

Westerduinweg 3
1755 LE Petten
Postbus 15
1755 ZG Petten

www.tno.nl

T +31 88 866 50 65

-TNO-rapport

TNO 2021 R12623

Veiligheid van zonneparken in bermen en knooppunten van rijkswegen

Brandpreventie en brandbestrijding



Visualisatie van groen gekleurde zonnepanelen langs de A37 door The Imagineers / Rijkswaterstaat

Datum	9 december 2021
Auteur(s)	Corry de Keizer, Gertjan de Graaff, Nico Dekker, Josco Kester
Aantal pagina's	21 (incl. bijlagen)
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat: Ivo Booijink en Roel van der Veen
Met medewerking van	Brandweer Nederland: Ronald van Miltenburg (Brandweer Gooi- en Vechtstreek), Jeroen Keyser (Veiligheidsregio Utrecht)

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2021 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Onderzoeksvragen	3
1.3	Methode	4
1.4	Leeswijzer	4
2	Brandveiligheid	5
2.1	Inleiding	5
2.2	Brandincidenten bij zonnestroomsystemen en bermen	5
3	Normatieve eisen en richtlijnen	7
4	Preventiemaatregelen en eisen met betrekking tot brandveiligheid.....	9
4.1	Verlagen van de kans op het ontstaan van brand door het zonnepark.....	9
4.2	Verkleinen van het effect van een brand	11
4.3	Incidentenbestrijding.....	12
5	Samenvatting van de voorgestelde eisen	14
6	Literatuur	17
	Bijlage(n)	
	A Algemene beschrijving zonnepark	

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Nederland heeft in het Klimaatakkoord vastgelegd dat de Nederlandse CO₂-uitstoot in 2030 met 49% moet zijn gedaald ten opzichte van 1990. Om dit te kunnen bereiken moet de opwekking van elektriciteit met zonnepanelen en windturbines fors stijgen. De komende jaren worden er dan ook veel zonneparken aangelegd. Gemeenten, provincies, energiebedrijven en andere partijen kloppen steeds vaker aan bij Rijkswaterstaat met de vraag om zonneparken te mogen plaatsen langs de snelweg of op water dat in beheer is bij Rijkswaterstaat. Rijkswaterstaat (RWS) werkt samen met het Rijksvastgoedbedrijf (RVB) en de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) aan het inpassen van hernieuwbare energie op rijksgrond.

In het project 'Veiligheid zonneparken langs infra en op water' is het algemene doel om meer te leren over hoe zonneparken op een veilige manier kunnen worden ingepast op areaal van Rijkswaterstaat. De antwoorden worden gebruikt bij de tenders die RWS samen met RVB gaat doen om RWS-areaal uit te geven voor het plaatsen van zonneparken door derden.

Rijkswaterstaat heeft aan TNO opdracht gegeven om onder meer de volgende vragen te beantwoorden:

1. Hoe waarborg je elektrische veiligheid bij een verkeersongeluk en hoe voorkomen we EMC-nadelen voor RWS-assets/apparatuur?
2. Wat kun je doen aan brandpreventie en brandbestrijding bij een zonnepark?
3. Beperken verkeershinder bij onderhoud zonneparken in bermen en knooppunten
4. Hoe voorkom je dat zonnepanelen op de weg terechtkomen (bij bijvoorbeeld storm)?

TNO heeft elk van deze vragen beantwoord in een afzonderlijk rapport. Verder is er een samenvattend totaalrapport verschenen waarin de door TNO voorgestelde veiligheidseisen op deze vier terreinen gebundeld zijn.

1.2 Onderzoeksvragen

Het rapport dat voorligt bevat het TNO-advies rond brandveiligheid bij zonneparken in bermen en knooppunten. RWS wil dat branden in bermen en knooppunten zoveel mogelijk worden voorkomen. Als er toch brand ontstaat en er is een zonnepark aanwezig dan wil RWS dat de brandweer dit snel blust om zo negatieve gevolgen voor de doorstroming van het verkeer tot een minimum te beperken.

De onderzoeksvragen zijn als volgt gedefinieerd:

- Welke eisen kunnen er aan het zonnepark gesteld worden om het risico van het ontstaan van brand door of bij een zonnepark te verminderen?
- Als er toch brand ontstaat in het zonnepark of de vegetatie, hoe kan voorkomen worden dat de brand snel uitbreidt en overslaat naar andere delen van het zonnepark of natuur?
- Als er een incident plaatsvindt, welke richtlijnen en afspraken zijn er dan voor nodig dat de brandweer de brand veilig, goed en snel kan blussen?

TNO doet in dit rapport een voorstel voor eisen omtrent deze onderwerpen.

1.3 Methode

Voor dit rapport hebben we een literatuuronderzoek gedaan (inclusief normen) en personen bij Brandweer Nederland en het Instituut voor Fysieke Veiligheid (IFV) geïnterviewd.

Naast de eisen die gelden op grond van de regelgeving en normen adviseert TNO aan Rijkswaterstaat om een aantal aanvullende eisen te stellen die verstandig zijn om de veiligheid van de weggebruikers en de doorstroming van het verkeer te waarborgen. Bij het formuleren van de eisen is zoveel mogelijk rekening gehouden met de wens dat geadviseerde oplossingen beschikbaar zijn bij meerdere leveranciers.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is onderverdeeld in 5 hoofdstukken:

Hoofdstuk 1 Inleiding: hier komt de aanleiding voor het schrijven van dit rapport aan bod, samen met de onderzoeksvragen die gesteld zijn en de methode waarmee de vragen worden beantwoord.

Hoofdstuk 2 Brandveiligheid: geeft achtergrondinformatie rond brandveiligheid en zonneparken

Hoofdstuk 3 Normatieve eisen en richtlijnen met betrekking tot brandveiligheid van zonnestroomsystemen: hier worden relevante normen en richtlijnen rond brandveiligheid beschreven.

Hoofdstuk 4 Preventiemaatregelen voor het bevorderen van brandveiligheid van zonnestroomsystemen in bermen en knooppunten: hier staat de onderbouwing voor eisen en aanbevelingen.

