

Gids voor risicobeheersing

# Fotovoltaïsche Panelen (Zonnepanelen)

## Inleiding en reikwijdte

Het doel van dit document is om advies te geven aan eindgebruikers van fotovoltaïsche (PV) installaties, inclusief op het dak gemonteerde installaties en installaties op maaiveldhoogte.

Fotovoltaïsch is de term die wordt gebruikt om de directe omzetting van lichtenergie (fotonen) in elektrische energie door middel van halfgeleiders te beschrijven. Het fotovoltaïsche effect is een fysisch en chemisch fenomeen. PV-centrales elimineren de behoefte aan een machinaal aangedreven generator door gebruik te maken van de lichtenergie die van de zon wordt ontvangen en deze direct om te zetten in een nuttige vorm van elektrisch vermogen.

Er zijn 2 erkende technologieën:

- Kristallijne silicium PV-cellen komen het meest voor, maar vereisen een grotere investering vanwege het hoge siliciumgehalte. Subtypes van deze technologie zijn (in afnemende volgorde van efficiëntie): monokristallijne, polykristallijne en dikke-filmpanelen.
- Dunne film PV-cellen is een nieuwere ontwikkeling die slechts een fractie van het siliciumgehalte vereist, maar resulteert in een lager elektrisch rendement (ongeveer de helft van de kristallijne).

Het meest voorkomende type is polykristallijn silicium vanwege de hogere prijs-kwaliteitverhouding.

In het kader van het document worden de volgende factoren overwogen:

- Systemcomponenten en -specificaties.
- Overwegingen bij ontwerp en installatie.
- Operationele overwegingen.
- Onderhoud en inspecties.
- Vastgoedrisico's.
- Schadeverwachtingen.

## Stelsysteemcomponenten en specificaties

### Terminologie

De belangrijkste componenten van een PV-installatie zijn:

- PV-cel: klein elektrisch apparaat (15 cm x 15 cm) dat de energie van licht omzet in gelijkstroom.
- PV-module / paneel: stabiel frame dat een aantal onderling verbonden PV-cellen groepeerd. Typische kenmerken zijn: 72 (6x12) cellen, 300 watt (piek), 36 volt, 8 ampère, 15% efficiëntie, 26 kg.
- PV-array: gekoppelde verzameling PV-modules, meestal bedraad met MC4-connectoren. Ze zijn geïnstalleerd op vaste of bewegende constructies (zonnevolgers).
- Aansluitdoos: behuizing waar modules en PV-arrays met elkaar zijn verbonden.
- Omvormer: apparatuur voor vermogenselektronica dat gelijkstroom (DC) van een PV-array omzet in een netfrequentie van wisselstroom (AC).
- Transformator: passieve apparatuur die wordt gebruikt om de wisselspanning te verhogen. Ze kunnen droog of met olie gevuld zijn.
- UPS: noodstroomstelsysteem inclusief batterijen die voornamelijk worden gebruikt als back-up van besturingssystemen.
- Bedradings-, aardings- en meetapparatuur.

### Normen

De PV-installatie moet worden ontworpen volgens internationaal erkende normen. De International Electrotechnical Commission (IEC) -normen die van toepassing zijn, zijn:

- IEC (NEN) 61215 PV-modules – Ontwerpkwalificatie en typegoedkeuring.
- IEC (NEN) 61730 PV-modules – Veiligheidskwalificatie.
- IEC (NEN) 61701 PV-modules – Corrosietest.

Deze normen weerspiegelen de nieuwste ontwikkelingen en veiligheidservaring op PV-modules, en daarom moet een gedetailleerde studie van de installatie worden uitgevoerd als deze niet worden vervuld.

De volgende IEC-normen zijn van toepassing op andere apparatuur:

- IEC (NEN) 62093 Balans van systeemcomponenten voor PV-installaties (batterijen, omvormers, diodes).
- IEC (NEN) 62109 Veiligheid van omvormers voor gebruik in PV-installaties.

De Underwriters Laboratory-normen voor PV-panelen zijn:

- UL 1703-norm voor fotovoltaïsche modules en panelen.
- UL 2703-norm voor montagesystemen, montageapparaten, klem- / retentieapparaten en aarding voor gebruik van fotovoltaïsche modules en panelen.

Deze laatste is de enige internationale standaard voor montagesystemen.

Per locatie kunnen andere lokale normen worden toegepast.

## Overwegingen bij ontwerp en installatie

Er zijn belangrijke factoren waarmee rekening moet worden gehouden tijdens het ontwerp en de installatie van de PV-installatie, die zowel de systeemprestaties als de beheersing van risico's beïnvloeden. De belangrijkste overwegingen zijn:

