daarbij moet een motivatie en/of verwijzing gegeven worden van de waarde van de parameter. Bij verwijzingen naar documentatie moet de vindplaats duidelijk worden vastgelegd (zie §2.5.15). De gegevens kunnen worden vastgelegd in tabellen zoals Tabel 32 en Tabel 33.



Voor Tabel 32 geldt dat deze net zo vaak wordt ingevuld als dat er objecten op het complex zijn. Tabel 33 wordt ingevuld voor elke interne kabel van alle relevante installaties van het object. Alle gegevens dienen in de rapportage te worden opgenomen (bijvoorbeeld als bijlage). Ze gelden ter onderbouwing van de gemaakte keuzes.

Objectgegevens				
Code	BG			
Naam	Bediengebouw			
parameter	symbool	eenheid	waarde	onderbouwing
Lengte	L	m	15	...
Breedte	W	m	15	...
Hoogte	H	m	15	...
Inslagzone	D	m	500	Object is verbonden met de grond
Locatiefactor	C <sub>D</sub>		0,25	Omgeven door hogere objecten of bomen
Maaswijdte op gebouwgrens	w <sub>m1</sub>	m	3,5	...
Afscherming op gebouwgrens	K <sub>S1</sub>	-	0,42	Op basis van Vergelijking (5) uit de handleiding
Maaswijdte binnen gebouw	w <sub>m2</sub>	m	0,5	...
Afscherming binnen object	K <sub>S2</sub>	-	0,06	Op basis van Vergelijking (2) uit de handleiding
Kans op fysieke schade bij directe inslag	P <sub>B</sub>	-	0,02	Object beschermd met bliksemafleiding, LPS klasse I
Kans op schade afhankelijk van de bouwconstructie	p <sub>2</sub>	-	0,7	Steen of metselwerk
Relevante installaties van het object:				
Beschrijving systeem			Interne kabels	
Bediensysteem			Voedingskabel Data-aansluiting	
...			...	

**Tabel 32: Voorbeeld objectgegevens**

Gegevens per interne kabel				
Code	BG			
Naam	Bediengebouw			
Beschrijving systeem	Bediensysteem			
Beschrijving interne kabel aangesloten op het systeem	Voedingskabel bediensysteem			
parameter	symbool	eenheid	waarde	onderbouwing
Type interne bekabeling	$K_{S3}$	-	1	...
Stootspanningsvastheid systeem	$U_W$	kV	1	...
Stootspanningsvastheid kabel	$U_W$	kV	1	...
Kabelweerstand (o.b.v. min. $U_W$ )	$K_{S4}$	-	1	...
Kans op falen overspanningsbeveiliging	$P_{SPD}$	-	0,01	LPL klasse I
Correctiefactor afscherming interne kabel	$C_{LD}$	-	1	...
Kans op uitval systeem bij directe inslag	$P_C$	-	0,01	Op basis van Vergelijking (8) uit de handleiding
Kans op uitval systeem bij indirecte inslag nabij het object	$P_M$	-	6,35E-06	Op basis van Vergelijking (9) uit de handleiding

**Tabel 33: Voorbeeld systeemgegevens per interne kabel**

## 4.8

### Verzamelstaten

Stel vervolgens van de kabels en objecten een overzicht op, gebaseerd op de gegevens in §4.6 en §4.7, bijvoorbeeld zoals in Tabel 34, Tabel 35 en Tabel 36. Dit dient als basis om de risicobeschouwingen en de berekeningen uit te voeren.

