



## Reflectiestudie zonnepanelen langs de N36

ZONNEPARK OOSTERWEILANDEN

20/09/2017

**Dossier:** RE-2017-00061

**Ingenieursbureau:** Encon  
Kerkenbos 1224C  
6546 BE Nijmegen

**Contactpersoon:** ir. Jelmer van de Wiel  
☎ : +31 6 319 485 41  
@: [jelmer.vandewiel@encon-energy.nl](mailto:jelmer.vandewiel@encon-energy.nl)



## **1. INLEIDING**

Momenteel is in ontwikkeling het Zonnepark Oosterweilanden, dat gepland staat in Vriezenveen. De projectlocatie is gelegen aan de Horstweg, direct naast de autoweg N36. Bij het aanvragen van de omgevingsvergunning is vanuit Rijkswaterstaat gevraagd om een analyse van de mogelijke lichtreflectie door de zonnepanelen op de weg. Deze moet waarborgen dat het zonnepark niet tot gevaarlijke situaties op de weg leidt.

Encon is verzocht deze analyse uit te voeren, welke wordt beschreven in deze rapportage. Hoofdstuk 2 beschrijft de gebruikte methodiek, alsmede een korte inleiding op het onderwerp. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de geplande situatie. Hoofdstuk 5 bespreekt de resultaten van de analyse, en Hoofdstuk 6 beschrijft de belangrijkste conclusies.

## 2. METHODOLOGIE

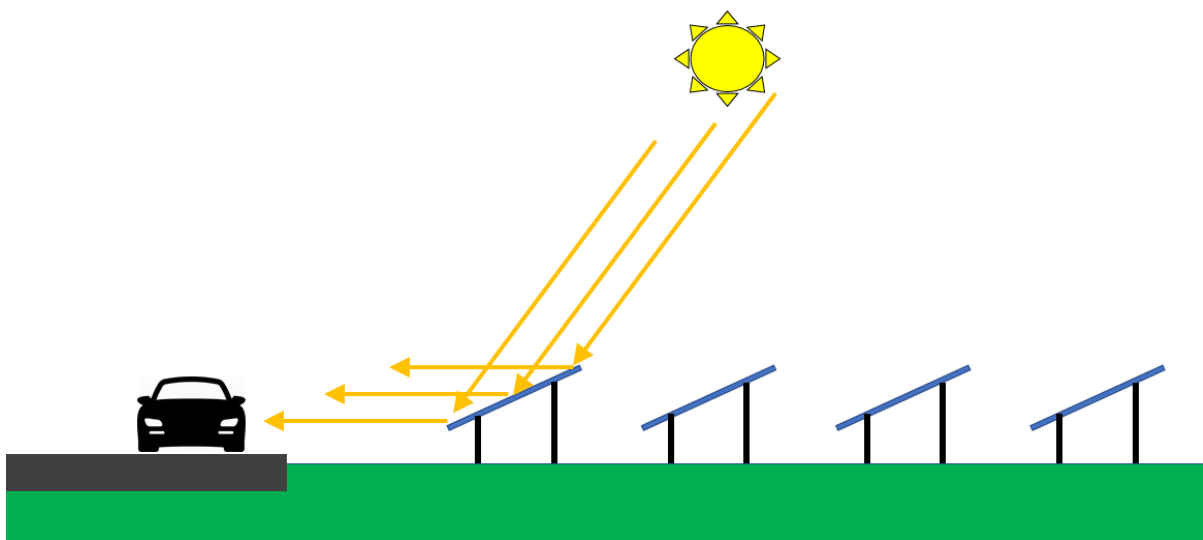
Dit hoofdstuk beschrijft de achtergrond van het schitteringsprobleem, en de bestaande methodologie om deze te kunnen analyseren en beoordelen.

### 2.1.1. ACHTERGROND

Schittering door zonnepanelen vindt plaats wanneer zonnestralen zó reflecteren op zonnepanelen, dat zij in het oog van een observeerder worden opgevangen. Grofweg hangt dit af van drie factoren:

- De stand van de zon aan de hemel
- De opstellingshoek van de zonnepanelen
- De locatie van de observeerder ten opzichte van de zonnepanelen

Slechts wanneer al de bovengenoemde factoren bepaalde waarden hebben is schittering mogelijk.