### Plaats

- Lokale omgevingsomstandigheden waarmee rekening moet worden gehouden, zijn: nominale en maximale windsnelheden, hagel- en stof stormrisico's, aardbevingen, blikseminslag en overstromingszonerings. Speciale aandacht voor wind-, sneeuw- en zandstormbelastingen. Berekeningen moeten worden gecontroleerd.
- Eurocode 1 wordt gebruikt voor het windontwerp van de bevestigingen. De hoogste windbelastingen zijn het dichtst bij de randen, en tot ongeveer  $1/10^9$  van de afstand, dus het is niet ongebruikelijk om twee ontwerpen te hebben met veel meer bevestigingen rond de omtrek. Als de weerstand niet kan worden gegarandeerd, moet overwogen worden om winddeflectors te installeren die voorkomen dat wind onder de PV-array doordringt.
- Bij op het dak gemonteerde systemen moet de daksterkte worden gegarandeerd, rekening houdend met het gewicht van de componenten en de extra belastingen veroorzaakt door zand- of sneeuwstormen, sneeuwverstuivingen en ijs. Ballast vormt een gevaar voor de integriteit van het dak en moeten worden vermeden.
- De rekken moeten mechanisch worden verankerd aan de dakconstructie, waarbij lijm en ballast worden vermeden, omdat ze bij zware wind onbetrouwbaar zijn. Bevestig bij metalen paneeldaken aan de onderliggende structuur, op voorwaarde dat dit het isolatiepakket / dakbedekking niet doorbreekt. Gebruik anders speciale clips die zijn goedgekeurd door de fabrikant. Als dit niet mogelijk is, moeten gedetailleerde berekeningen worden uitgevoerd en herzien, aangezien speciale ontwerpen nodig kunnen zijn.
- De weerstand van PV-modules voor gemeenschappelijke locaties moet 2.400 Pa (opwaarts / wind) en 5.400 Pa (sneeuw) zijn. Dit kan echter toenemen wanneer zware wind, sneeuw of een zandstorm optreedt (een weerstand tegen oplichten van 5.400 Pa is vereist in orkaangebieden).
- Er moet speciale aandacht worden besteed aan de overheersende winden die uit het noorden (op het noordelijk halfrond) of het zuiden (zuidelijk halfrond) komen, omdat dit de blootstelling aan wind in het meest ongunstige scenario verhoogt door het oplichten van de PV-modules.
- Roterende zonnevolgers zijn bijzonder gevoelig voor windschade en men moet een snel automatisch systeem overwegen om de panelen naar de veilige positie (horizontaal) te verplaatsen, plus windgeleiders die resonantie vermijden.
- De locatie van de panelen moet zorgen voor voldoende afstand tussen de panelen om een goede toegang mogelijk te maken voor bevestigingsbouten en algemene inspecties. Om dit mogelijk te maken, moeten er looppaden worden voorzien. Er moeten ook looppaden worden voorzien voor elke afvoer, zodat ze gemakkelijk kunnen worden gecontroleerd op vuil en worden gereinigd. Er mogen geen panelen boven afvoeren worden geïnstalleerd. Voor toegang voor de brandweer wordt een extra afstand van 1,2 m per 46 m in elke richting en kort vanaf de dakranden aanbevolen. Er moet een afstand van 5 m worden voorzien ten opzichte van brandbare daklichten en 1,5 m van alle daklichten. Zorg dat de rookluiken volledig kunnen worden geopend met de panelen op hun plaats. Voor de paneelbouten moeten dubbele moeren worden gespecificeerd, vooral wanneer ruimte voor het periodiek opnieuw aandraaien van bouten niet mogelijk is. De tweede moer dient een roestvrijstalen borgmoer met een nylon inzetstuk te zijn.
- Hydrologie. De hydraulische studie moet worden geëvalueerd. Bij de berekening van alle afvoersystemen wordt rekening gehouden met een terugkeerperiode van 100 jaar.

- Het effect van wateroverlast is met name zorgwekkend voor de omvormers en batterijen omdat ze zeer gevoelig zijn voor waterschade. Als deze mogelijkheid bestaat, moeten ze worden verhoogd of verplaatst.
- Bodemomstandigheden. Bij op de grond gemonteerde systemen moeten de onderzoeken op geotechnisch en grondwaterniveau, inclusief het risico van uitzettende klei en / of bodemvervloeiing, worden geëvalueerd door de risk consultant, om te zorgen dat alle aanbevolen maatregelen in het project worden opgenomen.
- PV-panelen mogen niet worden geplaatst op brandbare daken of daken met brandbare isolatie. Bij bestaande installaties van dit type moet bijzondere aandacht worden besteed vanwege het hoge inherente risico. In deze gevallen is het van vitaal belang om een uniform oppervlak te behouden dat continue weerstand biedt in de hele module reeks om hotspots te voorkomen die worden veroorzaakt door het cel mis match-effect: beschadigde of beschaduwde cellen die een lagere stroom produceren in een array verdrijven het vermogen dat wordt geproduceerd in de goede cellen. Verbeterende maatregelen omvatten het maximaliseren van de frequentie van het reinigen en vervangen van beschadigde eenheden, het zorgen dat bypass-diodes zijn geïnstalleerd en werkvaardig, en het maximaliseren van de frequentie van connectorcontroles / bevestiging en IR-onderzoeken. Gedeeltelijke beschaduwing van modules veroorzaakt door antennes, palen of andere constructies moet worden vermeden door de voorzieningen anders in te delen. Bij nieuwe installaties moet elke brandbare laag worden vervangen of voldoende worden afgedekt voordat de constructies worden gemonteerd. Beschadigde modules moeten op korte termijn worden vervangen, zonder er plakband over te leggen. PV-modules zonder bypass-diodes moeten worden vermeden. RSA kent schades doordat branden van zonnepanelen zich hebben verspreid naar brandbare dakbedekking. De aanwezigheid van panelen op het dak zorgt dan dat stralingswarmte naar het paneel kan worden overgebracht en dat vlammen veel dichter op het dak worden gericht dan bij een typische dakbrand. Dit kan het brandgevaar van de individuele dak- en paneelsystemen vergroten, aangezien het mogelijk is dat de warmteflux van een brand een kritiek punt overschrijdt, waardoor brandverspreiding mogelijk wordt.

