Rijksvastgoedbedrijf
Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

VEILIGHEID & PHOTO-VOLTAIC SYSTEMEN OP DAKEN

Richtlijn

Versie 2.0

Datum: 13 mei 2024

Status: Inhoudelijk eindconcept, resterende actie: huisstijl/lay-out

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

Colofon

Versie 2.0

Contact T 0800 89 91 103

Rijksvastgoedbedrijf

Postbus 20952
2500 EZ Den Haag

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave 3

1 Inleiding en verantwoording Richtlijn 6

2 Bouwfysica 7

3 Bouwkunde 7

4 Brandveiligheid 9

5 Constructieve veiligheid 11

6 Elektrische veiligheid 14

7 Veiligheid & Gezondheid 14

BIJLAGE A – Toegelaten oplossingsrichtingen brandveiligheid 16

BIJLAGE B – Rekenstappen Constructieve Veiligheid PV- montagesystemen 19

BIJLAGE C – Uitvoeringseisen elektrische PV-installatie 22

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

Toelichting toepassingsgebied:

Voorliggende richtlijn is van kracht voor glas-glas en glas-folie zonnepaneelsystemen, aangezien deze panelen voornamelijk op de Nederlandse markt worden gebruikt. PV-dakpannen, PV-leien, en soortgelijke systemen vallen buiten de scope van deze richtlijn, omdat bij het opstellen van het document zogenaamde indak-systemen nog niet aantoonbaar brandveilig zijn aan te leggen.

Het gebruik van de eerder genoemde uitgesloten systemen wordt niet verboden door deze richtlijn. Echter, indien er plannen zijn om dergelijke systemen te installeren, is het essentieel om contact op te nemen met relevante experts binnen het RVB. Experts van alle kennislijnen genoemd in deze richtlijn dienen te worden geraadpleegd.

Hoewel de richtlijn is ontworpen voor zowel PV-systemen op bestaande daken als PV-systemen op nieuw te bouwen daken, moet worden opgemerkt dat het installeren van PV-systemen op bestaande daken meer projectrisico's met zich meebrengt, zowel op het gebied van veiligheid als financieel.

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

1 Inleiding en verantwoording Richtlijn

De toegenomen installatie van PV-systemen op gebouwen, in het kader van de duurzaamheidstransitie, heeft vragen opgeroepen over de veiligheid van dergelijke systemen. Met name de brand-, constructie- en elektrische veiligheid zijn onderwerp van zorg. Deze richtlijn is ontwikkeld door het Rijksvastgoedbedrijf (RVB) om de potentiële veiligheidsrisico's die verband houden met de aanleg, beheer en onderhoud van PV-systemen op gebouwen te beheren. Ze biedt technische richtlijnen om deze risico's tot een aanvaardbaar niveau te reduceren.

De richtlijn fungeert als een algemene handleiding voor het veilig gebruik van PV-systemen op monumenten, rijks- en defensiegebouwen. Hierbij wordt rekening gehouden met de integratie met andere disciplines buiten het veiligheidsdomein. Gezien de maatschappelijke rol van de RVB-vastgoedportefeuille en de potentiële reputatieschade bij brandincidenten, kan het in bepaalde gevallen wenselijk zijn om af te zien van de installatie van PV-systemen op dakvlakken, of om verhoogde veiligheidseisen te stellen ter waarborging van de bedrijfscontinuïteit.

PV-systemen buiten het toepassingsgebied van deze richtlijn vereisen maatwerk van adviseurs/experts van de afdelingen A&T en TE van het Rijksvastgoedbedrijf. Desondanks kan deze richtlijn dienen als leidraad voor dergelijke systemen. Eisen voortvloeiend uit wet- en regelgeving blijven onverminderd van toepassing op de installatie van PV-systemen.

Toepassingsgebied

Deze Richtlijn is bedoeld om de meest voorkomende gevallen van PV-systemen op daken te ondervangen, daarom is afbakening van het toepassingsgebied noodzakelijk.

De Richtlijn is bestemd voor:

- *PV-systemen op bestaande en nieuwe daken;*
- *PV-systemen op zowel hellende als platte daken;*
- *Glas-folie en glas-glas PV-panelen.*

De Richtlijn is **niet** bestemd voor:

- *Grondgebonden PV-systemen;*
- *Indak PV-systemen;*
- *PV-systemen in of aan de gevel;*
- *Andere PV-systemen dan glas-folie en glas-glas panelen;*
- *Rieten of leien daken;*
- *PV-systemen op bouwwerken/-delen waarop de PGS151 van toepassing is.*

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

[1] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen (zie: www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)

2 Bouwfysica

In termen van bouwfysica kunnen PV-panelen slechts op twee manieren op een dak worden geplaatst, namelijk:

- *Op een constructie die door middel van ballasten op het dak wordt gehouden;*
- *Op een constructie die mechanisch wordt bevestigd aan de onderliggende dakconstructie.*

Bij de eerste optie (ballasten) zijn er geen bouwfysische aandachtspunten voor het gebouw. Echter, bij de tweede optie, waarbij de panelen mechanisch worden bevestigd aan de onderliggende dakconstructie, zijn er wel enkele bouwfysische risico's, namelijk:

- *Mogelijke invloed op de warmteweerstand van de dakbedekkingsconstructie;*
- *Potentiële impact op de waterdichtheid van de dakbedekkingsconstructie;*
- *Risico op inwendige condensatie als gevolg van koudebruggen.*

2.1 Eisen bouwfysica

Er zijn dan ook geen additionele bouwfysica eisen wanneer PV-panelen (geballast) op het dak worden geplaatst zonder verankering aan de onderconstructie waarmee de thermische schil in stand blijft (op de doorvoering van bekabeling na).

De bouwfysische risico's bij mechanische bevestiging van de constructie vertalen zich in de volgende eisen:

- *Een verankeringsplan moet ter goedkeuring aan het RVB worden voorgelegd;*
- *Dakdoorbrekingen dienen zorgvuldig en op de juiste wijze te worden afgedicht;*
- *Koudebruggen en daarmee inwendige condensatie dienen te worden voorkomen.*

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

3 Bouwkunde

De keuzes met betrekking tot de bouwkundige dakafwerking hebben een langdurige impact vanwege de relatief lange levensduur ervan. Dit hoofdstuk schetst de specifieke bouwkundige voorwaarden die gelden voor een dakvlak om de randvoorwaarden van een wind- en waterdicht (of waterkerend) dakvlak te waarborgen bij de installatie van een PV-systeem.

