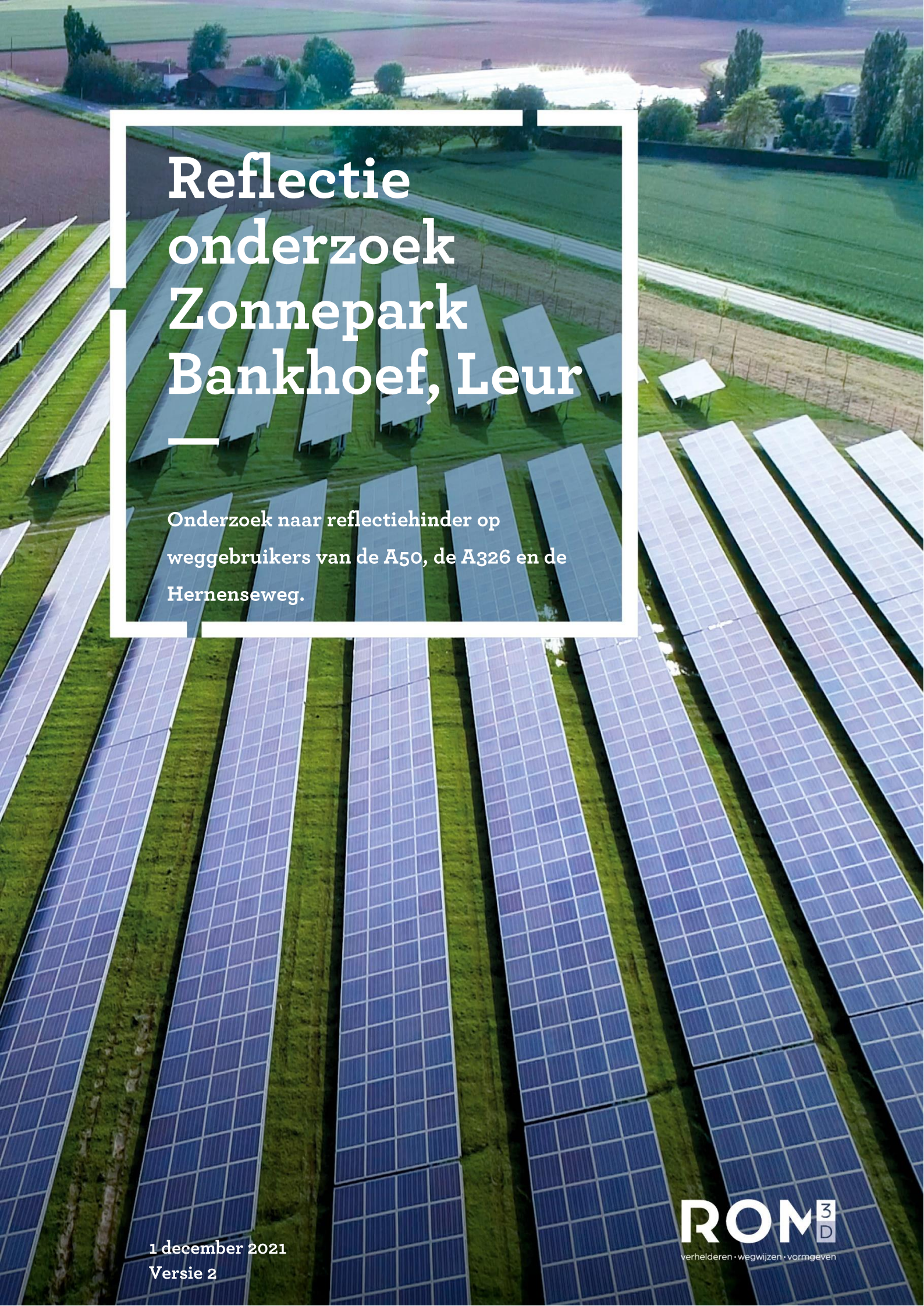




Reflectie onderzoek Zonnepark Bankhoef, Leur

Onderzoek naar reflectiehinder op
weggebruikers van de A50, de A326 en de
Hernenseweg.

1 december 2021
Versie 2

ROM^{3D}
verhelderen · wegwijzen · vormgeven

Reflectie onderzoek Zonnepark Bankhoef, Leur

Onderzoek naar reflectiehinder op
weggebruikers van de A50, de A326 en de
Hernenseweg.