## Uitrusting

- Rekening houdend met het stof- en waterindringend vermogen van externe apparatuur, moeten componenten IP-65-geclassificeerd zijn (Europa), NEMA 4 (Noord-Amerika), dat betekent dat er geen stof binnendringt en ze bestand zijn tegen waterstralen met normale sterkte. Omdat dit de mogelijkheid om warmte af te voeren beperkt, moeten aansluitdozen die zijn voorzien van warmtegenererende apparatuur zoals diodes, regelmatig worden gecontroleerd.
- Alle elektrische apparatuur moet worden beschermd tegen zonnestraling. UPS-batterijen, omvormers en droge transformatoren zijn bijzonder vatbaar voor beschadiging door hoge temperaturen. Accurekken worden geklimatiseerd in het bereik van 20-25 °C. De ontwerptemperatuur van omvormers en droge transformatoren bedraagt 50 °C. Omvormerruimte en ingekapselde droge transformatoren moeten voorzien zijn van geforceerde ventilatie. Bijzondere aandacht moet worden besteed aan units in containers die vatbaar zijn voor oververhitting.
- Omvormers moeten zijn voorzien van overspanningsbeveiligingen aan zowel wisselstroom- als gelijkstroomzijde. Ook de verdeelkasten, de datatransmissielijnen en de stroomaansluitingen naar het elektriciteitsnet moeten worden voorzien van overspanningsbeveiligingen.
- De gelijkstroomzijde van de omvormer moet worden voorzien van een zeer gevoelige aardlekbeveiliging om gevaarlijke isolatiefouten te detecteren. Dit soort storingen hebben in het verleden brand veroorzaakt. Als dit systeem niet in de omvormer is geïntegreerd, moet een extra apparaat worden geïnstalleerd. Zekeringen zijn voor dit doel niet toegestaan omdat ze geen adequate detectie en uitschakeling kunnen garanderen. Om aardfouten te voorkomen, moeten gelijkstroomkabels onbeschadigd zijn en voorzien van waterdichte kabelbussen en aansluitdozen.
- Omvormers moeten vrijstaand op een metalen frame staan of tegen een vuurbestendige muur worden gemonteerd, en in ieder geval op meer dan 2 meter afstand van brandbare dakbedekking of isolatie. Bij reeds geplaatste omvormers waar deze afstand niet kan worden bereikt, moet contact worden opgenomen met RSA om voor elk specifiek geval een specifieke oplossing te vinden. Transformatoren moeten fysiek of ruimtelijk gescheiden zijn vanwege hun inherente brandrisico.
- Hoofdschakelaars moeten aan de gelijkstroomzijde van de omvormer worden geïnstalleerd om handmatige afschakeling en veilige brandbestrijding mogelijk te maken.
- Afgedichte accu's hebben de voorkeur boven open units. Open accu's brengen een hoger risico met zich mee vanwege het vrijkomen van explosieve waterstof en de noodzaak van regelmatige toevoegingen van elektrolyt. Nikkel-cadmium-eenheden hebben een langere duurzaamheid en temperatuurbereik dan loodzuur, dus die hebben de voorkeur in schaars onderhouden fabrieken waar geen vervanging van de batterij wordt verwacht.

## Bliksembeveiliging, kabels en accessoires

- De behoefte aan externe bliksembeveiliging (staven en geleiders) voor elk gebouw, PV-installatie of andere voorziening moet worden bepaald door het NEN 62035 risicobeoordelingsmodel.
- PV-systemen, evenals airconditioningsystemen, elektrische sensoren of andere geleidende verbindingen met het gebouw, moeten minstens 1 meter van de bliksembeveiliging gescheiden zijn. Wanneer dit niet mogelijk is (d.w.z. onvoldoende afstand of metalen daken), moeten speciale hoogspanningsgeïsoleerde bliksemafleiders (bijvoorbeeld HVI-geleiders) worden gebruikt om gevaarlijke vonken te voorkomen. Anders moeten ze worden opgenomen in de potentiaalvereffening met behulp van geschikte bliksemstroom- en overspanningsafleiders bij de ingang van het gebouw. Alle metalen componenten zonder een geleidende verbinding in het gebouw moeten rechtstreeks op de bliksembeveiliging worden aangesloten.
- Of er nu een extern bliksemsysteem is of niet, omvormers, aansluitdozen, communicatielijnen, aansluitingen op het elektriciteitsnet en potentiaalvereffeningen tussen aardingsystemen moeten zijn uitgerust met bliksem (overspannings) beveiligingsapparatuur.
- Aardkabels moeten aanwezig zijn om alle metalen constructies, componenten en kabelgoten te beschermen. De aardingskabels moeten een doorsnede van ten minste 6 mm<sup>2</sup> hebben. Bliksemafleiders moeten minimaal 35 mm<sup>2</sup> zijn.
- De kabels moeten UV- en waterbestendig zijn en anderszins beschermd zijn tegen direct zonlicht om UV-schade te voorkomen. Het geprefereerde kabeltype is er een met XLPE-isolatie, LSZH-buitenmantel en stalen bepantsering.
- Alle kabels moeten op gaas of geperforeerde kabelgoten worden gelegd om contact met brandbare dakbedekking te vermijden en voor voldoende ventilatie te zorgen. Bij de montage moeten de gootdeksels zich op een geschikte afstand (10 cm) van de bovenkant van de goot bevinden, anders heeft het de voorkeur om ze te laten verwijderen om warmteafvoer mogelijk te maken. In elke kabelgoot mogen niet meer dan 2 kabelniveaus worden geïnstalleerd. Wanneer buizen worden gebruikt, is het belangrijk om hun degradatie en bezetting te controleren (niet meer dan 30% van de doorsnede).
- Gelijkstroom connectoren zijn van het MC-type, IP-68, UV-bestendig. Doorboorde connectoren moeten worden vermeden.
- Kabels die in contact komen met scherpe punten (d.w.z. ruw beton of metalen randen) moeten worden vermeden.