3.1 Eisen Bouwkunde platte daken

- *Een plat dak moet gedurende de theoretische levensduur van de gebruikte materialen wind- en waterdicht zijn, met een goede afwatering en een reguliere onderhoudscyclus;*
- *De dakafwerking moet afgestemd zijn op de onderliggende constructie en de beoogde gebruiksfuctie(s);*
- *Bij het vernieuwen van een dakafwerking moet de Vakrichtlijn gesloten dakbedekkingssystemen (Deel A, Uitgave 2018) worden gevolgd, waarbij aspecten zoals begaanbaarheid en beloopbaarheid in overweging worden genomen;*
- *Dakgerelateerde werkzaamheden dienen integraal te worden uitgevoerd. Dit kan betekenen dat een dakrenovatie naar voren wordt gehaald of juist wordt uitgesteld in het kader van het plaatsen van PV-systemen. Belangrijke overwegingen hierbij zijn de resterende levensduur van de huidige dakafwerking en de theoretische levensduur van het PV-systeem.*
- *Het combineren van meerdere functies op één dak verhoogt de gebruikswaarde. Het is dus raadzaam om te onderzoeken of meerdere gebruiksfuncties mogelijk zijn, zoals groene daken, wateropvangsystemen, of recreatieve voorzieningen.*

3.2 Eisen Bouwkunde hellende daken

De afwerking van hellende daken is divers (pannen, zink, koper, etc.) en brengt specifieke bouwkundige risico's met zich mee, zoals:

- *Verontreinigingssporen op metalen daken door afwatering van PV-panelen;*
- *Risico op contactcorrosie bij metalen daken;*
- *Mogelijke schade of deuken door belasting op metalen daken;*
- *Aanwezigheid van asbesthoudende materialen in de dakconstructie; bij twijfel, raadpleeg het asbestprogramma/experts.*

3.3 Analyse haalbaarheid bestaande daken

Het is cruciaal om te onderzoeken of een bestaand dak geschikt is voor het plaatsen van PV-systemen. Belangrijke gegevens voor deze analyse zijn onder andere:

- *De huidige functie van het dak(vlak);*
- *De onderliggende constructie en maximaal toegestane belasting;*
- *Het type daksysteem, samenstelling en kwaliteit van de dakafwerking;*
- *De resterende levensduur van het dak(vlak);*
- *De oriëntatie van het object, beschikbare ruimte en belendingen.*

De uitkomst van deze analyse kan variëren, waarbij in sommige gevallen het wachten met het plaatsen van PV-systemen duurzamer kan zijn. De termijnen in tabel 1 geven hierbij richting.

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

Tabel 1- Bouwkundige fasering PV-systemen op daken

Restlevensduur Dakbedekking	Activiteit
Tussen 0 en 5 jaar	Uitvoeren van (vervangings)onderhoud conform planning, tevens plaatsen van PV-systeem.
Tussen 5 en 10 jaar	(Vervangings)onderhoud naar voren halen, en op dat moment tevens plaatsen van PV-systeem
Tussen 10 en 20 jaar	Dak komt (nog) niet in aanmerking voor PV-systeem.
20 jaar en verder	Dak heeft recentelijk onderhoud gehad. Na controle geschiktheid dakbedekkingsconstructie, plaatsen van PV-systeem op zo kort mogelijke termijn

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

4 Brandveiligheid

Aangezien steeds meer PV-systemen op daken worden toegepast, neemt ook de kans op het ontstaan van brand op een dakvlak toe. Dit hoofdstuk richt zich voornamelijk op de bedrijfscontinuïteit van bij het RVB in beheer zijnde bouwwerken, zonder onderscheid te maken tussen bestaande en nieuwe bouwwerken.

4.1 Vaststellen acceptabel schadeniveau en bijbehorende risicocategorie

De gevolgschade door een brand die begint bij een PV-systeem kan worden ingedeeld in drie risicocategorieën, te weten:

- *HOOG - Schade beperkt tot PV-panelen;*
- *MIDDEL - Schade beperkt tot PV-panelen en dakvlak;*
- *LAAG - Schade beperkt tot PV-panelen, dakvlak en het ondergelegen brandcompartiment.*

De indeling van gebouwtypen naar risicocategorieën, zoals weergegeven in Tabel 2, bepaalt welke gevolgschade als acceptabel wordt beschouwd. Bij deze afweging spelen factoren zoals imagoschade, hersteltijd van schade en bedrijfscontinuïteit een rol. De vermelde risicocategorieën dienen als het minimale niveau te worden gehanteerd.

Tabel 2 - Risicocategorieën gebouwtypen o.b.v. schadebeeld

Soort bouwwerk	Risicocategorie*
Datacentra	Geen PV-panelen toepassen
Defensie bouwwerken ten behoeve van slagkracht en/of haar internationale verplichtingen	Hoog
Defensie overig	Laag
Gerechtsgebouwen	Middel
Kantoren	Laag
Kerndepartementen	Hoog
Kantoor specialty	n.t.b. (projectspecifiek)
Logiesgebouw (o.a. legering of opvang)	Middel
Monument onder lokaal belang[2]	Laag
Monument lokaal belang[2]	Middel
Monument boven lokaal of regionaal belang[2]	Hoog
Monument boven regionaal of nationaal belang[2]	Hoog
Monument boven nationaal belang[2]	Hoog
Overige (bijzondere) specialties	n.t.b. (projectspecifiek)
Paleizen	Middel
Penitentiaire inrichtingen (exclusief kantoren)	Middel

[2] Benaming conform Afweegkader Kwantificeren van Cultuurhistorische Waarden, Brandveiligheid & Monumenten.

*Naast bovenstaande inschaling in categorieën is het bij sommige bouwwerken aan te bevelen om in het kader van brandveiligheid helemaal geen PV-panelen te plaatsen. Dit is kan zowel een context specifieke als een politieke/bestuurlijke afweging zijn waar deze handreiking, met uitzondering van datacenters, geen invulling aan geeft. Het betreft dan maatwerk.

Met behulp van de matrix uit bijlage A kan worden bepaald op welke wijze wordt voldaan aan de risicocategorieën als vastgesteld in tabel 2.

4.2 Aanvullende eisen t.b.v. een brandveilig PV-systeem

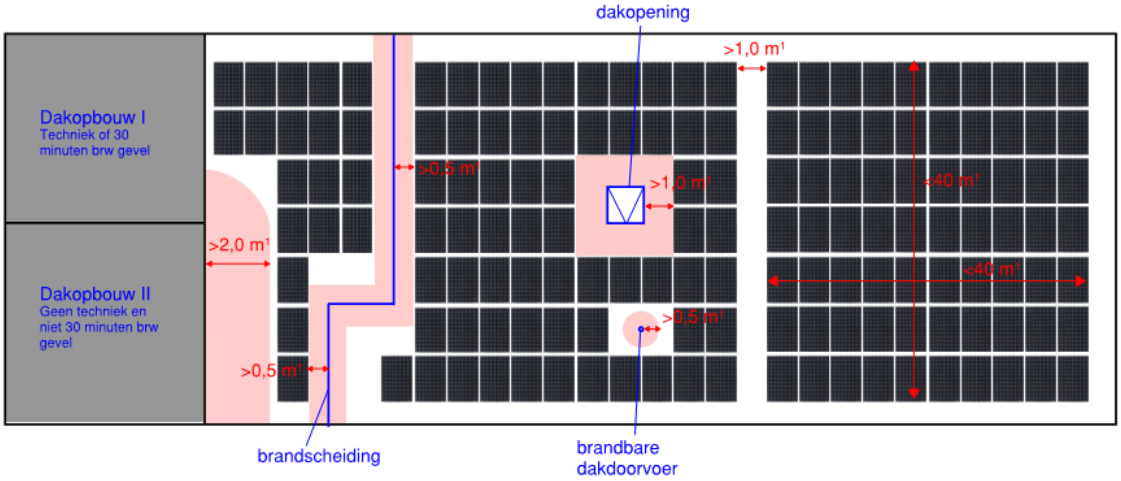
In aanvulling op vigerende wet- en regelgeving gelden de volgende eisen:

