



Reflecteren of absorberen

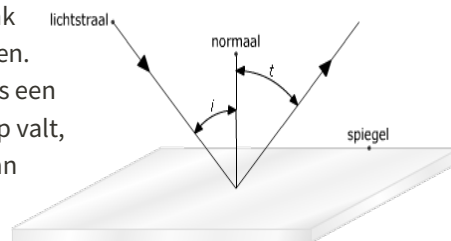
De wetenschap laat er geen twijfel over bestaan: als we niet snel handelen erven onze kinderen een heel groot probleem. Een groot deel van de oplossing ligt in het zo snel mogelijk stoppen met verbranden van fossiele brandstof. Energie blijft noodzaak, maar die kunnen en zullen we op andere manieren moeten opwekken. Duidelijk dat zon en wind (de komende decennia) goede oplossingen vormen en aldus urgent moeten worden ingezet!

Hoewel vrijwel iedereen in redelijke mate hiervan overtuigd is, lijkt de bereidheid om een zonnepark in eigen omgeving te accepteren niet groot (NIMBY). De vrees voor verandering en mogelijke nadelen wordt gevoed door onbekendheid en gewenning lijkt op voorhand erg moeilijk in te schatten.

Het is aldus belangrijk om zuiver te hebben wat daadwerkelijk hinder zou kunnen veroorzaken. Reflectie wordt vaak genoemd, maar doet dat eigenlijk niet en dat aantonen en uitleggen is cruciaal. Daar is dit document voor bedoeld. Hoewel de achtergronden tot op academisch niveau uiteengezet kunnen worden schiet dat het doel voorbij. Enige diepte is echter wel nodig om tot goed begrip te komen, terwijl daarnaast de praktijkvoorbeelden de theorie ook nog eens onderstrepen.

Richting weerkaatsing

Wanneer een lichtstraal op een reflecterend oppervlak valt is de richting van de reflectie eenvoudig te bepalen. Het plaatje hiernaast demonstreert dat. De normaal is een denkbeeldige lijn die vanuit het punt waar het licht op valt, loodrecht op het oppervlak staat. De invalshoek (i) van de lichtstraal is altijd gelijk aan de hoek van weerkaatsing (t). Invalshoek, weerkaatsing en normaal liggen allemaal in één vlak. Een natuurkundige wet!

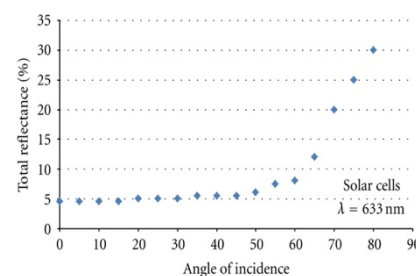


Mate van reflectie

Wanneer licht op een licht doorlatend reflecterend oppervlak zoals glas valt zal een deel van de straal worden doorgelaten terwijl het overgebleven deel gereflecteerd zal worden. Hoeveel, in dit geval op het glas van zonnepanelen, gereflecteerd wordt hangt van een aantal zaken af.

Effect van de invalshoek

Hoe kleiner de invalshoek (i) hoe minder licht zal worden teruggekaatst. Als de invalshoek toeneemt wordt het "moeilijker" voor het licht om het materiaal (bv glas) binnen te treden en zal dus meer licht reflecteren. Licht dat loodrecht op gewoon glas valt zal maar weinig reflecteren, maar boven een bepaalde hoek neemt dat toe. Het plaatje hiernaast geeft een impressie van de reflectie van oude zonnecellen, die nog gemaakt zijn met standaard glas.



Reflectie versus de invalshoek (met de normaal) *

* NIMBY staat voor het "Not in my backyard" fenomeen. Het omschrijft het feit dat men vaak tegen veranderingen in de eigen directe omgeving is. Zelfs als men in principe de argumenten tot verandering ondersteunt is de nabijheid genoeg om toch van mening te veranderen.

