

Vooronderzoek depositie bij branden met zonnepanelen

Een verkennende studie naar de depositie van verbrandingsproducten als gevolg van brand met substantiële hoeveelheden zonnepanelen



Instituut Fysieke Veiligheid
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.ifv.nl
info@ifv.nl
026 355 24 00

Colofon

Opdrachtgever: IFV
Contactpersoon: dr. ir. N. Rosmuller
Titel: Vooronderzoek depositie bij branden met zonnepanelen: een verkennende studie naar de depositie van verbrandingsproducten als gevolg van brand met substantiële hoeveelheden zonnepanelen.
Datum: 8 december 2020
Status: Definitief
Versie: 1.0
Auteurs: M. Leene BA, ing. R. van den Dikkenberg MCDM
Projectleider: ing. R. van den Dikkenberg MCDM
Review: dr. ir. M. Duyvis
Eindverantwoordelijk: dr. ir. N. Rosmuller
Omslagfoto: Folkert van der Ploeg TBO Twente

Inhoud

	Inleiding	4
1	Onderzoeksmethode	6
1.1	Gekozen onderzoeksmethode	6
1.2	Dataverzameling	6
1.3	Verloop van het onderzoek	8
2	Resultaten vooronderzoek	10
2.1	Aard en omvang branden met zonnepanelen	10
2.2	Aanvullende informatie branden met zonnepanelen vanuit brandonderzoek en incidentbestrijding	11
2.3	Resultaten literatuuronderzoek	14
3	Conclusie	18
3.1	Beantwoording onderzoeksvragen	18
3.2	Geconstateerde kennishiaten, vervolgvragen en mogelijk vervolgonderzoek	20
3.3	Discussie	20
	Literatuurlijst	22
	Bijlage 1 Overzicht branden met zonnepanelen	24
	Bijlage 2 Digitale vragenlijst	33
	Bijlage 3 Resultaten uit de vragenlijsten	37

Inleiding

Aanleiding

Na een aantal recente branden in 't Veld (30 juli 2020) en in Rutten (28 juli 2020) waarbij zonnepanelen zijn betrokken, is gebleken dat de verbrandingsproducten van deze zonnepanelen zich tot ver in de omgeving kunnen verspreiden (depositie). In dit onderzoek wordt onder depositie verstaan: het neerslaan van stoffen op een ondergrond. De branden leidden tot vragen van milieudiensten, omwonenden en bedrijven over de risico's van deze verbrandingsproducten. Het bleek echter dat er tot op heden nog geen inzicht is in de aard en omvang van de verbrandingsproducten, de (gezondheid- en milieu)risico's, de wijze en mate van verspreiding, en de aanpak ervan. Hierdoor ontbreekt een handelingsperspectief voor de betrokken partijen om de milieu- en gezondheidseffecten als gevolg van depositie te beperken en de neergeslagen verbrandingsproducten op een veilige en verantwoorde wijze op te ruimen. Inmiddels zijn er Kamervragen¹ gesteld over deze problematiek aan de minister van EZK.

Doel

Alvorens een (uitgebreid) onderzoek te starten samen met verschillende partijen heeft het Instituut Fysieke Veiligheid er voor gekozen om eerst een vooronderzoek uit te voeren. Dit vooronderzoek is er opgericht om een eerste inzicht te krijgen in de bovenstaande beschreven problematiek en te bepalen welke kennislücken er zijn. Op basis daarvan zal mogelijk een nader onderzoek worden vormgegeven.

Onderzoeksvragen

De hoofdvraag van dit vooronderzoek luidt als volgt:

Wat is er bekend over depositie bij branden waarbij zonnepanelen zijn betrokken?

De volgende deelvragen zijn geformuleerd:

- > Hoe vaak komen branden met zonnepanelen in Nederland voor?
- > Hoe vaak is er bij branden met zonnepanelen sprake van depositie?
- > Welke verbrandingsproducten komen vrij bij branden met zonnepanelen?
- > Wat is de mate van verspreiding van deze verbrandingsproducten?
- > Hoe schadelijk zijn deze verbrandingsproducten voor mens en milieu?
- > Welke maatregelen (kunnen) worden genomen om verspreiding zoveel mogelijk tegen te gaan?
- > Op welke wijze kunnen deze verbrandingsproducten verantwoord worden opgeruimd?

¹ [Beantwoording Kamervragen over vrijkomen glasscherven bij brand zonnepanelen](#)

Afbakening

Dit vooronderzoek is een verkenning naar depositie bij branden die in Nederland hebben plaatsgevonden en waarbij zonnepanelen betrokken zijn. Er wordt specifiek gekeken naar depositie die verder reikt dan de incidentlocatie (het brongebied). Te weten de depositie in het effectgebied.

De dataverzameling die is aangelegd om het aantal branden met zonnepanelen in kaart te brengen, heeft zich gericht op branden met zonnepanelen in Nederland in de periode 2018 – heden.² Bij de inventarisatie zijn alleen incidenten waarbij zonnepanelen daadwerkelijk in brand hebben gestaan meegenomen.

Alleen van grote branden met zonnepanelen (wat betreft omvang en/of aantal betrokken panelen) zijn aanvullende gegevens verzameld. Namelijk omdat enkele van deze grote branden hebben geleid tot de eerdergenoemde vragen over de aard en omvang van de problematiek en eventuele risico's.

Voor een literatuurscan is uitsluitend Nederlandse en Engelstalige literatuur over branden met zonnepanelen verkend.

² Op basis van cijfers tot en met 26 oktober 2020.

1 Onderzoeksmethode

In dit hoofdstuk wordt toegelicht hoe het vooronderzoek is uitgevoerd, welke onderzoeksmethoden zijn toegepast en waarom.

1.1 Gekozen onderzoeksmethode

Om branden met zonnepanelen in kaart te brengen, is er een mediascan uitgevoerd. In de (sociale) mediaberichtgeving is gezocht naar branden met zonnepanelen, die zich hebben voorgedaan in de afgelopen drie jaar (2018 tot en met 26 oktober 2020) (zie ook paragraaf 1.2.1). Er is een database opgebouwd van deze branden.

In deze database zijn grotere branden en branden waarbij depositie heeft plaatsgevonden, geselecteerd voor nader onderzoek. Door middel van een digitale vragenlijst is met hulp van de Teams Brandonderzoek (TBO) van de regio's waar deze branden hebben plaatsgevonden meer informatie verzameld over de branden (paragraaf 1.2.2). De informatie uit de scan van de mediaberichtgeving en de informatie uit de digitale vragenlijst is met elkaar vergeleken. Tot slot heeft er een literatuurscan plaatsgevonden (paragraaf 1.2.3).

1.2 Dataverzameling

1.2.1 Deskresearch

Er is gebruik gemaakt van het programma OBI4wan om berichtgeving over branden met zonnepanelen in de (sociale) media te verzamelen. In het programma is (terug)gezocht naar branden met zonnepanelen uit de afgelopen drie jaar (sinds 2018) in Nederland. Deze vrij lange periode is niet alleen gekozen om voldoende branden mee te kunnen nemen in de verkenning, maar ook om een beter beeld te kunnen vormen over meerdere jaren. Sinds 2018 is het aantal zonnepanelen fors toegenomen, vandaar de keuze voor deze periode (CBS, 2020).

Zoektermen en criteria

De volgende zoektermen³ zijn gebruikt bij de mediascan:

brand OR vuur OR explosie OR kortsluiting OR ontbrand OR vlam OR depositie OR glasdeeltjes OR glasscherven OR roet OR verbrand*) AND (zonnepanelen OR zonnepaneel* OR zonnepark OR zonneveld OR zonneweide OR "pv-systeem" OR "pv-systemen" OR "pv-paneel" OR "pv-panelen"*

Aanvullend en ter verificatie is, met dezelfde zoektermen, gezocht in de zoekmachine Google en de database van LexisNexis (een database van (digitale) krantenartikelen). Op basis van de (sociale) mediaberichten is meer informatie vergaard over de gevonden branden en is getoetst of de branden voldeden aan de gehanteerde definitie.

³ Een asterisk achter een woord betekent dat ook verschillende uitgangen of toevoegingen van het woord meegenomen worden.

Van alle branden die gevonden zijn met de mediascan is op basis van onderstaande criteria bepaald of ze voldoen aan de definitie en konden worden opgenomen in de database.

Daarbij zijn de onderstaande criteria gebruikt.

- > Alleen incidenten waarbij de zonnepanelen daadwerkelijk in brand hebben gestaan zijn meegenomen, variërend van één enkel paneel tot grote hoeveelheden panelen. De brandoorzaak of ontstaansbron van de brand hoeft niet bij de zonnepanelen te liggen.
- > Incidenten waarbij alleen sprake was van oververhitting of andere mankementen die niet tot brand in de zonnepanelen hebben geleid, zijn niet meegenomen. Branden in randapparatuur waarbij geen zonnepanelen betrokken raakten, zijn niet meegenomen.

Wanneer niet duidelijk was of zonnepanelen daadwerkelijk hebben gebrand, is verder gezocht in (andere) mediaberichten of is contact opgenomen met de regionale contactpersonen van het TBO om navraag te doen.

Op basis van de (sociale) mediaberichtgeving is tevens geïnventariseerd bij welke branden met zonnepanelen depositie heeft plaatsgevonden. Soms werd depositie niet specifiek in de mediaberichtgeving genoemd, maar bleek er wel sprake van te zijn. Om die reden is er ook gekeken naar de informatie uit de nieuwberichten om branden met depositie te selecteren.

Database van branden met zonnepanelen

Er is een database opgebouwd van de branden die voldoen aan eerdergenoemde selectiecriteria. In de database zijn relevante gegevens opgenomen, om een beeld te kunnen vormen van de brand en de betrokkenheid van zonnepanelen bij de brand. Daarnaast zijn algemene gegevens als datum en adres opgenomen en links naar de broninformatie. In bijlage 1 is een overzicht opgenomen van deze database.

1.2.2 Vragenlijst brandonderzoek

Om meer te weten te komen over de branden, de omstandigheden en de wijze waarop de zonnepanelen daarbij betrokken waren, is nader onderzoek uitgevoerd met behulp van vragenlijsten aan betrokken brandweerpersoneel en brandonderzoekers (TBO) van de betreffende regio. Uit de database zijn 25 branden geselecteerd voor nader onderzoek. Op basis van de volgende criteria heeft de selectie plaatsgevonden:

- > branden waarbij, op basis van mediaberichtgeving, sprake was van depositie, en/of
- > grotere (gebouw)branden (in omvang en het aantal betrokken zonnepanelen)⁴.

Bij kleinere branden zoals woningbranden is aangenomen dat de verbrandingsproducten van zonnepanelen in de directe omgeving van de brand neerslaan als gevolg van een geringe pluimstijging. Daarnaast liggen er op woningen over het algemeen minder zonnepanelen dan op bedrijfsgebouwen of in zonneparken. Deze branden zijn om die reden niet meegenomen in het onderzoek.

Na een korte toelichting en instructie voor het invullen zijn in de vragenlijstop basis van het kenmerkschema vragen gesteld over met name de brandkenmerken en over interventie-, gebouw- en omgevingskenmerken (weerstandigheden). Menskenmerken zijn buiten beschouwing gelaten (IFV, 2017). In bijlage 2 is de volledige vragenlijst opgenomen.

⁴ Wanneer de brand op basis van de mediaberichtgeving werd omschreven als grote(re) brand of uit de berichtgeving bleek dat een groot oppervlakte en zonnepanelen in brand hebben gestaan, is de brand geselecteerd. Branden waarbij (vermoedelijk) ten minste 10 zonnepanelen bij de brand waren betrokken, zijn geselecteerd.

De vragenlijst is gedistribueerd aan de contactpersonen van het TBO in de regio's waar de geselecteerde branden hebben plaatsgevonden, met de vraag deze door te zetten naar een brandonderzoeker die de betreffende brand heeft onderzocht. In sommige gevallen heeft er geen brandonderzoek plaatsgevonden, maar is de digitale vragenlijst naar een bevelvoerder / Officier van Dienst (OvD) toegestuurd, die ingezet is geweest bij de brand.