Hoofdstuk 5 Samenvatting van eisen en aanbevelingen

2 Brandveiligheid

2.1 Inleiding

Zonneparken dienen op een veilige manier te worden ingepast in het areaal van RWS. Daarom wordt de zonnepark-installatie gebouwd volgens de geldende normen en eisen en wordt de installatie goed onderhouden. Eén van de veiligheidsrisico's bij elektrische installaties, zoals zonnestroomsystemen, is het ontstaan van brand. RWS wil het risico op brand in bermen en knooppunten zoveel mogelijk verminderen. Als er toch brand ontstaat in een zonnepark langs een weg, dient de impact van de brand zo laag mogelijk te zijn. Daarnaast moet het blussen door de brandweer snel en goed uitgevoerd kunnen worden, om zo negatieve gevolgen voor de doorstroming van het verkeer tot een minimum te beperken.

De afgelopen jaren zijn er meerdere branden bij zonnestroomsystemen geweest. Als reactie daarop zijn er verschillende studies uitgevoerd naar oorzaken, impact en incidentenbestrijding. TÜV Rheinland en Fraunhofer ISE hebben in 2015 een rapport gepubliceerd over verschillende aspecten van brandveiligheid (TÜV Rheinland *et al.*, 2018). In 2019 is door TNO een rapport gepubliceerd met een analyse van de oorzaken van brand bij zonnestroomsystemen en aanbevelingen hoe deze te voorkomen (TNO, 2019). In 2020 is door de Brandweer en het IFV een handreiking gepubliceerd over brandpreventieve maatregelen die toegepast kunnen worden voor zonnestroomsystemen (CPZ, 2020).

2.2 Brandincidenten bij zonnestroomsystemen en bermen

TNO heeft in 2019 een inventarisatie uitgevoerd naar branden met zonnepanelen in 2018 (TNO, 2019). Deze brandincidenten vonden voornamelijk bij woningen plaats, relatief vaak bij in-dak systemen. Daarnaast is een literatuurstudie uitgevoerd naar de oorzaak van branden bij zonnestroomsystemen. Met name 'cross mating', het verbinden van een stekker (connector) van het ene merk met een contrastekker van een ander merk wordt als oorzaak genoemd. Daarnaast komt ook het onvakkundig monteren van stekkers voor. Beide onvolkomenheden kunnen leiden tot overgangsweerstanden, interne vlambogen, warmteontwikkeling en uiteindelijk brand. Andere oorzaken die in het TNO-rapport genoemd worden zijn bijvoorbeeld installatiefouten, ongekwalificeerd personeel, knaagdieren, stormschade of gebruik van ondeugdelijke materialen. In 2019 vond een brand in een zonnepark bij Emmeloord plaats, waarbij de brand ontstaan is in een transformator die onder zonnepanelen was geplaatst (CPZ, 2020). Uiteindelijk is ongeveer 20 m² zonnepanelen verbrand. Door de juiste maatregelen te treffen kan het risico op het ontstaan van brand sterk verlaagd worden.

Niet alleen door zonnestroomsystemen kan brand ontstaan naast wegen, ook zonder zonnepanelen zijn er branden in de berm. In 2018 waren er 184 bermbranden of branden naast de weg (RWS, 2021). Deze kunnen ontstaan zijn door verschillende factoren en ontwikkelen zich snel bij droogte. Voorbeelden zijn een weggegooid sigaret, een ongeluk, vonken van het spoor, extreem weer, of direct of indirect door een aanrijding.

Als er een bermbrand ontstaat is het van belang dat de brand zich niet snel door de vegetatie verspreidt of gemakkelijk overslaat naar het zonnepark.

In de Handreiking Risicobeheersing van de Brandweer Nederland en het IFV staan verschillende aanbevelingen voor incidentbestrijding door de brandweer (CPZ, 2020).

3 Normatieve eisen en richtlijnen

Voor een zonnestroomsysteem (ook wel PV-systeem) zijn verschillende eisen vastgelegd in normen en regelgeving. De aanbevelingen in dit rapport zijn gebaseerd op de onderstaande NEN-normen, die relevant zijn voor de brandveiligheid van zonneparken die niet op gebouwen zijn geïnstalleerd. PV-systemen moeten voldoen aan de NEN 1010:2020 'Elektrische installaties voor laagspanning'. Deel 712 van de NEN1010 gaat over PV-systemen. Sectie 527 behandelt 'Keuze en installatie van leidingsystemen ter beperking van Brandverspreiding'. Een leiding kan hier ook een elektrische kabel zijn. Enkele relevante delen met betrekking tot brandveiligheid zijn als volgt:

- Regel 712.420.101 "Veiligheid van het PV-systeem" stelt dat er rekening gehouden moet worden met nationale of plaatselijke brandveiligheidsvoorschriften¹.
- Regel 712.526.1 over combinatie stekker en contrastekker (gangbare taal stekker en contrastekker)
- Regel 712.421.101.1.1 Een toestel voor isolatiebewaking moet zijn geïnstalleerd, om zo te waarborgen dat aan klasse II wordt voldaan gedurende de gehele levensduur van het PV-systeem.

NEN-EN-IEC 62446-1:2016+A1: 2018 beschrijft de eisen voor documentatie, inbedrijfnametesten en inspectie voor netgekoppelde systemen. De NEN 1010 verwijst naar deze norm.

Bij transport van zonnepanelen kan schade optreden. Transport dient correct te worden uitgevoerd, zoals in de norm NEN-EN IEC 62759-1:2015 beschreven.