* Afkomstig uit "A study of the Hazardous Glare Potential to Aviators from Utility-Scale Flat-Plate Photovoltaic Systems" welke in de beschouwing naar gewoon glas kijkt om een "worst-case-scenario" te beschouwen.

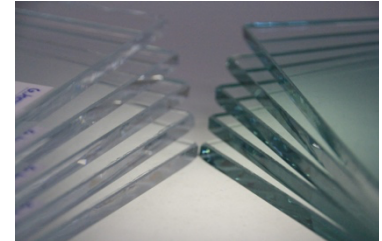


Type glas

Het doel van een zonnepaneel is om zoveel mogelijk licht om te zetten in elektriciteit. Elk lichtstraaltje dat wordt gereflecteerd vertegenwoordigt een verlies van energieopbrengst en dus is er ijverig gezocht naar mogelijkheden dit zoveel mogelijk te beperken. Twee zaken zijn daarin zeer relevant:

Low Iron glas

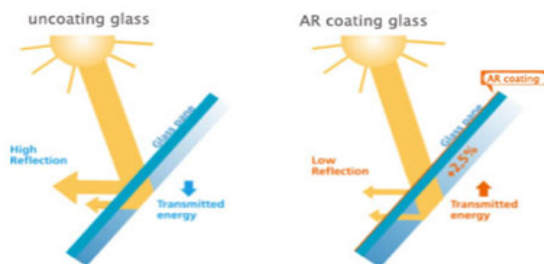
Gewoon glas bevat ongeveer 0,1% ijzer, waardoor het vaak een lichte groenblauwe tint heeft. Door het gebruik van "low-iron" zand is het mogelijk dit ijzergehalte te reduceren naar 0,01% en wordt een grotere transparantie bereikt. Dit betekent uiteindelijk dat meer licht wordt binnengelaten, een betere omzetting naar energie volgt en er dus "minder licht overblijft" dat kan reflecteren.



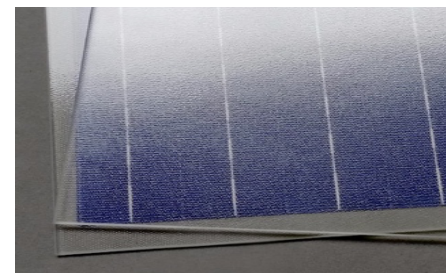
"Low Iron glass" vs normaal glas

AR coating

Met het slim aanbrengen van coatings wordt enerzijds meer licht binnengelaten, terwijl anderzijds het ook na interne reflectie moeilijker het glas weer kan verlaten. De coatings worden tegenwoordig veelal zowel op de zonnecellen zelf, als op de buitenkant van het glas aangebracht om aan alle kanten zoveel mogelijk "energieverlies" te voorkomen. Resultaat is niet alleen meer energie maar ook een hele sterke vermindering van reflectie. Een nog bijkomend voordeel is dat, omdat de antireflectie coating een wat ruwer oppervlakte heeft, er een zwakke maar ook veel diffusere reflectie overblijft welke minder storend is dan een "scherpe reflectie" van eenzelfde intentie.