Opdrachtgever:

Pure Energie en Energiecoöperatie Leur e.o.



Uitgevoerd door:

ROM₃D



1 december 2021

Versie 2:

Aanvulling, met betrekking tot een gewijzigde opstelling, op het
reflectieonderzoek van 15 april 2021

Inhoud

1	Introductie	4
2	Beleid, regelgeving en kaders inzake reflectie	5
2.1	Lichtreflectie	5
2.2	Verblinding	5
3	Methode van onderzoek	6
3.1	ForgeSolar Tool	6
	Werking van de ForgeSolar tool	6
	Reflectieprofielen	7
	Wat betekenen de resultaten van de tool	8
4	Resultaten	10
4.1	Uitgangspunten	10
4.2	Uitkomst reflectieonderzoek	12
	Vrachtwagenchauffeurs	14
	Huidige inpassingsplan	14
4.3	Aanvullend onderzoek	15
5	Conclusie	18
6	Referenties	19
7	Bijlagen	20
	Bijlage 1 – modelresultaten reflectieonderzoek:	20

1 Introductie

Pure Energie en Energiecoöperatie Leur e.o. hebben plannen voor een zonnepark langs de A50, op perceel BHR02 - D - 171, 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 de A50, de A326 en de Hernenseweg. In de voorliggende rapportage wordt hierop ingegaan. Het te realiseren zonnepark is omsloten door de A50 in het westen, De Bankhoeve in het zuiden, de Groenestraat en Papenstraatje in het oosten en de Hernenseweg 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 Bankhoeve, rechts: de locatie van het zonnepark aangeduid met de ster. Bron: Google Earth / Pure Energie en Energiecoöperatie Leur e.o.

2 Beleid, regelgeving en kaders inzake reflectie

Voor hinder ten gevolge van reflectie bestaat géén specifiek beleid of regelgeving. 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.

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). 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 condities¹, 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).

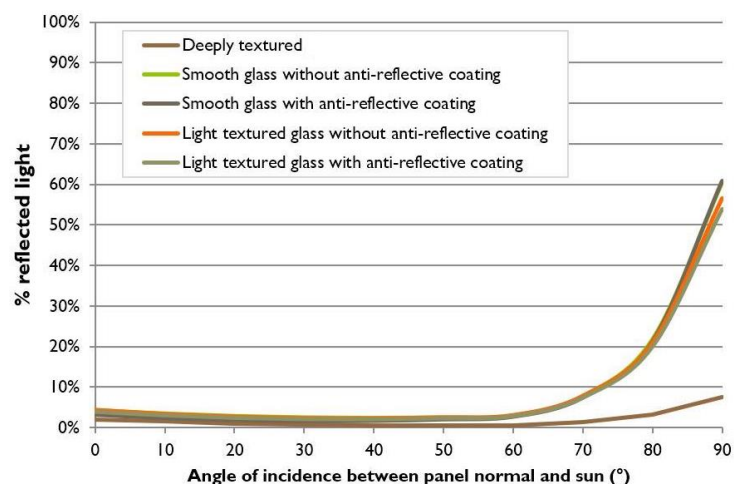
Reflectieprofielen²

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).

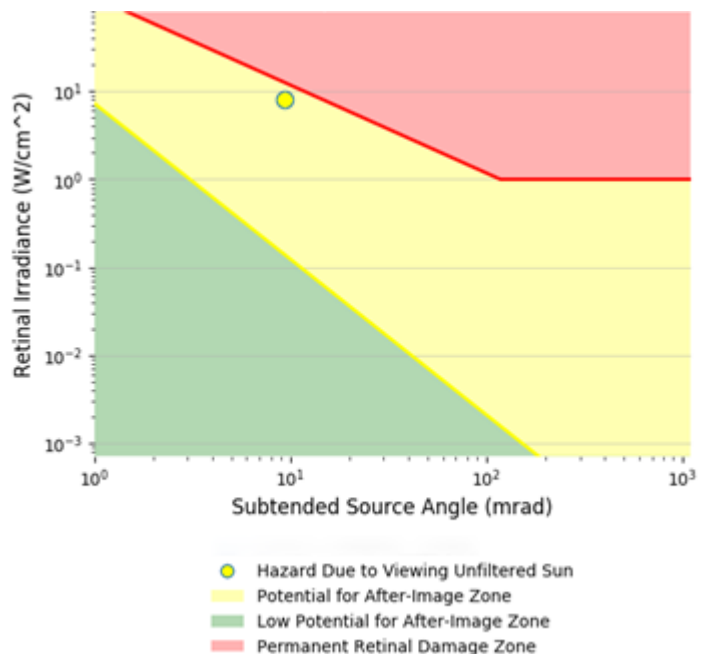
¹ Perfecte condities: Geen atmosferische blokkade van zon instraling door bijvoorbeeld atmosferische verstrooiing (bijvoorbeeld smog) of wolken en geen tussenobjecten die reflectie of straling kunnen blokkeren zoals gebouwen of beplanting.