Scope12 is een SCIOS Certificatieregeling voor de inspectie van zonnestroominstallaties. De inspectie is door SCIOS ontwikkeld op initiatief van het Verbond van Verzekeraars, Holland Solar en inspectiebedrijven (vanuit de brancheorganisaties iKeur en Techniek Nederland). De Scope12-inspectie kent een onderscheid in een eerste inspectie (EBI) en periodieke vervolgininspecties (PI). Hiervoor gelden verschillende werkzaamheden. De EBI is vooral gericht op de kwaliteit van de installatie en of deze voldoet aan de geldende normen en aan de instructies van de fabrikant. De eisen aan inspectie en rapportage en documentatie worden beschreven in het Technisch Document 18 'Inspectie van zonnestroominstallaties' (SCIOS, 2021). Bedrijven en de inspecteur die Scope12 inspecties uitvoeren dienen door het SCIOS gecertificeerd te zijn. Scope12 wordt als een voorwaarde door verzekeraars gesteld voor het verzekeren van een zonnestroomsysteem. De basis voor de Scope12 is de NEN EN IEC 62446 1. Het zonnepark wordt geïnspecteerd op de eisen uit NEN1010. Daarnaast wordt er geïnspecteerd op NEN-EN-61439-1 'Laagspanningsschakel-en-verdeelinrichtingen' en NEN-EN-62305 over bliksembeveiliging.

Voor de frequentie van de periodieke inspectie in Scope12 geldt dat de door derden vereiste termijn voor de inspectie leidend is wanneer deze is opgenomen in een overeenkomst die betrekking heeft op de zonnestroominstallatie, zoals een

¹ Voor de plaatselijke brandveiligheidsvoorschriften dient advies gevraagd te worden aan de Veiligheidsregio.

verzekeringpolis of huurcontract. Als er door derden geen termijn voor de frequentie van de inspectie is vastgelegd bedraagt de inspectietermijn volgens Scope12 5 jaar.

Daarnaast is het van belang dat de gebruikte componenten een Europees CE-keurmerk hebben en voldoen aan de Europese normen en regelgeving.

In de NEN-EN-IEC-61730-2:2018 wordt voor het testen van zonnepanelen met betrekking tot vlamverspreiding en brand verwezen naar de nationale bouwbesluiten. Daarnaast is in de ook nog geldige IEC 61730-2:2016 wel een testmethode voor vlamverspreiding en brand van zonnepanelen opgenomen. Een deel van de zonnepanelen op de markt is getest volgens deze methode, waarbij Klasse A het meest en Klasse C het minst brandveilig is. In deze norm wordt voor de brandverspreidingstest voor Klasse A en B tests de panelen 10 minuten blootgesteld aan een brander met een bepaald vermogen, voor Klasse C is dit 4 minuten. Daarnaast worden houten blokken met een bepaald gewicht op de zonnepanelen in brand gestoken. Sommige landen hebben een ander classificatiesysteem.

Er zijn drie landelijke erkenningsregelingen voor PV-installateurs: InstallQ, Zonnekeur en KIWA BRL K11008 (CPZ, 2020). Het gebied van de certificering van installateurs is nog volop in ontwikkeling.

4 Preventiemaatregelen en eisen met betrekking tot brandveiligheid

In dit hoofdstuk leiden we de door TNO voorgestelde eisen op het gebied van brandveiligheid van zonneparken langs wegen af uit literatuur, uit normen en uit gesprekken met experts van RWS, Brandweer Nederland, IFV en TNO. We hebben de eisen onderverdeeld in drie categorieën: eisen die het risico op het ontstaan van brand (door het zonnepark) verkleinen, eisen die de impact van de brand verminderen en eisen om te zorgen dat de incidentbestrijding goed plaats kan vinden. De eisen worden herhaald in de samenvatting van de eisen in hoofdstuk 5. Een aantal van deze eisen dienen in overleg met RWS en de betreffende Veiligheidsregio verder uitgewerkt te worden tijdens de ontwerpfase van het zonnepark.

4.1 Verlagen van de kans op het ontstaan van brand door het zonnepark

Om het risico op brand door een zonnepark langs de weg te verkleinen, adviseert TNO om extra eisen te stellen aan de stekker en contrastekker. Daarnaast kan vlamboogdetectie het risico op het ontstaan van brand door vlambogen verkleinen.

De eisen voor vlamboogdetectie uit de NEN1010 worden aangevuld met een extra eis voor vlamboogdetectie in de DC-string. Deze extra eis is: op de DC-ingang van de omvormer wordt vlamboogdetectie toegepast en deze is geactiveerd. Een vlamboogdetector schakelt na detectie de betreffende omvormer direct naar een veilige toestand. Een afgeschakelde omvormer kan uitsluitend handmatig gereset worden alvorens weer in bedrijf te kunnen komen. Deze vlamboogdetectie is tegenwoordig veelal in de omvormer ingebouwd. Indien slechts één zonnepaneel is aangesloten op één ingang van een micro-omvormer dan mag vlamboogdetectie in het DC-circuit achterwege blijven. Er is dan namelijk maar één zonnepaneel aangesloten, door de lage DC-spanning zal er geen vlamboog ontstaan.

Het bovenstaande leidt tot de aanbeveling van TNO aan RWS om de volgende eisen op te nemen (zie ook TNO-rapport 'Elektrische veiligheid en EMC'):

- Elke combinatie van stekker en contrastekker moet van hetzelfde fabricaat zijn (NEN1010, Deel 712.526). Uit onderzoek is gebleken dat er een verhoogd gevaar is op brand in PV-systemen, als stekkers en contrastekkers niet van hetzelfde fabricaat zijn – ook al zijn de stekkers compatibel.
- Connectoren dienen goed aan kabels bevestigd te zijn, met behulp van daarvoor bedoeld gereedschap (Handboek zonne-energie, paragraaf 7.5, ISSO, 2019).
- Er dienen bijzondere maatregelen te worden genomen ter bescherming tegen de effecten van vlambogen, door gebruikmaking van toestellen voor vlamboogdetectie (NEN1010, Deel 421.7) Deze functie kan ook opgenomen zijn in de omvormer.
- Op de DC-ingang van de omvormer wordt vlamboogdetectie toegepast en deze is geactiveerd. Een vlamboogdetector schakelt na detectie de betreffende omvormer direct naar een veilige toestand. Een afgeschakelde omvormer kan uitsluitend handmatig gereset worden alvorens weer in bedrijf te kunnen komen. Deze vlamboog detectie is tegenwoordig veelal in de omvormer ingebouwd.

Indien slechts één zonnepaneel is aangesloten op één ingang van een micro-omvormer dan mag vlamboogdetectie in dit circuit achterwege blijven (afgeleid van RVB, 2021).