- *PV-panelen mogen niet binnen een straal van 0,5 meter vanaf enig punt van de (ondergelegen) brandscheiding worden geplaatst.*
- *PV-panelen mogen niet binnen een straal van 0,5 meter vanaf enig punt van brandbare dakdoorvoeringen (bijvoorbeeld: kunststof) worden geplaatst.*
- *PV-panelen mogen niet binnen een straal van 1,0 meter vanaf enig punt van dakopeningen zoals lichtstraten worden geplaatst.*
- *PV-panelen mogen niet binnen een straal van 2,0 meter vanaf enig punt van een opgaande gevel worden geplaatst, tenzij deze gevel een technische ruimte betreft of minimaal 30 minuten brandwerend is van buiten naar binnen.*
- *De toegepaste inpandige bekabeling moet minimaal voldoen aan klasse C_{CA};s1;a1;d0 volgens NEN-EN13501-6, tenzij wet- en regelgeving een stringentere classificatie voorschrijft.*
- *De omvormer moet op een onbrandbare (brandklasse A1 volgens NEN-EN13501-1) ondergrond zijn geplaatst, inclusief wanden en plafonds binnen een straal van 2,0 meter.*
- *Omvormers mogen niet boven elkaar worden geplaatst, maar wel naast elkaar.*
- *De noodzaak van een brandweerschakelaar en de locatie ervan wordt bepaald in overleg met een brandveiligheidsexpert van RVB.*
- *Om te voorkomen dat PV-panelen op grote dakvlakken oneindig lang aaneengesloten worden, mogen PV-installaties maximaal in blokken van 40x40 meter worden aangebracht, met een gangpad van 1,0 meter tussen de blokken.*
- *Bij bouwwerken met een gecertificeerde vastopgestelde brandblus- of brandbeheersingssysteem, zoals watermist of sprinkler, zijn alleen risicocategorieën Middel en Hoog toegestaan.*

In Figuur 1 worden de genoemde afstanden van PV-panelen tot verschillende constructieonderdelen grafisch weergegeven. De rode zone markeert waar geen PV-panelen mogen worden geplaatst.

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

Figuur 1: grafische weergave afstanden PV-panelen t.o.v. constructieonderdelen



Let op! Eisen met betrekking tot afstanden tussen panelen in relatie tot onderhoud/inspectie zijn niet in de figuur opgenomen. Zie hiervoor hoofdstuk 6 (elektrotechniek) en 7 (V&G).

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

5 Constructieve veiligheid

PV-systemen, als gebouwgebonden secundaire constructies, moeten bestand zijn tegen weersinvloeden en duurzaam krachten overdragen naar de bouwconstructie. In de markt is er een continu optimalisatieproces en productuitbreiding gaande. Echter, testen en rekentools van leveranciers zijn vaak ondoorzichtig, waardoor kwaliteitsborging lastig te verifiëren is. Dit hoofdstuk stelt daarom ontwerpeisen aan de constructie voor PV-systemen en bouwwerken om een uniforme en transparante kwaliteitsborging te verzekeren.

Dit document is onlosmakelijk verbonden aan het "sjabloon constructieve onderbouwing ZoD". Beide documenten samen vormen de ontwerpspecificaties en -eisen voor daken die worden uitgerust met een PV-systeem.

5.1 Ontwerpeisen constructie PV-systeem (plat- en hellend dak)

a. De constructie van het PV-systeem moet aantoonbaar en navolgbaar voldoen aan de constructienormen zoals voorgeschreven in het Bouwbesluit en NEN7250:2021, waarbij bijlage D als normatief moet zijn gelezen.
b. Het PV-systeem moet voldoende weerstand hebben tegen opwaaien, kantelen en/of verschuiven ten gevolge van de lokale, gebouwgebonden omstandigheden.
   Alle constructieonderdelen van het PV-systeem zijn aantoonbaar en navolgbaar doorgerekend, waarbij het samenspel van krachten in beschouwing is genomen (eigen gewicht, ballast, windbelasting, sneeuwbelasting etc) en rekening is gehouden met de specifieke kenmerken van het gebouw en de omgeving.
c. De invloed van nabijgelegen bouwwerken en obstakels op de windbelasting is beschouwd en aantoonbaar en navolgbaar in de berekeningen verwerkt conform NEN-EN1991-1-4 N.B. annex A.4
d. De gevolgklasse voor het PV-systeem moet zijn bepaald op basis van Tabel NB.25-B, NEN-EN 1990, waarbij het PV-systeem niet mag zijn beschouwd als "minder gevaarlijk element".
e. De referentieperiode voor de constructie van het PV-systeem inclusief verankeringen is ten minste 30 jaar.
f. Voor afwijkende gebouwvormen en bouwdelen ten opzichte van de basisgevallen in de norm, en/of wanneer de invloed van nabijgelegen bouwwerken en obstakels niet kan worden bepaald volgens NEN-EN1991-1-4 N.B. annex A.4, moet het windontwerp op het PV-systeem door een daartoe geaccrediteerd windtechnologie laboratorium worden bepaald.
g. Bij gebruik van windtunneldata dient product-specifiek windtunnelonderzoek van een daartoe geaccrediteerd (atmosferische grenslaag) windtunnel laboratorium ter acceptatie te worden ingediend bij het Rijksvastgoedbedrijf. Dit windtunnelonderzoek dient aantoonbaar gevalideerd te zijn, waarbij de resultaten van windtunnelmetingen verifieerbaar zijn verwerkt in de rekentool van de producent. Inzicht moet worden gegeven op welke wijze de drukfactoren per dakzone en paneel(groep) zijn bepaald, wat de randvoorwaarden van het onderzoek zijn, of het onderzoek voldoet aan de richtlijnen, en een onderbouwing bevatten waarom de resultaten voldoende representatief zijn voor het PV-systeem op het betreffende gebouw (en locatie). CUR103 en NEN-EN1990 zijn hiervoor de toetskaders.

Eindconcept. externe verspreiding alleen in c

h. CFD-modellering is niet toegestaan als primaire onderbouwing voor het windontwerp.
i. Het effectief belaste oppervlak (A_{ref}) van gekoppelde elementen dient te zijn bepaald volgens de eisen van bijlage D.5 van NEN7250:2021. Het testrapport, aantoonbaar gevalideerd door een daartoe geaccrediteerd windtechnologiebedrijf dat de windtunneltests heeft uitgevoerd voor het PV-systeem, dient ter acceptatie te worden ingediend bij het Rijksvastgoedbedrijf.
j. In berekeningen is aantoonbaar voldoende rekening gehouden met ongelijkmatige windbelasting op paneelklemmen en andere kritieke onderdelen.
k. De mechanische eigenschappen, waaronder de bezwijksterkte van het toe te passen PV-paneel en van alle onderdelen van de PV-montageconstructie inclusief paneelklemmen en verankeringen moeten zijn aangetoond door middel van navolgbare beproevingen conform NEN-EN 1990 bijlage D. De testrapporten dienen ter acceptatie te worden ingediend bij het Rijksvastgoedbedrijf.
l. Tekeningen van de montageconstructie inclusief overzichten en kritieke details zijn uitgewerkt tot op het niveau van de betreffende ontwerpfase.
m. De gemaakte ontwerpdocumenten dienen op uitgangspunten en inhoud te worden getoetst op juistheid, compleetheid en navolgbaarheid. Bij mechanisch bevestigde systemen en waar nodig geacht bij geballaste systemen dient een inspectie plaats te vinden op de uitvoering, in aanvulling op de CIOS Scope 12 inspectie. De toets- en inspectieresultaten dienen te worden vastgelegd in een rapportage (stap 5a uit sjabloon).