² Bron voor deze hele sectie: 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). Dit betekent dat als de lichtbron sterker wordt, maar een kleine (punt) lichtbron wordt waargenomen, de kans op nabeelden in het oog kan ontstaan. Dit gebeurt bij ongeveer 10 W/cm^2 en dan is een lichtbron zo sterk als de zon. Naarmate de lichtbron groter wordt in het gezichtsveld en een hoek heeft van 144 graden is de kans op nabeelden bij een zwakke lichtbron ($< 0.001 \text{ W/cm}^2$) aanwezig (omslag naar geel).

Schade aan het oog ontstaat als de lichtbron sterker is dan de zon (10 W/cm^2) of de hoek in het gezichtsveld groter is dan van de zon (3,6 graden). 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, de oranje stippen duiden het gevaar/risico van observatiepunt 1 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.

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 Bankhoef, Leur is uitgegaan van de volgende eigenschappen:

— Gemiddelde hoogte panelen ³ :	1.3 meter ⁴
— Hellingshoek panelen:	15°
— Meedraaiend met de zon:	Nee
— Oriëntatie panelen:	192°
— Panelen materiaal:	Smooth glass
○ Bijbehorende 'slope error' ⁵ :	Correleert met materiaal ⁶
○ Anti-reflectiecoating (ARC):	Ja
— Ooghoogte automobilist:	1.20 meter ^{7,8}
— Ooghoogte vrachtwagenchauffeur:	2.50 meter ⁸
— Kijkhoek weggebruiker voor routes ⁹ :	50°
— Tijdzone:	UTC +1 (wintertijd)

De reflecties zijn berekend voor 4 routes, zie hiervoor ook Figuur 4.1.

1. Groene route: A326 (*rijrichting west*) en de verbindingsboog naar de A50 (*rijrichting noord*)
2. Roze route: A50 (*rijrichting noord*)
3. Oranje route: A50 (*rijrichting zuid*) en A326 (*richting oost*)
4. Blauwe route: Hernenseweg (*twee rijrichtingen*)

De gemiddelde hoogte van de ondergrond waar de tafels met panelen op staan is bepaald met het AHN₃ (Actueel Hoogtebestand Nederland, www.ahn.nl). Hieruit is gebleken dat de ondergrond onder de tafels gemiddeld 6.7m boven NAP ligt. De hoogtes van de routes kunnen gevonden worden in de bijlage.

³ Boven topografische hoogte van het maaiveld gemeten via het AHN.

⁴ Gemiddelde hoogte van de hellende panelen. Voor de berekeningen is deze hoogte voor de zonnepanelen gebruikt..

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

⁶ Voor meer informatie zie achtergronddocumentatie op de website van de tool (www.forgesolar.com)

⁷ Zelfde hoogte als referentiehoogte automobilist in TNO onderzoek (TNO, 2016).

⁸ Referentie hoogtes van weggebruikers genoemd in Tabel 17 (SWOV, 2014)

⁹ 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).



Figuur 4.1: Ingetekende zonnepark (transparant blauwe vlak) met daarbij de routes waarvoor de reflectie berekend wordt. Ter verduidelijking van de figuur is de achtergrond iets verbleekt.

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.

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.

Tabel 4.1: Gecompenseerde groene en gele reflecties voor automobilisten op de routes in uren per jaar.