## Operationele overwegingen

- Voorkom dat de PV-modules in serie worden aangesloten terwijl ze niet op het net zijn aangesloten. De afzonderlijke panelen worden normaal gesproken geleverd met een ondoorzichtige materiaalafdekking om te voorkomen dat er elektriciteit wordt opgewekt. Deze afdekkingen moeten op hun plaats blijven totdat alle aansluitingen zijn voltooid.
- Omvormers moeten 'isolatie' detectie bevatten om te stoppen met het leveren van stroom in het geval van een stroomonderbreking en om een lokaal elektriciteitseiland te vermijden dat gevaarlijk kan zijn voor medewerkers van nutsbedrijven.
- Toegang tot de locatie of het dak moet worden beperkt. Bij op het dak gemonteerde systemen moet de mogelijkheid worden beschouwd om nabijgelegen opslag / constructies / afvalbakken enz. te gebruiken om toegang te krijgen tot het dak. Zie appendix A - Overwegingen bij risicobeheer.
- PV-installaties moeten worden voorzien van bewaking op afstand en alarmbeheer, inclusief de panelen en de omvormers. De alarmen moeten signaleren naar een permanent bemand station of naar een cascade van contacttelefoonnummers van het personeel van de locatie, die de mogelijkheid hebben om de toestand van de installatie op afstand te controleren. Bij dakinstallaties dient het voor de installatie ontwikkelde noodplan in het bedrijfsnoodplan van het gebouw te worden opgenomen. De locatie van de belangrijkste elektrische componenten en het gelijkstroom-isolatiepunt moeten worden weergegeven, plus de locaties voor toegang tot het dak.
- Voldoende elektrische uitschakelingen zijn vereist. Voor elke omvormer (plus elke combinatiekast voor nieuwe installaties) moet een toegankelijke gelijkstroomschakelaar op afstand worden voorzien om handmatige afschakeling en veilige brandbestrijding indien nodig mogelijk te maken.
- Het is belangrijk om alle contractvoorwaarden tussen de verschillende partijen te erkennen, bijvoorbeeld de systeemeigenaar, de exploitant, de beheerder, het elektriciteitsbedrijf en de eigenaar van het gebouw of de grond. Bij op het dak gemonteerde systemen moet, wanneer onze klant niet de eigenaar van de PV-installatie is, worden gezorgd dat deze is voorzien van een aansprakelijkheidsverzekering voor brandschade.



