



# Reflectiestudie Zonnepark De Hooge Bobbert

Onderzoek naar reflectiehinder op  
weggebruikers van omliggende wegen en  
omwonenden, afkomstig van het beoogde  
zonnepark De Hooge Bobbert, nabij Druuten

13 januari 2022

**ROM**<sup>3</sup><sub>D</sub>  
verhelderen · wegwijzen · vormgeven

# Reflectie onderzoek Zonnepark De Hooge Bobbert

---

Onderzoek naar reflectiehinder op  
weggebruikers van omliggende wegen en  
omwonenden, afkomstig van het beoogde

Opdrachtgever:

**Sunvest**

Pieter de Lange

Uitgevoerd door:

**ROM<sub>3</sub>D**

Dillen Bruil, MSc

13 januari 2022

# Inhoud

---

1	Introductie.....	4
2	Beleid, regelgeving en kaders inzake reflectie.....	5
2.1	Lichtreflectie.....	5
2.2	Verblinding.....	5
2.3	Perspectief.....	6
3	Methode van onderzoek.....	7
3.1	ForgeSolar Tool.....	7
	Werking van de ForgeSolar tool	7
	Reflectieprofielen	8
	Wat betekenen de resultaten van de tool	9
4	Resultaten.....	11
4.1	Uitgangspunten.....	11
4.2	Uitkomst reflectieonderzoek.....	13
	Automobilisten	13
	Vrachtwagenchauffeurs	16
	Omwonenden	17
	Huidige inpassingsplan	19
5	Conclusie.....	21
6	Referenties.....	22
7	Bijlagen.....	23
	Bijlage 1 – modelresultaten reflectieonderzoek:	23
	Bijlage 2 – geïllustreerde afstanden met betrekking tot het inpassingsplan en struweelhoogte:	23

# 1 Introductie

Sunvest heeft plannen voor een zonnepark langs de N329 Noord-Zuid, aangeleverd aan ROM3D. Eventuele reflectiehinder veroorzaakt door dit park kan inzichtelijk worden gemaakt met een reflectiestudie. Er is gevraagd om een dergelijke studie uit te voeren om de schittering te bepalen voor weggebruikers van omliggende wegen en op omwonenden. In de voorliggende rapportage wordt hierop ingegaan. Het te realiseren zonnepark ligt op de percelen bekend onder de kadastrale gemeente en sectie DTN03 – G, met de nummers 44, 119, 139 en 140. Het plangebied is omsloten door de N329 in het westen en Vissert in het noorden, zie ook Figuur 1.1. Voor het reflectieonderzoek zal ROM3D uitgaan van eigenschappen zoals aangeleverd door de opdrachtgever.



**Figuur 1.1:** Links: plangebied Zonnepark De Hooge Bobbert, rechts: de locatie van het zonnepark aangeduid met de ster.  
Bron: Google Earth / Sunvest

## 2 Beleid, regelgeving en kaders inzake reflectie

---

Voor hinder ten gevolge van reflectie bestaat géén specifiek beleid of regelgeving. Voor hinder voor omwonenden geldt echter dat in het kader van een goede ruimtelijke ordening en het in standhouden van een goed woonklimaat alle relevante aspecten moeten worden meegenomen. Reflectiehinder kan in dit kader worden beschouwd. Er zijn wel richtlijnen voor het wegverkeer opgesteld. Rijkswaterstaat heeft in samenwerking met TNO onderzocht wanneer en in welke mate reflectie hinder of verblinding voor de weggebruiker kan opleveren, met name veroorzaakt door geluidsschermen.

### 2.1 LICHTREFLECTIE

Reflectie kan in bepaalde gevallen leiden tot – tijdelijke - verblinding. Bij TNO Defensie en Veiligheid is een rekenmodel ontwikkeld dat de verblinding kwantificeert aan de hand van de parameters:

- Verblindings-/verlichtingssterkte,
- Verblindingshoek,
- Achtergrondluminantie en
- Dynamische eigenschappen, zoals duur en knipperfrequentie.

Verblinding wordt omschreven als een witte waas in de ogen waardoor de omgeving niet meer kan worden waargenomen.

### 2.2 VERBLINDING

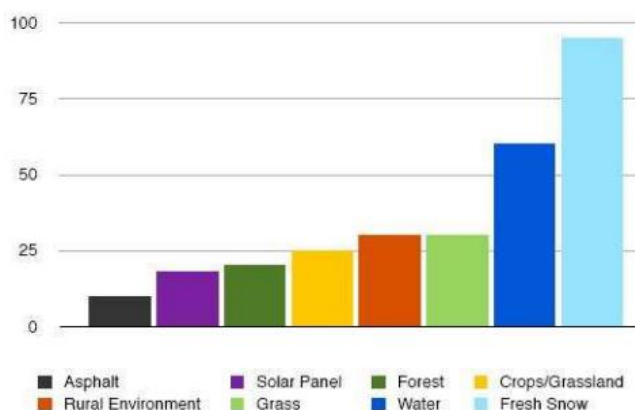
Verblinding treedt op als er zich in het gezichtsveld van de waarnemer een felle lichtbron bevindt die een veel hogere luminantie heeft dan de omgeving. De relatie met afleiding van personen is dat een felle lichtbron afhankelijk van de context (met name of het licht of donker is) meestal erg opvallend is en de aandacht kan trekken (los van het feit dat verblinding op zichzelf al onveiligheidsverhogend is).

Er zijn twee soorten verblinding: maskerende verblinding (disability glare) en oncomfortabele verblinding (discomfort glare). Maskerende verblinding werpt een sluier (sluierluminantie) over het beeld waardoor het waarneembare contrast en daarmee de zichtbaarheid van objecten vermindert. Oncomfortabele verblinding veroorzaakt ongemak zonder daadwerkelijk het zicht te belemmeren. Rijkswaterstaat heeft een voorkeur voor het hanteren van maskerende verblinding als toetsingscriterium. In dit reflectieonderzoek wordt oncomfortabele verblinding daarom niet verder behandeld.

## 2.3 PERSPECTIEF

Zonnepanelen zijn niet de enige objecten waar reflectie kan optreden. Overal waar zonlicht op valt kan het zonlicht reflecteren. In Figuur 2.2 zijn resultaten van een reflectieanalyse weergegeven. Hieruit is op te maken dat voor onder andere vegetatie zoals gras en bos een groter percentage van het licht wordt gereflecteerd dan voor zonnepanelen. In de praktijk leidt dit niet vaak tot hinder. Of de reflectie hinderlijk is, is onder andere afhankelijk van de intensiteit van het gereflecteerde zonlicht. Bij een ruwere textuur, zoals bijvoorbeeld een grasland, is de intensiteit van het gereflecteerde licht veel lager (zie Figuur 2.1). Dit komt omdat alle grassprietjes het licht in verschillende richtingen reflecteren (diffuse straling). Bij een glad, spiegelend, oppervlakte wordt het gereflecteerde licht één richting op weerkaatst (directe straling). Dit leidt tot een hogere intensiteit en dus minder felle reflectie van licht (FAA, 2018).

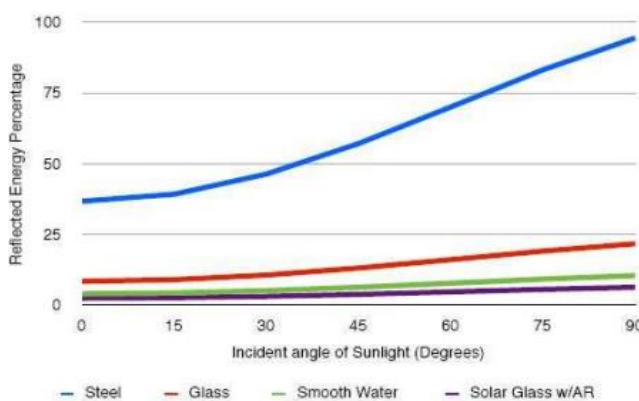
De hoeveelheid licht dat van een zonnepaneel af komt is ook afhankelijk van de oppervlakte reflectiviteit, bewolgingsgraad, geografische locatie, opstellingsvariant (grootte, hellingshoek, hoogte en oriëntatie) en tijd (jaar en dag). Met de tijd verandert de invalshoek van het zonlicht. In Figuur 2.3 is de reflectiviteit van diverse materialen uitgezet tegen de invalshoek van het zonlicht. Onderzoek heeft aangetoond dat zonnepanelen minder reflectief zijn dan stilstaand water, houten dakspanen, gras, wegen, sneeuw, staal en glas (Slana, 2018). De paarse lijn in Figuur 2.3 geeft de reflectiviteit van zonnepanelen met antireflectiecoating weer, het is daarmee minder reflectief dan bijvoorbeeld stilstaand water. Open, stilstaand water is grofweg equivalent aan zonnepanelen zonder anti-reflectiecoating (Slana, 2018).