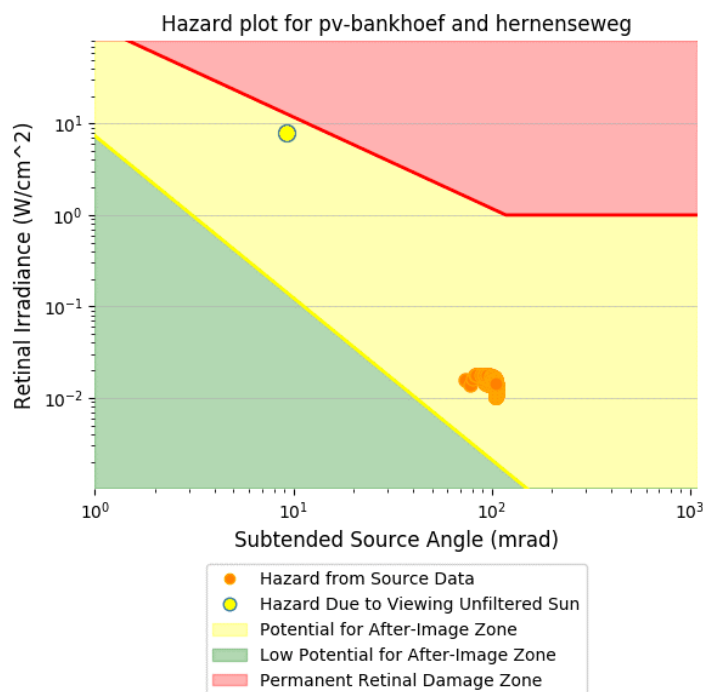
Route	Groene reflectie	Gele reflectie
Groen	0	0
Roze	0	0
Oranje	0	0
Blauw	0	12.9

Zoals te zien is ondervinden automobilisten, alleen op de blauwe route, de Hernenseweg, hinder van de reflectie. Alleen op deze route wordt gele, maskerende, reflectie waargenomen. Dit wordt ook duidelijk uit Figuur 4.2. Deze figuur laat de oorsprong zien van 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. Onderzoek heeft uitgewezen dat reflectie zichtbaar buiten dit beoordelingsveld geen impact heeft op de ontvanger (ForgeSolar, 2021). Dit zal daardoor niet tot hinderende verblinding leiden.

De hinder zal voornamelijk in noordelijke rijrichting te ondervinden zijn. In zuidelijke rijrichting bevindt de bron van de reflectie zich namelijk achter de automobilist en deze zal daardoor buiten het beoordelingsveld vallen.



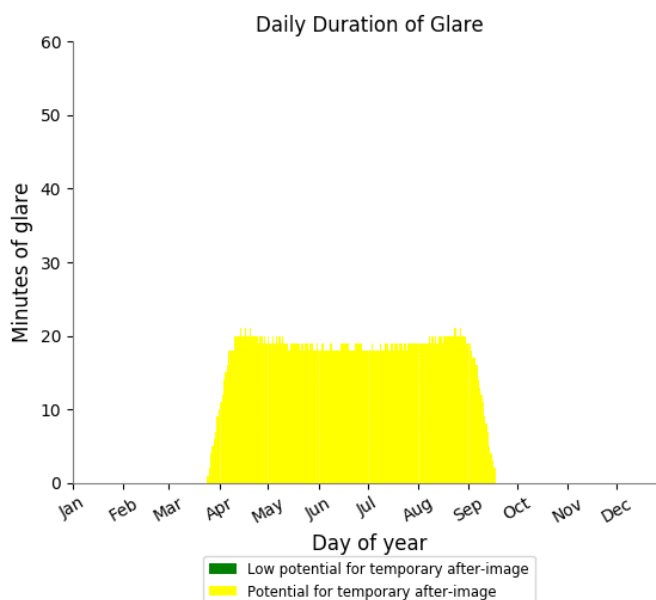
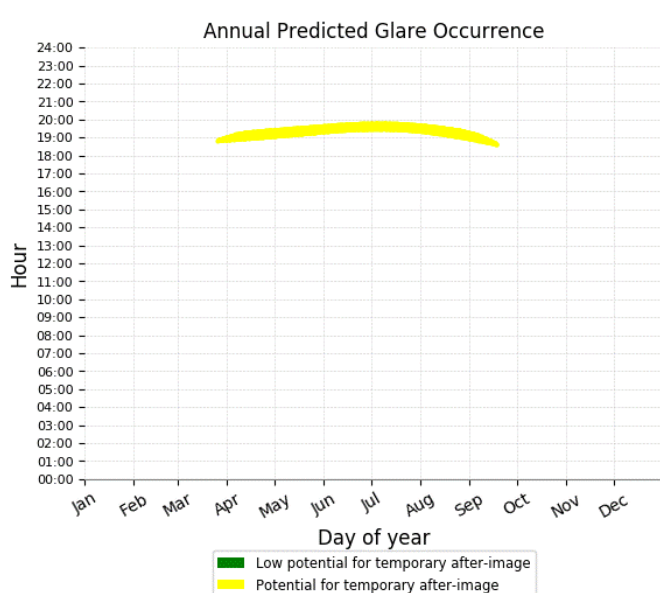
Figuur 4.2: Schitterende delen van de zonnepanelen, zichtbaar vanaf de Hernenseweg en de plekken op de route waar de reflectie tot hinder leidt. Hoe geler de kleur, hoe meer reflectie.