## Onderhoud en inspecties

- Onderhoudscontracten moeten worden geformaliseerd en alle aspecten van het systeem omvatten, inclusief de panelen, ondersteuningsconstructies, zonnepanelen, elektronica, elektrische kabels, afvoeren en componenten.
- Al het onderhoudspersoneel, zowel intern als gecontracteerd, moet de geschikte werkvergunningen gebruiken voor het uitvoeren van taken, inclusief een vergunning voor brandgevaarlijke werkzaamheden waar nodig. Een constante aanwezigheid tijdens de brandwachtperiode na het werk wordt aanbevolen. Mechanische reparaties hebben de voorkeur boven lasreparaties, om de mogelijkheid van schade aan omringende panelen door vonken en hitte te voorkomen.
- Panelen en bedrading moeten wekelijks visueel worden geïnspecteerd op tekenen van veroudering, vuil of oververhitting. Beschadigde modules moeten op korte termijn worden vervangen. Deze inspectie moet bedradingskasten, DC-connectoren, bypass-diodekasten, omvormers en modules omvatten.
- Minstens jaarlijks moet er een formele inspectie zijn van de staat van alle elektrische / aardingskabels en aansluitingen, aansluitdozen, diodes, schakelaars, DC-conditioners, transformatoren, UPS en DC / AC-omvormers, plus hulpcomponenten zoals zekeringen en schakelaars. Olieanalyses moeten worden uitgevoerd op alle met olie geïsoleerde transformatoren.
- Luchtfilters op omvormers moeten regelmatig worden vervangen om oververhitting te voorkomen. Vooral bij open veld installaties waar stof of zand aanwezig is.
- Regelmatige reiniging moet worden uitgevoerd op basis van lokale omgevingsomstandigheden (bijv. stof, vogeluitwerpselen, enz.) en aangepast op basis van resultaten van regelmatige inspecties. Een situatie waarin verschillende niveaus van zonnestraling de modules van één installatie bereiken (d.w.z. vanwege uitwerpselen of schade) moet worden vermeden. De panelen moeten worden schoongemaakt met schoon water om vuil en zout van het oppervlak te verwijderen. Dit is essentieel aangezien gedeeltelijke schaduw kan leiden tot hotspots waardoor het paneel verslechtert, dat kan leiden tot fouten die brand veroorzaken. Dit is vooral belangrijk als modules niet zijn voorzien van bypass-diodes.
- Robotreiniging kan een optie zijn voor grote installaties.
- Thermografische tests moeten jaarlijks worden uitgevoerd (tweemaal per jaar als er brandbare materialen aanwezig zijn). Deze onderzoeken moeten alle elektrische apparatuur omvatten zoals omvormers, draadconnectoren, aansluitdozen, schakelborden, transformatoren, modules enz. En moeten worden uitgevoerd bij een tijd waarin er een aanzienlijke belasting van het paneel is (d.w.z. helder weer en piekgeneratietijden). Het gebruik van drones en AI (Artificial Intelligence) geleide warmtebeeldtechnologie voor de modules is de beste optie voor grote installaties.
- De elektrische en besturingsaansluitingen moeten jaarlijks worden gecontroleerd op contactkwaliteit, verslechtering en corrosie.
- Voor op het dak gemonteerde systemen moet het dak minstens elke 3 maanden worden geïnspecteerd en voordat er zware wind of regenstormen worden verwacht. Tijdens deze inspecties: Verwijder losse voorwerpen. Controleer het dakmateriaal op slijtage en afbladdering. Controleer of de goten en afvoeren vrij zijn van vuil. Controleer of de veiligheidsbarrières in goede staat verkeren en stevig op hun plaats zitten. Dakconstructies zoals schoorstenen mogen geen losse constructie-elementen bevatten. De ondersteunende constructies van het paneel moeten stevig op hun plaats en in goede staat zijn, zonder tekenen van corrosie.
- Wanneer zonnepanelen zijn geïnstalleerd, moet de positioneringsmodule worden gecontroleerd en de motor elke 2 maanden worden gereinigd. Eens per jaar moet visuele controle van de volgeras en de kabels, herbevestiging van de schroeven, en smering van de motoren worden uitgevoerd. Ook moet worden gecontroleerd of niets de beweging van de zonnepaneel belemmert.

## Vastgoedrisico's

De belangrijkste risico's van materiële schade worden hieronder opgesomd:

- Schade als gevolg van hagel, vallende voorwerpen of opzettelijke schade.
- Schade door extreem weer - storm, sneeuwval, blikseminslag.
- Elektrische storing en oververhitting, veroorzaakt door een onjuist ontwerp van de installatie, corrosie van componenten, hotspots, beschadigde modules, losse / slechte verbindingen, extreem warm weer, vermoeidheid door temperatuurwisselingen enz.
- Diefstal - vooral koperkabels
- Brand als gevolg van elektrische schade, brandstichting of brand verspreidt zich van het gebouw / open veld naar de fabriek.
- Het bovenoppervlak van PV-panelen is meestal van gehard glas, maar de achterkant kan brandbare stoffen bevatten zoals inkapseling op polyesterbasis of achterplaten. Panelen met glas, aluminium of minder brandbare dragers genieten de voorkeur.

Het is bekend dat er een risico verbonden is aan zonnepanelen als gevolg van lokale schaduw die hete plekken in een paneel veroorzaakt, dat leidt tot veroudering en ontbranding van het paneel en heeft geleid tot branden met zonnepanelen. Lokale beschaduwing kan in gebieden van de panelen stroomomkering en overbelasting veroorzaken. De belangrijkste beveiligingen worden vermeld in deze gids en omvatten regelmatige reiniging, inspecties en ontkoppelingsapparatuur. Bypass-diodes moeten in omgekeerde parallelschakeling met verschillende zonnecellen worden gemonteerd om overbelasting te voorkomen. Ze worden meestal gesoldeerd in aansluitdozen (1 aansluitdoos met 3 diodes per module van 72 cellen). Deze apparaten kunnen echter zelf uitvallen als gevolg van veelvuldig voorkomen van schaduw, oververhitting van de aansluitdozen of blikseminslag.

Om ervoor te zorgen dat bypass-diodes functioneel zijn, moet u ten minste controleren:

- De diodeberekeningen om te bevestigen dat bypass-diodes zullen geleiden wanneer slechts één cel in de schaduw staat en dat de schaduw van de celspanning onder de doorslagspanning blijft.
- Het onderhoudsplan omvat regelmatige stroominjecties gedurende de nacht om te controleren of diodes actief worden en de stroom langs de zonnecellen te leiden, vooral na onweer.

De elektrische risico's worden voornamelijk beperkt door adequaat preventief onderhoud van het systeem en de componenten. Dit omvat regelmatige inspecties, reiniging, aandraaien van terminals, voorspellend onderhoud, thermografische camera-inspecties en trendanalyse van de systeembelasting en elektrische apparatuur en kamertemperatuur om potentiële problemen zoals overbelasting en spanningsboogvorming te identificeren.

