Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2022-014 | december 2022

Luchtvaartveiligheidsstudie zonneparken Haarlemmermeer

Hoofdweg en Vijfhuizerweg

OPDRACHTGEVER: TPSolar B.V.

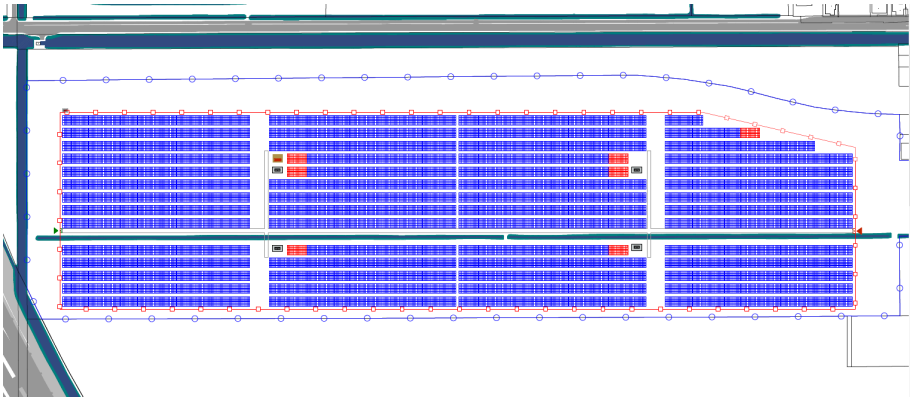


Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Dedicated to innovation in aerospace

Luchtvaartveiligheidsstudie zonneparken Haarlemmermeer

Hoofdweg en Vijfhuizerweg



Probleemstelling

TPSolar werkt aan twee zonnepark-initiatieven in de Haarlemmermeer: Zonnepark Hoofdweg en Zonnepark Vijfhuizerweg. Vanwege de nabijheid van luchthaven Schiphol zal voor de vergunningsaanvraag een luchtvaartveiligheidsstudie moeten worden uitgevoerd. Deze studie zal moeten aantonen dat de zonneparken geen onaanvaardbaar risico vormen voor het vliegverkeer.

Beschrijving van de werkzaamheden

De volgende veiligheidsaspecten zijn in deze studie beoordeeld:

- Interferentie met hindernisbeperkingen
- Reflecties en verblinding
- Crash- en post-crasheffecten
- Turbulentieschade

RAPPORTNUMMER
NLR-CR-2022-014

AUTEUR(S)
H.T.H. van der Zee
V.J.F. de Vries

RUBRICERING RAPPORT
ONGERUBRICEERD

DATUM
december 2022

KENNISGEBIED(EN)
Luchtvaartveiligheid
Externe Luchtvaart
Veiligheid en beleidsondersteuning

TREFWOORD(EN)
Zonnepanelen
Veiligheid

Resultaten en conclusies

Op basis van de bevindingen, en met inachtneming van de aanbevelingen, wordt geconcludeerd dat:

- Zonnepark Hoofdweg, met inachtneming van de aanbevelingen, geen significant effect heeft op de veiligheid van de vliegoperaties op Schiphol.
- Zonnepark Vijfhuizerweg mogelijk een significant effect heeft op de veiligheid van de vliegoperaties op Schiphol. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of de mogelijke verstoring van de *localizers* en de hinder van reflecties voor de verkeersleiders toelaatbaar zijn.

Toepasbaarheid

De resultaten van deze studie kunnen gebruikt worden bij het verkrijgen van een vergunning voor de realisatie van de zonneparken en voor overleg met deskundigen van de betrokken luchtvaartsectorpartijen.

NLR
Anthony Fokkerweg 2
1059 CM Amsterdam
p) +31 88 511 3113
e) info@nlr.nl i) www.nlr.nl

Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2022-014 | december 2022

Luchtvaartveiligheidsstudie zonneparken Haarlemmermeer

Hoofdweg en Vijfhuizerweg

OPDRACHTGEVER: TPSolar B.V.

AUTEUR(S):

H.T.H. van der Zee	NLR
V.J.F. de Vries	NLR

Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de eigenaar en/of opdrachtgever.

OPDRACHTGEVER	**TPSolar B.V.**
CONTRACTNUMMER	**---**
EIGENAAR	**NLR**
NLR DIVISIE	**Aerospace Operations**
VERSPREIDING	**Beperkt**
RUBRICERING TITEL	**ONGERUBRICEERD**

GOEDGEKEURD DOOR:		
AUTEUR	**REVIEWER**	**BEHERENDE AFDELING**
H.T.H. van der Zee Digitally signed by H.T.H. van der Zee Date: 2022.12.14 10:52:09 +01'00'	Peter van der Geest Digitally signed by Peter van der Geest Date: 2022.12.20 11:53:28 +01'00'	Dennis Nieuwenhuisen 2022.12.16 11:24:28 +01'00'