De informatie over van de branden die gevonden zijn op basis van berichtgeving in de media én waarnaar nader onderzoek is gedaan door middel van de digitale vragenlijst, zijn met elkaar vergeleken. Depositie bij branden met zonnepanelen is een relatief nieuw en tot voorkort onbekend fenomeen. Dit kan van invloed zijn geweest op de berichtgeving over depositie bij branden met zonnepanelen (zie ook paragraaf 3.3). Om te proberen te achterhalen of er daadwerkelijk (geen) sprake is geweest van depositie, is de informatie uit de vragenlijst gebruikt. In paragraaf 2.2 wordt ingegaan op de resultaten van deze vergelijking.

1.2.3 Literatuurscan

Er heeft een literatuurscan plaatsgevonden waarbij gezocht is naar zowel internationale als Nederlandse literatuur. Het doel van de literatuurscan was om een indruk te krijgen van de reeds bestaande kennis en eventuele kennishiaten.

Als startpunt voor de literatuurscan zijn de volgende publicaties genomen:

- > TNO (2019). *Brandincidenten met fotovoltaïsche (PV) systemen in Nederland. Een inventarisatie*. TNO 2019 P10287. Petten: TNO.
- > TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH. (2018). *Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization*.

Middels de zogenaamde 'sneeuwbalmethode' is vervolgens verder gezocht op de gevonden referenties en auteurs. Daarnaast is naar literatuur gezocht in zoekmachines Google en Google Scholar. De volgende zoektermen zijn gebruikt:

brand zonnepaneel OR brand zonnepark OR brand zonneweide OR brand PV-systeem* OR brand PV-paneel* OR depositie OR depositie (brand) zonnepaneel OR risico's brand zonnepaneel OR schadelijke / gevaarlijke stoffen brand zonnepaneel*

Fire photovoltaic (cells / panel / system) OR PV modules OR photovoltaic health, safety, environmental risks / impact OR emission / encapsulation PV fire OR PV (fire) hazard / risks OR PV / photovoltaic fire incidents OR toxicity (hazard) of PV fire / PV modules OR toxic materials photovoltaic (fires)*

De resultaten uit het literatuuronderzoek – en dan met name dat naar praktijkincidenten in zowel de Nederland als het buitenland – zijn vergeleken met de informatie over de branden in Nederland.

1.3 Verloop van het onderzoek

Het onderzoek kende een relatief korte doorlooptijd waarbinnen de verschillende fasen van dataverzameling hebben plaatsgevonden. Voor de interpretatie van de resultaten, met name van de cijfers over het aantal branden, is het van belang te weten welke periode de dataverzameling omvat:

- > Branden met zonnepanelen worden tot op heden gemonitord, maar de cijfers in dit rapport over het aantal branden zijn verzameld tot en met 26 oktober 2020, terugkijkend tot en met 1 januari 2018.
- > De selectie van branden waarvoor de digitale vragenlijst is verstuurd, omvat branden uit 2018, 2019 en 2020. Branden tot 29-8-2020 zijn meegenomen in de selectie voor het uitsturen van de vragenlijsten, dit om de betrokkenen voldoende tijd te geven de vragenlijst in te vullen en gegevens te verzamelen. Van recentere branden kan het (brand)onderzoek nog aan de gang zijn. Branden die na de genoemde periode hebben plaatsgevonden, zijn wél meegenomen in het *totale aantal* branden met zonnepanelen (zoals eerder vermeld, verzameld tot en met 26 oktober).
- > Op 14-10-2020 heeft er een brand plaatsgevonden waarbij sprake was van depositie, zo is door (indirect) betrokkenen aan de onderzoeker gemeld. Het is echter niet meer mogelijk geweest aanvullende informatie over deze brand te verzamelen. Deze brand is wel toegevoegd aan de cijfers over het aantal branden met depositie.

Niet van elke brand is brandonderzoek gedaan, waardoor het niet altijd mogelijk was aanvullende informatie te verzamelen. In sommige gevallen was het ook niet mogelijk om een bevelvoerder of OvD naar informatie te vragen. Dit was met name het geval bij branden die in 2018 hebben plaatsgevonden. Daarnaast zijn tot op heden niet alle uitgezette vragenlijsten voor de geselecteerde branden ingevuld. Wanneer er geen aanvullende informatie bekend is over een brand, is dit vermeld.

Als aanvulling op de vragenlijst is over verschillende branden door de betrokkenen informatie versterkt aan de onderzoeker, zoals incident- / uitkrappen, rapporten van brandonderzoek, foto's en/of filmbeelden of mediaberichten. Deze informatie is, indien relevant en met toestemming van de betrokkenen, verwerkt in dit vooronderzoek en gebruikt voor het vormen van een beeld van de incidenten.

2 Resultaten vooronderzoek

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven. Achtereenvolgens zal er worden ingegaan op de resultaten uit de mediascan, de resultaten van de vragenlijst en het literatuuronderzoek.

2.1 Aard en omvang branden met zonnepanelen

Op basis van de resultaten uit de mediascan wordt in deze paragraaf inzicht gegeven in het jaarlijks aantal branden waarbij zonnepanelen betrokken zijn. Daarnaast wordt ingegaan op het aantal branden waarbij depositie heeft plaatsgevonden.

2.1.1 Inventarisatie van branden met zonnepanelen

Op basis van de inventarisatie van branden uit (sociale) mediaberichten en stappen die zijn beschreven in de onderzoeksmethode is een database met branden samengesteld.

In tabel 2.1 hieronder is weergegeven hoeveel branden met zonnepanelen per jaar hebben plaatsgevonden en bij welke branden, op basis van de mediaberichtgeving, sprake was van depositie. In totaal hebben er 95 branden met zonnepanelen plaatsgevonden.

Tabel 2.1 Aantal branden met zonnepanelen

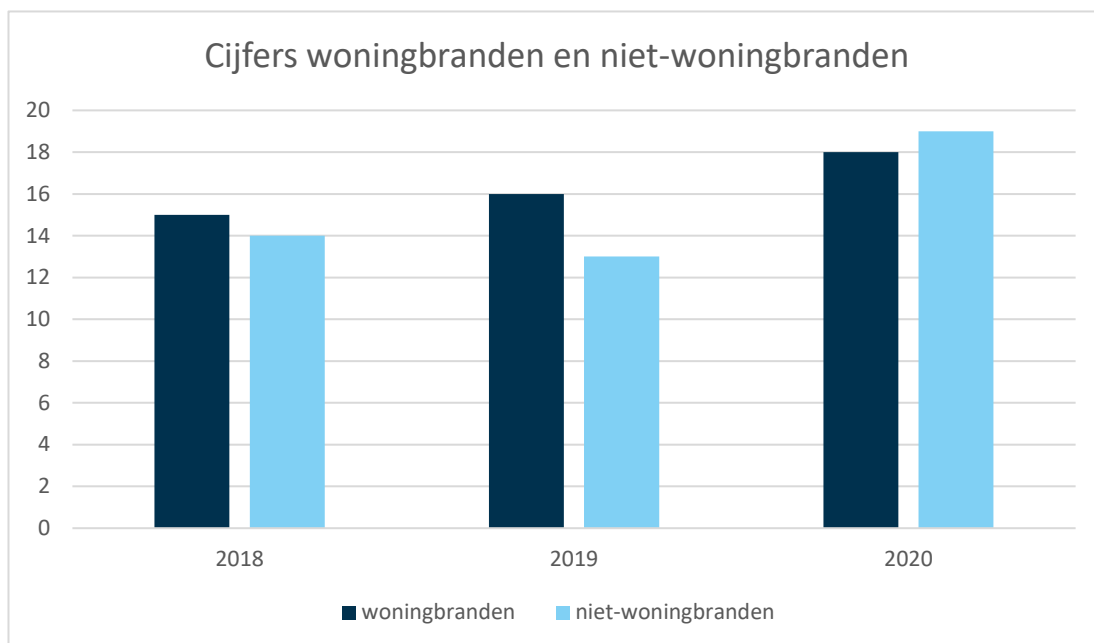
Jaar	Totaal aantal branden	Aantal branden waarbij depositie ⁵ heeft plaatsgevonden
2018	29	0
2019	29	1
2020 ⁶	37	3
Totaal	95	4

Iets meer dan de helft van het totaal aantal branden met zonnepanelen betreft woningbranden. In figuur 2.1 is per jaar weergegeven hoeveel woningbranden⁷ en andere branden (in bedrijfspanden, gebouwen niet zijnde woningen of zonneparken) met zonnepanelen hebben plaatsgevonden.

⁵ Het neerslaan van stoffen op een vaste ondergrond.

⁶ Tot en met 26 oktober 2020.

⁷ Als criterium voor woning: 'woonfunctie' / 'woongerelateerd' geldt dat er sprake moest zijn van min of meer permanente bewoning. Naast in individuele woningen zijn bijvoorbeeld ook woongebouwen meegerekend.



Figuur 2.1 Cijfers van woningbranden en niet-woningbranden met zonnepanelen

Bij geen van de woningbranden heeft depositie in het effectgebied plaatsgevonden. Drie branden hebben plaatsgevonden in zonneparken, de rest van de branden waren branden in gebouwen of andersoortige bouwwerken. Niet alle niet-woningbranden zijn grotere branden geweest, het kan ook gaan om kleinere branden in andere gebouwen of zonneparken. In bijlage 1 is een volledig overzicht opgenomen van alle branden, waarbij ook het gebouwtype is gespecificeerd of is aangegeven wanneer het een zonnepark betreft.

2.1.2 Branden waarbij sprake was van depositie

Uit mediascan bleek er bij een viertal branden sprake te zijn geweest van depositie in het effectgebied. Eén van deze branden heeft in 2019 plaatsgevonden, de andere branden in 2020.

Er wordt aangenomen dat bij woningbranden de kans op depositie gering is. De branden waarbij sprake was van depositie waren allemaal grotere branden, dat wil zeggen dat het in geen gevallen woningbranden waren, maar branden in gebouwen als: stallen, schuren of loodsen, et cetera. Bij kleinere branden is er sprake van een geringe pluimstijging waardoor verbrandingsproducten van zonnepanelen in de directe omgeving van de brand blijven. Daarnaast is het aantal zonnepanelen op woningen vaak beperkt. Er zijn tot op heden bij het TBO geen woningbranden bekend waarbij depositie heeft plaatsgevonden in de verdere omgeving dan die van de brand (het effectgebied). In paragraaf 2.2 wordt nader ingegaan op de branden waarbij depositie heeft plaatsgevonden.

2.2 Aanvullende informatie branden met zonnepanelen vanuit brandonderzoek en incidentbestrijding

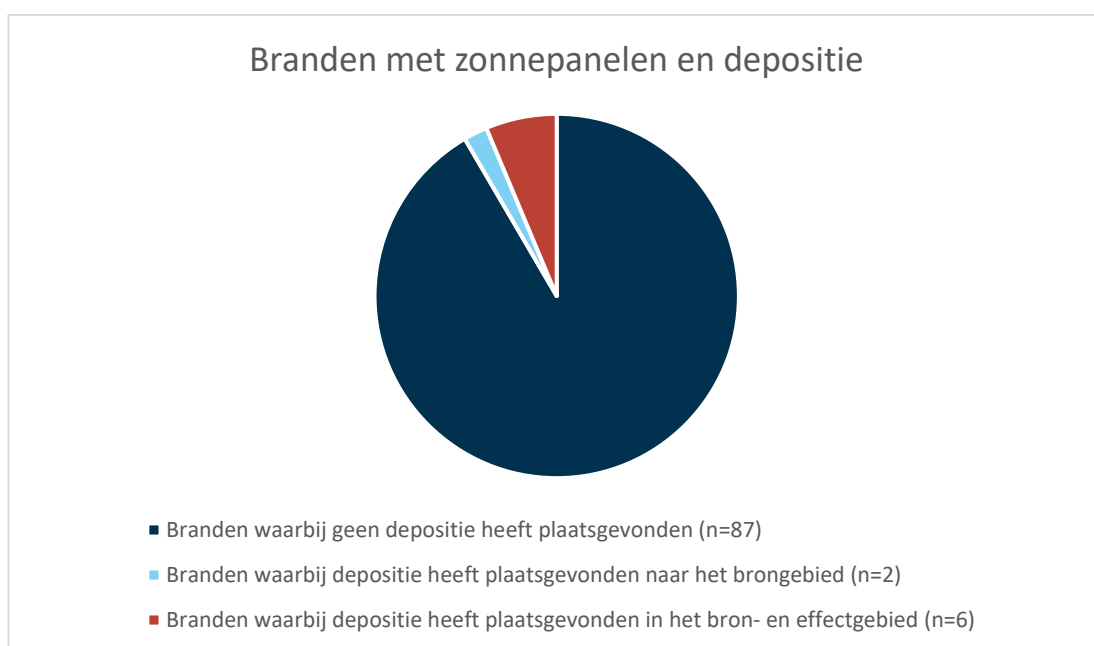
Voor 25 gevonden branden op basis van de mediascan is contact gezocht met het TBO voor aanvullende informatie. Uiteindelijk zijn 20 vragenlijsten verstuurd naar brandonderzoekers of andere betrokkenen, die aangaven in aanvullende informatie te kunnen voorzien. Niet

voor elke brand is brandonderzoek gedaan of kon aanvullende informatie achterhaald worden; 17 vragenlijsten zijn (volledig) ingevuld.