Schade als gevolg van weersomstandigheden moet zoveel mogelijk worden beperkt door de juiste specificatie van componenten in overeenstemming met lokale weersomstandigheden, op basis van historische gegevens en tools voor natuurrampen. Dit kan niet alle risico's vanwege het willekeurige karakter van natuurlijke gevaren volledig beperken, maar het risico kan daardoor tot een acceptabel niveau van waarschijnlijkheid worden teruggebracht.

Met betrekking tot brandgevaar worden de volgende punten aanbevolen:

- Bij grote installaties moet gedacht worden aan vaste brandbeveiliging. Dit zou normaal gesproken in de vorm van een gasblusinstallatie zijn om de belangrijkste elektrische gevaren te dekken, zoals transformatoren, serverruimten, kamers met omvormers en schakelapparatuur, plus alle kamers waar accu's worden gebruikt voor energieopslag.
- Er moet worden voorzien in automatische branddetectie voor omvormers, transformatoren, accu's, apparatuur voor correctie van de arbeidsfactor en schakelbordruimten.
- Transformatoren moeten zijn uitgerust met temperatuurrelais die zijn gekoppeld aan PT-100-sensoren in de wikkelingen.
- Alle apparatuur of metalen containers die apparatuur bevatten die onderhevig is aan zonnestraling, moeten zijn uitgerust met geforceerde koeling en de accu's moeten zijn geïnstalleerd in kamers of kasten met airconditioning.
- Bedrading - met name DC-bedrading die een hogere stroom draagt, moet zoveel mogelijk in lengte worden beperkt. Er moeten hoogwaardige MC-connectoren worden gebruikt. Vlamvertragende en brandwerendheid moeten worden voorzien bij interne kabeldoorvoeren.
- Een op afstand geactiveerde DC-ontkoppeling in de buurt van de installatie helpt het risico van doorsnijden van DC-draden te voorkomen en vermindert ook het risico van boogvorming wanneer paneelarrays in serie worden bedraad maar nog niet op het net zijn aangesloten. Deze voorziening moet duidelijk worden aangegeven op het noodplan.

- Het noodplan dient een lijst te bevatten van verantwoordelijke personen die in geval van brand snel aanwezig kunnen zijn, om de brandweer te assisteren bij het ontkoppelen en vervolgens spanningsvrij maken van de installaties.  
Pre-planning dient te worden afgerond met de lokale brandweer. Dit moet zorgen dat er voldoende toegang, watervoorziening en elektrische afsluitingen zijn om brandbestrijding mogelijk te maken en dat de brandweer bekend is met deze kenmerken.

## Schadeverwachtingen

De grootte van een potentiële brand zal worden beïnvloed door verschillende factoren, waaronder de grootte van de installatie, de verwachte reactie op noodsituaties, de afstand tussen modules (branduitbreiding kan door thermische straling of via kabels), dakconstructie, vegetatie voor maaiveldsystemen, beschikbaarheid van bluswater en paraatheid van het BHV-team.

Voor op het dak gemonteerde systemen vormt een PV-installatie een brandrisico bovenop het dak. Bij een betonnen dak verspreidt dit zich waarschijnlijk niet door het gebouw, behalve via openingen en kabeldoorvoeringen. Op brandbare daken zou een brand zich snel naar het dak verspreiden en dan zou de verspreiding via het dak zelf sneller gaan dan via de modules.

Diefstalverliezen zijn verantwoordelijk voor een relatief groot deel van de claims van PV-paneelinstallaties. Vanwege de moeilijkheid om grote panelen te vervoeren, wordt diefstal vaak geconcentreerd op de hoogwaardige en draagbare koperkabels. Om het diefstalrisico te helpen beperken, moeten fysieke en elektronische beveiligingsmaatregelen die potentiële dieven vertragen, worden gebruikt in combinatie met actieve maatregelen die een noodsituatie op de locatie garanderen - zie risicobeheeroverwegingen.

Er moet ook rekening worden gehouden met verliezen als gevolg van vandalisme. De schadehistorie heeft aangetoond dat aanzienlijke paneelschade kan ontstaan door naburige boeren of bewoners die ongelukkig zijn dat de plant is gebouwd op wat voorheen landbouwgrond was, waarbij stenen en rotsen in de plant werden gegooid om de panelen opzettelijk te vernielen.

Een schade als gevolg van ongunstige weersomstandigheden of natuurrampen is moeilijker te voorspellen, maar de omvang van een dergelijk potentieel verlies kan voornamelijk worden beperkt door de juiste projectplanning en constructie, rekening houdend met lokale weersomstandigheden, topografie en natuurrampdata voor de omgeving.

Er moet rekening worden gehouden met bedrijfsonderbreking na brand of beschadiging of falen van systeemcomponenten. De beschikbaarheid van reserveonderdelen moet worden beoordeeld, rekening houdend met onderdelen met een lange doorlooptijd (d.w.z. transformatoren, hoogspanningsapparatuur) en onderdelen met een hoger uitvalpercentage (d.w.z. omvormermodules, PV-modules). De schadehistorie heeft uitgewezen dat voor commerciële installaties de kosten voor bedrijfsonderbreking ongeveer de helft van de totale claim uitmaken.