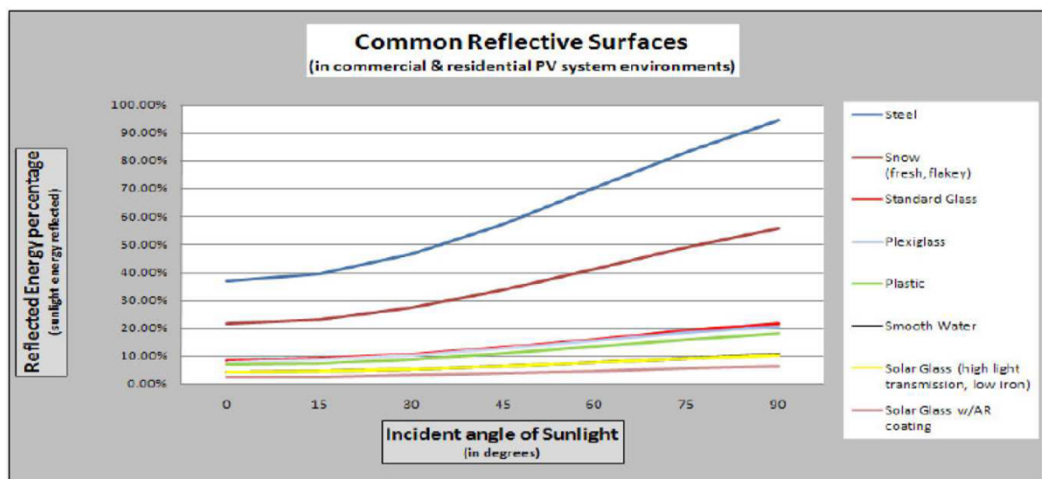


Verschil normaal en AR glas



Diffuus oppervlak van zonnepanelen

Beide effecten worden duidelijk gedemonstreerd in onderstaande grafiek die reflectie afzet tegen de invalshoek voor verschillende soorten materialen. Merk op dat AR low-iron glas, inmiddels vrijwel standaard, ongeveer 70% minder reflecteert dan gewoon glas!





Type zonnepark

Hoewel de reflectie van zonnepanelen dus aanzienlijk minder is dan van normaal glas of zelfs oppervlaktewater zou je, voor de zekerheid, nog kunnen kijken of en wanneer die reflectie een relevante waarnemer kan bereiken. Immers als het weerkaatste licht niet in de richting van enige waarnemer gaat, is er van hinder sowieso geen sprake.

Vaste opstelling



In een zonnepark met panelen in een vaste opstelling richting zuid of oostwest, liggen de panelen in Nederland meestal onder een hoek van 10 tot 15 graden. Wanneer de zon eenmaal redelijk boven de horizon uitkomt zal elke vorm van reflectie omhooggaan en geen hinder veroorzaken voor wie op de grond staat. Echter wanneer de zon nog (of weer) relatief laag staat kan er door de lage hoek van panelen en zon mogelijk een reflectie zijn richting een waarnemer op grondniveau.

Overigens moet wel daarbij voor de volledigheid benadrukt worden dat:

- *dit alleen zeer kortstondig kan spelen, als de zon boven de horizon zo laag staat dat hij ook aan de ander kant zo laag “weerkaatst. Geen uren, maar minuten.*
- *er nooit meer dan 1 reflectie te zien is per waarnemer. De panelen staan allemaal in dezelfde richting, net als de ramen van een flatgebouw (je ziet nooit de zon in alle ramen gelijktijdig reflecteren).*
- *door het gebruik van de AR coating zal de reflectie licht diffuus zijn (geen scherpe zon als in spiegel, maar een vager schijnsel).*

In het verleden, voor de komst van goede AR coatings en voordat zonneparken met vegetatie omzoomd werden, werd er soms een reflectie onderzoek gedaan. Het doel daarvan was om alle mogelijke hoeken van weerkaatsing bij lage zonnstanden over het gehele jaar te bepalen en die vervolgens naar sterkte te classificeren. Zo kon dan bijvoorbeeld alsnog op de betreffende locaties voor (betere) afscherming (vegetatie aanleg) gekozen worden.

Zon-volgende systemen



Een tracker of zon-volgend systeem heeft tot doel de panelen ten alle tijden zo goed mogelijk naar de zon te richten. Dat kan voor het grootste deel van de dag maar in de vroege en late licht uurtjes heeft dat weinig zin omdat de lichtsterkte beperkt is en de rijen elkaar door de lage zon “in de schaduw” zouden kunnen zetten. Zo zullen de panelen dus vrijwel horizontaal beginnen, als de zon voldoende hoog staat (zodat panelen geen schaduw op de volgende rij gooien) max onder een hoek van 55 graden* staan, om dan langzaam richting midden dag weer horizontaal te staan.