2.2.1 Branden met zonnepanelen waarbij sprake van depositie

Hoger aantal branden waarbij depositie heeft plaatsgevonden

Een vergelijking van de mediaberichten en de resultaten van de vragenlijst laat zien dat er bij vier extra branden sprake is geweest van depositie. In totaal heeft er bij in ieder geval 8 van de 95 gevonden zonnepaneelbranden depositie plaatsgevonden. Bij 2 van deze acht branden heeft er alleen depositie op de incidentlocatie heeft plaatsgevonden. In figuur 2.2 is het aantal branden waarbij depositie heeft plaatsgevonden in het brongebied en branden waarbij er ook depositie heeft plaatsgevonden naar een effectgebied, afgezet tegen het totaal aantal branden. Bij deze branden heeft, voor zover bekend, geen depositie heeft plaatsgevonden.



Figuur 2.2 Aantal branden met zonnepanelen en depositie

In de media werd er bij de twee extra branden niet bericht over depositie. Dit heeft er vermoedelijk mee te maken dat de depositie zich bij die branden beperkt heeft tot de incidentlocatie of tot enkele tientallen meters vanaf de incidentlocatie. Daarnaast is bij een recente brand (op 14-10-2020) sprake geweest van depositie en is dit aan de onderzoeker gemeld. Er is geen vragenlijst ingevuld voor deze brand.

In tabel 2.2 is een overzicht gegeven van de branden waarbij depositie heeft plaatsgevonden. De informatie die in de tabel vermeld staat, is afkomstig uit de vragenlijsten en/of mediaberichten of correspondentie met brandweerpersoneel dat (indirect)betrokken was bij de brand.

Tabel 2.2 Depositie bij branden met zonnepanelen

Datum & plaats	Type gebouw	Omvang brand (m ²)	Aantal/oppervlakte ⁸ zonnepanelen in brand	Korte omschrijving brand
16-04-2020 Heythuysen	Stallen en een loods	7000	3500 m ²	Alle drie de gebouwen van (kristallijne) zonnepanelen voorzien en afgebrand.
30-07-2020 't Veld ⁹	Bedrijfsgebouw (schuur/loods)	Ca. 3500	Ca. 1200	Zonnepanelen betrokken geraakt door brand in het gebouw.
16-08-2020 Den Bosch	Bedrijfsgebouw	240	Ca. 96	Het dak en een deel van de zonnepanelen op het dak stond in brand.
18-7-2020 Rutten	Schuur/loods	Onbekend	Onbekend	Een schuur met zonnepanelen op het dak volledig afgebrand.
11-05-2020 Wouwse plantage	Loods	Ca. 1000	Ca. 500m ²	Gehele loods is afgebrand.
14-10-2020 Lelystad	Stal	Onbekend	Onbekend	Stalbrand. Op het dak van de stal lagen zonnepanelen.
30-7-2019 Marknesse	Loods	Onbekend	Onbekend	Brand in een bedrijfspand. Op het dak lagen zonnepanelen.
30-08-2020 Blesdijke	Schuur	20	10	zonnepanelen lagen op dak schuur en zijn betrokken geraakt bij brand in de schuur

Aard van de depositie

Over het merendeel van de branden waarbij depositie heeft plaatsgevonden, is door de respondenten aangegeven dat er kleine stukjes van de zonnepanelen zijn gevonden. Deze stukjes waren per brand verschillend van afmeting, van flinterdunne en vederlichte stukjes van de blauwe bovenlaag van de panelen tot kleine stukjes of resten van 5 bij 5 cm, isolatiedeeltjes, grotere brokstukken en zelfs (vrijwel) intacte zonnepanelen. Daarnaast zijn bij één brand gesmolten onderdelen van de zonnepanelen aangetroffen. Bij geen van de branden zijn metingen verricht specifiek naar de depositie. Bij enkele branden zijn wel monsters genomen door de Omgevingsdienst van de betreffende regio. Daarover is verder geen informatie bekend.

⁸ Respondenten konden het aantal (individuele) zonnepanelen invullen of invullen wat het totale oppervlakte (m²) was van de zonnepanelen die in brand hebben gestaan. De meeste zonnepanelen hebben een afmeting van circa 1,65 meter bij 1,00 meter. Echter kunnen de afmetingen ook afwijken.

⁹ Geen brandonderzoek gedaan naar deze brand.

Reikwijdte depositie

De reikwijdte van de depositie verschilt sterk per brand. Depositie van zonnepanelen is aangetroffen op de volgende maximale afstanden van de brand:

- > alleen op de incidentlocatie (bij twee branden).
- > in de omgeving van de incidentlocatie; enkele tientallen meters (bij één brand) of onbekend hoe ver precies (bij drie branden).
- > resten teruggevonden tot op meer dan een kilometer vanaf de incidentlocatie (bij één brand).
- > resten teruggevonden tot op 10 kilometer van de incidentlocatie teruggevonden (bij één brand).

Incidentbestrijding bij branden met zonnepanelen

Van de branden waarbij depositie heeft plaatsgevonden was dit weliswaar bekend, maar is tijdens de incidentbestrijding niet speciaal rekening gehouden met de eventuele depositie. Dat wil zeggen dat er geen beheersmaatregelen getroffen zijn, specifiek gericht op het voorkomen of beperken van depositie. Er is opgetreden conform standaard procedures voor brandbestrijding, afhankelijk van het type brand en de omstandigheden.

De vakgroep IBGS van brandweer Nederland volgt de onderzoeken over depositie bij branden met zonnepanelen. Op het moment is nog onvoldoende bekend over de risico's van deze depositie in relatie met gevaarlijke stoffen.

Uit voorzorg zullen AGS-en van de brandweer wel, afhankelijk van de situatie, proberen het verspreidingsgebied van de depositie in beeld te brengen en het bevoegd gezag (de gemeente) hierover te informeren.

Een kanttekening hierbij is, dat dit nog geen algemene praktijk is. Als uit de onderzoeken blijkt dat er daadwerkelijk sprake is van een risico op het gebied van gevaarlijke stoffen, zal hier ook een procedure voor opgesteld worden (deze informatie is afkomstig van de vakgroep IBGS van Brandweer Nederland, Jan Jacobs (voorzitter) en Jetty Middelkoop).

2.3 Resultaten literatuuronderzoek

In deze paragraaf worden de resultaten van de literatuurstudie beschreven, te beginnen met de kans op brandincidenten met zonnepanelen. Hoewel de kans op brand deelvraag geen het onderzoek is, is deze informatie wel gevonden in de literatuur en meegenomen om andere cijfers te kunnen duiden. Daarna wordt ingegaan op (de kans op) het vrijkomen van verbrandingsproducten bij branden met zonnepanelen. Daarna worden de eventuele schadelijke gevolgen voor mens, dier en milieu besproken. Tot slot wordt er ingegaan op de verspreiding van de verbrandingsproducten en op beheersmaatregelen tijdens of na afloop van een brand.

Kans op brand in zonnepanelen

Uit een studie uit 2013 naar brand- en hittegerelateerde schade (die niet heeft geleid tot brand) in zonnepanelen in Duitsland, komt naar voren dat er een kans is op jaarlijks ongeveer dertig branden op één miljoen PV-systemen. Volgens de onderzoekers is de kans op brand voor de meeste systeemtypes ongeveer evenredig aan het marktaandeel per systeemtype (Laukamp, et al., 2013). Echter, in-dak-systemen hebben een hoger brandrisico en zijn oververtegenwoordigd in de branden waarbij schade aan het gebouw is ontstaan of het gebouw (volledig) is vernietigd (TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, 2018). Een Engelse studie laat zien dat er ongeveer zestig incidenten zijn geweest in ongeveer één miljoen PV-systemen die zijn geïnstalleerd in de periode 2010 tot 2017 (BRE, 2017). De onderzoekers merken wel op dat er over de meeste incidenten slechts beperkt informatie beschikbaar was en er bovendien sprake was van onderregistratie van het aantal incidenten.

In Nederland is de kans op brand in zonnepanelen of de kans op brand waarbij zonnepanelen betrokken zijn onbekend, omdat (een centrale) registratie van (bijna) incidenten ontbreekt en informatie over het aantal geïnstalleerde zonnepanelen en systeemtypes niet compleet is. Holland Solar en Techniek Nederland schatten in dat het brandrisico 0,0029 procent is. Deze berekening is gedaan op basis van 23 brandincidenten en circa 800.000 installaties met zonnepanelen in 2019 (Van Gastel & De Jonge Baas, 2019).

2.3.1 Welke verbrandingsproducten (kunnen) vrijkomen bij brand

Verschillende onderdelen van zonnepanelen zijn brandbaar. Met name polymeren in de zonnepanelen zelf, hun brandgedrag en massa spelen een belangrijke rol bij brandontwikkeling en branduitbreiding. Brandgedrag van zonnepanelen is niet alleen afhankelijk van de brandkenmerken van het paneel zelf, maar ook van de aanwezigheid van brandbaar materiaal in de buurt van de panelen (zoals de ondergrond) en het type zonnepaneel-systeem dat geïnstalleerd is.

Uit literatuurstudies en experimenten van TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH (2018) met drie typen¹⁰ zonnepanelen blijkt het volgende over het vrijkomen van verbrandingsproducten van zonnepanelen:

- > Zonnepanelen zijn brandbaar, ongeacht de gebruikte technologie en het ontwerp, en kunnen zelfstandig blijven branden in geval van een grote brand.
- > Binnen enkele minuten kunnen brandbare materialen (films, gesmolten glas) gaan druipen. Glasplaten kunnen na enkele minuten barsten.
- > Glas-glas zonnepanelen ontwikkelen minder verbrandingswarmte en minder rookgassen vanwege hun lagere polymeergehalte (TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, 2018, p. 49.).

Er is nog weinig bekend over het emissieniveau van zonnepanelen wanneer een gedeelte van de panelen verbrandt of de panelen geheel verbranden. Het is goed mogelijk en zelfs waarschijnlijk dat er gasvormige giftige stoffen vrijkomen volgens de onderzoekers TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH (2018). In ieder geval komen er verschillen soorten plastic vrij, evenals andere brandbare materialen in kleine hoeveelheden, zoals giftige zware metalen, die onderdeel uitmaken van elk zonnepaneel. Zowel vaste stoffen als vloeistoffen en gassen kunnen vrijkomen.

¹⁰ Kristallijne dikke-film-panelen, dunne-film panelen op basis van cesium indium selenium (CIS) en dunne-film-panelen op basis van cadmiumtelluride en glas-glas (CdTe).

Bij een volledig ontwikkelde brand (met voldoende zuurstoftoevoer en temperaturen boven de 600 °C) kunnen de volgende stoffen voorkomen in de rook of het bluswater.

- > Glas, als (hoofd)bestanddeel van de meeste zonnepanelen.
- > Metalen: aluminium (Al), koper (Cu), molybdeen (Mo & MoO₂), zink (Zn & ZnO), gallium (Ga & Ga₂O₃), indium (In), tin (Sn) en lood (Pb).
- > Cadmium en cadmiumoxide (CdO), beide hebben een hoge toxiciteit (aanwezig in CdTe-zonnepanelen en in kleine hoeveelheden ook in andere typen zonnepanelen).
- > Arseen (As), en selenium (Se & SeO₂) kunnen vrijkomen bij branden met CIGS-panelen.
- > Kunststoffen en organische materialen, die ook kunnen vrijkomen bij branden zonder zonnepanelen. Het gaat om koolstofmonoxide (CO), waterstofchloride, benzeen en waterstofcyanide, formaldehyde, styreen en waterstoffluoride uit polymeren (TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, 2018).