Figuur 2.2: Vergelijkende reflectie analyse (Spaven Consulting, 2011).



Figuur 2.1: Directe en diffuse straling (FAA, 2018)



Figuur 2.3: Analyse van reflectiviteit van typische materialen versus de invalshoek van het zonlicht (Spaven Consulting, 2011).

# 3 Methode van onderzoek

De methode bestaat uit twee stappen:

1. Vaststellen van de variabelen voor de reflectiestudie:
  - Definiëren van observatiepunten langs de opstellingen van zonnepanelen,
  - Vaststellen van de specificaties van het zonnepark:
    - het type materiaal van de panelen,
    - wel of geen anti-reflectiecoating,
    - de hellingshoek,
    - de ligging,
    - de hoogte van de opstellingen,
    - de oriëntatie van de opstellingen.
2. Analyse op reflectie en verblinding met ForgeSolar model met de kans op voorkomen (op basis van berekende grafieken van dag en seizoen) van reflectie en kans op verblinding.

## 3.1 FORGESOLAR TOOL

Voor reflectiestudies maakt ROM3D gebruik van een speciaal hiervoor ontwikkelde tool: ForgeSolar. Deze tool maakt gebruik van de Solar Glare Hazard Analysis Tool (SGHAT) van Sandia National Laboratories uit de VS. Over de achtergrondinformatie en opbouw van het model met aannames en berekeningswijze verwijzen wij naar de achtergronddocumentatie die op de website kan worden gevonden ([www.forgesolar.com](http://www.forgesolar.com)). Het model wordt in de VS standaard en met een verplicht karakter ingezet voor de ontwikkeling van zonneparken of andere reflecterende elementen dichtbij vliegvelden. Rijkswaterstaat heeft het gebruik van de SGHAT geaccepteerd als methode om de mogelijkheid van reflectie op weggebruikers te onderzoeken. Ook TNO ziet de SGHAT als een valide methode om reflectiehinder te onderzoeken (TNO, 2016).

### Werking van de ForgeSolar tool

Over de opbouw van het model met aannames en berekeningswijze verwijzen wij naar de achtergronddocumentatie die op de website kan worden gevonden (<https://www.forgesolar.com/>).

De tool werkt samengevat met de volgende stappen:

1. Invoeren van de geografische afbakening van de opstellingen door polygonen te tekenen ter grootte van het oppervlak van de panelen in de ForgeSolar editor. In deze referentie zitten direct vele data gekoppeld zoals de opkomst, ondergang en loopbaan van de zon en zonnesterkte in de seizoenen, en ook topografische hoogte in het landschap. Begroeiing, bebouwing en landschapselementen worden niet meegenomen.

2. Keuze van specifieke karakteristieken van het zonneveld: oriëntatie van de panelen (in graden), vaste opstelling of meedraaiend met de zon, hoogte en hellingshoek van de panelen, helling in het landschap, ruwheid van het zon-PV glas met of zonder anti-reflectiecoatings.
3. Markeren van posities (observatie punten) rond de panelen waarvoor de potentiële reflectie per zonnepanelen opstelling, in perfecte condities<sup>1</sup>, wordt berekend.
4. Instellen van kijkhoogte van de observeerder.
5. Daarna wordt het model doorgerekend met als uitkomst een gevaar/risicofiguur waarin verwachte reflectie wordt geplot gedurende het jaar in drie kleuren:
  - Groen: Kleine kans op reflectie met nabeelden op het netvlies (niet hinderlijk), vergelijkbaar met oncomfortabele verblinding,
  - Geel: Reële kans op nabeelden zonder oogschade (hinderlijk), vergelijkbaar met maskerende verblinding,
  - Rood: Sterke reflectie met kans op permanente oogschade (gevaarlijk).

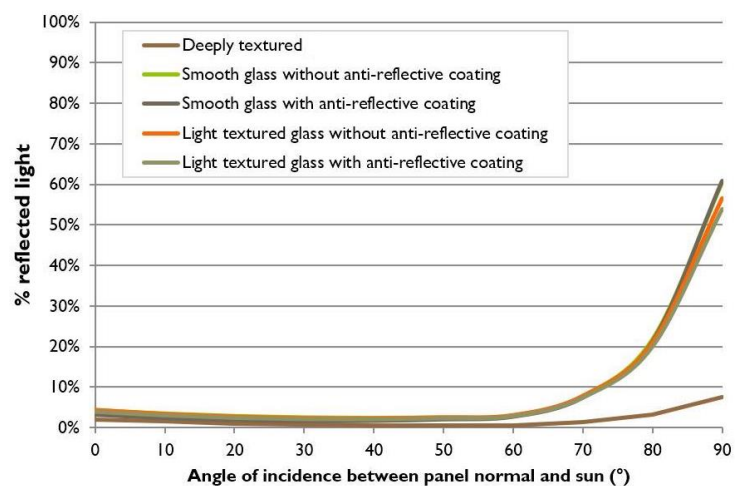
## Reflectieprofielen<sup>2</sup>

Sandia National Laboratories heeft vijf generieke reflectie profielen ontwikkeld voor PV modules:

- *Smooth glass* (met en zonder anti-reflectiecoating)
- *Light textured glass* (met en zonder anti-reflectiecoating)
- *Deeply textured glass*

Deze profielen zijn tot stand gekomen door meer dan 20 bestaande PV modules te analyseren. Figuur 3.1 laat de reflectiviteit zien van elk ontwikkelde profiel als functie van de invalshoek van het zonlicht. Een hoek van 0° betekent hierin dat de panelen direct op de zon gericht staan. Een invalshoek van 90° komt dus voor als de panelen horizontaal liggen (helling van 0°) op moment dat de zon op komt en onder gaat.

Anti-reflectiecoatings (ARC) en oppervlakte textuur kunnen de reflectiviteit van panelen verminderen, maar dit is doorgaans minder dan 8%. Daar komt bij dat een ruwere textuur de grootte van de gezichtshoek van lichtbron kan vergroten (zie ook het hoofdstuk "Wat betekenen de resultaten van de tool"). Dit laatste komt omdat een ruwere textuur meer diffuse reflectie veroorzaakt.



Figuur 3.1: Reflectiviteit ten opzichte van de invalshoek van het zonlicht voor de vijf generieke reflectie profielen (ForgeSolar, 2020).

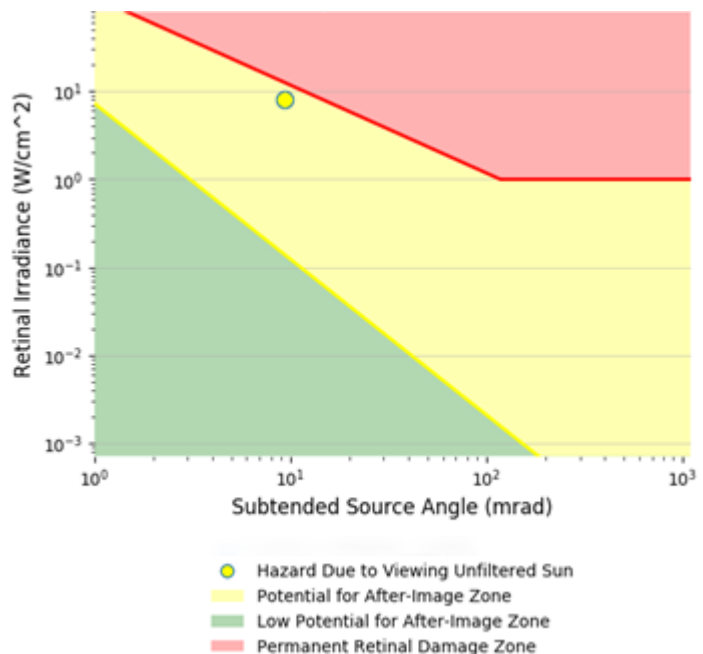
<sup>1</sup> Perfecte condities: Geen atmosferische blokkade van zon instraling door bijvoorbeeld atmosferische verstrooiing (bijvoorbeeld smog) of wolken en geen tussenobjecten die reflectie of straling kunnen blokkeren zoals gebouwen of beplanting.