**Figuur 1: Overzicht schittering door PV-velden**

Hoe hinderlijk de reflectie wordt ervaren hangt af van een aantal factoren, onder andere:

- De felheid van de reflectie
- De hoeveelheid achtergrondlicht
- De positie van de reflectie in het gezichtsveld van de observeerder
- De duur van de verlichting

Deze hinderlijkheid kan worden uitgedrukt in de schaal van De Boer (De Boer, 1967). Zie voor de beschrijving van deze schaal ook Tabel 1. Een waarde van 5 wordt regelmatig gebruikt als drempelwaarde gebruikt voor hinderlijke schittering.

**Tabel 1: De Boer schaal voor verblinding**

Score (R)	Beschrijving
1	Ondraaglijk
2	
3	Storend
4	
5	Net toelaatbaar
6	
7	Acceptabel
8	
9	Niet noemenswaardig

### **2.1.2. GEBRUIKTE MODELLEN EN AANNAMES**

Om te komen tot een realistische schatting voor de hoeveelheid reflectie, wordt een simulatie uitgevoerd met een groot aantal tijdstappen. Er worden twaalf dagen per jaar geselecteerd (steeds de 21<sup>e</sup> van de maand) waarop met een interval van één minuut de lichtsituatie wordt geanalyseerd. Op elk moment worden de volgende stappen doorlopen:

1. Bepaling van de positie van de zon aan de hemel.
2. Bepaling van de zoninstraling, zowel diffuus als direct licht. Hiervoor wordt het Bird model gebruikt (Bird 1981), dat geldt voor een onbewolkte hemel. Later wordt voor bewolking gecorrigeerd.
3. Bepaling van de invalshoek van het zonlicht op de zonnepanelen. Hiervoor wordt de opstellingshoek van de panelen gebruikt. Aangenomen wordt dat het gehele zonneveld reflecterend is.
4. Bepaling van de reflectiehoek van het zonlicht, van het zonnepaneel af. Dit wordt gedaan op basis van het reflectieprincipe "*hoek van inval = hoek van uitval*".
5. Controle of de reflectie zichtbaar is vanaf een bepaalde positie van de waarnemer. Hiervoor wordt een reeks posities op de weg gecontroleerd, steeds op een hoogte van 1,1 meter boven het wegdek.

De simulatieresultaten zijn bepaald voor een aantal dagen per jaar (steeds de 21<sup>e</sup> van de maand), die uiteindelijk worden verschaald naar de duur van een heel jaar. Dit vormt uiteindelijk een representatief jaarbeeld.

Nadat is bepaald wanneer reflectie zichtbaar is op de weg wordt deze geclassificeerd op de De Boer-schaal, zoals beschreven in sectie 2.1.1. Hiervoor is het model van Alferdinck et al. (2008) gebruikt. Dit model koppelt op empirische wijze de De Boer-rating met reflectiesterkte, achtergrondlicht, tijdsduur, etc.

### ***Tijdsduur***

Door op een groot aantal locaties op de weg te analyseren, wordt bepaald hoe lang de weggebruiker zich bevindt in een zone met hinderlijke reflecties. Hierbij wordt rekening gehouden met de lokale maximumsnelheid van 100 km/hr.

### ***Positie in gezichtsveld***

De positie in het gezichtsveld wordt bepaald door de reflectierichting van het zonlicht en de kijkhoek van de weggebruiker. Deze wordt in de rijrichting verondersteld, parallel aan de weg. Indien de hoek tussen kijkhoek en zonreflectie meer dan  $60^\circ$  bedraagt, wordt deze niet meer meegenomen, aangezien deze zich dan buiten het actieve gezichtsveld van de weggebruiker bevindt.

### ***Rijrichting***

Beide rijrichtingen worden geanalyseerd op de De Boer-schaal.