- Onder de omvormer dient een steenachtig materiaal aanwezig te zijn in een zone van circa 1 meter om verspreiding van een eventuele brand in een omvormer te voorkomen.

Andere oorzaken voor brand die mede door het zonnepark kunnen ontstaan, zijn bijvoorbeeld installatiefouten, ongekwalificeerd personeel, knaagdieren, stormschade of gebruik van ondeugdelijke materialen. Door een goede kwaliteit van de toegepaste materialen van het zonnepark en het installatiewerk wordt het risico op het ontstaan van brand ook lager. Daarom dient een zonnepark langs de weg te voldoen aan de geldende normen en richtlijnen. Daarnaast adviseert TNO om bij oplevering door een onafhankelijke partij een inspectie uit te voeren. Ook adviseert TNO om periodieke inspecties en onderhoud plaats te laten vinden. Met betrekking tot de termijn voor inspecties adviseert TNO aan RWS om een periodieke inspectie volgens Scope12 elke 3 jaar te eisen, in navolging van de standaardclausule van verzekeraars (VNAB, 2020). TNO adviseert deze termijn van elke 3 jaar vanwege een hoger risico bij zonneparken naast de weg met betrekking tot overlast voor de weggebruiker. De eerste periodieke inspectie vindt één jaar na inbedrijfname plaats om eventuele gebreken te ontdekken. (zie TNO-rapport 3 ‘Beperken van verkeershinder bij onderhoud van zonneparken in bermen en knooppunten’)

TNO adviseert RWS om de volgende eisen te stellen:

- Het zonnepark voldoet aan de eisen in de NEN-EN-IEC 62446 en de NEN1010
- De materialen en componenten die gebruikt worden hebben een CE-markering.
- Voor inbedrijfstelling van het zonnepark dient een eerste inspectie (EBI) conform Scope12 uitgevoerd te worden door een daartoe bevoegd inspecteur (SCIOS, 2021).
- Er dienen periodieke inspecties conform Scope12 te worden uitgevoerd door een daartoe bevoegd inspecteur (SCIOS, 2021). De door derden vereiste termijn voor de inspectie is leidend. Als er geen termijn voor de frequentie van de inspectie is vastgelegd, bedraagt de inspectietermijn 3 jaar. De eerste periodieke inspectie vindt één jaar na inbedrijfname plaats om eventuele gebreken te ontdekken. (zie TNO-rapport 3 ‘Beperken van verkeershinder bij onderhoud van zonneparken in bermen en knooppunten’)
- De installateurs van het zonnepark dienen erkend te zijn via een landelijke regeling (zoals InstallQ, Zonnekeur of KIWA BRL K11008).

In deze paragraaf is met name gekeken naar de invloed van het zonnepark zelf op de risico's voor het ontstaan van brand. Ook buiten het zonnepark kunnen branden ontstaan en overslaan naar het zonnepark. Met name bermbranden komen regelmatig voor.

Daarnaast hebben zonnepanelen een invloed op het microklimaat en mogelijk de bodem en vegetatie onder de zonnepanelen. Zo zouden de bodem en vegetatie minder kunnen uitdrogen in een warme zomer vanwege de schaduw die de zonnepanelen geven. Er zijn daarom ideeën dat zonnepanelen de verspreiding en/of het ontstaan van brand zouden kunnen remmen. Momenteel is daar onvoldoende over bekend, het zou goed zijn dit nader te onderzoeken.

4.2 Verkleinen van het effect van een brand

Om de impact van een brand klein te houden, is het belangrijk dat de toegepaste materialen brandremmend zijn, zodat de brand zich niet kan voorplanten en niet over kan slaan naar de omliggende vegetatie. Bermbranden kunnen overslaan naar een zonnepark.

Materialen

Hoe een brand zich ontwikkelt is ook afhankelijk van het materiaal dat in brand gaat. Brandweer Nederland en IFV concluderen dat “de zonnepanelen die momenteel in zonneparken worden gebruikt, weinig gevoelig zijn voor branduitbreiding” (CPZ, 2020). Glas-folie panelen zijn op dit moment de meest voorkomende zonnepanelen, waarbij de achterkant van het zonnepaneel van kunststof is (kunststoffolie). Wel kan bij brandende glas-folie panelen de folie smelten en op de vegetatie terecht komen. Dit verhoogt het risico op brand van de berm. Glas-glas zonnepanelen, waarbij zowel de voorkant als achterkant bestaat uit glas, worden steeds gangbaarder. Het voordeel van deze zonnepanelen is dat er geen brandbare achterzijde folie op de vegetatie terecht kan komen. Zonnepanelen kunnen worden getest op brand en vlamverspreiding met de IEC-61730. De brandklasse staat meestal niet in de datasheet van het zonnepaneel vermeld. Indien vermeld bleken glas-folie panelen brandklasse C te hebben, en alleen enkele glas-glas panelen hadden de hogere brandklasse A. De voorkeur gaat daarom uit naar glas-glas zonnepanelen, ook indien er geen brandklasse wordt gegeven in de datasheet.

Begroeiing onder de zonnepanelen

Het brandgevaar bij een zonnepark ligt voor een groot gedeelte bij de vegetatie die onder de zonnepanelen aanwezig is. Bij warm weer droogt de vegetatie op waardoor er snel brand kan ontstaan bij vonken. Ook door brandende glas-folie panelen kunnen brandende druppels kunststof op de vegetatie vallen. Bij droogte kan dan een snelle branduitbreiding plaatsvinden en zelfs een natuurbrand ontstaan. (CPZ, 2020). Door het gebruik van glas-glas zonnepanelen wordt voorkomen dat er brandende druppels van de achterzijde van het zonnepaneel (van de kunststof folie dus) op de berm vallen. Door het gras laag te houden wordt het risico op een brandende berm lager. Er wordt door de brandweer geadviseerd om een minimale vrije ruimte van 50 cm tussen de vegetatie en de zonnepanelen aan te houden². Ook kan er gekeken worden naar verschillende vegetatiesoorten die minder brandbaar zijn of minder hoog worden, zodat de verspreiding van het vuur wordt tegen gegaan. Dit is interessant voor nader onderzoek.