2.3.2 Schadelijkheid voor mens en milieu

Het volgende over het vrijkomen van stoffen bij incidenten of branden met zonnepanelen is bekend.

- > Het vrijkomen van hete vloeistoffen van zonnepanelen bij brand kan gevaarlijk zijn voor personen.
- > Het vrijkomen van giftige stoffen kan vergiftigingsgevaar voor personen opleveren (IFV, 2019).

De schadelijke gevolgen variëren op basis van toxicologische eigenschappen van de materialen die gebruikt zijn in zonnepanelen en door de intensiteit, frequentie en duur van de blootstelling eraan (Fthenakis & Moskowitz, 1990).

Er is in de internationale literatuur meer geschreven over beroepsmatige blootstelling aan (gevaarlijke) stoffen bij het maken en verwerken van (rest)materialen van zonnepanelen, dan over blootstelling tijdens brand. Dit komt omdat de grootste kans op blootstelling aan gevaarlijke stoffen aanwezig is tijdens de fabricage van zonnepanelen (Aman, et al., 2015; Summers & Radde, 2003). Men kan blootgesteld worden aan toxische stoffen door het inslikken of inhaleren van stofdeeltjes en dampen, maar zolang de lagen van de zonnepanelen intact zijn en tussen lagen glas zitten, is dit risico zeer gering tot nihil (Aman, et al., 2015). Bij brand met hoge temperaturen is er daarentegen een groter risico op het vrijkomen van (gevaarlijke) stoffen. De temperaturen die bij woningbranden bereikt worden, zijn over het algemeen echter niet hoog genoeg om cadmiumtelluride (CdTe) of cadmiumsulfaat (Cds) te laten smelten of verdampen. Daarnaast kan het smelten van het glas in het paneel ervoor zorgen dat de kans op het vrijkomen van stoffen afneemt en het grootste gedeelte van de gevaarlijke stoffen ingekapseld wordt (TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, 2018; NREL, 2003; Fthenakis & Zweibel, 2003). Het is daarom volgens de auteurs van het betreffende onderzoek onwaarschijnlijk dat er dampemissie plaatsvindt bij CdTe-zonnepanelen. De verwachting is dat de brand zelf en de stoffen die aanwezig zijn in de rook een veel groter gevaar opleveren dan mogelijke cadmium-emissies van zonnepanelen (NREL, 2003).

Uit een aantal studies naar onder andere mogelijke gezondheids- en milieueffecten komt naar voren dat het vrijkomen van stoffen waarschijnlijk is bij brand of – in mindere mate – beschadiging van panelen (Namikawa, 2017; Fthenakis, & Zweibel, 2003; TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, 2018). Het vrijkomen van cadmium (Cd) zou een mogelijke zorg kunnen zijn als dunne-film zonnepanelen bij een brand betrokken raken. Dit geldt ook voor

arseen en zink, zij het in mindere mate. Zware metalen als cadmium en selenium kunnen na een brand in een dunne-film zonnepaneel in schadelijke concentraties voorkomen in de directe omgeving. Andere studies spreken voorgaande constatering echter tegen: gevaar voor de omgeving door het vrijkomen van Cd tijdens brand zo nihil zijn (Fthenakis, Fuhrmann, Heiser, Lanzirotti Fitts, & Wang, 2005). Pluimstijging, waardoor stoffen niet meteen neerslaan in de direct omgeving en bovendien verdund worden, kan het risico voor de omgeving verminderen. De mate van pluimstijging hangt af van de specifieke brand- en omgevingskenmerken (zoals weersinvloeden). Het is duidelijk dat er meer onderzoek nodig is om uitspraken te kunnen doen over de risico's voor de volksgezondheid en over milieueffecten door een verspreiding van Cd en andere stoffen via de lucht of grond- en bluswater (EPRI, 2003; TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, 2018).

In het kader van voedselveiligheid is door Van Asselt & Noordam (2019) een studie verricht naar schadelijke stoffen bij branden in relatie tot zuivel. De kans op overdracht van cadmium en andere stoffen na branden met zonnepanelen via de melk van de koe naar de mens lijkt zeer gering. Dit geldt niet alleen voor branden met zonnepanelen, maar voor de meeste branden. De studie gaat verder niet in op risico's voor het dier (WUR, 2019). Tot slot hebben de meeste onderzoeken zich gericht op delen van zonnepanelen of een beperkt aantal panelen; studies op grote schaal en onder realistische condities ontbreken. (Incident)onderzoek naar eventuele schadelijke effecten van delen van zonnepanelen die zich hebben verspreid in de omgeving is niet gevonden in de literatuurscan.

2.3.3 De mate van verspreiding van verbrandingsproducten van zonnepanelen

In de literatuur wordt gesproken over het vrijkomen van (gevaarlijke) stoffen in rook, in de directe omgeving van de brand en tot op enkele honderden meters van de brandhaard (Moskowitz & Fthenakis, 1990; TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, 2018). Uit de inventarisatie eerder in dit hoofdstuk blijkt dat depositie (van vaste delen / deeltjes) tot kilometers van de incidentlocatie kan voorkomen. Of de verspreiding van rookgassen van zonnepanelen ook tot dergelijke afstanden of zelfs nog verder kan plaatsvinden, is niet bekend.

In de literatuur is geen informatie gevonden over beheersmaatregelen om depositie bij branden met zonnepanelen tegen te gaan of over de wijze waarop depositie verantwoord kan worden opgeruimd.

3 Conclusie

In dit hoofdstuk worden de onderzoeksvragen beantwoord, waarna wordt ingegaan op de vragen waar nog geen antwoord op is, de zogenaamde kennishiaten. Tot slot worden de beperkingen van de gebruikte onderzoeksmethode besproken.

3.1 Beantwoording onderzoeksvragen

Hieronder wordt een antwoord gegeven op de deelvragen, alvorens de hoofdvraag wordt beantwoord.

Hoe vaak komen branden met zonnepanelen in Nederland voor?

In de periode 2018 tot en met heden (tot en met 26 oktober 2020) hebben er volgens de (sociale) media minimaal 95 branden met zonnepanelen plaatsgevonden in Nederland.

Hoe vaak is er bij branden met zonnepanelen sprake van depositie?

Bij in ieder geval 8 van de 95 branden was er, voor zover bekend, sprake van depositie. Op basis van de resultaten uit de vragenlijsten en mediascan is het niet mogelijk een rode draad of gemene deler te identificeren voor de branden waarbij depositie heeft plaatsgevonden of mogelijk kan plaatsvinden. Wel kan opgemerkt worden dat depositie in alle gevallen plaatsvond bij grotere branden (niet bij woningbranden). Bij sommige van deze grotere branden heeft er wel depositie plaatsgevonden, bij andere niet. Een mogelijke verklaring hiervoor is, dat depositie tot voorkort een onbekend fenomeen was. Het is daarom mogelijk dat er bij sommige branden wel depositie heeft plaatsgevonden, maar dat dit niet als zodanig is herkend. Daarnaast zijn niet alle vragenlijsten die zijn uitgezet ingevuld en ontbreekt een totaalbeeld van de grotere branden met zonnepanelen.

Welke verbrandingsproducten komen vrij bij branden met zonnepanelen?

Welke verbrandingsproducten bij branden met zonnepanelen vrijkomen is afhankelijk van het type zonnepaneel, het materiaalgebruik en specifieke brandcondities. Uit de gevonden literatuur blijkt dat kleine hoeveelheden gevaarlijke stoffen kunnen voorkomen. Daarnaast kunnen ook niet-gevaarlijke stoffen vrijkomen. Tabel 3.1 geeft een indicatie van de stoffen die kunnen vrijkomen bij een brand.

Tabel 3.1 Stoffen die vrij kunnen komen bij branden met zonnepanelen (TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, 2018).

Stoffen die vrij kunnen komen bij branden met zonnepanelen
Glas als bestanddeel van zonnepanelen
Metalen: waaronder aluminium, koper, tin en lood en de bijbehorende oxiden
Cadmium en cadmiumoxide, met name in dunne-film-panelen op basis van cadmiumtelluride en glas-glas (CdTe)
Arseen, molybdeen, zink, gallium, indium en selenium; deze metalen en de oxiden hiervan kunnen vrijkomen bij branden met CIGS-panelen (panelen van koper indium gallium selenium)
Uit kunststoffen en organische materialen in zonnepanelen: koolstofmonoxide, waterstofchloride, benzeen en waterstofcyanide, formaldehyde, styreen en waterstoffluoride uit polymeren

Wat is de mate van verspreiding van deze verbrandingsproducten?

In de literatuur wordt gesproken over de verspreiding van (potentieel) gevaarlijke stoffen tot op enkele honderden meters van de incidentlocatie. Uit onderzoek naar verschillende branden die in Nederland hebben plaatsgevonden, blijkt dat bij grotere branden de verbrandingsproducten van zonnepanelen zich tot kilometers in de omgeving van de brand kunnen verspreiden.

Hoe schadelijk zijn deze verbrandingsproducten voor mens en milieu?

De literatuur is niet eenduidig over de schadelijkheid van het verbrandingsproces voor mens en milieu. Wél is duidelijk dat er wel degelijk schadelijke stoffen kunnen vrijkomen bij branden met zonnepanelen. Overigens is dit het geval bij de meeste soorten branden. De eventuele schadelijke gevolgen voor mens, dier en milieu zijn in grote mate afhankelijk van de brand met zijn specifieke omstandigheden, de zonnepanelen (het type, de hoeveelheid en de betrokkenheid ervan bij de brand) en de mate van verspreiding van verbrandingsproducten, evenals van de (directe) blootstelling eraan en de duur daarvan.

Welke maatregelen (kunnen) worden genomen om verspreiding zoveel mogelijk tegen te gaan? en

Op welke wijze kunnen deze verbrandingsproducten verantwoord worden opgeruimd?

In dit onderzoek zijn geen gegevens gevonden over maatregelen om bij brand depositie van zonnepanelen tegen te gaan, noch over de wijze waarop depositie kan worden opgeruimd. Dit blijven vragen voor vervolgonderzoek.

3.1.1 Beantwoording hoofdvraag

De hoofdvraag van dit onderzoek luidt: *Wat is er bekend over depositie bij branden waarbij zonnepanelen zijn betrokken?*

Uit de resultaten blijkt dat er, voor zover bekend, bij een klein deel van alle branden met zonnepanelen depositie heeft plaatsgevonden. Bekend is dat depositie kan voorkomen bij grotere branden. Het is niet bekend bij wat voor specifieke (brand)omstandigheden een dergelijke depositie bij grotere branden kan optreden. Er is slechts in beperkte mate inzicht in de verbrandingsproducten (waaronder gevaarlijke stoffen) die kunnen vrijkomen bij

branden met zonnepanelen. De resultaten uit de literatuur zijn niet eenduidig als het gaat om de vraag in hoeverre stoffen kunnen vrijkomen bij branden, tot hoe ver deze zich kunnen verspreiden en in hoeverre deze in bepaalde concentraties schadelijk kunnen zijn voor mens, dier of milieu. Uit de resultaten van de vragenlijsten is gebleken dat (zichtbare) depositie beperkt kan blijven tot het brongebied, maar ook tot kilometers in de omgeving van de brand kan plaatsvinden. Het gaat dan met name over deeltjes van zonnepanelen; er is namelijk niet bekend of de verspreiding van gassen in de praktijk tot kilometers kan voorkomen.

3.2 Geconstateerde kennishiaten, vervolgvragen en mogelijk vervolgonderzoek

Op basis van de resultaten van dit onderzoek zijn de volgende kennishiaten geconstateerd en vragen naar voren gekomen.

- > Er is weinig bekend over het brandgedrag van verschillende typen zonnepanelen. Grote-schaal testen zijn beperkt.
- > Er is weinig bekend vanuit de praktijk over de stoffen die vrijkomen bij branden waarbij (verschillende typen) zonnepanelen betrokken zijn.
- > Er is geen informatie gevonden over beheersmaatregelen aan de gevolgtant, voor tijdens de incidentbestrijding of voor wanneer de brand onder controle is en de opruimwerkzaamheden starten.
- > Uit de antwoorden op de vragenlijsten en de mediaberichten blijkt dat depositie veelal wordt herkend aan de hand van de zichtbare deeltjes van zonnepanelen. Het is onbekend in hoeverre deze zichtbare deeltjes gevaar voor mens, dier op milieu kunnen opleveren.
- > Nog minder is uit praktijkcasussen bekend over (on)zichtbare gassen en vloeistoffen en de verspreiding hiervan bij brand.
- > De vraag is ook in hoeverre depositie van brand in zonnepanelen te onderscheiden is van andere verbrandingsproducten bij brand. Dit kan gevolgen hebben voor over- of onderschatting van de omvang van de problematiek
- > Diepgaander onderzoek is nodig naar toekomstige branden waarbij depositie heeft plaatsgevonden om eventuele gemene delers te kunnen identificeren over de verspreiding van depositie en de ernst hiervan.
- > Er weinig tot niets bekend over de gevaren voor mens, dier en milieu.