5.1.1 Specifieke eisen mechanisch bevestigd montagesysteem (plat en hellend dak)

a. Het haken van montagesystemen aan panlatten is niet toegestaan.
b. Het vastschroeven van montagesystemen aan dakbeschot is niet toegestaan.
c. In berekeningen is aantoonbaar voldoende rekening gehouden met ongelijkmatige windbelasting op verankeringen.
d. Gemaatvoerde overzichtstekeningen (legplan) met ten minste aangegeven het type montagesysteem, gemaatvoerde dakzones en afstanden tot de dakranden, obstakels en voorzieningen, paneel(belasting)groepen, de benodigde verankeringen en de maatgevende krachten op deze verankeringen (trek, druk, afschuiving).

5.1.2 Specifieke eisen geballaste montagesystemen (plat dak)

a. Een geballast systeem is niet toegestaan bij daken met een helling groter dan 3° (50 mm per m').
b. De statische wrijvingscoëfficiënt in ballastberekeningen moet zijn onderbouwd met documentatie of beproevingen, representatief voor de situatie.
c. Grind mag niet worden gebruikt als ballast voor het PV systeem omdat dit niet controleerbaar is.
d. Gemaatvoerde overzichtstekeningen (legplan) met daarop aangegeven:
   - de afmetingen van de dak- en randzones volgens NEN-EN1991-1-4 of NEN7250 (afhankelijk van de gehanteerde rekenmethode)
   - de afstand van de paneelvelden tot aan de dakranden
   - de vrije afstand tot obstakels op het dak zoals installaties, dak doorvoeren, lichtkoepels etc.

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

- de breedtes van paden voor onderhoud
- het type montagesysteem,
- de benodigde ballast per paneel(belasting)groep
- de eigenschappen van de massablokken (indien van toepassing).

5.2 Ontwerpeisen gebouwconstructie

a. Aangetoond dient te worden dat de gebouwconstructie voldoende capaciteit heeft om het PV-systeem te kunnen plaatsen conform Bouwbesluit. Navolgbare berekeningen van de belasting van het PV-systeem inclusief ballast (indien van toepassing), windbelasting, wateraccumulatie en sneeuw en sneeuwophoping (zie art. 6.2 NEN-EN-1991-1-3).
b. Voor nieuwe gebouwconstructies en gebouwdelen en voor bestaande bouw(delen) jonger dan 15 jaar moet veiligheidsniveau voor nieuwbouw overeenkomstig het Bouwbesluit worden aangehouden met bijbehorende ontwerplevensduur conform NEN-EN 1990.
c. Voor bestaande bouw(delen) ouder dan 15 jaar geldt dat de bestaande gebouwconstructie moet voldoen aan het veiligheidsniveau 'NEN8700 bestaande bouw, verbouw'.
d. Voor de beoordeling van de bestaande gebouwconstructie en onderdelen daarvan moet een minimale restlevensduur van 30 jaar worden aangehouden.
e. Alle onder de dakafwerking gelegen constructieve elementen dienen te worden gecontroleerd, dus ook bijvoorbeeld houten dakbeschot of stalen dakplaten, ravelingen rondom dakopeningen, verbindingen etc.
f. Controle belastbaarheid/drukvastheid van isolatie/dakbedekking (indien van toepassing).
g. Benodigde (aanvullende) noodoverstorten zijn bepaald en uitgewerkt op tekening.
h. Benodigde versterkingen (ravelingen, etc.) of aanpassingen aan de draagconstructie aantoonbaar berekend en uitgewerkt op tekening (overzichten en details).
i. Bij plaatsing van PV-systemen op lichte daken zoals houten dakconstructies en stalen dakplaten wanneer het niet mogelijk is om de elementen direct op de houten gording en of stalen dakplaten te plaatsen dan dient er een hulpconstructie te worden toegepast om de belasting af te voeren naar de constructieve onderdelen die de belasting wel kunnen dragen, zoals spanten, moerbalken of kolommen.

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

6 Elektrische veiligheid

Voor de aanleg van PV-installaties worden de eisen uit de geldende versie van NEN1010 en NPR5310 van kracht verklaard, die gelden voor nieuw te bouwen bouwwerken volgens het Bouwbesluit 2012/BBL. In het geval van tegenstrijdigheden tussen NEN1010 en NPR5310 moeten de eisen van NEN1010 worden gevolgd. Deze eisen zijn van toepassing op de gehele installatie die nodig is voor het PV-systeem, vanaf de verdeelkast waarop het PV-systeem wordt aangesloten. Het uitgangspunt is de aansluiting vanaf de hoofdverdeelkast.

De specifieke eisen voor elektrische veiligheid zijn gedetailleerd vastgelegd in bijlage C van deze richtlijn, waardoor er duidelijke richtlijnen zijn voor het waarborgen van dit veiligheidsaspect.

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

7 Veiligheid & Gezondheid

7.1 V&G

Het Rijksvastgoedbedrijf in de rol van Opdrachtgever (OG) draagt de verantwoordelijkheid voor het veiligheidsniveau op onze daken aan degenen die ze betreden en voor degenen die aanwezig moeten zijn voor de installatie en het onderhoud van de PV-panelen. Deze Richtlijn behandelt niet de veiligheid van de werknemers die deze werkzaamheden uitvoeren; dit is primair de verantwoordelijkheid van hun werkgever ofwel de Opdrachtnemer (ON).

7.2 Invulling V&G

Bij het plaatsen van PV-systemen op bestaande of nieuwe daken is het essentieel dat het dak veilig betreedbaar is, dat er veilig op gewerkt kan worden en dat de systemen veilig kunnen worden onderhouden.

Bij het ontwerp (legplan) van het PV-systeem wordt al rekening gehouden met de veiligheid voor het uitvoeren van onderhoud aan alle installaties en voor het schoonhouden van de systemen en het onderliggende dakvlak. Voordat het RVB tot aanbesteding overgaat, wordt een V&G-plan opgesteld waarbij een RVB V&G-expert betrokken is. Dit plan geeft het veiligheidsniveau aan en bevat, indien van toepassing, informatie over de (collectieve) veiligheidsvoorzieningen die moeten worden geïnstalleerd of verplaatst, zoals bij nieuwbouw of vervanging van dakbedekking. Informatie over het veiligheidsniveau van bestaande daken wordt verkregen via het Programma Veilig Werken op Hoogte. Het V&G-plan, inclusief het legplan, is een contractdocument dat wordt toegevoegd aan de andere documenten bij de aanbesteding. Na gunning keurt de ON het RVB V&G-plan goed, waarin hij zijn veiligheidsmaatregelen voor degenen die onze daken betreden en er werkzaamheden op verrichten, aangeeft. Na een interne goedkeuring door de RVB V&G-expert kan worden gestart met de werkzaamheden.

Voor bestaande (hellende) dakvlakken wordt aangegeven:

- *Hoe het dakvlak veilig te bereiken is;*
- *Welke veiligheidsmaatregelen aanwezig zijn, of deze zijn goedgekeurd en gebruikt mogen worden.*

Indien het een nieuw (hellend) dakvlak is, dan wordt aangegeven:

- *Hoe het dakvlak veilig te bereiken is;*
- *Welke collectieve veiligheidsvoorzieningen zijn aangebracht. Indien er geen collectieve veiligheidsvoorzieningen zijn, wordt aangegeven welke veiligheidsvoorzieningen moeten worden aangebracht. Dit is ook opgenomen in het legplan.*

7.3 Eisen legplan PV-systemen

Voorafgaand aan plaatsing van PV-systemen op daken, moet er een legplan zijn uitgewerkt en afgestemd met het RVB.