Kabeloverzicht							
Code kabel			10kV	400V1	400V1	400V2	...
Koppeling met object			BG	BG	PG1	BG	...
parameter	symbool	eenheid	waarde				
Lengte	$L_L$	m	1000	250	250	300	
Installatiefactor	$C_I$	-	0,01	...	...	...	
Reductiefactor transformator	$C_T$	-	0,2	1	...	...	
Omgevingsfactor	$C_E$	-	0,5	0,5	...	...	
Afschermingsweerstand	$R_S$	$\Omega/\text{km}$	10	...	...	...	
Stootspanningsvastheid	$U_W$	kV	1,5	...	...	...	
Kans op falen van de bliksembeveiligingspotentiaalvereffening	$P_{EB}$	-	0,01	...	...	...	
Doorslagkans directe inslag	$P_{LD}$	-	1	...	...	...	
Correctiefactor directe inslag in kabel	$C_{LD}$	-	1	...	...	...	
Kans op fysieke schade bij directe inslag in kabel	$P_V$	-	0,01	...	...	...	
Kans op falen overspanningsbeveiliging	$P_{SPD}$	-	0,01	...	...	...	
Kans op uitval van systemen bij directe inslag in kabel	$P_W$	-	0,01	...	...	...	
Doorslagkans indirecte inslag	$P_{LI}$	-	0,6	...	...	...	
Correctiefactor indirecte inslag nabij kabel	$C_{LI}$	-	0,3	...	...	...	
Kans op uitval van systemen bij indirecte inslag nabij kabel	$P_Z$	-	0,006	...	...	...	

**Tabel 34: Voorbeeld verzamelstaat kabels (getallen zijn slechts illustratief en nog aan te vullen)**

Objectenoverzicht							
Code object			BG	PG1	PG2	CAM1	
parameter	symbool	eenheid	waarde				
Lengte	$L$	m	15	3	3	0,2	
Breedte	$W$	m	15	3	3	0,2	
Hoogte	$H$	m	15	3	3	10	
Inslagzone	$D$	m	500	500	500	500	
Locatiefactor	$C_D$	-	0,25	...	...	...	
Maaswijdte op gebouwgrens	$w_{m1}$	m	3,5	...	...	n.v.t.	
Afscherming op gebouwgrens	$K_{S1}$	-	0,42	...	...	n.v.t.	
Maaswijdte binnen object	$w_{m2}$	m	0,5	...	...	n.v.t.	
Afscherming binnen object	$K_{S2}$	-	0,06	...	...	n.v.t.	
Kans op fysieke schade bij directe inslag	$P_B$	-	0,02	...	...	...	
Kans op schade afhankelijk van de bouwconstructie	$p_2$	-	0,7	...	...	n.v.t.	

**Tabel 35: Voorbeeld verzamelstaat objecten (getallen zijn slechts illustratief en nog aan te vullen)**

Systeemoverzicht per object							
Code object			BG				
Interne installatie			Bediensysteem	...			
Interne kabel naar installatie			LS	...	...	...	
parameter	symbool	eenheid	waarde				
Type interne bekabeling	$K_{S3}$	-	1	...	...	...	
Stootspanningsvastheid systeem	$U_W$	kV	1	...	...	...	
Stootspanningsvastheid kabel	$U_W$	kV	1	...	...	...	
Kabelweerstand (o.b.v. min. $U_W$ )	$K_{S4}$	-	1	...	...	...	
Kans op falen overspanningsbeveiliging	$P_{SPD}$	-	0,01	...	...	...	
Correctiefactor directe inslag in kabel	$C_{LD}$	-	1	...	...	...	
Kans op uitval van systeem bij directe inslag in het object	$P_C$	-	0,01	...	...	...	
Kans op uitval van systeem bij indirecte inslag nabij het object	$P_M$	-	6,35E-06	...	...	...	

**Tabel 36: Voorbeeld verzamelstaat systemen object (getallen zijn slechts illustratief en nog aan te vullen)**



Merk op dat van de camera (CAM1) niet alle parameters kunnen worden ingevuld zoals voor een gebouw. Een camera is een object en installatie in één. Fysieke schade aan het object komt daarom neer op uitval van het systeem. Met de parameters die worden ingevuld kan de kans op fysieke schade worden bepaald. Deze wordt vervolgens gecombineerd met de hersteltijd van de camera om de verwachte niet-beschikbaarheid te berekenen. De kans op uitval van (interne) systemen wordt voor camera's en soortgelijke objecten niet beschouwd. Het systeemoverzicht hoeft hiervoor dan ook niet ingevuld te worden.