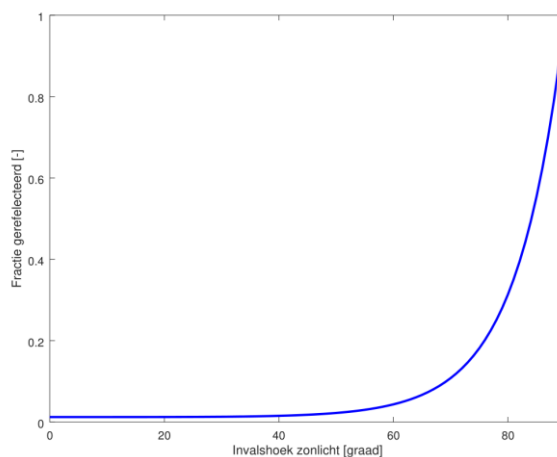
### ***Bewolking***

Het model zelf rekent met een onbewolkte hemel. Hierna wordt de (gebruikelijke) aanname gedaan dat de hemel 33% van de tijd onbewolkt is; buiten deze tijd zijn er geen zonlichtreflecties mogelijk.

### ***Reflectie zonlicht***

De werking van zonnepanelen is gebaseerd op het opvangen van (zon)licht. De zonnepanelen zelf vormen geen lichtbron. Reflectie van zonlicht is nadelig voor het rendement en wordt dus ook om die reden zoveel mogelijk voorkomen. Om schittering te verminderen wordt er op de panelen gewerkt met een coating. Het glas wordt gezandstraald en is daardoor anti-reflectief. Dit vermindert reflectie en verhoogt de opbrengst.

De reflectiekaracteristieken van de zonnepanelen zijn bepaald aan de hand van de Fresnel-formules voor ongepolariseerd licht. Hierbij is gerekend met een refractiecoëfficiënt van 1,25. De reflectiecoëfficiënt als functie van de invalshoek is hieronder weergegeven.