<sup>2</sup> Bron voor deze hele sectie: [www.forgesolar.com](http://www.forgesolar.com) (ForgeSolar, 2020)



### Wat betekenen de resultaten van de tool

De ForgeSolar tool bepaalt het effect op het oog uit twee aspecten (de assen van de grafiek in Figuur 3.2): de kracht van de straling op het oog in  $W/cm^2$  (retinal irradiance) en de grootte van de gezichtshoek van de lichtbron (subtended source angle). Een sterke lichtbron zal dus hoger op de verticale as in de grafiek te vinden zijn dan een zwakke lichtbron. Op de horizontale as is de grootte van de lichtbron. Een kleine (punt) lichtbron staat verder naar links op de horizontale as dan een groot reflecterend vlak. De hoek van het oog naar de lichtbron is aangeduid in miliradianen. Een groter vlak zal sneller bij een lagere kracht tot hinder leiden dan een kleiner vlak. De gele lijn tussen het groene en gele deel duidt de omslag tussen geen en wel kans op nabeelden. Permanente schade aan het oog ontstaat als de lichtbron in het rode gebied terecht komt. Uiteraard speelt dan ook mee hoe lang de lichtbron zichtbaar is voor het oog.



**Figuur 3.2:** Tweedimensionaal ForgeSolar-plot van het effect van reflectie op het oog op basis van twee variabelen: de kracht van de straling op het oog in  $W/cm^2$  (retinal irradiance) en de grootte van de gezichtshoek van de lichtbron (subtended source angle). De kleuren geven het soort reflectie aan en de gele stip duidt ter referentie het gevaar/risico aan van het kijken naar de zon op een heldere dag met het blote oog. Als het onderzoek uitgevoerd is zal met oranje stippen het gevaar/risico op een observatiepunt aangeduid worden.

TNO (TNO, 2016) bepaalt maskerende verblinding (disability glare) op basis van enkele variabelen:

- Verblindings-/verlichtingssterkte,
- verblindingshoek,
- achtergrondluminantie en
- dynamische eigenschappen, zoals duur en knipperfrequentie.

De eerste twee variabelen vormen ook de basis in de ForgeSolar tool. Achtergrondluminantie en knipperfrequentie worden niet meegenomen.

De uitkomsten van de ForgeSolar tool worden strenger beoordeeld dan de uitkomsten van de TNO disability glare methode. De duur van de overschrijding van de lichthinder volgens de TNO disability beoordelingsmethode is gemiddeld 64% van de ForgeSolar tool. Maskerende verblinding werpt volgens TNO een sluier (sluierluminantie) over het beeld waardoor het waarneembare contrast en daarmee de zichtbaarheid van objecten vermindert. De ForgeSolar tool geeft de kans op nabeelden (after image) en oogschade (retinal damage) aan. Dit zijn graadmeters voor het inschatten van de kans op verblinding. Maskerende verblinding kan gaan optreden in het gele gebied van de ForgeSolar-plot en zal vrijwel zeker optreden in het rode gebied. Indien de reflectieresultaten in het groene gebied liggen zal er geen reflectie met

kans op maskerende verblinding optreden. Als geen enkele reflectie optreedt is er uiteraard ook geen kans op (maskerende) verblinding. In dit onderzoek wordt gesproken van hinder als de reflectie in het gele of rode gebied ligt.

### **In het kort**

In dit onderzoek wordt gesproken van reflectiehinder in geval van maskerende verblinding. ForgeSolar geeft een goede indicatie van kans op maskerende verblinding door te bepalen of er sprake is van zogenoemde "gele" of "rode" reflectie, die in de uitkomsten van de figuren respectievelijk geel en rood gemarkeerd zijn.

# 4 Resultaten

## 4.1 UITGANGSPUNTEN

Voor de analyse van eventuele reflectie afkomstig van het Zonnepark De Hooge Bobbert is uitgegaan van de volgende eigenschappen:

— Gemiddelde hoogte panelen <sup>3</sup> :	1.15 meter <sup>4</sup>
— Hellingshoek panelen:	10°
— Meedraaiend met de zon:	Nee
— Oriëntatie panelen:	Gebied 1-2: 172° Gebied 3-4: 169° Gebied 5-6: 169° Gebied 7: 164°
— Panelen materiaal:	Smooth glass met anti-reflectiecoating (ARC)
○ Bijbehorende 'slope error' <sup>5</sup> :	Correleert met materiaal <sup>6</sup>
— Ooghoogte automobilist:	1.20 meter <sup>7,8</sup>
— Ooghoogte vrachtwagenchauffeur:	2.50 meter <sup>8</sup>
— Ooghoogte omwonenden:	1.70 meter
— Kijkhoek weggebruiker voor routes <sup>9</sup> :	50°
— Tijdzone:	UTC +1 (wintertijd)

Binnen het zonnepark zijn 7 gebieden aangewezen in de ontvangen technische tekening. De gebieden die noord en zuid van elkaar liggen hebben dezelfde oriëntatie en worden daarom gegroepeerd en als één geheel beschouwd in de analyse. De gebieden die oost en west van elkaar liggen hebben een verschillende oriëntatie en zijn daarom apart van elkaar geanalyseerd. Zie ook Figuur 4.1. voor de verschillende groepen. De reflecties zijn berekend voor 6 routes, zie hiervoor ook Figuur 4.1.

<sup>3</sup> Boven topografische hoogte van het maaiveld.

<sup>4</sup> Gemiddelde hoogte van de hellende panelen. Voor de berekeningen is deze hoogte voor de zonnepanelen gebruikt..

<sup>5</sup> De 'slope error' is verantwoordelijk voor de lichtbundelverstrooiing op de zonnepanelen (grotere verstrooiing zorgt voor minder hinderlijke reflectie).

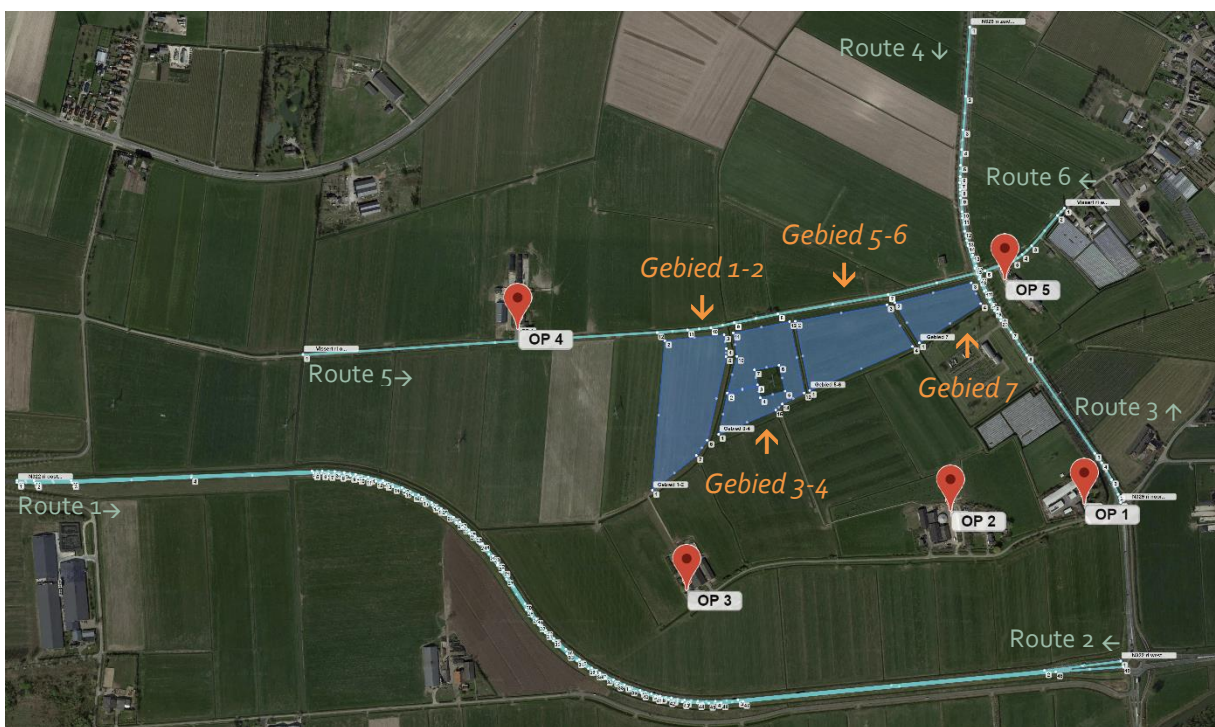
<sup>6</sup> Voor meer informatie zie achtergronddocumentatie op de website van de tool ([www.forgesolar.com](http://www.forgesolar.com))

<sup>7</sup> Zelfde hoogte als referentiehoogte automobilist in TNO onderzoek (TNO, 2016).

<sup>8</sup> Referentie hoogtes van weggebruikers genoemd in Tabel 17 (SWOV, 2014)

<sup>9</sup> Kijkhoek van de waarnemer in graden naar links en naar rechts ten opzichte van de rijrichting. FAA (Federal Aviation Administration) onderzoek heeft uitgewezen dat er buiten 50° geen impact is van schittering is op de ontvanger (ForgeSolar, 2021).