Van sommige componenten is bekend dat ze een relatief hoog uitvalpercentage hebben, zoals de aansluitdozen aan de achterkant van de panelen, die aan extreme temperaturen kunnen worden blootgesteld, of de DC-connectoren. Met deze factoren moet rekening worden gehouden tijdens het ontwerp van het project en moet worden gecontroleerd door de bezoekende surveyor.

Voor op het dak gemonteerde systemen moet de algehele risicoverhoging op de locatie als gevolg van de installatie van de panelen zorgvuldig worden beoordeeld door de bezoekende surveyor. Het risico op brand, diefstal en schade moet worden beoordeeld aan de hand van de richtlijnen voor "good practice" die in dit document worden vermeld, met aanbevelingen voor verbetering waar nodig. Het evenwicht tussen het risiconiveau en de verzachtende factoren moet worden weerspiegeld in de algehele risicobeoordeling van de locatie, evenals het verhoogde blootstellingsrisico op de locatie.

## Bijlage A: Risicobeheer overwegingen

Waar niet al van toepassing of tenzij er al geschikte alternatieve strategieën bestaan, moeten de onderstaande maatregelen door consultants worden goedgekeurd.

### Misdrijf

- Hekwerken en poorten: deze kunnen zeer divers zijn, o.a. hertenhekken, palissade, gaas, natuur (heggen / sloten etc.). Adviseurs rapporteren welke omtrekbeveiliging van toepassing is, maar concentreren zich daarna op de andere punten die in bijlage A worden genoemd. Indien geraadpleegd voordat een site wordt ontwikkeld, zal hekwerk een eerste optie zijn, maar voor de genoemde variabelen zal het zeer moeilijk zijn om specifiek te zijn. Het hek en alle poorten daarin moeten worden geconstrueerd in overeenstemming met British Standard 1722: Specification for Fences Part 12 of 14 en beveiligd met hangsloten met nauwe beugels volgens Grade 5 of 6 van BSEN12320.
- Locatiebeveiliging - Minimaliseer toegangspunten tot het zonnepark: Zorg ook dat ze worden gecontroleerd en bewaakt, en dat alleen geautoriseerd personeel toegang heeft tot de locatie.
- Site-beveiliging - CCTV installeren: installeer een op afstand bewaakt CCTV-systeem (Close Circuit Television). Het systeem moet worden geïnstalleerd en onderhouden door een bedrijf dat geaccrediteerd is door de politie en/of verantwoordelijke overheid.

Het CCTV-installatiebedrijf moet een specificatie voor het systeem verstrekken die in overeenstemming is met de Britse norm 8418 Installatie en bewaking op afstand van door de detector geactiveerde CCTV-systemen Gedragscode.

#### Beschermingsspecificatie:

- Thermische beeldvorming om de detectie van naderende buitenbranden mogelijk te maken. Dekking van de volledige omtrek van de faciliteit en belangrijke installatiegebieden met omvormers.
- Video-analyse om menselijke indringers te detecteren.
- De signaleringsmethode is via een ISDN-lijn of breedband ondersteund door een secundair communicatiepad zoals GPRS of satellietcommunicatiesysteem.
- Duidelijke instructies moeten worden opgenomen in een 'Responsplan' of 'Serviceovereenkomst' waarin de acties worden beschreven die nodig zijn na een activering of foutsignaal.
- Voorafgaand aan het plaatsen van een bestelling een kopie van de voorgestelde CCTV-specificatie naar RSA sturen voor akkoord.

#### Algemene vereisten

- Als een camera niet meer werkt of anderszins wordt belemmerd, belt de alarmcentrale normaal gesproken sleutelhouders om de positie te onderzoeken. De respons naar de site moet een minimale reactietijd van 30 minuten tot maximaal 1 uur zijn.
- Upgrade zonnepaneelbeveiliging: upgrade de beveiliging van zonnepanelen door gebruik te maken van 'vastdraaien en breken' antidiefstalschroeven om panelen aan montageframes te bevestigen. Wanneer het toegepaste aanhaalmoment een kritische waarde bereikt, breekt de zeshoekige kop van de moer volledig af, waardoor een conische kop overblijft waarop geen sleutel kan grijpen. Als alternatief zijn eenrichtingsschroeven of schroeven waarbij de kop is uitgeschakeld nadat ze uiteindelijk zijn vastgedraaid, goede alternatieven. Voor nieuwe sites in ontwikkeling is dit een verwachting.
- Upgrade kabelbeveiliging: in op de grond gemonteerde systemen moeten kabels worden begraven in greppels die worden gevuld met zand, tape gemarkeerd en verdicht. Extra beveiliging in de vorm van antidiefstalklemmen of forensische markeringsproducten kunnen op de kabel worden aangebracht om te voorkomen dat de kabel uit de sleuf wordt getrokken. Direct begraven kabels moeten worden gewapend om schade te voorkomen, vooral waar kruising mogelijk is. Omvormers die aan het einde van een installatie zijn gegroepeerd, moeten ook worden uitgerust met antidiefstalklemmen.