Kans op overslag

Een brand kan overslaan en daardoor sneller verspreiden. Ongunstige wind speelt hier ook een rol bij. Om overslag te minimaliseren kunnen brandgangen toegepast worden met bijv. grint. Als de brandgang ook voor incidentbestrijding nodig is, zie volgende sectie, dan moet er met brandweervoertuigen gereden kunnen worden

² Er kan een spanningsveld zijn tussen deze eis en eisen op het gebied van biodiversiteit (zo hoog mogelijke begroeiing), hinder door onderhoud (zo weinig mogelijk maaien) en visuele impact (zo laag mogelijke zonnepanelen.) TNO adviseert RWS om per locatie deze aspecten met de veiligheidsregio af te wegen.

met een aslast 11,5 ton en totaallast 15 ton³. Indien het park niet dieper is dan 45 m vanaf de vangrail is het niet nodig dat de brandgang geschikt is voor brandweervoertuigen omdat brandbestrijding vanaf de weg kan plaatsvinden.

Met name in gebieden en bermen met een hoog risico op een natuurbrand dienen extra maatregelen getroffen te worden. Natuurbrandspecialisten raden daarbij een ondergrond met gras aan, vanwege de beperkte brandbaarheid. In gevallen met een floramengsel met een hoge biodiversiteit zal met een hogere brandverspreiding in de berm rekening moeten worden gehouden (informatie Brandweer Nederland).

TNO adviseert RWS om de volgende eisen te stellen:

- Bekabeling dient vlamdovend conform NEN-EN (IEC) 60332-1-2:2005 uitgevoerd te worden (CPZ, 2020).
- In gebieden en bermen met een hoog risico op een natuurbrand, dienen glas-glas zonnepanelen toegepast te worden of dient er een brandgang (van minimaal 3.5 m breed) te zijn tussen het zonnepark en de ‘natuur’ die overslag van brand voorkomt.

Met name de transformator kent vanwege de aanwezigheid van olie een brandrisico. De transformator dient daarom goed bereikbaar te zijn (bij voorkeur vanaf het onderliggend wegennet) en op minimaal 5 m afstand tot andere componenten en de zonnepanelen te staan. 5 meter rondom de transformator dient de ondergrond voorzien te zijn van steenachtig materiaal zoals grint of tegels. Indien de transformator niet bereikbaar is vanaf het onderliggend wegennet, dient een doorgang door de geleiderail aanwezig te zijn, plus een opstelplaats voor de brandweer (informatie Brandweer Nederland) De concrete uitwerking van deze eis dient in de ontwerpfase samen met de Veiligheidsregio ingevuld te worden.

- Om brandoverslag en -uitbreiding via begroeiing onder en naast zonnepanelen te voorkomen dient in overleg met de Veiligheidsregio gekeken te worden naar de plaatsing van brandgangen. Een brandgang is minimaal 3.5 m breed (CPZ (2020) en informatie Brandweer Nederland).

TNO geeft de volgende aanbeveling:

- Brandweer Nederland adviseert dat de vegetatie dusdanig gekozen en gemaaid dat de afstand tussen de vegetatie en de zonnepanelen minimaal 50 cm blijft. Er is een spanningsveld tussen deze eis en eisen op het gebied van biodiversiteit (zo hoog mogelijke begroeiing), hinder door onderhoud (zo weinig mogelijk maaien) en visuele impact (zo laag mogelijke zonnepanelen.) TNO adviseert RWS om per locatie deze aspecten met de Veiligheidsregio af te wegen.

4.3 Incidentenbestrijding

Als er brand uitbreekt is het belangrijk dat de brandweer snel en veilig kan blussen. Het is daarom van belang al bij het vergunningsverleningstraject van het zonnepark de veiligheidsregio of brandweer te betrekken, zodat er een goedgekeurd plan ligt in geval van incidenten. Brandweer Nederland en het IFV geven in de “Richtlijn risicobeheersing” advies over het bestrijden van incidenten. Daarbij wordt ook

³ Indien er ook brandweervoertuigen met watertanks van brandgang gebruik moeten maken, geldt een hogere aslast en totaallast. Deze dienen in overleg met de Veiligheidsregio bepaald te worden.

verwezen naar het document *Brandweeroptreden nabij elektriciteit* (Brandweer, 2020). Op basis hiervan adviseert TNO aan RWS om de volgende eisen toe te passen met betrekking tot een zonnepark langs de weg:

Ruimte en faciliteiten voor hulpdiensten

TNO adviseert de volgende eisen te stellen:

- Voordat het zonnepark geplaatst gaat worden, zijn er door de exploitant van het zonnepark met de Veiligheidsregio en RWS afspraken gemaakt over de incidentbestrijding door de hulpdiensten. Er dient o.a. overeenstemming over toegang te zijn, voordat met de bouw wordt aangevangen. Apparaten of onderdelen met een hoog risico op brand (zoals transformatoren en omvormers) moeten goed bereikbaar zijn. Er dienen ook afspraken gemaakt te worden over de manier waarop in het zonnepark aangegeven is welke apparatuur aanwezig is.
- Elke component van het zonnepark (in casu de zonnepanelen en de overige componenten) is tot op een afstand van maximaal 60 meter met blusmiddelen te benaderen. Dit is met name belangrijk voor apparatuur zoals transformatoren en omvormers, die een hoger risico op brand kennen. Als dit niet mogelijk is, dienen in overleg met de Veiligheidsregio aanvullende maatregelen genomen te worden. Indien het park niet dieper is dan 45 meter vanaf de vangrail, kan brandbestrijding vanaf de weg plaatsvinden.
- Indien een zonnepark maximaal 45 meter diep is vanaf de vangrail, is een bluswatervoorziening niet nodig en zal gebruik gemaakt worden van het bluswater uit de brandweervoertuigen. Indien het zonnepark tot een grotere afstand van de geleiderail gaat, wordt met de veiligheidsregio overlegd of er een bluswatervoorziening nodig is. (informatie Brandweer Nederland)

Veiligstellen van de installatie en opvolging bij calamiteiten

- In of nabij het zonnepark kunnen calamiteiten optreden zoals brand of stormschade, of er kan verkeer in het zonnepark terecht komen. Bij dergelijke calamiteiten dienen personen veilig de plaats van het ongeval te kunnen verlaten. Ook dienen de brandweer en andere hulpdiensten hun werk veilig uit te kunnen voeren. Dit betekent dat het belangrijk is dat een systeem snel naar een veilige toestand kan worden geschakeld. De bijbehorende eisen worden beschreven in TNO rapport 1: 'Elektrische veiligheid en EMC'.