**Figuur 2: Reflectiecoëfficiënt als functie van de invalshoek op het zonnepaneel**

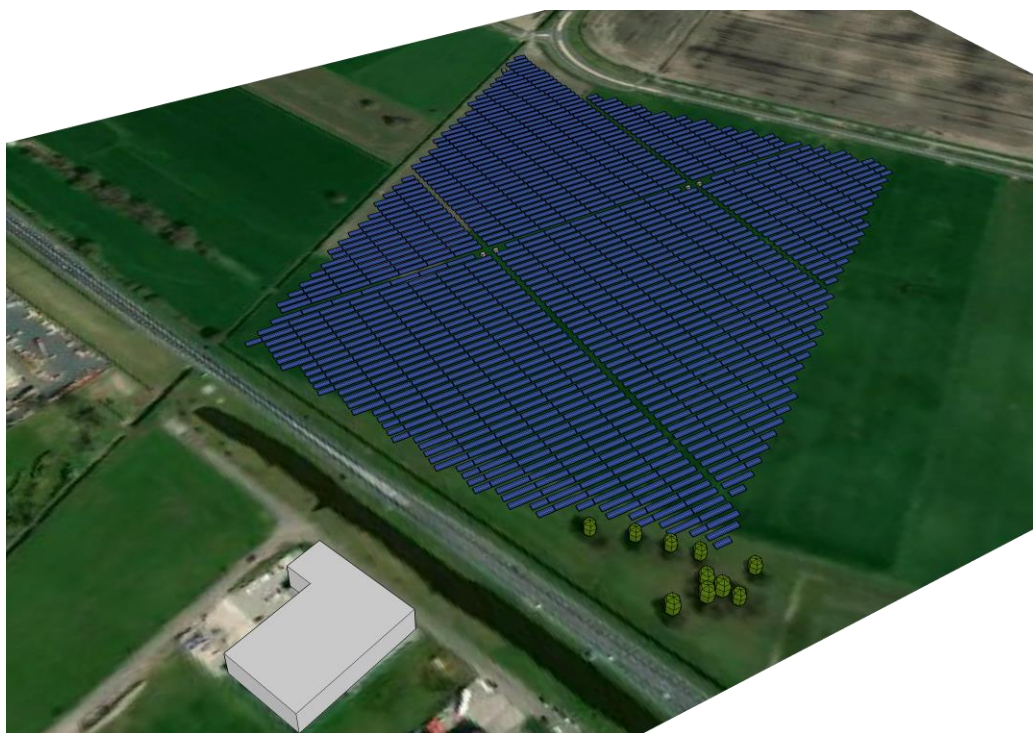
### 3. BESCHRIJVING SITUATIE

Zonnepark Oosterweilanden is voorzien aan de Horstweg te Vriezenveen. Dit park heeft een vermogen van zo'n 11 MWp en beslaat een oppervlak van ongeveer 14 ha. De afstand tot de N36 bedraagt zo'n 20 meter. Het weggedeelte van de N36 dat direct aangrenzend aan het zonnepark is bedraagt ongeveer 300 meter.

Er zijn geen bomen of andere visuele obstakels meegenomen in het model die eventuele zonreflecties kunnen blokkeren. In werkelijkheid is er een klein aantal bomen aanwezig tussen de weg en het zonnepark, maar de invloed hiervan is verwaarloosbaar klein.

**Tabel 2: Eigenschappen zonnepark Oosterweilanden**

Eigenschappen	Zonnepark Oosterweilanden
Locatie	Horstweg, Vriezenveen (52°24' NB, 6°38' OL)
Paneelopstelling	Zuid, 20°
Hoogte panelen	0,8 – 2,0 m (portrait, 2 rijen hoog)
Naburige weg	N36
Maximumsnelheid	100 km/hr



**Figuur 3: Impressie Zonnepark Oosterweilanden, met daarnaast de autoweg N36.**

## 4. RESULTATEN

De resultaten van de analyse worden zichtbaar gemaakt in Tabel 3 en de figuren op de komende pagina's.

**Tabel 3: Overzicht resultaten simulatie**

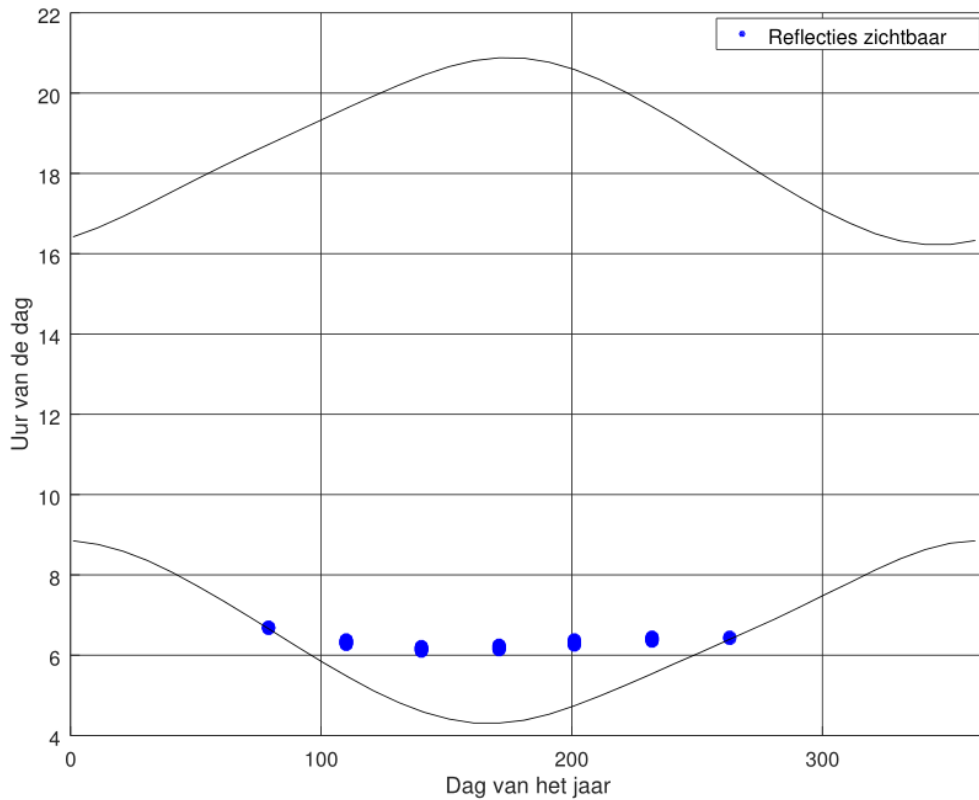
Eigenschappen	Zonnepark Oosterweilanden
Tijdsduur zichtbare schittering	446 minuten per jaar
Tijdsduur hinderlijke schittering (rijrichting noord)	0 minuten per jaar
Tijdsduur hinderlijke schittering (rijrichting zuid)	0 minuten per jaar