#### 4.9 Berekeningsresultaten schadefrequenties

Voeg vervolgens de berekeningsresultaten toe van §3.1.

Bepaal uit het systeemoverzicht per object (zie Tabel 36) de maatgevende kans op uitval van het systeem, voor directe en indirecte inslag in het bijbehorende object. Met andere woorden: neem van alle interne kabels die met de betreffende installatie verbonden zijn de grootste waarden van  $P_C$  en  $P_M$ . Deze waarden worden gebruikt om de frequenties van systeemuitval  $R_C$  en  $R_M$  te bepalen. De waarden kunnen worden ingevuld in een tabel zoals Tabel 37.

Berekeningsresultaten objecten									
	Code object			BG		PG1	PG2	CAM1	
	parameter		symbool	waarde					
Collectieve oppervlakten [m <sup>2</sup> ]									
	Oppervlak directe inslag		A <sub>D</sub>	...		...	...	...	
	Oppervlak indirecte inslag		A <sub>M</sub>	...		...	...	...	
Inslagfrequenties [-/jaar]									
	Directe inslagen		N <sub>D</sub>	...		...	...	...	
	Indirecte inslagen		N <sub>M</sub>	...		...	...	...	
Schadefrequenties [-/jaar]									
	D2.S1 Fysieke schade		R <sub>B</sub>	...		...	...	...	
	Installatie in object			Bediening	...	Pomp	Pomp	n.v.t.	
	D3.S1 Systeemuitval directe inslag in object		R <sub>C</sub>	...	...	...	...	n.v.t.	
	D3.S2 Systeemuitval indirecte inslag nabij object		R <sub>M</sub>	...	...	...	...	n.v.t.	

**Tabel 37: Berekeningsresultaten objecten**

In Tabel 38 zijn de berekeningsresultaten per kabel gegeven per object waarmee de betreffende kabel gekoppeld is.

Berekeningsresultaten kabels										
	Code kabel			10kV	400V1		400V2		C1	
	parameter		symbool	waarde						
Collectieve oppervlakten [m <sup>2</sup> ]										
	Oppervlak directe inslag		A <sub>L</sub>	...	...		...		...	
	Oppervlak indirecte inslag		A <sub>I</sub>	...	...		...		...	
Inslagfrequenties [-/jaar]										
	Directe inslagen		N <sub>L</sub>	...	...		...		...	
	Indirecte inslagen		N <sub>I</sub>	...	...		...		...	
Schadefrequenties [-/jaar]										
	Code gekoppeld object			BG	PG1	BG	PG2	BG	CAM1	...
	D2.S3 Fysieke schade		R <sub>V</sub>	...	...	...	...	...	...	...
	D3.S3 Systeemuitval directe inslag in kabel		R <sub>W</sub>	...	...	...	...	...	...	...
	D3.S4 Systeemuitval indirecte inslag nabij kabel		R <sub>Z</sub>	...	...	...	...	...	...	...

**Tabel 38: Berekeningsresultaten kabels**

#### 4.10

#### Hersteltijden.

De gemiddelde herstelduur, inclusief onderbouwing, wordt toegevoegd per object en per installatie in het object waarvan de kans op systeemuitval door blikseminslag is bepaald (zie §3.2), bijvoorbeeld zoals in Tabel 39.