Eindconcept, externe verspreiding alleen in overleg

BIJLAGE A – Toegelaten oplossingsrichtingen brandveiligheid

Er zijn verschillende manieren om te voldoen aan de geaccepteerde schadeniveaus (risicoklasse) zoals vermeld in tabel 2. Deze manieren zijn vastgelegd in de onderstaande matrix. De matrix geeft duidelijkheid over de risicocategorie voor alle mogelijke combinaties van de relevante variabelen. De relevante variabelen zijn:

- *Paneelsoort;*
- *Aanwezigheid onbrandbare toplaag die voldoet aan brandklasse A1;*
- *Brandklasse isolatie (product zonder afschermingen) cf. NEN-EN13501-1*;*
- *Dakopbouw;*
- *Aanwezigheid van risicovolle doorvoeringen**.*

** Als er geen isolatie op het (bestaande) dakvlak aanwezig is, moet de brandklasse van de dakvloer worden gebruikt.*

*** Het gaat niet noodzakelijk om een brandwerende doorvoering zoals gedefinieerd in NEN6069, maar dit kan wel een onderdeel zijn van de oplossing. Het doel is om te voorkomen dat secundaire branden ontstaan in onderliggende ruimten via de dakdoorvoering of -sparing. Dit kan bijvoorbeeld optreden wanneer brandend plastic van kunststof dakdoorvoeringen als gevolg van straling of contact met vlammen naar binnen druppelt. Hierbij moeten de dakopbouw, het materiaal van de doorvoering, de isolatie en de brandwerende eigenschappen van de daksparing in overweging worden genomen.*

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

Variant nr.	Paneel soort	Onbrandbare toplaag (brandklasse A1)	Brandklasse isolatie (naakt product) volgens NEN-EN13501-1	Constructie type dak	Doorvoeringen dakconstructie	Toepasbaar in risicoklasse…
1	glas/glas	Ja	Brandklasse A	Staal	Risicovol	Hoog/middel/laag
2	glas/glas	Ja	Brandklasse A	Staal	Niet-risicovol	Hoog/middel/laag
3	glas/glas	Ja	Brandklasse A	Hout	Risicovol	Hoog/middel/laag
4	glas/glas	Ja	Brandklasse A	Hout	Niet-risicovol	Hoog/middel/laag
5	glas/glas	Ja	Brandklasse A	Beton	Risicovol	Hoog/middel/laag
6	glas/glas	Ja	Brandklasse A	Beton	Niet- risicovol	Hoog/middel/laag
7	glas/glas	Ja	Brandklasse B	Staal	Risicovol	Laag
8	glas/glas	Ja	Brandklasse B	Staal	Niet- risicovol	Hoog/middel/laag
9	glas/glas	Ja	Brandklasse B	Hout	Risicovol	Laag
10	glas/glas	Ja	Brandklasse B	Hout	Niet- risicovol	Hoog/middel/laag
11	glas/glas	Ja	Brandklasse B	Beton	Risicovol	Laag
12	glas/glas	Ja	Brandklasse B	Beton	Niet- risicovol	Hoog/middel/laag
13	glas/glas	Ja	Brandklasse C of lager	Staal	Risicovol	Laag
14	glas/glas	Ja	Brandklasse C of lager	Staal	Niet- risicovol	Middel/laag
15	glas/glas	Ja	Brandklasse C of lager	Hout	Risicovol	Laag
16	glas/glas	Ja	Brandklasse C of lager	Hout	Niet- risicovol	Middel/Laag
17	glas/glas	Ja	Brandklasse C of lager	Beton	Risicovol	Laag
18	glas/glas	Ja	Brandklasse C of lager	Beton	Niet- risicovol	Middel/Laag
19	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse A	Staal	Risicovol	Middel/Laag
20	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse A	Staal	Niet- risicovol	Middel/Laag
21	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse A	Hout	Risicovol	Middel/Laag
22	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse A	Hout	Niet- risicovol	Middel/Laag
23	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse A	Beton	Risicovol	Middel/Laag
24	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse A	Beton	Niet- risicovol	Middel/Laag
25	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse B	Staal	Risicovol	N.T.
26	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse B	Staal	Niet- risicovol	Laag
27	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse B	Hout	Risicovol	N.T.
28	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse B	Hout	Niet- risicovol	Laag
29	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse B	Beton	Risicovol	Laag
30	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse B	Beton	Niet- risicovol	Middel/laag
31	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse C of lager	Staal	Risicovol	N.T.
32	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse C of lager	Staal	Niet- risicovol	N.T.
33	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse C of lager	Hout	Risicovol	N.T.
34	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse C of lager	Hout	Niet- risicovol	N.T.
35	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse C of lager	Beton	Risicovol	N.T
36	glas/glas	Niet aanwezig	Brandklasse C of lager	Beton	Niet- risicovol	Middel/laag
37	glas/folie	Ja	Brandklasse A	Staal	Risicovol	Hoog/middel/laag
38	glas/folie	Ja	Brandklasse A	Staal	Niet- risicovol	Hoog/middel/laag

39	glas/folie	Ja	Brandklasse A	Hout	Risicovol	Hoog/middel/laag
40	glas/folie	Ja	Brandklasse A	Hout	Niet- risicovol	Hoog/middel/laag
41	glas/folie	Ja	Brandklasse A	Beton	Risicovol	Hoog/middel/laag
42	glas/folie	Ja	Brandklasse A	Beton	Niet- risicovol	Hoog/middel/laag
43	glas/folie	Ja	Brandklasse B	Staal	Risicovol	Hoog/middel/laag
44	glas/folie	Ja	Brandklasse B	Staal	Niet- risicovol	Hoog/middel/laag
45	glas/folie	Ja	Brandklasse B	Hout	Risicovol	Laag
46	glas/folie	Ja	Brandklasse B	Hout	Niet- risicovol	Hoog/middel/laag
47	glas/folie	Ja	Brandklasse B	Beton	Risicovol	Laag
48	glas/folie	Ja	Brandklasse B	Beton	Niet- risicovol	Hoog/middel/laag
49	glas/folie	Ja	Brandklasse C of lager	Staal	Risicovol	N.T.
50	glas/folie	Ja	Brandklasse C of lager	Staal	Niet- risicovol	Middel/laag
51	glas/folie	Ja	Brandklasse C of lager	Hout	Risicovol	N.T.
52	glas/folie	Ja	Brandklasse C of lager	Hout	Niet- risicovol	Middel/laag
53	glas/folie	Ja	Brandklasse C of lager	Beton	Risicovol	Laag
54	glas/folie	Ja	Brandklasse C of lager	Beton	Niet- risicovol	Middel/laag
55	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse A	Staal	Risicovol	Laag
56	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse A	Staal	Niet- risicovol	Middel/laag
57	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse A	Hout	Risicovol	Laag
58	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse A	Hout	Niet- risicovol	Middel/laag
59	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse A	Beton	Risicovol	Laag
60	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse A	Beton	Niet- risicovol	Middel/laag
61	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse B	Staal	Risicovol	N.T.
62	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse B	Staal	Niet- risicovol	Laag
63	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse B	Hout	Risicovol	N.T.
64	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse B	Hout	Niet- risicovol	Laag
65	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse B	Beton	Risicovol	Laag
66	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse B	Beton	Niet- risicovol	Laag
67	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse C of lager	Staal	Risicovol	N.T.
68	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse C of lager	Staal	Niet- risicovol	N.T.
69	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse C of lager	Hout	Risicovol	N.T.
70	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse C of lager	Hout	Niet- risicovol	N.T.
71	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse C of lager	Beton	Risicovol	N.T.
72	glas/folie	Niet aanwezig	Brandklasse C of lager	Beton	Niet- risicovol	Middel/laag

BIJLAGE B – Rekenstappen Constructieve Veiligheid en Acceptatie-Validatie

Om de constructieve veiligheid van PV-systemen aantoonbaar en navolgbaar te kunnen vastleggen, is door het Rijksvastgoedbedrijf een plan met vijf rekenstappen opgesteld waaraan de onderbouwing van PV-montagesystemen dient te voldoen.