- Route 1.** N322, rijrichting oost. De route start ter hoogte van Kooistraat nr. 5 en eindigt bij de rotonde met de N329.
- Route 2.** N322, rijrichting west. De route start ter hoogte van rotonde met de N329 en eindigt ter hoogte van Kooistraat nr. 5
- Route 3.** N329, rijrichting noord. De route start bij de kruising met de Veldstraat/Meerstraat en eindigt iets voorbij het zonnepark.
- Route 4.** N329, rijrichting zuid. De route start ter hoogte van Houtstestraat 26 en eindigt iets voorbij het zonnepark.
- Route 5.** Vissert, rijrichting oost. De route start ter hoogte van Van Heemstraweg nr. 5 en eindigt iets voorbij het zonnepark.
- Route 6.** Vissert, rijrichting west. De route start ter hoogte van Oude Koningstraat nr. 10 en eindigt iets voorbij het zonnepark.



**Figuur 4.1:** Ingetekende zonnepark (transparant blauwe vlak) waarvoor reflectie berekend wordt. De gegroepeerde gebieden zijn aangeduid in oranje. De routes zijn aangeduid in lichtgroen. De pijl indiceert de rijrichting van de route. De rode markers geven de observatiepunten aan.

De reflecties zijn berekend ook voor 5 observatiepunten, nabij de woningen op onderstaande adressen, zie hiervoor ook Figuur 4.1.

1. Veldstraat nr. 1
2. Veldstraat nr. 3/5
3. Veldstraat nr. 7
4. Vissert nr. 5
5. Oude Koningstraat nr. 10

Het hoogtemodel waar de ForgeSolar tool gebruik van maakt bleek niet toereikend/nauwkeurig genoeg. Daarom zijn de hoogtes herbepaald via het AHN3 (Actueel Hoogtebestand Nederland, [www.ahn.nl](http://www.ahn.nl)). Hieruit is gebleken dat de ondergrond onder de tafels gemiddeld 5.6 m boven NAP ligt. De gebruikte hoogtes van de routes en observatiepunten kunnen gevonden worden in de bijlage.

## 4.2 UITKOMST REFLECTIEONDERZOEK

De berekende reflectietijden in de Forgesolar tool zijn niet gecompenseerd voor wolken en filtering door autoruiten. TNO (TNO, 2016) beschrijft dat de totale reflectietijd door drie gedeeld kan worden om tot een realistische reflectie tijd te komen; in Nederland is er voor 2/3 deel van het jaar sprake van bewolkte omstandigheden. Ook autoruiten zwakken licht af. De transmissie van autoruiten moet minimaal 75% zijn, net als in het onderzoek van het TNO is dit ook in dit onderzoek aangehouden. De schittering is berekend met panelen die van glad glas gemaakt zijn, met anti-reflectiecoating, die niet meedraaien met de zon.

### Automobilisten

De resultaten van het reflectieonderzoek: de reflectietijden in uren per jaar die wel gecompenseerd zijn voor bewolking en filtering door autoruiten, kunnen in Tabel 4.1 gevonden worden. Doorgestreepte tijden betekenen dat de automobilist geen hinder ondervindt van die reflectie, omdat die reflectie de automobilist niet kan bereiken.

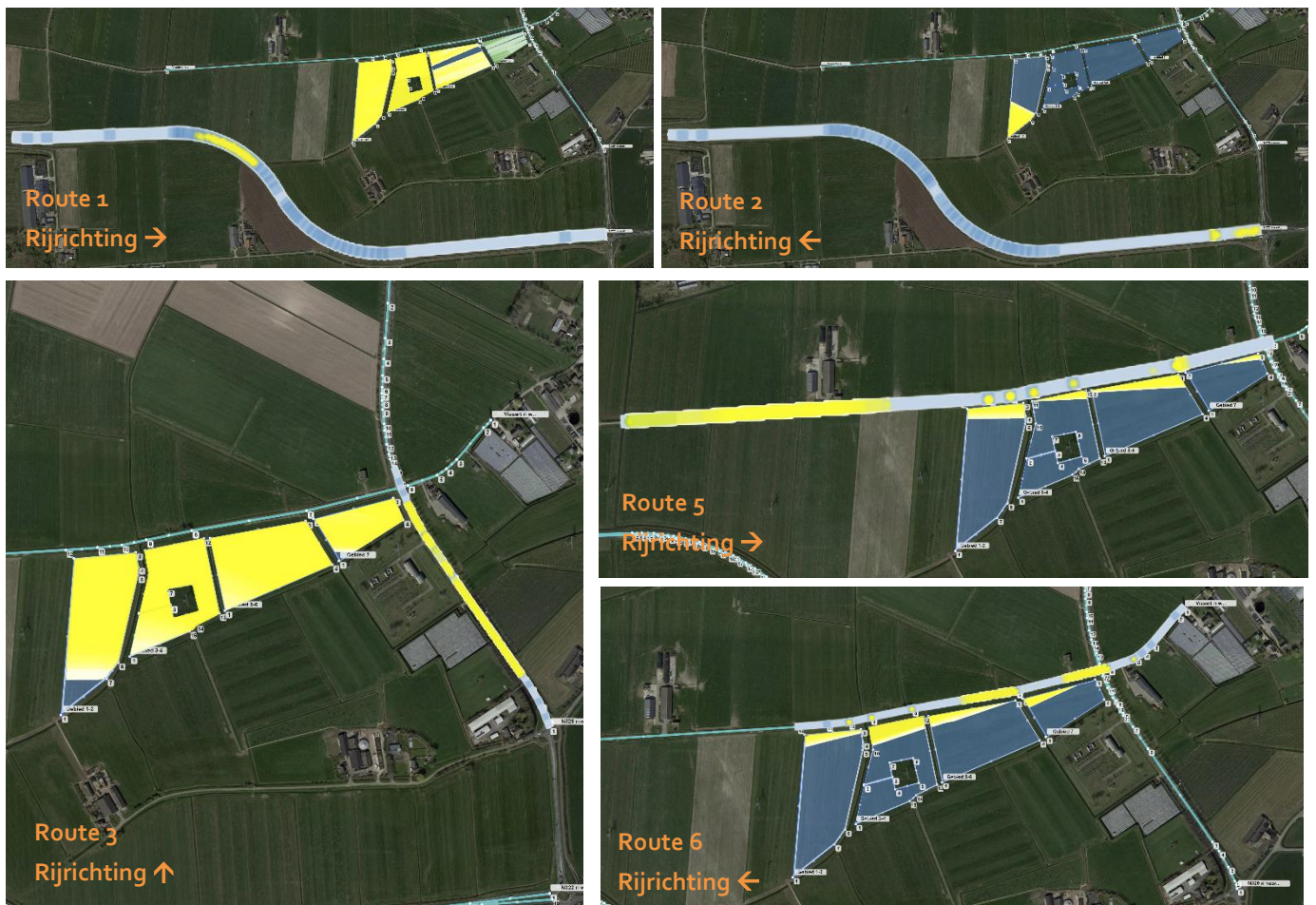
**Tabel 4.1:** Gecompenseerde groene en gele reflecties voor automobilisten in uren per jaar. Doorgestreepte tijden betekenen dat de automobilist geen hinder ondervindt van de reflectie

Route	Gebied 1-2		Gebied 3-4		Gebied 5-6		Gebied 7	
	Groene reflectie	Gele reflectie	Groene reflectie	Groene reflectie	Gele reflectie	Gele reflectie	Groene reflectie	Gele reflectie
1	0*	10.8	0.5	4.8	0*	0.1	0.1	0
2	0	1.7	0	0	0	0	0	0
3	0	<del>2.6</del>	0	<del>9.7</del>	0	<del>10.8</del>	0	16.4 <sup>#</sup>
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0*	0.1	0	<del>0.4</del>	0	<del>0.9</del>	0*	<del>0.2</del>
6	0	<del>0.9</del>	0*	1.1 <sup>#</sup>	0	0.9 <sup>#</sup>	0	1.3 <sup>#</sup>

\*) Op deze routes is er voor deze gebieden in de bijlage wel een aantal minuten per jaar reflectie te zien. In Tabel 4.1 niet, omdat die tijden afgerond en gecompenseerd 0.0 uur per jaar zijn.

#) Op deze routes is er voor deze gebieden minder reflectie zichtbaar, omdat een deel van de reflectie geblokkeerd wordt voor automobilisten.