5 Samenvatting van de voorgestelde eisen

In dit hoofdstuk zijn de eisen op het gebied van brandveiligheid samengevat. TNO adviseert RWS om deze eisen te stellen aan exploitanten van zonneparken in bermen en knooppunten van snelwegen. We hebben de eisen onderverdeeld in drie categorieën: eisen die het risico op het ontstaan van brand (door het zonnepark) verkleinen, eisen die de impact van de brand verminderen en eisen om te zorgen dat de incidentbestrijding goed plaats kan vinden. Een aantal van deze eisen dienen in overleg met RWS en de betreffende Veiligheidsregio verder uitgewerkt te worden tijdens de ontwerpfase van het zonnepark.

Eisen die het risico op het ontstaan van brand verkleinen

TNO adviseert RWS de volgende eisen op te nemen (zie ook TNO-rapport 1 'Elektrische veiligheid en EMC'):

- Elke combinatie van stekker en contrastekker moet van hetzelfde fabricaat zijn (NEN1010, Deel 712.526). Uit onderzoek is gebleken dat er een verhoogd gevaar is op brand in PV-systemen, als stekkers en contrastekkers niet van hetzelfde fabricaat zijn – ook al zijn de stekkers compatibel.
- Connectoren dienen goed aan kabels bevestigd te zijn, met behulp van daarvoor bedoeld gereedschap (Handboek Zonne-energie, paragraaf 7.5, ISSO, 2019).
- Er dienen bijzondere maatregelen te worden genomen ter bescherming tegen de effecten van vlambogen, door gebruikmaking van toestellen voor vlamboogdetectie (NEN1010, Deel 421.7) Deze functie kan ook opgenomen zijn in de omvormer.
- Op de DC-ingang van de omvormer wordt vlamboogdetectie toegepast en deze is geactiveerd. Een vlamboogdetector schakelt na detectie de betreffende omvormer direct naar een veilige toestand. Een afgeschakelde omvormer kan uitsluitend handmatig gereset worden alvorens weer in bedrijf te kunnen komen. Deze vlamboog detectie is tegenwoordig veelal in de omvormer ingebouwd. Indien slechts één zonnepaneel is aangesloten op één ingang van een micro-omvormer dan mag vlamboogdetectie in dit circuit achterwege blijven (afgeleid van RVB, 2021).
- Onder de omvormer dient een steenachtig materiaal aanwezig te zijn in een zone van circa 1 meter om verspreiding van een eventuele brand in een omvormer te voorkomen.

Daarnaast moet het systeem voldoen aan de kwaliteits- en installatie-eisen via de volgende eisen:

- Het zonnepark voldoet aan de eisen in de NEN-EN-IEC 62446 en de NEN1010:2020
- De materialen en componenten die gebruikt worden hebben een CE-markering.
- Voor inbedrijfstelling van het zonnepark dient een eerste inspectie (EBI) conform Scope12 uitgevoerd te worden door een daartoe bevoegd inspecteur (SCIOS, 2021).
- Er dienen periodieke inspecties conform Scope12 te worden uitgevoerd door een daartoe bevoegd inspecteur (SCIOS, 2021). De door derden vereiste termijn voor de inspectie is leidend. Als er geen termijn voor de frequentie van de inspectie is vastgelegd, bedraagt de inspectietermijn 3 jaar. De eerste

periodieke inspectie vindt één jaar na inbedrijfname plaats om eventuele gebreken te ontdekken. (zie 'Beperken van verkeershinder bij onderhoud van zonneparken in bermen en knooppunten' in deze serie)

- De installateurs van het zonnepark dienen erkend te zijn via een landelijke regeling (zoals InstallQ, Zonnekeur of KIWA BRL K11008).

Eisen die de impact van brand verminderen

- Bekabeling dient vlamdovend conform NEN-EN (IEC) 60332-1-2:2005 uitgevoerd te worden (CPZ, 2020).
- In gebieden en bermen met een hoog risico op een natuurbrand, dienen glas-glas zonnepanelen toegepast te worden of dient er een brandgang (van minimaal 3.5 m breed) te zijn tussen het zonnepark en de 'natuur' die overslag van brand voorkomt.
- Met name de transformator kent vanwege de aanwezigheid van olie een brandrisico. De transformator dient daarom goed bereikbaar te zijn (bij voorkeur vanaf het onderliggende wegennet) en op minimaal 5 m afstand tot andere componenten en de zonnepanelen te staan (bij voorkeur bij de toegang van het zonnepark, maar niet in de baan van het verkeer). 5 meter rondom de transformator dient de ondergrond voorzien te zijn van steenachtig materiaal zoals grint of tegels. Indien de transformator niet bereikbaar is vanaf het onderliggend wegennet, dient een doorgang door de geleiderail aanwezig te zijn, plus een opstelplaats voor de brandweer (informatie Brandweer Nederland) De concrete uitwerking van deze eis dient in de ontwerpfase samen met de Veiligheidsregio ingevuld te worden.
- Om brandoverslag en -uitbreiding via begroeiing onder en naast zonnepanelen te voorkomen dient in overleg met de Veiligheidsregio gekeken te worden naar de plaatsing van brandgangen. Een brandgang is minimaal 3.5 m breed (CPZ (2020) en informatie Brandweer Nederland).