3.3 Discussie

In het kader van dit vooronderzoek heeft een globale verkenning naar de aard en omvang van (depositie bij) branden met zonnepanelen plaatsgevonden. Op basis van verschillende informatiebronnen en onderzoeksmethoden is geprobeerd een inschatting te maken van de problematiek. Ondanks een zorgvuldige zoekslag in beschikbare informatiebronnen is het goed mogelijk dat er meer branden met zonnepanelen hebben plaatsgevonden dan in deze verkenning zijn gevonden. Dergelijke branden worden namelijk niet systematisch bijgehouden. Niet alle incidenten worden vermeld door de (sociale) media of zijn door de onderzoekers teruggevonden in de media, en bovendien worden niet alle branden of bijna-branden gemeld bij de brandweer of verzekeraars, met name de kleinere branden die door de eigenaar van de zonnepanelen zelf zijn geblust. Tot slot wordt niet altijd melding gemaakt

van de aanwezigheid (en/of betrokkenheid) van zonnepanelen bij de brand. Bovendien was er tot voor kort niet zo veel aandacht voor depositie bij branden met zonnepanelen, mogelijk omdat het een nogal onbekend fenomeen is. De uitkomsten hadden met extra aandacht wellicht anders kunnen uitpakken.

In dit vooronderzoek is de *kans* op brand waarbij zonnepanelen betrokken zijn niet meegenomen, zodat er dus geen sprake is van een volledige risicobepaling. Het was onmogelijk het aantal branden met zonnepanelen af te zetten tegen exacte cijfers van het aantal geïnstalleerde panelen in Nederland. Daarnaast is geen onderscheid gemaakt tussen branden waarbij zonnepanelen (vermoedelijk) de oorzaak van de brand waren en die waarbij dit niet het geval was, maar waarbij de panelen slechts betrokken zijn geraakt.

Het merendeel van de aanvullende informatie over de branden is verzameld met medewerking van diverse brandonderzoekers en ander (repressief) brandweerpersoneel. Hierdoor lag de focus op de brandkenmerken en interventiekenmerken en minder op de omgevingskenmerken of andere mogelijk relevante aspecten. In de vragenlijst stonden enkele vragen die vaak met 'onbekend' zijn beantwoord. Mogelijk had meer informatie achterhaald kunnen worden bij andere partijen of moet simpelweg geconcludeerd worden dat er nog veel onbekend is over dergelijke typen branden.

Literatuurlijst

Aman, M.M., Solangi, K.H., Hossain, M.S., Badarudin, A., Jasmon, G.B., Mokhlis, H., ... Kazi, S.N. (2015). A review of Safety, Health and Environmental (SHE) issues of solarenergy system. *Renewable and sustainable energy reviews*, 41, 1190-1204.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.086>.

BRE. (2017). *Fire and Solar PV Systems – Recommendations for the Photovoltaic Industry* (Report No. P100874-1006). Retrieved from
<https://www.bre.co.uk/filelibrary/nsc/Documents%20Library/fireproject/P100874-1006-D6-Interim-Report---Recommendations-for-PV-Ind-Feb-2017-Issue-2.5.pdf>.

CBS (2020). *Zonnestroom; vermogen bedrijven en woningen, regio (indeling, 2019)*. Geraadpleegd op 23 oktober van
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/84783NED/barv?ts=1603785380938>.

ERPI. (2003). *Potential health and environmental impacts associated with the manufacture and use of photovoltaic cells*. Retrieved from
<https://cleanenergysolutions.org/fr/resources/potential-health-environmental-impacts-associated-manufacture-use-photovoltaic-cells>.

Fthenakis, V.M., Fuhrmann, M., Heiser, J., Lanzirotti, A., Fitts, J., & Wang, W. (2005). Emissions and Encapsulation of Cadmium in CdTe PV Modules During Fires. *Wiley InterScience*, 13, 713–723. DOI: 10.1002/pip.624.

Fthenakis, V. & Zweibel, K. (2003). *CdTe PV: Real and Perceived EHS Risks*. United States. Retrieved from
https://www.researchgate.net/publication/242232214_CdTe_PV_Real_and_Perceived_EHS_Risks_Presented_at_the_2003_NCPV_Meeting/link/56b1188b08ae56d7b069e6ad/download.

Instituut Fysieke Veiligheid. (2017). *Basis voor brandveiligheid. De onderbouwing van brandbeveiliging in gebouwen*. (2e ed.). Arnhem: IFV.

Instituut Fysieke Veiligheid (2019). *Infoblad energietransitie ten behoeve van veiligheidsregio's*. Arnhem: IFV.

Laukamp, H., Bopp, G., Grab, R., Wittwer, C., Häberlin, H., Van Heeckeren, B. Vaassen, W. (2013). PV fire hazard – analysis and assessment of fire incidents. Paper presented at the 28th EU PVSEC, Paris. Retrieved from
https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/conference-paper/28-eupvsec-2013/Laukamp_5BV771.pdf.

Moskowitz, P.D., Fthenakis, V.M. (1990). *Toxic materials released from photovoltaic modules during fires: health risks*. Volume 29, Issue 1: [https://doi.org/10.1016/0379-6787\(90\)90015-W](https://doi.org/10.1016/0379-6787(90)90015-W).

Namikawa, S. (2017). *Photovoltaics and Firefighters' Operations: Best Practices in Selected Countries*. Report van IEA-PVPS (Report Nr. T12-09:2017). Retrieved from <https://iea->

pvps.org/wpcontent/uploads/2020/01/Task_12_Report_Photovoltaics_and_Firefighters__Operations_July_2017.pdf.

NREL (2003). *CdTe PV: Real and perceived EHS Risks*. (Report No. NREL/CP-520-33561). Retrieved from <https://www.nrel.gov/docs/fy03osti/33561.pdf>.

TNO (2019). *Brandincidenten met fotovoltaïsche (PV) systemen in Nederland. Een inventarisatie*. TNO 2019 P10287. Petten: TNO.

Summers K, Radde J. (2003) *Potential Health and Environmental Impacts Associated with the Manufacture and Use of Photovoltaic Cells*. Vol. 98. Sacramento, CA, United States: EPRI and California Energy Commission.

TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH. (2018). *Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization*. Retrieved from https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/10/f56/PV%20Fire%20Safety%20Fire%20Guideline_Translation_V04%2020180614_FINAL.pdf.

Van Asselt, E. D., & Noordam, M. Y. (2019). *Schadelijke stoffen bij branden in relatie tot zuivel: Factsheets en handelingsperspectieven*. (Wageningen Food Safety Research rapport; No. 2019.010). Wageningen Food Safety Research <https://doi.org/10.18174/496203>.

Van Gastel, E., & De Jonge Baas, M. (2019). *Holland Solar en Techniek Nederland: verzekeraars maken risico op brand met zonnepanelen te groot*. Geraadpleegd op 20 oktober van <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i2015/holland-solar-en-techniek-nederland-verzekeraars-maken-risico-op-brand-met-zonnepanelen-te-groot>

Bijlage 1 Overzicht branden met zonnepanelen

Tabel 3.2 Overzicht uit de database van branden met zonnepanelen (periode 2018 tot en met 26 oktober 2020)

Nr.	Datum	Plaats	Omschrijving
1	16-08-2020	Den Bosch	Grote brand bedrijfspand. Brand ontstond doordat zonnepanelen (op het dak) vlam vatten.
2	02-08-2018	Vinkeveen	De brand ontstond op het dak van een woning en is overgeslagen naar vier andere woningen van hetzelfde huizenblok.
3	19-10-2018	Zutphen	Volgens de veiligheidsregio ontstond de brand in de omvormer van de zonnepanelen op het dak van een appartementencomplex.
4	10-12-2018	Rijswijk	Er heeft brand gewoed in een zonnepaneel-installatie op een bouwplaats.
5	24-06-2019	Zwaag	Uitslaande brand in de nok van een woning, ontstaan door zonnepanelen op het dak.
6	12-12-2018	Willemsoord	Brand in een schuurtje. Een omvormer van enkele zonnepanelen veroorzaakte de brand in de schuur achter de woning.
7	03-10-2018	Twello	Brand in schuur. Vermoedelijk door zonnepanelen ontstaan.
8	10-08-2019	Bergschenhoek	brand in ingelegde (in-dak) zonnepanelen op het dak van een woning.
9	02-07-2020	Leidsche Rijn	Brand in zonnepanelen op het dak van een woning.
10	02-11-2018	Opmeer	Brand in zonnepanelen op het dak van het gemeentehuis.
11	01-08-2019	Werkendam	Brand in het dak en op de zolder van een woning, vermoedelijk veroorzaakt door kortsluiting in de zonnepanelen.
12	30-01-2018	IJsselstein	Botenloodsen afgebrand; op het moment van de brand waren er werkzaamheden aan zonnepanelen op het dak. Deze panelen raakten betrokken bij de brand.
13	03-10-2018	Den Haag	Brand in trappenhuis woongebouw door omvormer zonnepanelen.
14	13-09-2018	Zwaanshoek	Brand in zonnepanelen op het dak van een woning.

15	30-08-2018	Blesdijke	Brand in een stal met zonnepanelen op het dak.
16	26-06-2018	Aalten	Brand ontstaan in zonnepanelen op het dak van een voormalige stal.
17	15-08-2018	Sint-Oedenrode	Brand in een woonhuis. Niet zeker of zonnepanelen oorzaak waren, maar waren wel bij de brand betrokken.
18	30-07-2020	't Veld	Grote brand in een bedrijfspand. Er was sprake van depositie.
19	31-05-2018	Lemelerveld	Uitslaande woningbrand, vermoedelijk veroorzaakt door zonnepanelen op het dak.
20	16-06-2018	Hulst	Brand op het dak van een woonhuis met zonnepanelen.
21	21-06-2018	Vrouwenpolder	Uitslaande brand in bedrijfspand die over sloeg naar het dak met zonnepanelen.
22	20-06-2018	Stein	Brand ontstaan op een plat dak met zonnepanelen.
23	07-06-2018	Ureterp	Zonnepanelen in brand op het dak van een schuur.
24	26-05-2018	Heiloo	Woningbrand in een woning in aanbouw, zonnepanelen en dak zijn gaan branden.
25	04-06-2018	Apeldoorn	Brand op dak van woonhuis waar zonnepanelen lagen.
26	17-05-2018	Meijel	Brand op een aanbouw aan een woning, vermoedelijke oorzaak zonnepanelen.
27	29-04-2018	Kollumerzwaag	Schoorsteenbrand overgeslagen naar het dak, daardoor zonnepanelen betrokken bij de brand.
28	05-04-2018	Hellevoetsluis	Brand in woning en zonnepanelen door vermoedelijk kortsluiting in de zonnepanelen.
29	31-03-2018	Horst	Brand ontstaan in zonnepanelen op het dak van een woning.
30	26-02-2018	Ens	Schuur afgebrand met 170 zonnepanelen op het dak.
31	12-02-2018	Steenbergen	Uitslaande brand in tuinhuis met zonnepanelen op het dak.
32	30-07-2019	Marknesse	Brand in loods. Resten zonnepanelen zijn in het gebied rond de loods terecht gekomen.
33	06-08-2019	Philippine	Brand in hotel onder zonnepanelen op het dak.
34	15-08-2019	Dordrecht	Brand in zonnepanelen op het dak van een woning.
35	29-05-2019	Nijkerk	Brand in zonnepanelen op het dak van een woning.
36	13-09-2019	Eemnes	Brand in zonnepanelen op het dak van een woning.
37	17-09-2020	Amsterdam	Brand op het dak van een loods. Zonnepanelen bleven stroom produceren waardoor de brand zich kon uitbreiden naar andere loodsen.