Zoals te zien is ondervinden automobilisten, afhankelijk van route waar ze zich bevinden, hinder van de reflecties. Alleen op route 4 wordt geen reflectie waargenomen. Op de overige routes wordt gele, maskerende, reflectie waargenomen. Dit wordt ook duidelijk uit Figuur 4.2. Deze figuur laat de bron zien van



**Figuur 4.2:** Schitterende delen van de zonnepanelen, zichtbaar vanaf de verschillende routes en de plekken op de route waar de reflectie tot hinder leidt. Hoe geleer de kleur, hoe meer reflectie.

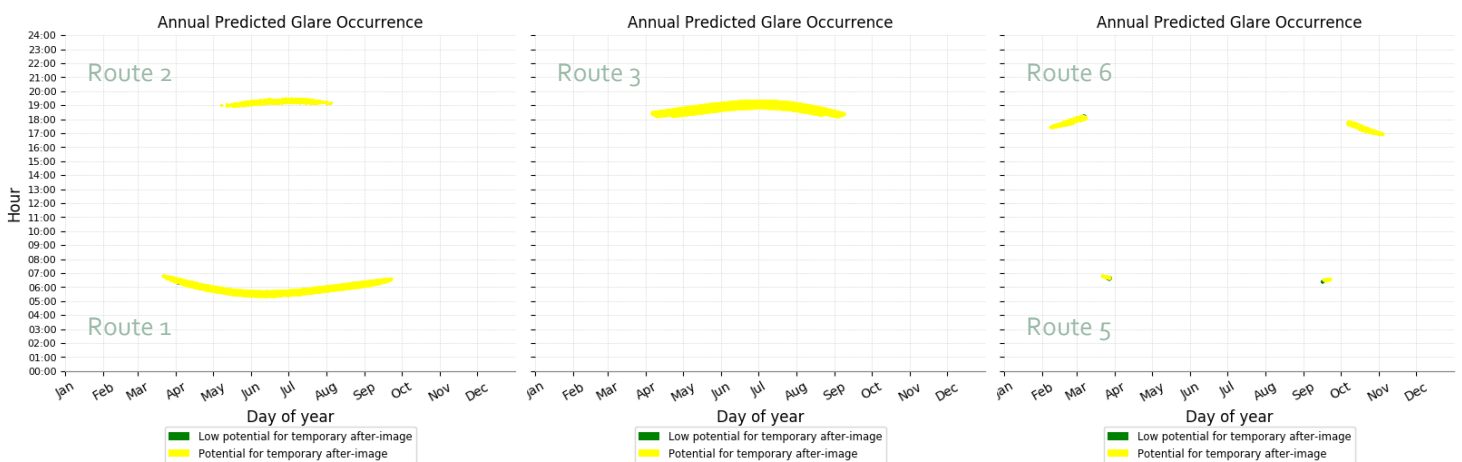
waar op de route schittering is waar te nemen en waar deze vandaan komt van het zonnepark. Bij de berekening van de reflectie op de routes is rekening gehouden met een beoordelingsveld van 50 graden naar links en rechts ten opzichte van de rijrichting. Onderzoek heeft uitgewezen dat reflectie zichtbaar buiten dit beoordelingsveld geen impact heeft op de ontvanger (ForgeSolar, 2021) en zal daardoor niet tot hinderende verblinding leiden.

Uit de figuur valt af te leiden dat er op de N322 in oostelijk richting, route 1, in een bocht richting het zuiden hinder is te ondervinden van de zonnepanelen. Hoewel gebied 5-6 wel geel is, zal dit niet allemaal de automobilist bereiken. Door atmosferische effecten en filtering door autoruiten is de verwachting dat met name de meest oostelijke kant van dit gebied geen hinder zal veroorzaken voor de automobilisten. Bij route 2, de N322 in westelijke rijrichting, is er direct vanaf de rotonde hinder te ondervinden van de reflectie. Op de N329 in noordelijke rijrichting, route 3, is de eerste hinderlijke reflectie zichtbaar vlak voorbij Veldstraat 1. De reflectie blijft hinderlijk tot aan de Vissert. Hoe dichter de automobilist bij de Vissert komt hoe verder de reflectiebron zich oostelijk verplaatst. Zuidelijk op de route komt de reflectie van gebied 1-2, noordelijk op de route van gebied 7. Langs de N329 staat veel beplanting en bebouwing. Pas voorbij het onderstation zal de reflectie zichtbaar worden. Uiteindelijk veroorzaakt alleen gebied 7 hinder op de automobilisten. Op de Vissert is er op route 5 tot voorbij de Vissert 5 reflectie waar te nemen. De reflectie is alleen afkomstig van de noordelijke zijde van het zonnepark. Op route 6, met een westelijke rijrichting, is er hinderlijke reflectie waar

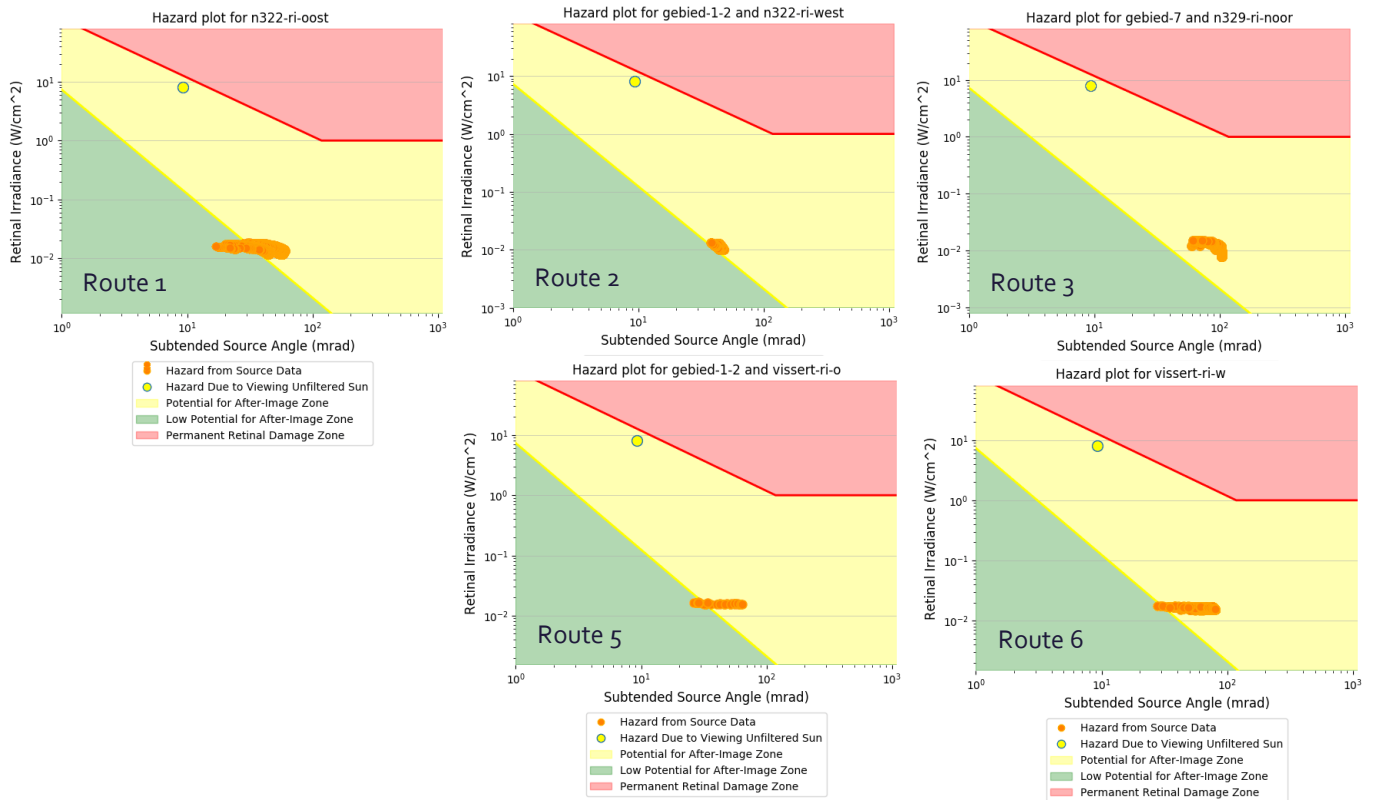
te nemen vanaf de kruising met de N329, waar gebied 7 begint. Ook veroorzaken gebieden 3-4 en 5-6 hinderlijke reflectie op de automobilist zodra deze bij gebied 5-6 aankomt. Echter is de reflectie in de praktijk minder zichtbaar dan geschetst in Figuur 4.2. Dit komt omdat er gerekend is met een gemiddelde hoogte van de panelen van 1.15 m boven maaiveld, terwijl de maximale hoogte 1.6 m boven maaiveld is. Als er rekening gehouden wordt met de maaiveldhoogtes van de weg en het zonnepark, kijken automobilisten maar 10 cm boven de panelen uit. Het model gaat uit van 55 cm. Er is in de praktijk dus minder hinder afkomstig van de zonnepanelen. De gele stippen zichtbaar op route 5 en route 6 zijn vermoedelijk te wijten aan een fout in de modeluitkomsten. Op de plekken van deze gele stippen zit precies een hoekpunt van de route. De reflectie wordt berekend op basis van een route tussen twee punten. Op basis van deze punten kan een rijrichting en daarmee het beoordelingsveld van de automobilist bepaald worden. Op de hoekpunten van een route is er geen richting en daardoor kan er ook geen rekening gehouden worden met het beoordelingsveld van de automobilist. Gezien de resultaten op de route rondom de hoekpunten kan geconcludeerd worden dat ook op de hoekpunten zelf geen hinder ondervonden zal worden van de reflectie. Op route 5 is hierdoor alleen hinder afkomstig van gebied 1-2 en op route 6 veroorzaakt gebied 1-2 geen hinder. De reflectietijden van gebieden die voor automobilisten niet te zien zijn, zijn doorgestreept in Tabel 4.1.