* De hoek is afhankelijk van de fabrikant van het zon-volgend systeem. Hier aangehouden hoek betreft een Soltiqua systeem. Het systeem is programmeerbaar en er kan dus ook op basis van effectiviteit of bijvoorbeeld reflectie ook aangepast worden.

Bron: Soltiqua SRL.

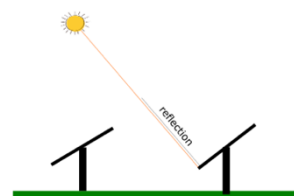
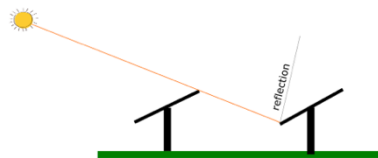


Op het hoogste punt van de zon zullen ze horizontaal staan om daarna in de middag het gehele traject nogmaals omgekeerd af te leggen.



Weerkaatsing theoretisch mogelijk?

Op alle momenten dat de zon ook maar een beetje “hoogte” heeft zal de weerkaatsings-richting vrijwel altijd meer omhoog zijn dan de invalshoek en dus nooit richting een waarnemer op of zelfs maar nabij grondniveau. Theoretisch is alleen de periode net na zonsopgang en net voor zonsondergang relevant t.a.v. waarnemers op of nabij grondniveau. Alleen dan liggen de panelen vrijwel horizontaal en staat de zon laag genoeg om een weerkaatsings-richting te veroorzaken die richting een potentiële waarnemer zou kunnen zijn.



*Schematische posities begin van de dag**

Praktisch eigenlijk nooit relevant!

Hoewel aldus de richting van de weerkaatsing theoretisch laag kan zijn, net na zonsopgang of net voor zonsondergang, is dit vanwege een aantal factoren niet relevant:

- Horizontaal instralen in een vlak landschap zoals Nederland is alleen mogelijk bij het geheel ontbreken van enige obstakels tussen opkomende of ondergaande zon en het park. Hoe dichterbij de obstakels, hoe minder hoog ze zelfs hoeven te zijn, maar ook bijvoorbeeld wat hogere vegetatie op enige afstand ten oosten of ten westen van een park blokkeren de invallende zon in de vroege of late uurtjes! Als de zon niet echt vrijwel horizontaal het park kan bereiken kan hij geen hinder veroorzaken.
- Als de zon bijna horizontaal over het land het park inkomt (zonsopgang of ondergang) heeft het weinig zin om de panelen helemaal horizontaal te zetten. Immers er valt dan geen zon op de panelen. Zo zal dus ook tijdens zons- op of ondergang een kleine hoek worden aangehouden, die er ook weer voor zorgt dat de weerkaatsing hoger zal zijn en waarnemers op grondniveau niet zal bereiken.
- Verder moet meegenomen worden dat net na zonsopkomst of net voor zonsondergang de stralen van de zon door de lage invalshoek veel meer atmosfeer moeten door- kruizen en daardoor behoorlijk zijn afgezwakt!
- Tel daarbij op het low-iron glas en AR coating die de reflectie diffuser maken en het mag duidelijk zijn dat de mogelijke hinder uiterst onwaarschijnlijk is.

* Wanneer de panelen onder een hoek staan en de zon laag staat, of als de zon hoog staat, zal de weerkaatsing-richting (grijze lijn) altijd omhoog zijn!



In de praktijk

De zorg met betrekking tot reflectie is niet nieuw. Er blijven berichten opduiken over hinder door reflectie, maar die hebben geen relatie tot het gebruik in een vlak landschap, met moderne panelen, een zonzvolgend systeem en een situatie waarin waarnemer en park op ongeveer dezelfde hoogte verblijven. Om de relevantie van het vraagstuk verder te onderzoeken is het een goede zaak te kijken naar het gebruik van panelen daar waar reflectie totaal onacceptabel zou zijn.