- Stap 1 wordt uitgevoerd door de constructeur, in afstemming met het RVB en de producent van het montagesysteem. Deze constructeur kan gelieerd zijn aan de producent, aannemer of installateur of een onafhankelijke derde partij.
- Stappen 2, 3 en 4 worden uitgevoerd door de producent van het montagesysteem.
- Stap 5 wordt uitgevoerd door de gebouwconstructeur. De constructeur dient daarbij de stappen 1 tot en met 4 te onderschrijven.

B.1 Stap 1: Uitgangspunten

De navolgende uitgangspunten zijn van toepassing, waarbij NEN-EN 1990, NEN-EN 1991, NEN 7250 en de RVB richtlijn 'Veiligheid PV systemen op daken' het toetskader zijn:

- Grondslagen voor het ontwerp;
- Omgevingsfactoren, gebouwgeometrie en dakzones;
- Wind-, sneeuw- en thermische belastingen;
- Opbouw van het dakpakket en gebouwconstructie o.b.v. archiefgegevens;
- Overzichtstekening van het PV systeem op het dak inclusief inrichting van het dak met VWoH voorzieningen, installaties, obstakels, etc.

B.2 Stap 2: Systeemberekening

Door middel van berekeningen wordt aangetoond dat het systeem de onder stap 1 vastgestelde belastingen kan weerstaan. In de berekeningsuitvoer op te nemen punten zijn ten miste;

- Een beknopte systeemspecificatie;
- Systeemschema's;
- Een evenwichtsberekening met de faalmechanismen;
- Een tekenoverzicht met de benodigde hoeveelheid ballast en/of de te rekenen maatgevende oplegreacties trek, druk en afschuiving.

Indien gebruik gemaakt wordt van (windtunnel)onderzoek om af te wijken van de genormeerde belastingen, dan dient dit project-specifiek onderbouwd te zijn en dienen de gehanteerde waarden herleidbaar te zijn, zie daarvoor hoofdstuk 1, lid f, g en h.

Van de berekende constructie zijn alle elementen en verbindingen duidelijk vastgelegd op overzichts- en detailtekeningen.

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

B.3 Stap 3: Productberekening

Door middel van berekeningen en testresultaten is aangetoond dat alle elementen en verbindingen van en aan het montagesysteem de onder stap 1 en 2 vastgestelde krachten kunnen weerstaan. In deze rapportage is ten minste opgenomen;

- Gedetailleerde systeemspecificaties
- Materiaalgegevens
- Unity checks op sterkte van alle onderdelen
- Overzichts- en detailtekeningen van de berekende constructie
- Praktijktesten en testresultaten dienen te voldoen aan NEN-EN1990 bijlage D.

NEN-EN1990 en NEN-EN1992 t/m 1999 vormen hiervoor de toetskaders.

Van de berekende constructie zijn alle elementen en verbindingen duidelijk vastgelegd op overzichtstekeningen.

B.4 Stap 4: Verankeringen en/of ballastberekeningen

Berekening van verankeringsmiddelen aan de gebouwconstructie of een verwijzing naar het standaard rekendocument als de bevestigingsmiddelen doormiddel van testen zijn gecontroleerd. Indien dit gebeurt door middel van testen moeten deze uitgevoerd zijn volgens de geldende normeringen en door een geautoriseerd testinstituut. Uitvoering en opstelling van de test moet duidelijk in het testrapport naar voren te komen. Indien de montageconstructie los opgelegd wordt een volledig inzichtelijke berekening van de benodigde ballast.

Aandachtspunten: conclusie met unity checks op sterkte van zowel het anker als het moedermateriaal waarin/waaraan verankerd wordt.

B.5 Stap 5: Controle gebouwconstructie

Door middel van berekeningen wordt herleidbaar aangetoond dat de gebouwconstructie waarop het montagesysteem met PV-panelen wordt aangebracht de extra belasting hier uit kan dragen. Waar mogelijk kan een globale berekening volstaan – bijvoorbeeld een vergelijking tussen de oude (ontwerp)situatie en de nieuwe situatie. Daar waar het montagesysteem mechanisch aan de bestaande dakconstructie bevestigd wordt, worden alle benodigde verbindingen, inclusief eventuele versterkingen aan de bestaande constructie, herleidbaar berekend. De berekende constructie is duidelijk beschreven en/of vastgelegd op overzichts- en detailtekeningen.

- Aandacht voor extra belasting van het PV-systeem, extra (wind)zuiging, wateraccumulatie, sneeuwophoping en, indien aanwezig, extra ballast. Alle onder de dakafwerking gelegen constructieve elementen dienen te worden gecontroleerd, dus ook bijvoorbeeld houten dakbeschot of stalen dakplaten, ravelingen rondom dakopeningen, verbindingen etc.
- Controle belastbaarheid/ drukvastheid isolatie/ dakbedekking (indien van toepassing).
- Eventuele aanvullende noodoverstorten bepalen (bij platte daken).
- Eventuele versterkingen (ravelingen, etc.) of aanpassingen aan draagconstructie berekend en aangetoond. Analytische controle of een globale stabiliteitsberekening (vergelijking).

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

B.6 Acceptatie- en validatieprocedure

a. Bij UAV-gc contracten:

Acceptatiemoment 1: Einde VO-fase

De stukken worden beoordeeld op:

- Constructieve uitgangspunten, stap 1 (uitgangspunten) van het rekensjabloon constructieve onderbouwing ZoD.
- Beoordeling of de drukfactoren, vastgelegd in de constructieve uitgangspunten, op juiste wijze omgezet zijn naar belastingen. Dit is een onderdeel van stap 2 van het rekensjabloon, systeemberekening.
- Bij toepassing van windtunneltesten: Is de vertaling en relatie tussen de windtunneltesten van en naar de rekentool van de leverancier voldoende aantoonbaar, navolgbaar en uitputtend?

Aanwezigheid documenten items 1, 5, 7, 9 (stap 1 en 2), 11, 14, 15uit

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

- B.7 Geëiste (oplever)documenten.

Acceptatiemoment 2: Einde UO-fase

De stukken worden beoordeeld op:

- Aantoonbaarheid, navolgbaarheid en uitputtendheid van berekeningen op basis van alle 5 stappen zoals opgenomen in het rekensjabloon.

Aanwezigheid van documenten, 1 t/m 16, 18 en 19 uit

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

- B.7 Geëiste (oplever)documenten.

Acceptatiemoment 3: Oplevering

De stukken worden beoordeeld op:

- Aantoonbaarheid, navolgbaarheid en uitputtendheid van berekeningen op basis van alle 5 stappen zoals opgenomen in het rekensjabloon.

Aanwezigheid van documenten, 1 t/m 20 uit

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

- ❖ B.7 Geëiste (oplever)documenten.

b. Bij UAV contracten:
   Bij UAV contracten geldt het traditionele validatieproces. Echter is de inhoud van de acceptatiemomenten benoemd in artikel B.6 a. onverminderd van kracht.