In de geschetste situatie zal de duur van de reflectie de toelaatbare verblindingstijd van 1.8 seconden (bij 80 km/h (TNO, 2016)) overschrijden. De totale tijd van hinderlijke schittering voor de routes is weergegeven in Figuur 4.3. Hierin zijn alle gebieden waarvan automobilisten hinder ervaren door de reflectie meegenomen. Op route 2, 3 en 6 wordt 's avonds hinder ervaren en op route 1 en 5 is dit 's ochtends. Op route 1 tussen 6.30 uur en 8.00 uur van half maart tot eind september voor maximaal 15 minuten per dag. Op route 2 is dit tussen 20.00 uur en 20.30 uur van begin mei tot begin augustus voor maximaal 10 minuten per dag. Op route 3 tussen 19.00 en 20.30 uur van begin april tot begin september voor maximaal 30 minuten per dag. Op route 5 is dit rond 7.30 uur eind maart en half september voor maximaal 15 minuten per dag en op route 6 tussen 18.00 en 19.30 uur van begin februari tot begin maart en van begin oktober tot begin november voor maximaal 10 minuten per dag. De benoemde tijden zijn allen zomertijden, in Figuur 4.3 zijn de tijden aangeduid als wintertijd.

De mate van hinder wordt duidelijk uit Figuur 4.4, waarin te zien is dat bijna alle reflectie op de grens tussen het groene en gele gebied ligt. Alleen route drie heeft volledig gele reflectie. De gebieden waarop geen



**Figuur 4.3:** Totale tijd wanneer schittering wordt waargenomen voor alle routes waarop de automobilist hinder kan ervaren. Op een tijd (wintertijd) en dag waar de figuur geel is zal minimaal één van de gebieden hinderlijke schittering veroorzaken. Links: N322, midden: N329, rechts: Vissert.



Figuur 4.4: Gevaarplots per route van alle gebieden waarop hinderlijke reflectie wordt waargenomen.

reflectie wordt waargenomen zullen niet voor problemen zorgen en daarom zijn alleen de gevaarplots van gebieden waarvandaan reflectie wordt waargenomen op de routes gecombineerd in de figuur. Waar er in Tabel 4.1 rekening is gehouden met filtering door autoruiten en bewolking is dat niet het geval in Figuur 4.2, Figuur 4.3 en Figuur 4.4. Door bewolking en atmosferische verstrooiing (bijvoorbeeld nevel) kan de retinal irradiance afnemen. De mate van hinder zal hierdoor afnemen en verschuiven van geel naar groen. In de praktijk zal er dan ook minder hinderlijke reflectie plaatsvinden dan in deze figuren geschetst is.

### Vrachtwagenchauffeurs

Vrachtwagenchauffeurs zitten hoger dan de gemiddelde automobilist. Het reflectieonderzoek is ook uitgevoerd voor vrachtwagenchauffeurs. De uitgangspunten van het onderzoek zijn niet veranderd, met uitzondering van de ooghoogte. Voor vrachtwagenchauffeurs is uitgegaan van een gemiddelde ooghoogte van 2.50 meter. De totale gecompenseerde reflectietijden in uren per jaar zijn te vinden in Tabel 4.2. Doorgestreepte tijden betekenen dat de vrachtwagenchauffeur geen hinder ondervindt van die reflectie, omdat die reflectie de vrachtwagenchauffeur niet kan bereiken.

Ten opzichte van automobilisten is de reflectie vergelijkbaar, alleen is de totale tijd waarvoor hinder wordt ondervonden groter voor vrachtwagenchauffeurs. De richting en mate van hinder zijn wel vergelijkbaar met hinder die automobilisten ondervinden. Een verschil wat er wel is, is dat er voor de automobilisten op route 6 een gedeelte van de reflectie geblokkeerd wordt door de achterkant van de panelen. Voor vrachtwagenchauffeurs is dit niet het geval, omdat zij een stuk hoger zitten. De resultaten per observatiepunt zijn te vinden in de bijlage. De waarneembare reflectie op route 5 en 6 is voor vrachtwagens minder relevant, omdat er naar verwachting geen tot minimale vrachtrijbeweging plaatsvindt in deze straat.



**Tabel 4.2:** Gecompenseerde groene en gele reflecties voor vrachtwagenchauffeurs in uren per jaar. Doorgestreepte tijden betekent dat de vrachtwagenchauffeur geen hinder ondervindt van de reflectie

Route	Gebied 1-2		Gebied 3-4		Gebied 5-6		Gebied 7	
	Groene reflectie	Gele reflectie	Groene reflectie	Groene reflectie	Gele reflectie	Gele reflectie	Groene reflectie	Gele reflectie
1	0*	11.7	1.3	6.8	2.7	3.8	3.9	0
2	0	3.7	0	0	0	0	0	0
3	0	<del>8.8</del>	0	<del>10.8</del>	0	<del>11.7</del>	0	23.6 <sup>#</sup>
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.1	0.3	0	<del>0.7</del>	0	<del>1.3</del>	0.1	<del>0.5</del>
6	0	<del>1.6</del>	0*	1.7	0	1.4	0	2.2

\*) Op deze routes is er voor deze gebieden in de bijlage wel een aantal minuten per jaar reflectie te zien. In Tabel 4.2 niet, omdat die tijden afgerond en gecompenseerd 0.0 uur per jaar zijn.

#) Op deze routes is er voor deze gebieden minder reflectie zichtbaar, omdat een deel van de reflectie geblokkeerd wordt voor automobilisten.

## Omwonenden

Het reflectieonderzoek is ook uitgevoerd voor een aantal omwonenden. De observatiepunten voor de omwonenden zijn gekozen nabij de woning. De uitgangspunten van het onderzoek zijn niet veranderd, met uitzondering van de ooghoogte. Voor de omwonenden is uitgegaan van een gemiddelde ooghoogte van 1.70 meter. De resultaten van het reflectieonderzoek: de reflectietijden in uren per jaar die wel gecompenseerd zijn voor bewolking, kunnen gevonden worden in Tabel 4.3. Doorgestreepte tijden betekenen dat de omwonenden geen hinder ondervinden van die reflectie, omdat die reflectie de omwonenden niet kan bereiken.

**Tabel 4.3:** Gecompenseerde groene en gele reflecties voor omwonenden in uren per jaar. Doorgestreepte tijden betekent dat de omwonenden geen hinder ondervindt van de reflectie

Observatie punt	Gebied 1-2		Gebied 3-4		Gebied 5-6		Gebied 7	
	Groene reflectie	Gele reflectie	Groene reflectie	Groene reflectie	Gele reflectie	Gele reflectie	Groene reflectie	Gele reflectie
1	0*	<del>10.1</del>	0	<del>8.3</del>	0	<del>4.1</del>	0	0
2	0	12.3	0	6.8	0	0	0	0
3	0	0	9	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0.1	0	0	0
5	0.2	1	0.2	1.7	0	2.4	0	8.6