- Beveiliging upgraden naar 24-uurs bewaking (bij verlies of tijdelijke oplossing voorafgaand aan bescherming zoals hierboven vermeld): upgrade de beveiliging met een professionele bewakingsdienst. De dienst moet dekking bieden door regelmatig op de locatie te patrouilleren, ondersteund door key-logging op een patrouillesysteem met bewaking. De mankrachtvereisten zijn afhankelijk van de opdrachtinstructies en de omvang van het pand / terrein. Idealiter staat de bewaker op patrouille continu in contact via mobiele radio met een statische bewaker op een veilige locatie in een positie om indien nodig een waarschuwing te geven.

## • Eigendom

Installeer automatische branddetectie binnen elk van de volgende gebieden:

- Transformatorstations,
- Inverter stations,
- Belangrijkste schakelruimte,
- Serruimte,
- Accuimte,
- Controleruimte,
- Magazijn.

Alarmen van de geïnstalleerde detectie moeten worden doorgestuurd naar een constant bezette locatie, zoals een particuliere alarmcentrale.

- Complete warmtebeeldscans: volledige warmtebeeldcontroles (infrarood), met inbegrip van alle belangrijke elektrische schakelapparatuur, grote kabeldoorvoeringen, transformatoren, accu's, kabelaansluitingen en belangrijke apparatuur, d.w.z. PV-modules. Corrigeer onmiddellijk alle vastgestelde tekortkomingen. Voor de modules in grote installaties wordt het gebruik van drones geadviseerd. Thermografische inspectie van distributiepanelen moeten worden uitgevoerd wanneer het paneel open is, om volledige effectiviteit van de resultaten te garanderen.
- Ontwikkel noodprocedures - Brandweer: neem contact op met de regionale brandweer en nodig hen (of in ieder geval de lokale brandweerkazerne) uit om de locatie te bezoeken, zodat ze volledig op de hoogte kunnen worden gebracht van de gevaren en kunnen beoordelen hoe ze een brandincident inclusief grasbranden kunnen aanvallen. Als onderdeel van het bezoek moeten zij de site Fire Risk Assessment (FRA) formeel beoordelen en becommentariëren.
- Ontwikkel een formeel informatiepakket voor de brandweer, dat alle relevante informatie moet bevatten die ze nodig hebben in geval van een incident op locatie. Enkele typische aspecten om op te nemen zijn als volgt:
  - Een locatieplan met alle belangrijke installaties en apparatuur en gelokaliseerde gevaren geïdentificeerd;
  - Toegangspunten (markeren op plattegrond);
  - Contactnummers voor noodgevallen;
  - Installatie- / stroomislatiepunten / -procedures (AC & DC);
  - Eventuele specifieke acties die niet mogen worden ondernomen in het geval van een incident;
  - Watervoorziening voor brandbestrijding (markeer indien nodig op locatieplan);
  - Details van andere brandbestrijdings- / blusmiddelen die moeten worden gebruikt, indien geschikter;
  - Alle andere informatie die relevant wordt geacht voor het omgaan met een brand / noodsituatie ter plaatse.

Het informatiepakket moet veilig ter plaatse worden opgeslagen op een veilige locatie / doos die duidelijk is geïdentificeerd en bekend is bij de brandweer, d.w.z. een veilige metalen doos / container aan de zijkant van de hoofdschakelruimte.

- Ontwikkel Business Continuïteit Planning: Ontwikkel en implementeer een Business Continuïteit Management (BCM) systeem en plan (BCP) om de kans op verlies te verkleinen en het effect van bedrijfs- / operationele onderbreking te verminderen.

BCM is een systematische benadering van risicobeheersing en bedrijfsherstel die zorgt voor de best haalbare bescherming voor uw belangrijkste producten en de processen en activiteiten die deze ondersteunen.

BCM is meer dan alleen het opstellen van een 'noodherstelplan'. Het biedt u de mogelijkheid om de risico's waaraan uw bedrijf onderhevig is te identificeren en te meten, om uw veerkracht tegen verlies en onderbreking te verbeteren en om prioriteit te geven aan herstel in geval van verlies. Enkele specifieke gebieden die moeten worden overwogen / aangepakt als onderdeel van het proces zijn:

- Voorraad van kritische onderdelen, d.w.z. transformatoren, omvormers, hoogspanningsapparatuur, panelen, kabels enz. op een veilige centrale locatie;
- Herstelstrategie bij verlies van de belangrijkste schakelruimte;
- Bedrijfsimplicaties en herstelstrategie in het geval van verlies van het contactpunt met de netbeheerder's schakelruimte;

### **Disclaimer**

De informatie in dit document is een handvat en dient niet te worden geïnterpreteerd of gebruikt als specialistisch advies. RSA garandeert niet dat alle gevaren en blootstellingen in relatie tot dit onderwerp in dit document worden behandeld. Om die reden accepteert RSA geen verantwoordelijkheid voor het gebruik door een ieder van deze Handleiding voor Risicobeheersing, noch aansprakelijkheid voor de accuraatheid van door derden aangeleverde informatie of de gevolgen van het gebruik daarvan.

This document is provided to customers for information purposes only and does not form any part of any policy which is in place between the customer and RSA. The information set out constitutes a set of general guidelines and should not be construed or relied upon as specialist advice. RSA does not guarantee that all hazards and exposures relating to the subject matter of this document are covered. Therefore RSA accepts no responsibility towards any person relying upon the Risk Control Bulletin nor accepts any liability whatsoever for the accuracy of data supplied by another party or the consequences of reliance upon it.