Figuur 4.3: Gevaarplots van de route op de Hernenseweg

De mate van hinder wordt ook duidelijk uit Figuur 4.3, waarin te zien is dat alle reflectie in het gele gebied ligt.

De richtlijnen qua reflectie voor verkeer zijn gericht op verkeer op snelwegen. In de geschetste situatie is hier geen sprake van. Desalniettemin is er wel sprake van enige tijd waarop de reflectie te zien zal kunnen zijn. Naar de hele blauwe route gekeken is er in totaal zo'n 20 minuten per dag sprake van reflectiehinder. De totale tijd van hinderlijke schittering op deze route is weergegeven in Figuur 4.4. Links is het tijdstip en dag van de hinderlijke reflectie weergegeven en rechts de totale duur per dag. Hierin is te zien dat van eind maart tot halverwege september hinderlijke reflectie waar te nemen zal zijn, 's avonds tussen 19.30 en 21.00 uur (zomertijd).



Figuur 4.4: Totale tijd wanneer schittering wordt waargenomen op de blauwe route. Links het tijdstip, rechts de totale duur. Op een tijd (wintertijd) en dag waar de figuur geel is zal hinderlijke schittering worden waargenomen.

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 instraling op het oog afnemen (*retinal irradiance* - de verticale as van Figuur 4.3). De mate van hinder zal hierdoor afnemen en verschuiven van geel richting 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 voor 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.

Tabel 4.2: Gecompenseerde groene en gele reflecties voor vrachtwagenchauffeurs in uren per jaar.

Route	Groene reflectie	Gele reflectie
Groen	0	0
Roze	0	0
Oranje	0	0
Blauw	0	17.3

Ten opzichte van automobilisten is de reflectie vergelijkbaar, alleen is de totale tijd waarvoor hinder wordt ondervonden groter voor vrachtwagenchauffeurs. Voor vrachtwagenchauffeurs kan hetzelfde geconcludeerd worden als voor automobilisten. De modeluitkomsten zijn te vinden in de bijlage.

Huidige inpassingsplan

Zoals eerder geschreven zijn obstakels als bomen en beplanting niet meegenomen in de berekeningen. In het inpassingsplan zijn deze wel opgenomen. Langs de blauwe route waar hinderlijke reflectie is waar te nemen zijn nieuwe bomen opgenomen in het inpassingsplan tussen de Hernenseweg en het zonnepark. Ook staan hier gedeeltelijk al bomen, langs de Groenestraat. De huidige beplanting is echter niet voldoende om de hinderlijke reflectie te blokkeren, zie hiervoor ook het Google Streetview screenshot in Figuur 4.5. Van deze screenshot is af te leiden dat alleen bomen niet voldoende zijn. In het inpassingsplan (*Landschappelijke inpassingsschets zonnepark Bankhoef_01-04-2021.pdf*) is in paragraaf 7.4 beschreven dat er ook struweel wordt aangeplant onder de nieuwe bomenrijen aan de noordoostkant van het zonnepark. De bladeren en takken zullen naar verwachting de reflectie of volledig blokkeren, of sterk verminderen waardoor de reflectie niet meer tot hinder zal leiden.