Snelwegen

In Nederland kun je in het noorden vele zonneparken langs de snelweg zien liggen, waar automobilisten reflectie zeker als onveilig zouden ervaren als dit überhaupt een factor zou zijn. Daarnaast zijn er inmiddels zelfs vele panelen in de berm van snelwegen geplaatst, wat natuurlijk geen optie zou zijn als reflectie een gevaar zou zijn. Een goed voorbeeld is het Avri-park (linkse 2 foto's) aan de A15 op een voormalige vuilstort, of bij Oranjewoud (rechtse foto). Sterker nog, ook in landen met aanzienlijk meer zon zijn genoeg voorbeelden te vinden. Hieronder bijvoorbeeld bij de autostrada del Brennero in Italië!





Luchtvaart

Een sector die wellicht nog veel voorzichtiger moet zijn en absoluut geen storende of verblindende reflectie kan tolereren is de luchtvaart. De F.A.A. had initieel zorgen en heeft dan ook initieel studies laten uitvoeren. Immers piloten bevinden zich hoger en potentiële reflecties zouden wellicht een gevaar tijdens het landen kunnen vormen. Zeker als de zon hoger (lees krachtiger) aan de hemel staat. De F.A.A. heeft dat inmiddels meerdere malen voor diverse vliegvelden bekeken en de resultaten zijn duidelijk. Hieronder ons eigen Schiphol en het nabijgelegen zonnepark De Groene Hoek, met daarnaast het park dat Greencells recent in Saarbrücken bouwde op de lokale luchthaven, plus de tekening voor de uitbreiding waar nu aan gewerkt wordt. Let op: ondergaande/opkomende zon op zuid gerichte panelen en een oostwest landingsbaan waarvan de piloot mogelijk zelfs aan kan komen vanuit de hoek weerkaatsing en dit ... vormt dus geen probleem!



Ook internationaal zijn er voldoende voorbeelden, en wellicht in belang van de zonvolgende systemen is het goed om de 20 MWp Zon-volgende installatie op Indianapolis International airport USA nog toe te voegen.





En zelfs dan . . .

Het mag duidelijk zijn dat reflectie hinder op basis van de technische karakteristieken niet aanvaardbaar is en dat dit onderstreept wordt door de talloze praktijk toepassingen die er inmiddels zijn. Of dat nog niet genoeg is, zijn er nog een tweetal flexibele mogelijkheden om nog meer zekerheid te verschaffen.

Een typisch zonnepark zal worden omzoomd met vegetatie die indicatief de hoogte van de panelen zal benaderen. Hoewel die vegetatie in eerste instantie bedoeld is ter beperking van “inkomend zicht” zal die daarnaast ook het laatste beetje “uitgaande reflectie” belemmeren. Toevoegen of verdichten van vegetatie kan natuurlijk ten alle tijden!

Daarnaast is voor een zon-volgend systeem nog op te merken dat de paneel-positie door software gestuurd wordt. In het zeer hypothetische geval dat toch nog ergens reflecties zouden ontstaan die gevoelsmatig niet voldoende door AR coating worden gereduceerd en of door vegetatie kan worden afgeschermd, zou mogelijk de hoek op die kritieke momenten lichtelijk aanpast kunnen worden om elke vorm van ongemak uit te sluiten.

Conclusie

De momenten waarop weerkaatsing richting de waarnemer op grondniveau zouden kunnen optreden liggen technisch gezien alleen zeer nabij zonsopgang/ondergang. Om als hinderlijk te worden ervaren in een vlakke omgeving zal er echter sprake moeten zijn van een zeer kale omgeving en zeer ourderwetse (normaal glas) panelen. De huidige panelen zijn allemaal voorzien van speciaal glas en een AR-coating die niet alleen de opbrengst verhogen maar ook de reflectie tot een irrelevant niveau terugbrengen. Tel daarbij op dat bij zonsopkomst en ondergang de zonnestrallen de langste weg (lees: intensiteit verzwakking) door de atmosfeer moeten afleggen, de toevoeging/omzoming van vegetatie en bovenal de mogelijkheid om eventueel paneelposities bij ongemak aan te passen en het mag duidelijk zijn dat reflectie niet als bezwarende factor kan worden aangemerkt.