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

B.7 Geëiste (oplever)documenten

1. Windtunneltesten
2. a. Testrapporten frames en onderdelen

b. Berekeningen frames

3. Overzichtstekeningen frames
4. Berekeningen ballast
5. Overzichtstekeningen ballast
6. Detailberekening verankeringen aan dak
7. Overzichtstekeningen verankeringspunten
8. Detailtekeningen van verankeringen
9. Statische hoofdberekening incl. uitgangspunten
10. Detailberekeningen
11. Overzicht belastingen op dak
12. Toetsplan
13. Revisietekeningen en berekeningen
14. Bewijsstuk registerconstructeur
15. Certificaat erkend bedrijf
16. Wateraccumulatie- en overstort berekeningen door constructeur
17. SCIOS Scope 12 certificaat
18. Revisie tekeningen PV-systeem
19. Technisch specificatieblad leverancier PV-panelen
20. Opleverrapport montage onderconstructie en ballastering en/of verankering

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

BIJLAGE C – Uitvoeringseisen elektrische PV-installatie

C.1 Ontwerp eisen

De navolgende ontwerpeisen dienen door de opdrachtnemer in acht genomen te worden:

a. Eventueel benodigde aanpassingen aan de hoofdverdeelinrichting en de wijze van aansluiting op de hoofdverdeelinrichting worden per project afgestemd tussen Rijksvastgoedbedrijf en opdrachtnemer.

b. Een PV-installatie is bereikbaar, onderhoudbaar en toegankelijk. Eisen m.b.t. maatvoering volgen uit de brandveiligheidsvoorschriften en V&G-voorschriften.

c. Een PV-installatie mag overige installaties op het dak niet belemmeren, deze blijven voldoende vrij, bereikbaar, bruikbaar, onderhoudbaar en toegankelijk.

d. De PV-installatie is afgestemd op mogelijke schaduwwerkingen. Puntbelasting door schaduwwerking van bouwdelen, ornamenten, schoorstenen en dergelijke dient zoveel mogelijk vermeden of anders geminimaliseerd te worden.

e. PV-panelen dienen zo opgesteld te worden dat de warmteafvoer van onder de PV-panelen als van de (micro) omvormers/optimizers ruim voldoende geborgd is.

C.2 Eisen panelen

1. PV-panelen dienen aantoonbaar ten minste aan de volgende eisen te voldoen.
   PV-panelen:
   - zijn gekwalificeerd volgens de normen: IEC 61215, IEC 61730, IEC 61701, IEC 62804, IEC 62716 en;
   - hebben een beschermingsklasse van tenminste IP67, en;
   - dienen een standaard productgarantie van ≥10 jaar[3], af fabriek te hebben, en;
   - dienen een standaard vermogens garantie van 80% na 20 jaar te hebben, en,
   - zijn zowel zoutnevelbestendig als ammoniakbestendig.

2. De fabrikant-, product- en vermogensgarantie dient overdraagbaar zijn te zijn, en voor/bij oplevering overgedragen te worden aan het Rijksvastgoedbedrijf(RVB).

C.3 Eisen omvormers

Van navolgend beschreven apparatuur dienen de gestelde eisen uit de betreffende datasheet en/of handleiding te herleiden zijn.

3. Omvormers (power-)optimizers en micro-omvormers dienen een productgarantie van tenminste 10 jaar, af fabriek te hebben. De fabrikant- en productgarantie dient overdraagbaar zijn te zijn, en voor/bij oplevering overgedragen te worden aan het Rijksvastgoedbedrijf.

[3] Op basis van duurzaamheidsambities kunnen hogere productgaranties en mogelijk vermogensgaranties worden gevraagd in een aanbestedingstraject. E.e.a. ter beoordeling aan de bij het project betrokken expert duurzaamheid.

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

4. Omvormers dienen een beschermingsklasse van tenminste IP65 te hebben. Micro-omvormers en (power) optimizers dienen een beschermingsklasse van tenminste IP67 te hebben.

5. PV-string omvormers dienen op een toegankelijke plaats gemonteerd te worden zodat deze veilig, zonder extra gereedschap en/of veiligheidsmaatregelen bereikbaar zijn voor onderhoud en/of inspectie.

6. In elke DC-string in een bouwwerk dat voldoet aan gevolgschadeniveau 1 en 2 (zie hoofdstuk 4 brandveiligheid, tabel 2) dient vlamboogdetectie toegepast te worden en deze is geactiveerd. Een vlamboogdetector schakelt na detectie de betreffende string direct naar een veilige toestand (zie nooduit circuit). Een afgeschakelde string kan uitsluitend handmatig gereset worden alvorens weer in bedrijf te kunnen komen. Indien slechts één PV-paneel is aangesloten op één ingang van een micro omvormer/(power-)optimizer dan mag vlamboogdetectie in dit circuit achterwege blijven.

7. Elke string dient te beschikken over een onafhankelijke MPPT (Maximum Power Point Tracking) of per paneel een eigen (power-) optimizer en/of micro omvormer.

8. Elke PV-string dient veilig afgeschakeld en gescheiden te kunnen worden door een externe DC-lastscheider[4] welke binnen handbereik van de omvormer is geplaatst.

9. Elke PV-omvormer dient veilig afgeschakeld en gescheiden te kunnen worden door een externe AC-lastscheider welke binnen handbereik van de omvormer is geplaatst. Elke voedende kabel die naar een set Micro- omvormers gaat dient veilig afgeschakeld en gescheiden te kunnen worden door een externe AC-lastscheider welke binnen handbereik van de eerste omvormer is geplaatst.

C.4 Eisen elektra bekabeling en montage

10. DC kabels naar componenten worden niet in lussen gelegd, plus en min liggen altijd bij elkaar in hetzelfde kabeltracé (Dit ter voorkomen van EMC interferentie, zie advies Agentschap Telecom[5]). Eveneens dient voldoende afstand tussen plus en min bekabeling te worden aangebracht ter voorkoming van parallelle vlambogen. Plaats daarom de plus en de min bekabeling in gescheiden kabelgoten. Houd ten minste 100 mm afstand of breng een tussenschot aan tussen de plus en min bekabeling.

11. Elektra kabels, stekkers en overige elektrische componenten hebben een beschermingsklasse van tenminste IP67, zijn UV bestendig en kabels worden (qua isolatie) dubbel geïsoleerd uitgevoerd. Voor kabels welke in de grond gelegd worden gelden de reguliere eisen uit de NEN1010.

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

---

4 Een lastscheider moet per definitie in staat zijn de nominale stroom in het desbetreffende circuit veilig te onderbreken. De norm voor een lastscheider (NEN-EN-IEC 60947-3 voor industriële toepassingen en NEN-EN-IEC 60669-2-4 voor huishoudelijk en soortgelijk gebruik) schrijft voor dat er sprake moet zijn van een mechanische scheiding. Een elektronische (last)scheider of schakelaar in de omvormer voldoet dus niet als lastscheider aan DC-zijde.

5 https://www.agentschaptelecom.nl/onderwerpen/tips/voorkom-storingen-door-zonnepanelen.

12. DC bekabeling is maximaal om de 300 mm ondersteund, overspant maximaal 300 mm vrije ruimte en is gemonteerd aan/in kabeldraagconstructies vrij van scherpe randen/voorwerpen aangelegd en vastgezet.

13. Kabel doorvoeren en kabelwegen zijn vrij van scherpe randen opdat beschadigingen van bekabeling wordt voorkomen. Voor kabelwegen mogen alleen draadgoten van tenminste 150 mm breed toegepast worden. Kabelwegen bevinden zich tenminste 8 cm boven de dakbedekking.