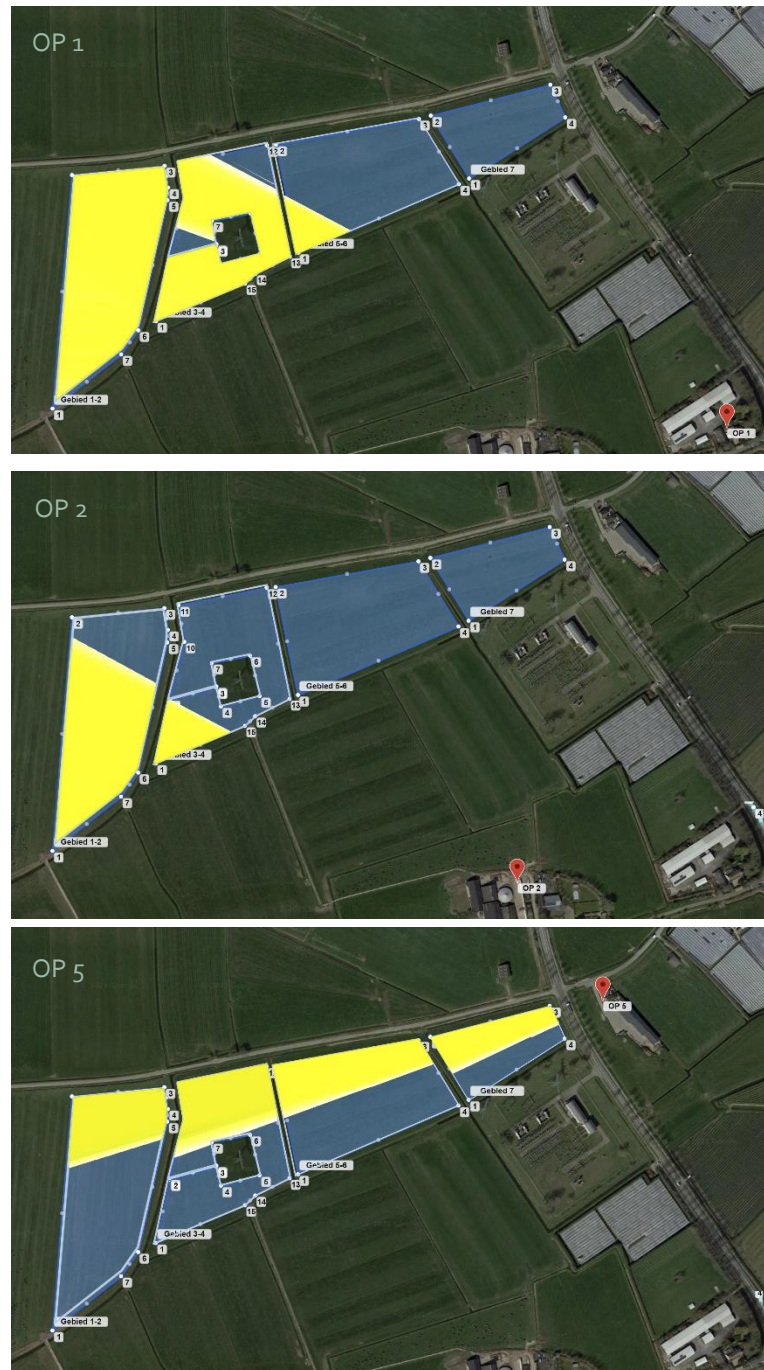
\*) Op deze routes is er voor deze gebieden in de bijlage wel een aantal minuten per jaar reflectie te zien. In Tabel 4.3 niet, omdat die tijden afgerond en gecompenseerd 0.0 uur per jaar zijn.

Op observatiepunt 3 (Veldstraat 7) is er geen reflectie zichtbaar, en op observatiepunt 4 (Vissert 5) is er geen hinderlijke reflectie zichtbaar. Op de overige observatiepunten is er wel hinder te ondervinden van de reflectie. Hinder voor omwonenden is een relatief begrip. Hinder is wel hetzelfde gedefinieerd voor verkeer, alleen kunnen omwonenden de hinder makkelijker vermijden. Verkeer wordt door de rijrichting gedwongen richting

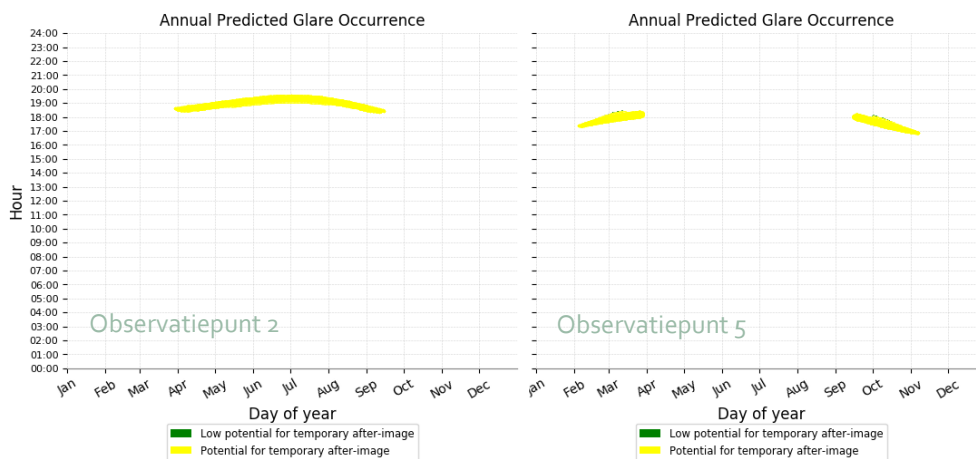
de panelen te kijken, omwonenden moeten op moment van de hinderlijke reflectie net door het raam kijken of buiten zijn met vrij zicht op het zonnepark. De bron van de reflectie van de gebieden die hinder veroorzaken op de 3 observatiepunten (observatiepunt 1: Veldstraat 1, observatiepunt 2: Veldstraat 3/5 en observatiepunt 5: Oude Koningstraat 10) kunnen gevonden worden in Figuur 4.5.

De reflectie is berekend alsof er geen obstakels tussen het observatiepunt en het zonnepark staan. Deze staan er wel. Zo wordt de reflectie op observatiepunt 1 volledig geblokkeerd door het gebouw op de achterkant van de kavel. Vanuit dit gebouw wordt de reflectie weer geblokkeerd door de bomenrij die hier achter staat. Observatiepunt 2 is tussen Veldstraat 3 en 5 in geplaatst. Vanuit de woning Veldstraat 3 wordt de reflectie volledig geblokkeerd door de schuur noordwest van de woning en de door de gebouwen van Veldstraat 5. Vanuit de achtertuin is er ook geen reflectie te zien. Vanaf de woning Veldstraat 5 blokkeert alleen de beplanting uit de eigen tuin de reflectie. Vanaf observatiepunt 5 wordt maar weinig geblokkeerd. Daar waar de panelen zichtbaar zijn zal ook reflectie te zien zijn.

De totale tijd van hinderlijke schittering voor observatiepunt 2 en 5 zijn weergegeven in Figuur 4.6. Hierin zijn alle gebieden waarvan omwonenden hinder ervaren door de reflectie gecombineerd. Observatiepunt 1 is niet meegenomen in de figuur, omdat hier alle reflectie geblokkeerd zal worden. Op observatiepunt 2 is tussen 19.30 uur en 20.30 uur van begin april tot half september hinderlijke schittering waar te nemen. Op observatiepunt 5 is dit tussen 18.00 en 19.30 uur tussen begin februari en eind maart en tussen half september



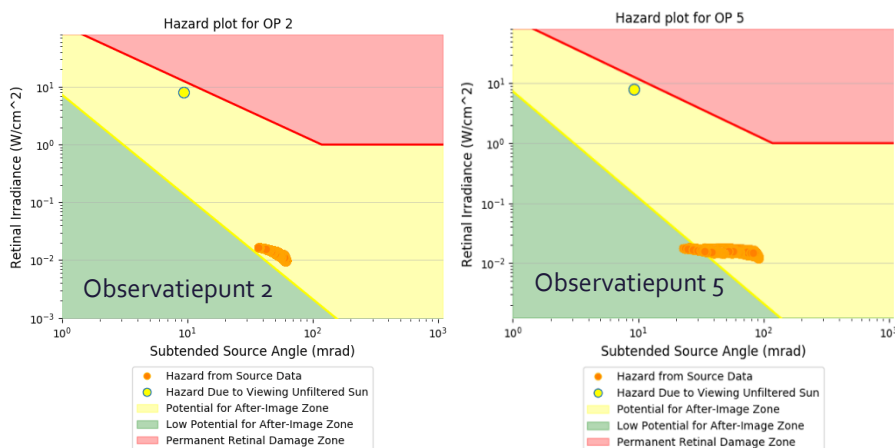
**Figuur 4.5:** Schitterende delen van de zonnepanelen, zichtbaar vanaf de verschillende routes en de plekken op de route waar de reflectie tot hinder leidt. Hoe geler de kleur, hoe meer reflectie.



**Figuur 4.6:** Totale tijd wanneer schittering wordt waargenomen voor alle observatiepunten. Op een tijd (wintertijd) en dag waar de figuur geel is zal minimaal één van de gebieden hinderlijke schittering veroorzaken. Links: observatiepunt 2, rechts: observatiepunt 5.

en begin november. Op beide observatiepunten is de maximale duur van de schittering 20 minuten per dag. De benoemde tijden zijn allen zomertijden, in Figuur 4.6 zijn de tijden aangeduid als wintertijd.