Figuur 4 toont de heat map van reflecties. Hierop wordt met kleuren aangegeven op welke plaatsen gedurende de langste tijd reflecties te zien zijn. Deze reflecties komen uit het oosten en bevinden zich dus ongeveer haaks op de weg. Dit valt buiten het gezichtsveld van de weggebruiker en leidt dus niet tot visuele hinder.



**Figuur 4: Heat map van reflecties. De bollen geven de geanalyseerde weglocaties aan op de N36; de zwarte contour geeft het PV-park aan.**

Figuur 5 toont het tijddiagram van de schittering. Hierop is te zien dat er wel enige tijd van zichtbaarheid is, maar dat deze schitteringen niet hinderlijk zijn voor de weggebruiker. Het feit dat er stippen zichtbaar zijn wil niet zeggen dat tussen de stippen geen zichtbare reflectie is; dit is het gevolg van het simuleren van één representatieve dag per maand.



**Figuur 5: Tijddiagram zichtbaarheid reflecties. De blauwe stippen geven aan wanneer reflecties zichtbaar zijn. Het gebrek aan rode stippen geeft aan dat er géén hinderlijke schitteringen plaatsvinden. De zwarte lijnen geven de tijdstippen van zonsopgang en zonsondergang weer.**

Alle reflecties vinden plaats tussen 6u-7u 's ochtends. Op dit tijdstip bevindt de zon zich in het oosten. Dit betekent tevens dat de reflectie en het directe zonlicht uit ongeveer dezelfde richting komen. Het directe zonlicht is veel feller; hierdoor zal de reflectie nauwelijks waarneembaar zijn.



## 5. CONCLUSIE

Encon verwacht dat weggebruikers op de N36 geen significante hinder zullen ondervinden door de aanleg van Zonnepark Oosterweilanden. De ligging en opbouw van het park en de richting van de weg zorgen ervoor dat er slechts reflectie zichtbaar is in de zomermaanden tussen 6u-7u 's ochtends, voor een totale tijdsduur van 446 minuten (7,4 uur) per jaar. Deze waarde is bepaald op basis van een kans van 33% op onbewolkte hemel.

De reflecterende aanlichting gebeurt vanuit het oosten, uit nagenoeg dezelfde hoek als de zonnestralen zelf. Dit betekent dat de reflectie weg zal vallen tegen de rest van het directe zonlicht. Voor een weggebruiker duurt deze situatie, bij de maximumsnelheid van 100 km/hr, zo'n 10,8 seconden. Tevens is de aanlichting ongeveer haaks op de weg; hierdoor valt deze buiten het actieve gezichtsveld van de weggebruiker, en is dus niet hinderlijk.

Nergens in het jaar is hinderlijke schittering te verwachten als gevolg van de zonnepanelen; dit geldt voor beide rijrichtingen.

## 6. REFERENTIES

Alferdinck, J.W.A.M., Toet, A., van der Leden, N., & Zonneveldt, L. (2008). *Glare from sound barriers. Phase 2 and 3: Experiments and modeling*. Soesterberg, The Netherlands: TNO Defence, Security and Safety.

Bird, R. E., and R. L. Hulstrom (1981), *Simplified Clear Sky Model for Direct and Diffuse Insolation on Horizontal Surfaces*, Technical Report No. SERI/TR-642-761, Golden, CO: Solar Energy Research Institute.

De Boer, J.B. (1967). *Public lighting*. Eindhoven, The Netherlands: Philips.