14. Elektra kabels dienen zo aangelegd te zijn dat zij nergens in (een plas) water kunnen komen te liggen.

15. Kabelbinders mogen de isolatie van DC kabels niet vervormen.

16. Op kabelwegen dienen kabels met voldoende overlengte aangelegd te worden zodat temperatuur wijzigingen niet kunnen leiden tot (te) strakke kabels.

17. Kabels, wartels, connectoren, bouten/schroeven en overige componenten zijn, vakbekwaam en volgens voorschriften fabrikant, bevestigd, vastgezet en op het juiste door fabrikant voorgeschreven manier gemonteerd en op moment aangedraaid.

C.5 Eisen connectoren

18. Connectoren hebben (afgemonteerd) een beschermingsklasse van tenminste IP67, zijn UV-bestendig en vergrendelbaar en zijn na montage daadwerkelijk vergrendeld.

19. Alleen stekker/contrastekker verbindingen van hetzelfde fabricaat/type mogen in het DC deel toegepast worden (lees: geen cross matching). Dit geldt voor zowel kabels tussen: PV-panelen, string kabels, schakelaars, zekeringhouders, (micro) omvormers als naar optimizers. Een combinatie van verschillende stekkers is slechts toegestaan wanneer van de specifieke combinatie van stekker en contrastekker is aangetoond dat deze:
    - ❖ voldoet aan NEN EN IEC 62852 middels tests en;
    - ❖ door een notified body vastgesteld is dat de materialen en de verbindingen dezelfde eigenschappen hebben.

20. Connectoren dienen met het door de fabrikant voorgeschreven gereedschap gemonteerd en/of gedemonteerd te worden.

C.6 Eisen bliksembeveiliging en aarding

21. Wanneer een PV-installatie wordt geïnstalleerd op een dak, dient een risicobeoordeling volgens IEC 62305-2 te worden uitgevoerd. Het ontwerp van de bliksembeveiliging, overspanningsbeveiliging en het legplan van de PV-installatie dient op elkaar te worden

Eindconcept, externe verspreiding alleen in overleg

afgestemd. Hierbij dient rekening te worden gehouden met directe en indirecte blikseminslag, aarding, overspanningsbeveiliging en schaduwwerking van nabij gelegen objecten. De maatrelgelen die volgen uit deze risicobeoordeling en afstemming behoren tot de omvang van het werk. Hieronder wordt onder andere verstaan: (Her-)ontwerpen, (laten) toetsen, plaatsen, uitbreiden en/of aanpassingen aan de opstelling van de PV-installaties, de bliksembeveiligingsinstallatie en overspanningsbeveiligingen volgens de geldende normen.

22. Alle metalen delen (zoals draagconstructies en goten) dienen verbonden te worden met een veiligheidsaarding (beschermende vereffeningsleiding) en de relevante aardklem (hoofdaardrail/-klem). De relevante aardklem is een SAR (sub-aardrail) geplaatst bij de omvormer. De SAR is rechtstreeks verbonden met de HAR (hoofd-aardrail). De veiligheidsaarding is ten minste uitgevoerd in vertind koper van ten minste 6 mm².

23. Indien er op een bouwwerk géén bliksembeveiligingsinstallatie(LPS) aanwezig is dan dient elke AC kabel van/naar de PV-installatie voorzien te worden van een (transiënte) overspanningsbeveiliging(SPD) tenminste type II SPD (volgens NEN-EN-IEC 62305). Deze SPD dient bij de overgang van buiten naar binnen inpandig geplaatst te worden.

24. Indien er op een bouwwerk een bliksembeveiligingsinstallatie (LPS) is aangebracht en de afstand tussen de LPS en de PV-constructie/paneel groter is dan 500 mm, dan dient elke AC-kabel van/naar de PV-installatie voorzien te worden van een (transiënte) overspanningsbeveiliging (SPD) tenminste type II SPD (volgens NEN-EN-IEC 62305). Deze SPD(s) dient(en) bij de overgang van buiten naar binnen inpandig geplaatst te worden.

25. Indien er op een bouwwerk een bliksembeveiligingsinstallatie (LPS) is aangebracht en de afstand tot de LPS en de PV constructie/paneel is minder dan of gelijk aan 500 mm, dan dient elke AC-kabel van/naar de PV installatie voorzien te worden van een (transiënte) overspanningsbeveiliging(SPD) tenminste type I+II SPD (volgens NEN-EN-IEC 62305). Deze SPD(s) dient(en) bij de overgang van buiten naar binnen inpandig geplaatst te worden. Een DC-string dient voorzien te zijn van een DC type I+II overspanningsbeveiliging. Vanwege de resulterende mogelijke bliksemstroom-belasting dienen alle potentiaalvereffeningsleidingen in dat geval minimaal 16 mm² te zijn.

C.7 Eisen nooduitsysteem

26. Leken en/of hulpverleners dienen een PV-installatie veilig te kunnen stellen bij onmiddellijk gevaar, conform Arbeidsomstandighedenwet artikel 3 lid f. Bij de navolgende PV-installaties dient daarom een nooduit-systeem volgens vermelde eisen aangebracht te worden:
    - Een nooduit-systeem dient altijd toegepast te worden, tenzij in geval van gebouwen met een gevolgschadeniveaus *Middel* óf *Laag* (zie hoofdstuk 4 brandveiligheid; tabel 2), bij woningen, of bij gebouwen met hellende daken. Dit dient dan mede bepaald te worden aan de hand van de RI&E.

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg

- ❖ Middels op afstand geplaatste nooduit knoppen dient de gehele installatie dubbelpolig, zowel AC-zijdig, DC-zijdig evenals elke DC string naar een brand- en aanrakingsveilige (AC <50V en DC <120V) toestand gebracht te worden.
- ❖ Mogelijke systeem uitvoeringen om de aanrakingsveilige toestand te bereiken:
  - Zowel het AC circuit als het DC circuit afschakelen waarbij de DC spanning lokaal, direct achter het PV paneel afgeschakeld wordt d.m.v. een remote DC switch via een stuursignaal vanuit het nooduit systeem.
  - Het toepassen van een omvormer system (zoals een omvormer combinatie met poweroptimizers) welke een ingebouwde, automatische en (software) geactiveerde afschakeling bevat waardoor de DC zijde automatisch mee schakelt naar het gestelde veilige spanningsniveau. Hier volstaat met het afschakelen van enkel het AC deel
  - Het toepassen van een omvormer systeem (zoals een micro omvormer) waarbij de DC spanning achter een PV paneel nooit boven de spanningslimiet uitkomt. Hier volstaat met het afschakelen van enkel het AC deel.

C.8 Noodstroomaggregaat

27. Indien een PV-installatie op een installatie met een noodstroomaggregaat (NSA) aangesloten wordt, dient de gehele PV-installatie automatisch afgeschakeld/afgekoppeld te worden zodra een NSA start (d.w.z.: een PV-installatie mag nooit invoeden/actief zijn tijdens NSA bedrijf). Indien een nooduit-systeem aanwezig is dient deze NSA schakeling geïntegreerd te worden met het nooduit-systeem.

C.9 Inspectie

28. Voor elk op te leveren PV-installatie is een EBI keuring verplicht conform SCIOS Scope 12 "Inspecties van Zonnestroominstallaties". Het SCIOS Scope 12 rapport, zonder restpunten en met positieve conclusie, is onderdeel van de opleverdocumenten.

Eindconcept: externe verspreiding alleen in overleg