Hersteltijden objecten en installaties [uur]			
Fysieke schade door directe inslag		Gemiddelde hersteltijd ( $MTTR_B / MTTR_V$ )	
Code object		Waarde	Onderbouwing
BG		...	...
PG1		...	...
PG2		...	...
CAM1		...	...
Elektrische schade, uitval installatie		Gemiddelde hersteltijd ( $MTTR_C / MTTR_M / MTTR_W / MTTR_Z$ )	
Code object	Installatie	Waarde	Onderbouwing
BG	Bediening	...	...
PG1 / PG2	Pomp	...	...
CAM1	-	n.v.t.	Gelijk aan fysieke schade

**Tabel 39: Hersteltijden objecten en installaties****4.11****Berekeningsresultaten niet-beschikbaarheid**

Tot slot worden de berekeningsresultaten van de verwachte niet-beschikbaarheid door blikseminslag gegeven, voor de objecten en installaties, en voor het gehele complex (zie §3.2). Dit kan worden weergegeven in tabellen zoals Tabel 40 en Tabel 41.



Berekeningsresultaten niet-beschikbaarheid objecten en installaties						
Code object		BG				
Code kabel		10kV	400V1	400V2	C1	
Gemiddelde niet-beschikbaarheid door fysieke schade aan object						
	Parameter	Symbool	Waarde			
	D2.S1 Fysieke schade door directe inslag in object	$Q_B$				
	D2.S3 Fysieke schade door directe inslag in kabel	$Q_V$	...	...	...	+
						totaal <sup>1</sup> ...
						+
						totaal...
Gemiddelde niet-beschikbaarheid installaties						
Installatie in object		Bediening				
	D3.S1 Systeemuitval door directe inslag in object	$Q_C$				
	D3.S2 Systeemuitval door indirecte inslag nabij object	$Q_M$				
	D3.S3 Systeemuitval door directe inslag in kabel	$Q_W$	...	...	...	+
	D3.S4 Systeemuitval door indirecte inslag nabij kabel	$Q_Z$	...	...	...	+
						totaal <sup>1</sup> ...
						+
						totaal...
1 Het optellen van de gemiddelde niet-beschikbaarheid door inslag in/nabij kabels naar het object kan zeer conservatieve resultaten geven als de kabels bijvoorbeeld in dezelfde goot liggen. In dat geval kan worden uitgegaan van de hoogste waarde van de niet-beschikbaarheid in plaats van de som.						

**Tabel 40: Resultaten verwachte niet-beschikbaarheid objecten en installaties**

Berekeningsresultaten niet-beschikbaarheid complex		
Code object		Gemiddelde niet-beschikbaarheid door fysieke schade aan objecten
BG	...	
PG1	...	
PG2	...	
CAM1	...	
Code object	Installatie	Gemiddelde niet-beschikbaarheid installaties complex
BG	Bediening	...
PG1	Pomp1	...
PG2	Pomp2	...
CAM1	-	n.v.t.
Gemiddelde niet-beschikbaarheid complex		+ totaal ...