Dit laatste gebeurt als de instraling op het oog dermate afneemt dat de 'oranje vlek' in Figuur 4.3, naar beneden schuift naar het groene gebied. Dit geldt ook voor de haag die rondom het park wordt aangeplant, en dus ook onder de bestaande bomenrij komt. Door de haag zal reflectie die onder de kronen van de bomen door kan komen niet leiden tot hinder. De



Figuur 4.5: Screenshot uit Google Streetview van de bestaande beplanting, met daarachter een van de percelen waar het zonnepark gepland is.

haag moet dan wel voldoende hoog zijn om de reflectie te blokkeren. De Hernenseweg ligt ongeveer een meter hoger dan het maaiveld (bepaald met het AHN₃). Om het zicht op het zonnepark voor automobilisten te blokkeren moet de hoogte van de haag dus ongeveer 1.2 (ooghoogte) + 1 (verschil maaiveld en weg) = 2.2 m boven maaiveld zijn. Voor vrachtwagens is dit 1.3m hoger (verschil ooghoogte automobilist en vrachtwagenchauffeur), dus ongeveer 3.5 meter boven maaiveld. Als de bestuurder het zonnepark niet kan zien dan kan hij/zij ook de reflectie niet zien. Geadviseerd wordt dan ook om de haag op dit stuk hoger te laten groeien dan beschreven in het inpassingsplan en niet terug te snoeien naar 50cm of om de haag hier te vervangen voor struweel.

4.3 AANVULLEND ONDERZOEK

Als gevolg van landschappelijke eisen is één en ander aangepast, waaronder de opstelling. Voor het uitgevoerde reflectieonderzoek is van belang dat de helling van de panelen is gewijzigd naar 10°. Om die reden is aanvullend onderzoek gedaan.

De resultaten van het aanvullende reflectieonderzoek: de reflectietijden in uren per jaar die wel gecompenseerd zijn voor bewolking en filtering door autoruiten, kunnen in Tabel 4.3 gevonden worden.

Tabel 4.3: Gecompenseerde groene en gele reflecties voor automobilisten op de routes in uren per jaar.

Route	Automobilisten		Vrachtwagenchauffeurs	
	Groene reflectie	Gele reflectie	Groene reflectie	Gele reflectie
Groen	0	0	0	0
Roze	0	0	0	0
Oranje	0	0	0	0
Blauw	0	15.4	0	20.3

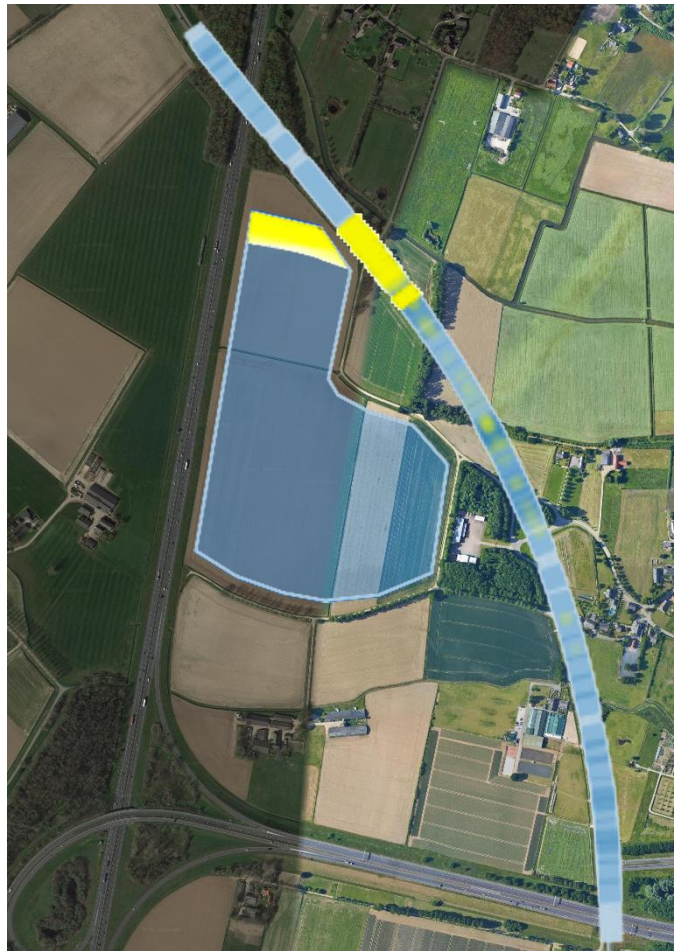
Zowel automobilisten als vrachtwagenchauffeurs ondervinden door het wijzigen van de opstelling een aantal uur per jaar meer hinder van de reflectie. Ten opzichte van automobilisten is de reflectie voor vrachtwagenchauffeurs vergelijkbaar, alleen is de totale tijd waarvoor hinder wordt ondervonden groter voor vrachtwagenchauffeurs. De resultaten voor automobilisten zijn hieronder uitgewerkt. Voor vrachtwagenchauffeurs kan hetzelfde geconcludeerd worden als voor automobilisten. De modeluitkomsten van zowel de automobilisten als de vrachtwagenchauffeurs zijn te vinden in de bijlage.