38	18-09-2019	Weesp	Brand op dak van woonhuis waar zonnepanelen lagen.
39	28-09-2019	Tholen	Brand in zonnepanelen op het dak van een woning.
40	12-08-2019	Berkhout	Brand bij boerderij, ontstaan in zonnepanelen.
41	29-07-2019	Rijswijk	Zonnepanelen op aanbouw van een woning in brand.
42	23-07-2019	Welsrijp	Brand in loods met zonnepanelen.
43	04-07-2019	Gorinchem	Brand in de technische ruimte van een flatgebouw, vermoedelijk ontstaan door omvormer zonnepanelen.
44	01-07-2019	Linschoten	Brand in stal. Brand mogelijk ontstaan door kortsluiting in zonnepanelen.
45	21-07-2019	Buitenpost	Brand in zonnepanelen op het dak van een sporthal.
46	14-05-2020	Heerhugowaard	Brand in woning met zonnepanelen op het dak.
47	22-05-2019	Heerhugowaard	Brand in een zonnepark.
48	19-06-2019	Amsterdam	Brand in zonnepanelen op het dak van een woning.
49	05-06-2019	Dieren	Brand in zonnepanelen op het dak van een fabriek.
50	10-06-2019	Westerbork	Uitslaande brand in schuur. Zonnepanelen betrokken en mogelijk de oorzaak.
51	22-05-2019	Noordwijkerhout	Brand in de elektriciteitskast van één van de zonnepanelen op het dak van een bollenbedrijf.
52	09-05-2019	Barneveld	Uitslaande brand in schuur met zonnepanelen op het dak.
53	16-04-2020	Heythuysen	Grote brand in leegstaande stallen. Deeltjes van zonnepanelen op het dak in de omgeving neergeslagen.
54	30-04-2019	Renswoude	Grote uitslaande brand in stal met zonnepanelen op het dak. Mogelijke oorzaak zonnepanelen.
55	24-04-2019	Apeldoorn	Brand in zonnepanelen op het dak van een woning.
56	24-03-2019	Sint-Oedenrode	Brand in zonnepanelen op het dak van een woning.
57	24-03-2019	Emmeloord	Brand in schakelstation en zonnepanelen in een zonnepark.
58	26-03-2019	Baarn	Brand op de zolder van een woning. Mogelijk gerelateerd aan zonnepanelen.
59	01-01-2019	Vlaardingen	Brand op het dak van een portiekflat, waarop zonnepanelen lagen.
60	11-01-2019	Zandpool	Brand in een woning (op het dak). Mogelijke oorzaak kortsluiting in zonnepanelen.

61	18-07-2020	Rutten	Grote brand in schuur. Dak lag vol met zonnepanelen. stukjes zonnepaneel werden tot kilometers in de omgeving gevonden.
62	21-07-2020	Basse	Zonnepanelen op het dak van een woning in brand.
63	13-07-2020	Best	Brand in het dak van een woning. Vermoedelijk ontstaan onder zonnepanelen.
64	21-05-2020	Sliedrecht	Brand in zonnepanelen op het dak van een woning.
65	26-06-2020	Castricum	Brand in zonnepanelen op het dak van een woning.
66	11-06-2020	Nieuwendijk	Brand in zonnepanelen op het dak van een woning.
67	13-05-2020	Houten	Brand in zonnepanelen en isolatie op het dak van een opslag.
68	13-06-2020	Wassenaar	Uitslaande brand in schuur (opslag). Op het dak lagen zonnepanelen.
69	14-06-2020	Den Helder	Brand op het dak van een woning, nabij zonnepanelen.
70	10-06-2020	Ouderkerk aan de Amstel	Grote brand op het dak van een aanleunwoning van een zorginstelling. Zonnepanelen betrokken bij de brand.
71	28-05-2020	Damwoude	Brand op of onder het dak van een woning. In/bij de zonnecollectoren.
72	26-05-2020	Leerdam	Brand in zonnepanelen op het dak van een woning.
73	23-05-2020	Wateringen	Uitslaande brand in fietsenwinkel, mogelijk ontstaan door zonnepanelen op het dak.
74	15-05-2020	Reuver	Brand in zonnepanelen op een tankstation.
75	10-04-2020	Wijchen	Zonnepanelen op het dak van een woning in brand.
76	08-04-2020	Emmeloord	Brand in transformatorhuisje van zonnepark, ook enkele zonnepanelen betrokken.
77	13-03-2020	Rotterdam	Uitslaande brand in een clubgebouw van volkstuinders met zonnepanelen op het dak.
78	11-05-2020	Wouwse Plantage	Brand in twee schuren. Mogelijk ontstaan in omvormer van de zonnepanelen.
79	24-04-2020	Leersum	Brand in gebouw waarbij zonnepanelen betrokken waren.
80	17-04-2020	Zwartemeer	Brand in woning met zonnepanelen op het dak.
81	07-04-2020	Nistelrode	Brand in het isolatiemateriaal onder de zonnepanelen op het dak van een woning.
82	22-08-2020	Etten-Leur	Woningbrand bij het plaatsen van zonnepanelen op het dak.
83	22-08-2020	Rijswijk	Brand in zonnepanelen op het dak van een woning.

84	29-08-2020	Grijzegrubben	Zonnepanelen op het dak van een loods in brand.
85	31-08-2020	Peize	Uitslaande brand in een schuur. Op het dak van de schuur lagen zonnepanelen.
86	01-09-2020	Borne	Brand in een schuurtje waar zonnepanelen op lagen.
87	01-09-2020	Weert	Dak van een garage in brand. Zonnepanelen op het dak die ook mee zouden hebben gebrand.
88	05-09-2020	Waalre	Uitslaande brand in woning, zonnepanelen betrokken.
89	12-09-2020	Klazienaveen	Brand in schuur met zonnepanelen op het dak.
90	20-09-2020	Sint-Oedenrode	Grote brand in hal / loods met zonnepanelen op het dak.
91	14-10-2020	Lelystad	Stalbrand. Volledig afgebrande stal met zonnepanelen op het dak.
92	05-07-2018	Denekamp	Grote brand in bedrijfspand met zonnepanelen.
93	14-07-2018	Enschede	Brand in zonnepanelen op een pand.
94	11-07-2018	Barendrecht	Zonnepaneel op het dak van een appartement stond in brand.
95	12-07-2018	Wilaarderburen	Brand in pv-installatie.

Referenties

1. <https://www.omroepbrabant.nl/nieuws/3247174/brand-bij-heineken-in-den-bosch-ontstond-doordat-zonnepanelen-vlam-vatten>
2. <https://www.ad.nl/woerden/zonnepanelen-in-brand-in-vinkeveen-5-huizen-beschadigd-af26c102/>
3. a. <https://www.omroepgelderland.nl/nieuws/2336446/Brand-in-appartementencomplex-Zutphen-door-omvormer-zonnepanelen>
b. <https://www.destentor.nl/zutphen/brand-in-zutphens-wooncomplex-onder-controle-gebouw-ontruimd-adcb6806/>
4. <https://rijswijk.tv/brand-door-kortsluiting-in-zonnepanelen/>
5. <https://www.nhnieuws.nl/nieuws/248276/brand-uitgebroken-in-woning-zwaag-zonnepanelen-vermoedelijk-oorzaak>
6. https://steenwijkercourant.nl/artikel/562207/omvormer-zonnepanelen-veroorzaakt-schuurbrand-in-willemsoord.html?harvest_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F
7. a. <https://www.omroepgelderland.nl/nieuws/2325392/VIDEO-Brand-verwoest-veldschuur-boerderij-Hof-van-Twello>
b. <https://www.ad.nl/deventer/eigenaar-hof-van-twello-vermoedt-oorzaak-grote-brand-in-omvormer-van-zonnepanelen-br-ac20fbc6/>
8. <https://www.ad.nl/rotterdam/brand-door-zonnepanelen-in-nieuwbouwwoning-bergschenhoek-a0dc69f1/>
9. <https://www.regioleidscherijn.nl/2020/07/02/zonnepanelen-zorgen-voor-brand-in-woning-leidscherijn/>
10. https://www.noordhollandsdagblad.nl/cnt/dmf20181102_9313219/kortsluiting-funest-voor-zonnepaneel?utm_source=google&utm_medium=organic

11. <https://www.omroepbrabant.nl/nieuws/3046830/buurtbewoners-bezorgd-om-zonnepanelen-na-grote-brand-je-staat-machteloos>
12. <https://www.ad.nl/utrecht/grote-brand-in-jachthaven-ijselstein-onder-controle-tientallen-boten-verwoest~ad3765e9/>
13. <https://regio15.nl/nieuws/lijst-weergave/20-branden/29353-zonnepanelen-hebben-iets-teveel-opbrengst-roggekamp>
14. <https://www.nhnieuws.nl/nieuws/231243/Zonnepanelen-vliegen-in-brand-in-Zwaanshoek>
15. <https://www.lc.nl/friesland/Forse-brand-in-veestal-in-Blesdijke-23497368.html>
16. <https://www.gelderlander.nl/aalten/grote-schuurbrand-in-buitengebied-aalten-onder-controle~ae5b41d0/>
17. <https://www.mooirooi.nl/nieuws/algemeen/46947/brandweer-rukt-uit-voor-brand-aan-kamillie?redir>
18. <https://www.hollandskroonactueel.nl/2020/07/30/brandweer-geeft-sein-brand-meesterbij-grote-brand-moerbeek-wel-opletten-voor-roetdeeltjes/>
19. <https://www.gelderlander.nl/overijssel/kortsluiting-in-zonnepanelen-veroorzaakt-uitslaande-brand-in-lemelerveld~a29d9784/>
20. <https://www.omroepzeeland.nl/nieuws/106442/Brand-in-dak-met-zonnepanelen-in-Hulst>
21. <https://www.hvzeeland.nl/nieuws/35763-uitslaande-brand-bij-bedrijf-vrouwenpolder/>
22. https://www.limburger.nl/cnt/dmf20180620_00064474
23. https://twitter.com/112_Drachten/status/1004800302166487040
24. <https://www.nhnieuws.nl/nieuws/225299/woningbrand-in-heiloo-zonnepanelen-vatten-vlam>
25. <https://www.destentor.nl/apeldoorn/zonnepanelen-op-apeldoorns-br-huis-in-vuur-en-vlam~ac02b6bd/>
26. <https://www.nederweert24.nl/2018/05/17/zonnepanelen-in-brand-op-aanbouw-woning-meijel/>
27. <https://www.rtvnof.nl/forse-schade-aan-woning-door-brand/>
28. <https://www.voorne-putten.nl/nieuws/actueel/79970/woning-uitgebrand-aan-sacharovlaan-in-hellevoetsluis?redir>
29. <https://www.1limburg.nl/brandweer-rukt-uit-voor-woningbrand-horst>
30. <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i15488/brand-legt-schuur-met-170-zonnepanelen-in-de-as>
31. <https://www.internetbode.nl/reader/22331/26860/>
32. a. <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i19078/gemeente-marknesse-waarschuwt-voor-resten-zonnepanelen-na-brand-bij-fruitverwerker>
b. <https://www.destentor.nl/flevoland/uitslaande-brand-in-marknesse-onder-controle-loods-vernielt-woonhuis-gered~ae1fc40e/>
33. <https://www.pzc.nl/zeeuws-vlaanderen/gloednieuw-hotel-philippine-getroffen-door-brand-alles-was-zo-mooi~a045656d/>
34. <https://www.ad.nl/dordrecht/brand-in-zonnepanelen-op-dak-van-dordtse-woning-onder-controle~a178991c/>
35. <https://www.omroepgelderland.nl/nieuws/2410265/Zonnepanelen-vliegen-in-brand-op-dak-van-woning-in-Nijkerk#:~:text=NIJKERK%20%2D%20Op%20een%20woning%20aan,gaan%20branden%20bij%20de%20zonnepanelen.>
36. <https://www.nhnieuws.nl/nieuws/252816/brand-in-dak-met-zonnepanelen-van-woningen-in-eemnes>
37. <https://www.nu.nl/amsterdam/5993932/brand-in-loods-voor-cacao-opslag-aan-latexweg-woedde-in-zonnepanelen.html>
38. <https://www.weespernieuws.nl/nieuws/algemeen/147628/wr-brand-in-dak-door-zonnepanelen>
39. <https://www.hvzeeland.nl/nieuws/39428-brand-in-woning-door-zonnepanelen-tholen/>
40. <https://www.hoornsdagblad.nl/112/team-brandonderzoek-start-onderzoek-bij-boerderij-in-berkhout>