TNO geeft de volgende aanbeveling:

- Brandweer Nederland adviseert dat de vegetatie dusdanig gekozen en gemaaid dat de afstand tussen de vegetatie en de zonnepanelen minimaal 50 cm blijft. Er is een spanningsveld tussen deze eis en eisen op het gebied van biodiversiteit (zo hoog mogelijke begroeiing), hinder door onderhoud (zo weinig mogelijk maaien) en visuele impact (zo laag mogelijke zonnepanelen.) TNO adviseert RWS om per locatie deze aspecten met de Veiligheidsregio af te wegen.

Eisen gericht op goede incidentenbestrijding

- Voordat het zonnepark geplaatst gaat worden, zijn er door de exploitant van het zonnepark met de Veiligheidsregio en RWS afspraken gemaakt over de incidentbestrijding door de hulpdiensten. Er dient o.a. overeenstemming over toegang te zijn, voordat met de bouw wordt aangevangen. Apparaten of onderdelen met een hoog risico op brand (zoals transformatoren en omvormers) moeten goed bereikbaar zijn. Er dienen ook afspraken gemaakt te worden over de manier waarop in het zonnepark aangegeven is welke apparatuur aanwezig is.
- Elke component van het zonnepark (in casu de zonnepanelen en de overige componenten) is tot op een afstand van maximaal 60 meter met blusmiddelen te benaderen. Dit is met name belangrijk voor apparatuur zoals transformatoren en omvormers, die een hoger risico op brand kennen. Als dit niet mogelijk is, dienen in overleg met de Veiligheidsregio aanvullende maatregelen genomen te

worden. Indien het park niet dieper is dan 45 meter vanaf de vangrail, kan brandbestrijding vanaf de weg plaatsvinden.

- Indien een zonnepark maximaal 45 meter diep is vanaf de vangrail, is een bluswatervoorziening niet nodig en zal gebruik gemaakt worden van het bluswater uit de brandweervoertuigen. Indien het zonnepark tot een grotere afstand van de geleiderail gaat, wordt met de veiligheidsregio overlegd of er een aanvullende bluswatervoorziening nodig is. (informatie Brandweer Nederland)

6 Literatuur

NEN 1010:2020 'Elektrische installaties voor laagspanning'.

NEN-EN (IEC) 60332-1-2:2005, 'Beproeving van elektrische leidingen en optische leidingen op het gedrag bij brand - Deel 1-2: Beproeving van de verticale brandvoortplanting bij een enkele geïsoleerde draad of enkele leiding - 1 kW-vlam met gas-luchtmengsel'

NEN-EN-61439-1:2021 'Laagspanningsschakel-en-verdeelinrichtingen'

NEN-EN-IEC-61730-2:2018 'Veiligheidskwalificatie van fotovoltaïsche (PV) modules - Deel 2: Eisen voor beproeving'

IEC 61730-2:2016 Veiligheidskwalificatie van fotovoltaïsche (PV) modules - Deel 2: Eisen voor beproeving

NEN-EN-IEC 62446-1:2016+A1: 2018 'Fotovoltaïsche (PV) systemen - Eisen voor beproeving, documentatie en onderhoud'

NEN-EN-IEC 62446-2:2020 Photovoltaic (PV) systems - Requirements for testing, documentation and maintenance - Part 2: Grid connected systems - Maintenance of PV systems

NEN-EN IEC 62759-1:2015 'Fotovoltaïsche (PV) modules - Vervoerstesten - Deel 1: Vervoer van verpakkingseenheden van modules'

NEN-EN-62305:2011, 'Bliksembeveiliging'

Bende, E.E. en N. Dekker (2019), *Brandincidenten met fotovoltaïsche (PV) systemen in Nederland. Een inventarisatie*, TNO 2019 P10287

Brandweeracademie (2018). *Kennisdocument Brandoverslag. Handelingsperspectief en literatuuronderzoek*. Arnhem: IFV.

Brandweer Nederland (2019). *Handreiking Bluswatervoorziening en bereikbaarheid*. Arnhem: Brandweer Nederland.

Brandweer Nederland (2020). *Kennisdocument Brandweeroptreden nabij elektriciteit*. Arnhem: Brandweer Nederland.

CPZ (2020), *Community of Practice zonnepanelen (Brandweer Nederland en IFV), Handreiking Risicobeheersing; Advies veilige PV Systemen*.

ISSO (2019), *Handboek Zonne-energie (HBZE), Bouwkundige- en installatietechnische richtlijnen voor zonne-energiesystemen*, Rotterdam: ISSO. , ISBN: 978-90-5044-338-8

Rijksvastgoedbedrijf (RVB), 2021, Richtlijn Veiligheid PV-Systemen op daken.

SCIOS (2021), *Technisch Document 18 Inspectie van zonnestroominstallaties,
Deelregeling voor elektrisch materieel*, Versie 1.2: 2021-01.

VNAB (2020), *Voorbeeld clause zonnepaneleninstallaties met een vermogen van
meer dan 5kVA (garantie)*, [link](#).

A Algemene beschrijving zonnepark

Hieronder volgt een beschrijving van de onderdelen van een zonnepark. De cijfers verwijzen naar de afbeelding onder de beschrijvingen.

Zonnepark (1)

Een zonnepark is een installatie die duurzame elektriciteit opwekt uit zonlicht. Een zonnepark bestaat uit een groot aantal zonnepanelen, een of meerdere omvormers, en DC-kabels en AC-kabels. Grote zonneparken hebben ook een eigen transformator of transformatoren.

Zonnepaneel (2)

Een zonnepaneel is het basiselement van een zonnepark. Een zonnepaneel bestaat uit een groot aantal zonnecellen (meestal 60 of 72), die zijn verpakt tussen twee lagen. De voorkant van een zonnepaneel bestaat meestal uit glas. De achterkant van een zonnepaneel is ofwel van kunststof (**glas-folie-paneel**) ofwel van glas (**glas-glas-paneel**). Over het algemeen wordt er vanuit gegaan dat zonnepanelen 25 tot 30 jaar kunnen blijven functioneren. Wel gaat de opbrengst ieder jaar wat achteruit.