Zoals te zien is ondervinden weggebruikers, alleen op de blauwe route, de Hernenseweg, hinder van de reflectie. Alleen op deze route wordt gele, maskerende, reflectie waargenomen. Dit wordt ook duidelijk uit Figuur 4.6. Deze figuur laat de oorsprong zien van waar op de route schittering is waar te nemen door automobilisten 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. Onderzoek heeft uitgewezen dat reflectie zichtbaar buiten dit beoordelingsveld geen impact heeft op de ontvanger (ForgeSolar, 2021). Dit zal daardoor niet tot hinderende verblinding leiden. Ten opzichte van een hellingshoek van 15° resulteert een hellingshoek van 10° in een iets kleiner hinder veroorzakende oppervlakte.

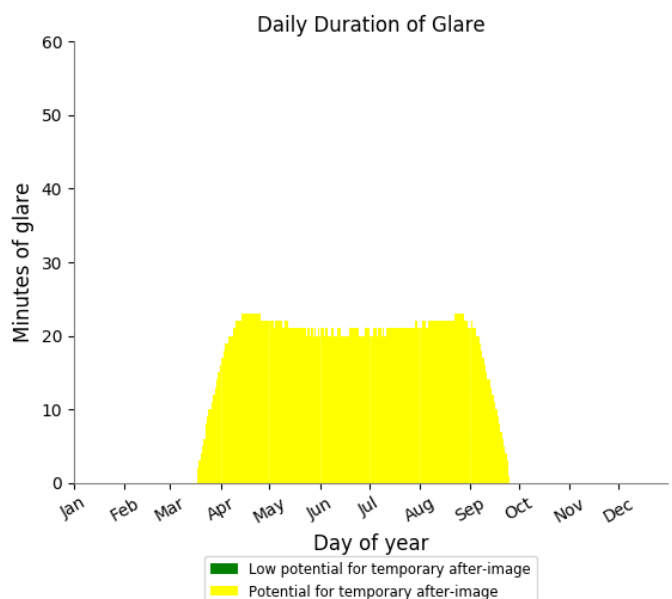
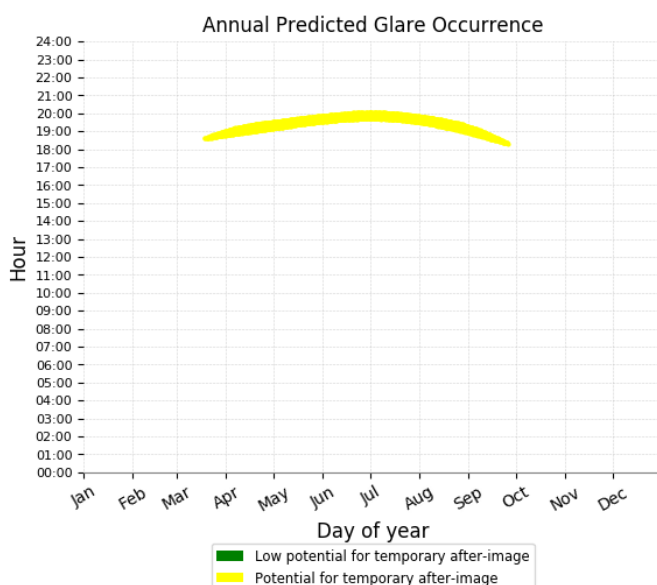
De hinder zal voornamelijk in noordelijke rijrichting te ondervinden zijn. In zuidelijke rijrichting bevindt de bron van de reflectie zich namelijk achter de automobilist en deze zal daardoor buiten het beoordelingsveld vallen.