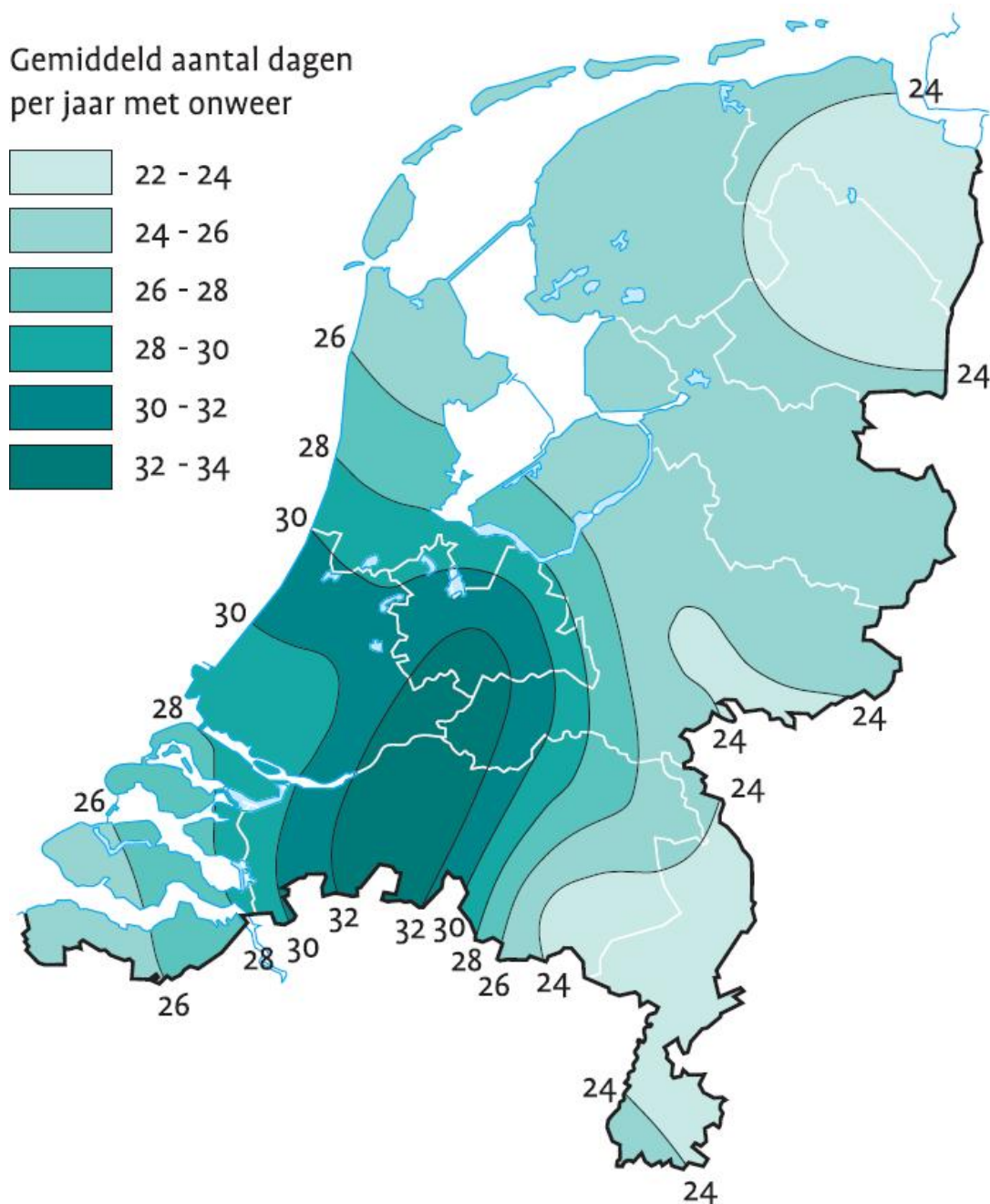
**Tabel 41 Totaal berekeningsresultaat verwachte niet-beschikbaarheid complex**

LET OP: De optelling van alle niet-beschikbaarheidsbijdragen geldt alleen als elke bijdrage onafhankelijk is en direct uitval van de functie van het complex betekent.

## 5 Referentiedocumenten

- [1] Handreiking prestatiegestuurde risicoanalyses (PRA), Rijkswaterstaat, versie 1.0.0, september 2016;
- [2] NEN-EN-IEC 62305-2:2012 Bliksembeveiliging – Deel 2: Risicomanagement;
- [3] Handboek bliksembeveiliging voor gebouwen en installaties, M. Hartmann e.a., 2008, ISBN 90 8572 027 0;
- [4] Factsheet KNMI waarschuwingen onweer, KNMI, mei 2012;
- [5] NEN 1014:1992 Bliksembeveiliging.

## Bijlage A Gemiddeld aantal dagen onweer [4]



Deze handleiding is een uitgave van Rijkswaterstaat

Meer informatie?

Kijk op [www.rijkswaterstaat.nl](http://www.rijkswaterstaat.nl) of bel 0800 8002 (gratis)