Zonnecel (3)

Een zonnecel is het basiselement van een zonnepaneel. Een zonnecel zet zonlicht rechtstreeks om in gelijkstroom. Zonnecellen zijn meestal gemaakt van heel zuiver silicium en zijn maximaal 0,3 mm dik.

Er bestaan ook zogenaamde **dunnefilm zonnecellen**. Deze zijn nog veel dunner en kunnen ook uit andere materialen bestaan.

Omvormer (4)

Een omvormer is een elektronisch apparaat dat de gelijkstroom uit een aantal zonnepanelen omzet in een wisselstroom die in het elektriciteitsnet gebruikt kan worden. Een omvormer staat vaak onder of naast een rij met zonnepanelen en is vaak zo'n 40-100 cm hoog, 30-60 cm breed en 15-40 cm dik. Er zijn ook losstaande omvormers, zogenaamde 'centrale omvormers', deze zijn veel groter.

Power optimizer (5)

Een power optimizer is een elektronisch apparaat dat de gelijkstroom van een of twee zonnepanelen kan aanpassen. Hierdoor wordt het mogelijk om zonnepanelen via dezelfde kabel op de omvormer aan te sluiten ook als ze een verschillende stroom hebben (bijvoorbeeld door schaduw). Power optimizers worden met name gebruikt bij zonnepanelen waarop soms schaduw valt. (Ook als de schaduw maar op een deel van het zonnepaneel valt.) Een power optimizer zit meestal achterop een zonnepaneel en is zo'n 15 x 15 cm groot en circa 5 cm dik. Power optimizers kunnen ook de stroom van een individueel zonnepaneel uitschakelen. Dit kan ook worden gebruikt voor veiligheidsfuncties, zoals het uitschakelen op commando.

Transformator (6)

Een transformator is een elektrisch apparaat dat een wisselstroom met een lage spanning om kan zetten in een wisselstroom met een hoge spanning of andersom. In grote zonneparken staan vaak een of meer transformatoren. Deze zorgen

ervoor dat de wisselstroom uit de omvormers in het zonnepark (vaak 400 V of 800 V) wordt overgezet naar een wisselstroom met de spanning van het elektriciteitsnet (bij een grote netaansluiting vaak 10.000 V of hoger). Een transformator is in het algemeen een aantal meter breed en diep en 1,5 tot 3 meter hoog.

DC-stekker (7)

Een DC-stekker of **DC-connector** is een koppelstuk waarmee men een DC-kabel kan verbinden met een zonnepaneel, een omvormer, een power optimizer of een andere DC-kabel. Bij DC-stekkers is belangrijk is dat ze goed elektrisch contact blijven maken en waterdicht blijven gedurende de hele levensduur van 25 jaar of meer. Ook moeten ze vergrendeld zijn tegen loskoppelen. Zolang er een gelijkstroom loopt door de stekkers mogen ze namelijk niet losgekoppeld worden. Anders ontstaat er een vlamboog.

DC-kabel (8)

Een DC-kabel (of gelijkstroom-kabel) is een kabel voor gelijkstroom. Deze kabels verbinden de zonnepanelen met elkaar en met een optimizer of een omvormer.

AC-kabel (9)

Een AC kabel (of wisselstroom-kabel) is een kabel voor wisselstroom. Deze kabels verbinden omvormers met elkaar en met de aansluiting op het elektriciteitsnet.

Monitoringssysteem (10)

Een monitoringssysteem is een elektrisch systeem dat de toestand van het zonnepark meet en registreert. Het systeem legt op vaste tijdstippen (bijv. elke minuut, elke 10 seconden of elke seconde) vast hoeveel energie er is opgewekt en met welke spanningen en stromen. Vaak is het mogelijk om het monitoringssysteem op afstand uit te lezen. Dan kan een beheerder het zonnepark vanuit zijn kantoor in de gaten houden. Veel monitoringssystemen kunnen een automatische storingsmelding geven als er een storing in het zonnepark is. Dan kan een monteur als dat nodig is direct naar het zonnepark om de storing op te lossen. Er bestaan ook zogenaamde ‘slimme’ monitoringssystemen die een storing al vroeg kunnen opsporen. Dat maakt het mogelijk om de storing op te lossen vóórdat er schade of opbrengstverlies ontstaat.

Vlamboog (11)

Een vlamboog is een stroom die loopt door een opening met lucht (of een ander gas) daartussen. Een vlamboog kan ontstaan wanneer het elektrisch contact tussen twee voorwerpen wordt verbroken terwijl er een stroom door loopt. In een vlamboog kan in een kleine ruimte veel warmte vrijkomen. Hierdoor kan het voorwerp heel heet worden en ontstaat er gevaar voor brand. Om dit te voorkomen kan men een **vlamboog-detectiesysteem** gebruiken. Dat systeem kan een vlamboog opsporen en afschakelen.

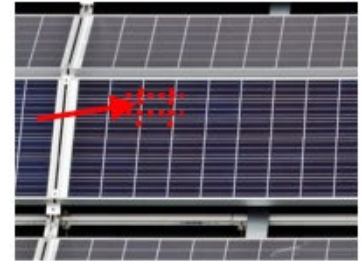
Een vlamboog kan ontstaan door het verbreken van een contact bij een gelijkstroom of bij een wisselstroom. Als een vlamboog met een *gelijkstroom* eenmaal is ontstaan is deze moeilijk te doven. Daarom is een vlamboog met een gelijkstroom gevaarlijker dan een vlamboog met een wisselstroom.



1. zonnepark



2. zonnepaneel



3. zonnecel



4. omvormer



5. power optimizer



6. transformator



7. DC-stekker

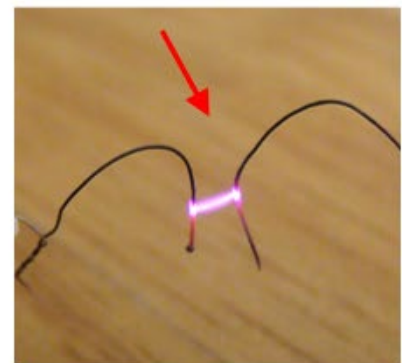
8. DC-kabel



9. AC-kabel



10. monitoringssysteem



11. vlamboog