De mate van hinder is vergelijkbaar met de mate van hinder bij een hellingshoek van 15° . Deze is te vinden in Figuur 4.3.

De richtlijnen qua reflectie voor verkeer zijn gericht op verkeer op snelwegen. In de geschetste situatie is hier geen sprake van. Desalniettemin is er wel sprake van enige tijd waarop de reflectie te zien zal kunnen zijn. Naar de hele blauwe route gekeken is er in totaal zo'n 20 tot 25 minuten per dag sprake van reflectiehinder. De totale tijd van hinderlijke schittering op deze route is weergegeven in Figuur 4.7. Links is het tijdstip en dag van de hinderlijke reflectie weergegeven en rechts de totale duur per dag. Hierin is te zien dat van half maart tot eind september hinderlijke reflectie waar te nemen zal zijn, 's avonds tussen 19.30 en 21.15 uur (zomertijd). Ten opzichte van de situatie bij



Figuur 4.6: Schitterende delen van de zonnepanelen, zichtbaar voor automobilisten vanaf de Hernenseweg en de plekken op de route waar de reflectie tot hinder leidt. Hoe yellere de kleur, hoe meer reflectie.



Figuur 4.7: Totale tijd wanneer schittering wordt waargenomen op de blauwe route. Links het tijdstip, rechts de totale duur. Op een tijd (wintertijd) en dag waar de figuur geel is zal hinderlijke schittering worden waargenomen.

een hellingshoek van 15° is de hinder van reflectie een halve maand eerder en een halve maand langer waar te nemen. In de zomermaanden begint de hinder iets later op de avond en houdt deze ook iets langer aan. Per dag is er gemiddeld ongeveer 5 minuten langer sprake van hinder.

Ook in het aanvullende onderzoek geldt dat waar er in Tabel 4.3 rekening is gehouden met filtering door autoruiten en bewolking, dat dat niet het geval is in Figuur 4.6 en Figuur 4.7. Door bewolking en atmosferische verstrooiing (bijvoorbeeld nevel) kan de instraling op het oog afnemen (*retinal irradiance* - de verticale as van Figuur 4.3). De mate van hinder zal hierdoor afnemen en verschuiven van geel richting groen. In de praktijk zal er dan ook minder hinderlijke reflectie plaatsvinden dan in deze figuren geschetst is. Omdat de reflectie vergelijkbaar is met een hellingshoek van 15° veranderd het gegeven advies met betrekking tot het inrichtingsplan niet.

5 Conclusie

Alleen op de Hernenseweg wordt hinderlijke reflectie ondervonden bij de keuze voor glad glas met anti-reflectiecoating, voornamelijk in noordelijke rijrichting. Wenselijk voor de verkeersveiligheid is dat alle reflectie in het groene bereik van de modeluitkomsten ligt, of dat er geen reflectie wordt waargenomen. Dit is **wel** het geval voor de snelwegen A50 en A326, maar **niet** het geval voor de Hernenseweg.

Met een hellingshoek van 10° zal, zonder rekening te houden met het inpassingsplan, het verkeer op de Hernenseweg 's avonds tussen 19.30 en 21.15 uur (zomertijd) van half maart tot eind september hinder ondervinden van reflectie afkomstig van zonnepark Bankhoef. Als het inpassingsplan uitgevoerd wordt is de verwachting dat de reflectie niet tot hinder zal leiden voor het verkeer, omdat de reflectie dan geblokkeerd zal worden .

6 Referenties

- 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>
- 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

In de bijlage zijn de modeluitkomsten van het reflectieonderzoek bijgevoegd. Deze zijn bijgevoegd als afzonderlijke pdf. 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.

Bijlage 1 – modelresultaten reflectieonderzoek:

- ForgeSolar Glare Report – automobilisten.pdf
- ForgeSolar Glare Report – vrachtwagenchauffeurs.pdf
- Aanvullend ForgeSolar Glare Report – automobilisten.pdf
- Aanvullend ForgeSolar Glare Report – vrachtwagenchauffeurs.pdf