De mate van hinder wordt duidelijk uit Figuur 4.7, waarin te zien is dat bijna alle reflectie in het gele gebied ligt. De gebieden waarop geen reflectie wordt waargenomen zullen niet voor problemen zorgen en daarom zijn alleen de gevaarplots van gebieden waarvandaan reflectie wordt waargenomen op de observatiepunten gecombineerd in de figuur. Waar er in Tabel 4.3 rekening is gehouden met bewolking is dat niet het geval in Figuur 4.5, Figuur 4.6 en Figuur 4.7. Door bewolking en atmosferische verstrooiing (bijvoorbeeld nevel) kan de retinal irradiance afnemen. De mate van hinder zal hierdoor afnemen en verschuiven van geel naar groen. In de praktijk zal er dan ook minder hinderlijke reflectie plaatsvinden dan in deze figuren geschetst is.



**Figuur 4.7:** Gevaarplots per observatiepunt van alle gebieden waarop hinderlijke reflectie wordt waargenomen.

## Huidige inpassingsplan

Zoals eerder geschreven zijn obstakels als bomen en beplanting niet meegenomen in de berekeningen. In het inpassingsplan is hier wel rekening mee gehouden. Rondom het hele zonnepark worden struweelhagen en struweelsingels aangeplant. Deze worden niet hoger dan 2 meter boven maaiveld. Hierdoor blijft het open

landschap behouden. Omdat de wegen en woningen hoger liggen dan het maaiveld van het zonnepark zullen de panelen zichtbaar blijven. Automobilisten en omwonenden zullen de panelen niet kunnen zien, vrachtwagenchauffeurs zullen in sommige gevallen over de struweel heen kunnen kijken en hierdoor de panelen wel kunnen zien. Voor automobilisten en omwonenden zal de reflectie voldoende geblokkeerd worden om niet meer hinderlijk te zijn. Afhankelijk van de afstand van de vrachtwagenchauffeur tot de haag en de maximale afstand tot de panelen heeft de struweel een bepaalde hoogte nodig om de panelen volledig te blokkeren. Verschillende posities van de vrachtwagenchauffeurs zijn hiervoor doorgerekend en te vinden in Tabel 4.4. Uitgangspunt voor de routes zijn altijd het begin waar de reflectie zichtbaar wordt tot de maximale afstand naar de panelen van elk gebied dat de hinderlijke reflectie veroorzaakt. Het tweede uitgangspunt is in geval van route 2 het einde waar de reflectie stopt en in geval van route 1 en 3 is dit punt halverwege gekozen. Het einde is hier namelijk niet relevant omdat op het einde van de reflectie de panelen buiten het beoordelingsveld vallen. De maximale afstand tot de panelen is daar bijna gelijk aan de afstand tot de struweel en daarom niet interessant om door te rekenen. De struweel is hoger dan de panelen, waardoor de panelen vanuit dat oogpunt niet meer te zien zijn en er dus ook geen reflectie te zien is. Afbeeldingen van de berekende afstanden en hoogtes kunnen gevonden worden in de Bijlage 2.

**Tabel 4.4:** Benodigde struweelhoogtes om de zichtbare hinderlijke reflectie voor vrachtwagenchauffeurs volledig te blokkeren

Nr	Omschrijving	Afstand tot struweel (m)	Maximale afstand panelen (m)	Hoogte struweel (m)
1	Route 1, begin reflectie tot gebied 1-2	615	770	1.88
2	Route 1, begin reflectie tot gebied 3-4	780	900	1.85
3	Route 1, begin reflectie tot gebied 5-6	780	1100	2.15
4	Route 1, halverwege reflectie tot gebied 1-2	465	555	1.91
5	Route 1, halverwege reflectie tot gebied 3-4	640	805	1.99
6	Route 1, halverwege reflectie tot gebied 5-6	650	1040	2.31
7	Route 2, begin reflectie tot gebied 1-2	940	1070	1.83
8	Route 2, eind reflectie tot gebied 1-2	825	940	1.83
9	Route 3, begin zichtbare reflectie tot gebied 7	65	215	3.00
10	Route 3, halverwege reflectie tot gebied 7	25	95	3.07

Uit Tabel 4.4 blijkt dat struweelbeplanting van 2 meter hoog voldoende hoog is voor de vrachtwagenchauffeurs om de reflectie te blokkeren op route 1 en route 2. Voor gebied 5-6 is de berekende struweelhoogte weliswaar hoger dan 2 meter, maar zoals eerder geconcludeerd zal het gebied niet tot hinder leiden. Op route 3 blijft er wel reflectie zichtbaar. Op het eerste deel van de route waarop hinderlijke reflectie zichtbaar blijft, zal deze geblokkeerd worden door de struweel en de bomen ten noordwesten van het onderstation. Deze bomen zijn lager opgekrond dan langs de weg. De combinatie van struweel en de bomen zullen er samen met atmosferische effecten en filtering door autoruiten voor zorgen dat de *retinal irradiance* afneemt. Hierdoor zal de reflectie vermoedelijk niet meer in het gele gebied liggen maar in het groene. Het deel van de route langs het zonnepark, waar ook hinderlijke reflectie wordt waargenomen, zal de richtlijnen niet overschrijden. De richtlijn voor maximale duur van de verblinding is namelijk 1.8 seconden bij 80 km/h. In die tijd kan er 40 meter afgelegd worden. Het deel op de route waarop nog hinderlijke reflectie zichtbaar blijft is korter en blijft dus binnen de richtlijnen.

## 5 Conclusie

---

Door het inpassingsplan zullen zowel omwonenden als automobilisten op de onderzochte routes en observatiepunten geen hinder ondervinden van de reflectie. Vrachtwagenchauffeurs zullen alleen op route 3, ter hoogte van het zonnepark, hinder ondervinden van de reflectie. Dit blijft echter binnen de richtlijnen van een maximale verblindingstijd van 1.8 seconde bij 80 km/h.

Geadviseerd wordt om het inrichtingsplan uit te voeren zoals gecommuniceerd. Zonder het inrichtingsplan ontstaat er wel hinder die niet wenselijk is voor de verkeersveiligheid en woonbeleving.

## 6 Referenties

---

- FAA. (2018). *Technical Guidance for Evaluating Selected Solar Technologies on Airports*. Washington.
- ForgeSolar. (2020). *Module Reflectance Profiles*, Release 2020.04. Opgeroepen op 10 mei, 2020, van ForgeSolar Help: <https://www.forgesolar.com/help/#reflectivity>
- ForgeSolar. (2021). *Route Parameters*. Opgeroepen op 7 april, 2021, van ForgeSolar Help: <https://www.forgesolar.com/help/#route>
- Slana, J. (2018). *Solar Glare Catalogue Development For Solar Photovoltaic Project Proposals*. Calgary, AB: University of Calgary.
- Spaven Consulting. (2011). *Solar Photovoltaic energy facilities: assessment of potential for impact on aviation*. Report No.10/344/RPS/1.
- SWOV. (2014). *Maatgevende normen in de Nederlandse richtlijnen voor wegontwerp*. p73: SWOV R-2014-38.
- TNO. (2016). *Lichthinder zonreflectie voor weggebruikers – ontwikkeling beoordelingsmethode op basis van disability glare*. TNO 2016 R10690.

# 7 Bijlagen

## Bijlage 1 – modelresultaten reflectieonderzoek:

In de bijlage zijn de modeluitkomsten van het reflectieonderzoek bijgevoegd als afzonderlijke pdfs. In deze PDF rapporten is niet gecompenseerd voor de situatie met een wolkendek. Er wordt dus overal uitgegaan van perfecte – dat wil zeggen zonnige en heldere - condities voor reflectie. In de praktijk zullen bewolking en atmosferische verstrooiing zorgen voor minder schittering.

- ForgeSolar Glare Report – auto.pdf
- ForgeSolar Glare Report – vrachtwagen.pdf
- ForgeSolar Glare Report – omwonenden.pdf

## Bijlage 2 – geïllustreerde afstanden met betrekking tot het inpassingsplan en struweelhoogte:

Alle figuren zijn bewerkingen op Figuur 4.2. maaiveldhoogtes van de struweel en de panelen zijn 5.6m + NAP. Hoogtes van de routes zijn: Route 1: 6.6 m+ NAP, Route 2: 6.6 m + NAP, Route 3: 6.7m +NAP. Links bovenin is het nummer te vinden dat correspondeert met het nummer uit Tabel 4.4. De relevante hagen zijn groen gekleurd, de gebruikte afstanden oranje.