41. <https://www.ad.nl/den-haag/zonnepanelen-in-rijswijk-spontaan-in-lichterlaaie~ae7c65fb/>
42. https://franekercourant.nl/artikel/1035118/grote-schuurbrand-bijwielstryk.html?harvest_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F
43. <https://www.destadgorinchem.nl/nieuws/lokaal/247619/brand-technische-ruimte-van-flatgebouw-gorinchem-614759>
44. <https://rplwoerden.nl/varkens-omgekomen-bij-grote-stalbrand/>
45. <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i18819/zonnepanelen-op-dak-spothol-buitenpost-in-brand>
46. https://www.noordhollandsdagblad.nl/cnt/dmf20200514_71770525/brand-op-dak-met-zonnepanelen-van-woning-in-heerhugowaard?utm_source=google&utm_medium=organic
47. <https://www.facebook.com/630607853962829/posts/868073076882971/?sfnsn=mo>
48. https://www.parool.nl/nieuws/brand-in-zonnepanelen-door-bliksemingslag-op-ijburg~ba0aaac79/?utm_source=dlvr.it&utm_medium=twitter
49. <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i18666/brand-bij-fabriek-fietsfabrikant-gazelle-in-dieren-veroorzaakt-door-zonnepanelen>
50. https://dekrantvanmiddendrenthe.nl/artikel/1024385/uitslaande-brand-beschadigt-schuur-in-westerbork.html?harvest_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F
51. https://www.leidschdagblad.nl/cnt/dmf20190522_29145771/veel-rook-bij-brand-in-bollenbedrijf-in-noordwijkerhout?utm_source=google&utm_medium=organic
52. <https://www.barneveldsekrant.nl/lokaal/lokaal/221609/vuur-verwoest-schuur-met-zonnepanelen-en-brandhout-590137>
53. <https://www.nederweert24.nl/2020/04/16/zeer-grote-brand-in-heythuysen-onder-controle/>
54. <https://www.gelderlander.nl/renswoude/brand-in-schuur-duizenden-kippen-komen-om-in-renswoude~aa265cea/>
55. <https://www.destentor.nl/apeldoorn/zonnepanelen-op-dak-woning-in-apeldoorn-in-brand~a613344c/>
56. <https://www.ed.nl/best-meerijstad-en-son/zonnepanelen-vliegen-in-brand-op-nieuwbouwwoning-in-sint-oedenrode~ae26998f/>
57. https://www.ad.nl/binnenland/brand-in-schakelstation-zonnepanelen-bij-emmeloord~a386c526/?utm_source=twitter&utm_medium=social&utm_campaign=socialsharing_web
58. https://www.noordhollandsdagblad.nl/cnt/dmf20190326_98796734/veel-schade-bij-zolderbrand-in-baarn?utm_source=google&utm_medium=organic
59. <https://www.vlaardingen24.nl/nl/nieuws/112/vijftien-woningen-insulindesingel-onbewoonbaar-na-brand/23858>
60. <https://www.dvhn.nl/drenthe/Brand-in-twee-onder-eeen-kapwoning-in-Zandpol-kortsluiting-zonnepanelen-mogelijke-oorzaak-24051156.html>
61. a. <https://www.omroepflevoland.nl/nieuws/188463/stukjes-zonnepaneel-in-oogst-na-brand-niemand-controleert>
b. <https://www.omroepflevoland.nl/nieuws/186598/zeer-grote-brand-legt-boerenschuur-in-de-as>
c. <https://www.omroepflevoland.nl/nieuws/190509/veen-schadelijke-stoffen-in-graan-na-brand-rutten>
62. <https://steenwijkercourant.nl/artikel/1116137/brand-door-zonnepanelen-op-dak-van-woning-in-basse.html>
63. <https://www.ed.nl/best-meerijstad-en-son/bewoners-verlaten-huis-in-best-door-brandend-dak-flinke-schade-aan-zolder~abf20593/>
64. <https://sliedrecht24.nl/woning-met-zonnepanelen-op-dak-in-brand/>
65. <https://castricum105.nl/2020/06/26/zonnepaneel-veroorzaakt-brand/>

66. <https://www.bd.nl/waaijk-heusden-e-o/brand-op-dak-van-woning-die-volgende-week-opgeleverd-zou-words-pech-in-nieuwendijk~ae90e9ed/>
67. <https://www.rtvutrecht.nl/nieuws/2047661/brand-in-zonnepanelen-bij-zoutopslag-van-rijkswaterstaat-in-houten.html>
68. <https://regio15.nl/nieuws/lijst-weergave/20-branden/31848-uitslaande-brand-verwoest-opslag-oostdorperweg>
69. https://www.noordhollandsdagblad.nl/cnt/dmf20200614_97271063/brand-in-dak-in-den-helder?utm_source=google&utm_medium=organic
70. <https://www.brandweer.nl/amsterdamamstelland/nieuws-overzichtpagina/2020/grote-brand-theresiastraat-ouderkerk-aan-de-amstel>
71. https://www.waldnet.nl/wn/nieuws/64735/Woningbrand_geblust_in_Damw%C3%A2ld.html
72. <https://112-glasstad.nl/2020/05/26/zonnepanelen-in-brand-op-dak-van-woning-in-leerdam/>
73. <https://www.ad.nl/westland/brand-in-fietswinkel-in-wateringen-zonnepanelen-vlogen-in-de-hens~a7a85dc9/>
74. https://www.limburger.nl/cnt/dmf20200515_00160505/zonnepanelen-vatten-vlam-bij-tankstation-in-reuver?utm_source=twitter&utm_medium=social&utm_term=limburger&utm_content=article&utm_campaign=seeding
75. <https://rn7.nl/nieuws/zonnepanelen-woning-homberg-wijchen-vatten-vlam>
76. <https://www.omroepflevoland.nl/nieuws/180092/giftige-olie-in-brand-bij-zonpark-muntweg>
77. <https://www.ad.nl/rotterdam/brand-verwoest-clubgebouw-rotterdamse-volkstuinders-in-nesselande~a296bbde/>
78. <https://www.bndestem.nl/roosendaal/fikse-brand-bij-agrarisch-bedrijf-in-wouwse-plantage-alles-is-weg-geen-schop-geen-riek-niks-meer~ad568674/>
79. <https://www.puuhr.nl/2020/04/ladderwagen-brandweer-doorn-aan-de-bak.html>
80. https://emmercourant.nl/artikel/1098429/woningbrand-stichtingstraat-in-zwartemeer-brandweer-emmen-en-klazinaveen-in-actie.html?harvest_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F
81. <https://www.bd.nl/oss-e-o/huis-van-binnen-verwoest-door-brand-in-nistelrode-met-mijn-tuinlang-blussen-ging-helaas-niet-snel-genoeg~a921b934/>
82. <https://www.internetbode.nl/regio/etten-leur/112-meldingen/320574/brandweer-rukt-uit-voor-woningbrand-bij-het-plaatsen-van-zonnepanelen>
83. https://district8.net/zonnepanelen-in-brand-op-dak-van-woning-menagerie-rijswijk.html?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=zonnepanelen-in-brand-op-dak-van-woning-menagerie-rijswijk
84. a. <https://www.loo-tv.nl/content/dakbrand-grijzegrubben>
b. https://www.limburger.nl/cnt/dmf20200829_00173524/brandweer-uitgerukt-voor-brand-in-nuth
85. <https://www.rtdvrenthe.nl/nieuws/162677/Schuur-in-Peize-beschadigd-door-brand>
86. <https://www.borneboeit.nl/94906/nieuws/schuurbrand-aan-anjelier>
87. <https://www.1limburg.nl/uitslaande-brand-garage-weert>
88. <https://www.omroepbrabant.nl/nieuws/3255117/uitslaande-brand-in-huis-waalre-onder-controle>
89. <https://www.rtdvrenthe.nl/nieuws/163037/Broeiende-mest-zorgt-voor-brand-in-schuur-Klazinaveen>
90. <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i22380/loods-met-zonnepanelen-verloren-na-brand-bij-champignonkweker-sint-oedenrode>
91. <https://www.omroepflevoland.nl/nieuws/198378/stal-met-kalveren-uitgebrand>
92. <https://www.tubantia.nl/dinkelland/zonnepanelen-vermoedelijke-oorzaak-brand-nijhuis-cnc~a24280e1/>
93. Op basis van rapport TNO (2019) is deze brand gevonden. Geen link naar mediabericht.

94. <https://barendrechnu.nl/incidenten/26885/zonnepaneel-in-brand-op-dak-van-appartementencomplex-roos-2-0-langs-de-kilweg>
95. Op basis van rapport TNO (2019) is deze brand gevonden. Geen link naar mediabericht.

Bijlage 2 Digitale vragenlijst

Algemene gegevens brand	Antwoordmogelijkheden	Aandachtspunten
Incidentnummer	Open	
Datum waarop de brand plaatsvond	Open	
Adres van de brand	Open	(straatnaam en plaats)
Type gebouw waar de brand plaatsvond	<ul style="list-style-type: none"> > Woongebouw > Bedrijfsgebouw/industrie > Schuur/loods > Voormalige(stal) > Hotel/restaurant > Boerderij (woonhuis) > Verenigingsgebouw/clubgebouw > Kantoorgebouw > Sporthal > Winkel > Bouwwerk geen gebouw > Onbekend > Anders, namelijk... 	Indien meerdere typen gebouwen betrokken, dan aangeven in welk gebouw de brand voornamelijk heeft gewoed.
Omvang van de brand	Open	S.v.p. een schatting in vierkante meters
Brandduur	Open	
Korte toelichting op de brand en op welke wijze zonnepanelen betrokken waren bij de brand	Open	

Vragen over zonnepanelen	Antwoordmogelijkheden	Aandachtspunten
Hoeveel zonnepanelen hebben in brand gestaan	Open	Indien niet exact bekend volstaat een schatting van het aantal panelen of oppervlakte in m ² . Het gaat om zonnepanelen die daadwerkelijk betrokken waren bij de brand. Bijvoorbeeld zonnepanelen die zijn verwijderd ten behoeve van de inzet niet meetellen.
Waar bevonden de zonnepanelen zich	<ul style="list-style-type: none"> > Op het dak > Aan de gevel 	Indien op meerdere locaties, meerdere antwoorden aanvinken.

	<ul style="list-style-type: none"> > In het gebouw ((bijv. opgeslagen) binnen in het gebouw) > Op de grond/buitenopstelling (niet op of in het gebouw) > Onbekend > Anders, namelijk... 	
Type zonnepaneelsysteem	<ul style="list-style-type: none"> > Systemen op het platte dak > Op-dak systemen > In-dak systeem (geïntegreerd in het dak; meestal zijn de dakpannen dan verwijderd) > Grondgebonden systemen > Anders, namelijk... 	
Welk type zonnepaneel (materiaalgebruik) stond in brand	<ul style="list-style-type: none"> > Dunne film zonnepanelen > Kristallijne zonnepanelen > Glas-glas zonnepanelen > Onbekend > Anders, namelijk... 	Indien mogelijk specificeer het materiaal

Gegevens over depositie	Antwoordmogelijkheden	Aandachtspunten
Heeft er depositie plaatsgevonden ¹¹	Ja Nee onbekend	Toelichting: het neerslaan van verbrandingsproducten van zonnepanelen
Welke materialen / stoffen aangetroffen of gemeten in de depositie	Open	Geef s.v.p. een omschrijving van de depositie; de aangetroffen / gemeten materialen en/of stoffen, de grootte en het gewicht
Op welk moment bekend dat er sprake was van depositie	<ul style="list-style-type: none"> > Tijdens de alarmering / het aanrijden > Tijdens de incidentbestrijding > Na van afloop van de incidentbestrijding > Enkele dagen na de brand > Enkele weken na de brand > Enkele maanden na de brand > Onderzoek loopt nog > Onbekend > Anders, namelijk... 	

¹¹ Indien er met 'ja' op deze vraag geantwoord werd, volgden er meer vragen over de depositie. Bij 'nee' of 'onbekend' als antwoord, volgden niet deze vragen, maar twee vragen over de weeromstandigheden ten tijde van de brand en het eventueel rekeninghouden met depositie bij de incidentbestrijding, waarna de vragenlijst afgerond kon worden.

Op welke maximale afstand van de incidentlocatie is depositie aangetroffen	<ul style="list-style-type: none"> > Alleen op de incidentlocatie > Niet verder dan enkele meters vanaf de incidentlocatie > Tot enkele tientallen meters vanaf de incidentlocatie > Tot enkele honderden meters vanaf de incidentlocatie > Tot een halve kilometer vanaf de incidentlocatie > Tot één kilometer vanaf de incidentlocatie > Tot meer dan een kilometer vanaf de incidentlocatie > Tot twee kilometer vanaf de incidentlocatie > Tot meer dan twee kilometer vanaf de incidentlocatie > Onbekend > Anders, namelijk... 	
Is er bij de incidentbestrijding rekening gehouden met eventuele depositie of het voorkomen / verminderen hiervan	<p>Ja...</p> <p>Nee...</p> <p>Onbekend...</p>	Zo ja, hoe is dit gedaan. Geef s.v.p. een toelichting

Meteo	Antwoordmogelijkheden	Aandachtspunten
Wat waren de weersomstandigheden tijdens het incident	Open	S.v.p. (een schatting van) de windrichting, windsnelheid, atmosferische stabiliteit.

Afhandeling en betrokkenen	Antwoordmogelijkheden	Aandachtspunten
Welke partijen waren betrokken bij de afhandeling / nasleep van het incident vanwege eventuele depositie?	Open	
Welke activiteiten zijn er uitgevoerd bij de afhandeling / nasleep van het incident gericht op depositie?	<ul style="list-style-type: none"> > Nader onderzoek naar aard en omvang van de depositie > Opruim- / schoonmaak werkzaamheden specifiek gericht op de depositie > Incidentevaluatie gericht op depositie > Onbekend > Anders, namelijk... 	

Door welke partijen zijn taken uitgevoerd in de afhandeling / nasleep van het incident gericht op depositie

Open

Indien bekend, specificeren in wier regie deze taken zijn uitgevoerd

Bijlage 3 Resultaten uit de vragenlijsten

Hieronder zijn de resultaten van de antwoorden op de digitale vragenlijsten weergegeven. In tabel 3.2 staan gegevens over de brand en de zonnepanelen en in tabel 3.3 staan de gegevens van de vragen gericht op eventuele depositie. Tabel 3.4 gaat in op de nasleep van de branden.

Tabel 3.3 Overzicht branden - algemene gegevens en zonnepanelen

Datum	Plaats	Gebouw	Omvang brand (m ²)	Aantal zonnepanelen in brand	Brandduur	Omschrijving	Locatie zonnepanelen	Type zonnepaneel systeem & materiaal	Meteo
20-05-2020	Wateringen	Bedrijfsgebouw	12	12	35 min.	Brand op het dak op en onder de zonnepanelen, later ook in de dakisolatie. Brand gestart in junction box van zonnepaneel.	Op het dak	Op-dak systemen, kristallijne panelen	Geen bewolking en zonnig, rond de 23 graden en windkracht 3
09-5-2019	Barneveld	Schuurtje	20	Ca. 4	30 min.	Brand waarschijnlijk ontstaan door verkeerde montage panelen, door eigenaar panelen gekocht 2e hands en zelf geïnstalleerd.	Op het dak	Op-dak systemen, onbekend	Onbekend. Wel wat wind.
17-09-2019	Amsterdam	Bedrijfsgebouw (loods)	250	Ca. 44	1 uur	Brand zat in dakbedekking, in de zonnepanelen, kabelgoot en schakelkast.	Op het dak	Op-dak systemen, onbekend	NW (310) 7 m/s 17 gr °C - strak blauwe lucht
21-06-2018	Vrouwepolder	Bedrijfsgebouw	5	10	30 min.	Brand binnen ontstaan. Via kunststof dakplaat onder zonnepanelen die op dak lagen.	Op het dak	Op-dak systemen, onbekend	NNW 13,0 m/s
06-08-2019	Philippine	Hotel	300	25	4 uur	Branddoorslag via het dak.	Op het dak	Op-dak systemen, Eurener, MEPV320-B	Droog, wind ZW 5-6 m/s.

16-04-2020	Heythuysen	Twee stallen en een loods	7000	3500 m ²	3 uur	Van de 3 stallen zijn 2 stallen en een sorteerloods afgebrand incl. aanwezige zonnepanelen.	Op het dak	Op-dak systemen, kristallijne panelen	102 gr. W, 22 gr °C, 3 m/s
30-07-2020	't Veld	Bedrijfsgebouw (schuur/loods)	Ca. 3500	Ca. 1200	15 uur (inclusief slopen en nablussen)	Panelen betrokken geraakt door gebouw in brand. Panelen zelf niet de oorzaak van de brand.	Op het dak	Op-dak systemen, onbekend	Zuid, 2 beaufort
16-08-2020	Den Bosch	Bedrijfsgebouw	240	Ca. 96	45 min.	Het dak en de zonnepanelen stonden in brand, dus de zonnepanelen waren direct betrokken bij de brand.	Op het dak	Op-dak systemen, onbekend	Windsnelheid 3m/s, windrichting Oost, temperatuur 28gr, droog weer.
30-04-2019	Renswoude	Kippenschuur	2100	Ca. 200	Ca. 1,5 uur	Het is waarschijnlijk dat de brand in de kippenschuur is ontstaan. Het is niet aannemelijk dat de recentelijk geplaatste zonnepanelen op het dak als oorzaak zijn aan te wijzen. De panelen, bedrading en de omvormer bevinden zich buiten de schuur en daarmee ook buiten het ontstaansgebied van de brand. Wel betrokken geraakt bij de brand.	Op het dak	Op-dak systemen,	Redelijk wat wind. Droog.
05-06-2019	Dieren	Bedrijfsgebouw	150	85	1,5 uur max.	Brand op het platte dak. Zowel dakbedekking als zonnepanelen hebben gebrand.	Op het dak	Op-dak systemen, kristallijne panelen	Onbekend. Normaal, geen wind ervaren.
30-01-2018	IJsselstein	Loods	2371	1250	Ca. 10 uur	De pv-panelen zijn in de week voorafgaande aan de brand geplaatst. Tijdens het aansluiten van de bekabeling van de pv-panelen aan de omvormers is brand ontstaan. De brand heeft zich via de EPS-dakisolatie snel uitgebreid naar het dak. De brand is doorgeslagen en	Op het dak & aan de gevel	Op-dak systemen, Kristallijne panelen Canadian Solar CS6K-275M	Windrichting 240 graden uurgemiddelde windsnelheid 5,0 m/s hardste windstoot 8,0 m/s temperatuur 6,6

						overgeslagen naar een tweede loods. Na een flash-over zijn de in beide loodsen aanwezige pleziervaartuigen (met deels gevulde brandstoftanks) bij de brand betrokken geraakt. De panelen zijn samen met de dakconstructie ingestort en voor een groot deel verbrand.			graden Celsius globale straling 88,10 J/cm ² (Bron: KNMI30-01-2018)
13-03-2020	Rotterdam	Schuur (clubgebouw)	300	40	8 uur en 11 minuten	Pand volledig in de brand, gecontroleerd laten uitbranden.	Op het dak	Systemen op het platte dak, onbekend	Onbekend
13-06-2020	Wassenaar	Schuur	120	80 m ²	1 uur	Brand in opslagschuur c.q. voertuigstalling, uitslaande en op het dak zagen we nog wat zonnepanelen liggen.	Op het dak	Op-dak systemen, onbekend	OZO 14km/u en regen
11-05-2020	Wouwse plantage	Loods	Ca. 1000	Ca. 500 m ²	2 uur	Vermoedelijk brand ontstaan in de omvormer / bekabeling, waarna door harde wind de gehele loods is afgebrand en deeltjes ver in de omgeving verspreid lagen.	Op het dak	Op-dak systemen, onbekend	Een flinke wind (ong. windkracht 7)
30-08-2018	Blesdijke	Schuur	20	10	30 minuten	Zonnepanelen lagen op het dak van de schuur en zijn betrokken geraakt bij brand in de schuur.	Op het dak	Op-dak systemen, onbekend	Rustig weer
03-10-2018	Twello	Schuur	300	Ca. 40	Ca. 3 uur	Brand in kapschuur waarop zonnepanelen lagen. Omvormer net onder dak heeft brand veroorzaakt. 88 panelen op het dak.	Op het dak	Op-dak systemen Onbekend	West 2,5m/sec
26-06-2020	Aalten	Schuur	300	Onbekend	Ca. 3 uur	Geen onderzoek gedaan, vlammen waren het eerst zichtbaar op dak. Niet aangetoond dat panelen betrokken waren bij brand. Te destructief verbrand om oorzaak te achterhalen.	Op het dak	Op-dak systemen Onbekend	NO 4m/sec

Tabel 3.4 Overzicht branden - gegevens eventuele depositie

Datum	Plaats	Depositie	Depositie: welke materialen en/of stoffen zijn aangetroffen en/of gemeten	Op welk moment was depositie bekend	Maximale afstand depositie aangetroffen	Bij de incidentbestrijding / inzetactie rekening gehouden met evt. depositie
20-05-2020	Wateringen	Nee	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Nee
16-08-2020	Den Bosch	Ja	Niks gemeten, maar kleine stukjes zonnepaneel gevonden op het dak en op intacte zonnepanelen rondom het incident	Tijdens de incidentbestrijding	Alleen op de incidentlocatie	Ja, door inzetten sproeistraal zo veel mogelijk rook neer slaan (standaard bij brand)
09-5-2019	Barneveld	Onbekend	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Ja, door afstand te houden en bovenwinds te blijven, maar meer vanwege vermoeden asbest.
17-09-2019	Amsterdam	Onbekend	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Nee
21-06-2018	Vrouwenpolder	Nee	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Nee
06-08-2019	Philippine	Onbekend	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Nee
16-04-2020	Heythuysen	Ja	Stukken in verschillende afmetingen tot circa 5 x 5 cm. Betreft de bovenlaag (blauw) van het zonnepanelen. Deze zijn flinterdun en zijn vederlicht (niet gemeten).	Tijdens de incidentbestrijding	Tot op 10 kilometer vanaf de incidentlocatie	Nee
30-07-2020	't Veld	Ja	Ik weet dat er benedenwinds glasresten zijn gevonden. De RUD heeft monsters genomen van de depositie.	Tijdens de incidentbestrijding	Tot meer dan een kilometer vanaf de incidentlocatie	Nee
30-04-2019	Renswoude	Onbekend	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Onbekend
05-06-2019	Dieren	Nee	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Nee

30-01-2018	IJsselstein	Nee	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Nee
13-03-2020	Rotterdam	Onbekend	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Nee
13-06-2020	Wassenaar	Nee	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Nee
11-05-2020	Wouwse plantage	Ja	-	Tijdens de incidentbestrijding	Tot enkele tientallen meters vanaf de incidentlocatie	Nee
30-08-2018	Bledijke	Ja	Onderdelen van de zonnepanelen waren gesmolten	Tijdens de incidentbestrijding	Alleen op de incidentlocatie	Nee
03-10-2018	Twello	Onbekend	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Nee
26-06-2020	Aalten	Onbekend	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	Onbekend

Tabel 3.5 Overzicht branden - nasleep van het incident

Datum	Plaats	Welke partijen betrokken bij afhandeling / nasleep	Welke activiteiten zijn uitgevoerd	Door wie zijn de taken uitgevoerd
20-05-2020	Wateringen	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
16-08-2020	Den Bosch	Bedrijf zelf heeft het afgehandeld.	Onbekend	Onbekend
09-5-2019	Barneveld	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
17-09-2019	Amsterdam	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
21-06-2018	Vrouwenpolder	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
06-08-2019	Philippine	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
16-04-2020	Heythuysen	Rijkswaterstaat	Nader onderzoek naar aard / omvang van de depositie	Rijkswaterstaat heeft materiaal uit sloot gehaald, naast het perceel.

30-07-2020	't Veld	RUD, Salvage en asbestsaneringsbedrijf	Opruim / schoonmaakwerkzaamheden specifiek gericht op depositie	Personeel van betrokken bollenbedrijf en asbestsaneringsbedrijf in samenwerking met RUD
30-04-2019	Renswoude	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
05-06-2019	Dieren	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
30-01-2018	IJsselstein	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
13-03-2020	Rotterdam	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
13-06-2020	Wassenaar	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
11-05-2020	Wouwse plantage	Salvage, verzekeraar en milieudienst.	Onbekend	-
30-08-2018	Blesdijke	Eigenaar en Salvage	Onbekend	Onbekend
03-10-2018	Twello	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
26-06-2020	Aalten	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.