Inhoudsopgave

Afkortingen 4

1 Introductie 5

2 Beoogde zonneparken 6
2.1 Plangebieden 6
2.2 Technische specificaties 7

3 Hindernisbeperkingen rond luchthaven Schiphol 9

4 Reflecties en verblinding 12

5 Crash- en post-crasheffecten 18

6 Turbulentieschade 21

7 Conclusies en aanbevelingen 22

8 Referenties 24

Afkortingen

ACRONIEM	OMSCHRIJVING
AC	Alternating current, wisselstroom
BRA	Building Restricted Area
CNS	Communication, Navigation and Surveillance
DC	Direct Current, gelijkstroom
DME	Distance Measuring Equipment
EMC	Electro-Magnetic Compatibility
FAA	Federal Aviation Administration
FOD	Foreign Object Damage
GA	General Aviation
GP	Glide Path, Glijpad
ICAO	International Civil Aviation Organisation
ILS	Instrument Landing System
ILT	Inspectie Leefomgeving en Transport
LIB	Luchthavenindelingbesluit
LOC	Localizer
LVNL	LuchtVerkeersleiding Nederland
MLW	Maximum Landing Weight (maximaal landingsgewicht)
NAP	Normaal Amsterdams Peil
NLR	Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum
OP	Observatiepunt
PR	Plaatsgebonden Risico
RWY	Runway
VFR	Visual Flight Rules
VHF	Very High Frequency

1 Introductie

TPSolar werkt aan twee zonnepark-initiatieven in de Haarlemmermeer: Zonnepark Hoofdweg en Zonnepark Vijfhuizerweg. Het plangebied voor Zonnepark Hoofdweg heeft een oppervlakte van 22,45ha en is gelegen tussen de rijkswegen A5 en A9, vlak onder knooppunt Raasdorp. Dit gebied ligt op circa 2km ten noorden van de Zwanenburgbaan van luchthaven Schiphol. Het plangebied voor Zonnepark Vijfhuizerweg heeft een oppervlakte van 18,98ha en is gelegen aan de Vijfhuizerweg tussen de provinciale weg N520 en de rijksweg A5. Dit gebied ligt tussen de Zwanenburgbaan en de Polderbaan, circa 200m ten zuidwesten van taxibaan Victor.

Vanwege de nabijheid van luchthaven Schiphol zal voor de vergunningsaanvraag een luchtvaartveiligheidsstudie moeten worden uitgevoerd. Deze studie zal moeten aantonen dat de zonneparken geen onaanvaardbaar risico vormen voor het vliegverkeer. In principe past het realiseren van zonneparken rond Schiphol in het beleid van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) om alternatieve bestemmingen voor de huidige akkerbouwpercelen te stimuleren om zo het risico op vogelaanvaringen te verminderen. Voorwaarde is wel dat er vanuit andere veiligheidsaspecten geen onaanvaardbare risico's ontstaan.

Ervaring met andere zonneparken in de buurt van luchthavens leert dat de volgende veiligheidsaspecten hierbij van belang zijn:

- ***Interferentie met hindernisbeperkingen*:** Ondanks dat zonneparken in het algemeen geen hoge obstakels zijn kunnen zij toch, dicht bij een luchthaven, interfereren met hindernisbeperkingen die de veiligheid van de vliegoperaties waarborgen.
- ***Reflecties en verblinding:*** Zonnepanelen kunnen de instraling van de zon weerkaatsen en zo leiden tot verblinding, zowel van vliegers die in de buurt van het zonnepark opereren, als van verkeersleiders op de verkeerstoren.
- ***Crash- en post-crasheffecten:*** Hoewel de kans dat een vliegtuig in de buurt van een vliegveld neerstort extreem laag is, blijft de kans altijd aanwezig. Bij een crash in een zonnepark is het mogelijk dat door de inherente eigenschappen van het zonnepark de gevolgen van de crash verergerd worden. Hierbij kan worden gedacht aan de overleefbaarheid, elektrocutie en brandgevaar, en de toegankelijkheid door hulpverleners.
- ***Turbulentieschade:*** Wanneer vliegtuigen op lage hoogte over een zonnepark vliegen zal de constructie worden blootgesteld aan de gevolgen van de turbulentie die door deze vliegtuigen wordt veroorzaakt. Het zonnepark zal zodanig ontworpen moeten worden dat mogelijke schade wordt voorkomen en losrakende onderdelen geen gevaar vormen voor het luchtverkeer.

Dit rapport beschrijft de resultaten van de luchtvaartveiligheidsstudie naar deze aspecten.

2 Beoogde zonneparken

2.1 Plangebieden

De plangebieden voor Zonnepark Hoofdweg en Zonnepark Vijhuizerweg zijn weergegeven in Figuur 2-1. Het plangebied voor Zonnepark Hoofdweg heeft een oppervlakte van 22,45ha. Binnen dit plangebied is een netto panelenoppervlak van 10,75ha voorzien. Het plangebied is gelegen tussen de rijkswegen A5 en A9, vlak onder knooppunt Raasdorp. Dit is circa 2km ten noorden van de baandrempel van de Zwanenburgbaan (18C), direct onder het eindnaderingspad. Uitgaande van een standaard glijpad van 3°, betreft de nominale hoogte waarop vliegtuigen over het plangebied komen circa 400ft (120m).

Het plangebied voor Zonnepark Vijfhuizerweg heeft een oppervlakte van 18,98ha. Binnen dit plangebied is een netto panelenoppervlak van 7,28ha voorzien. Het plangebied is gelegen aan de Vijfhuizerweg tussen de provinciale weg N520 en de rijksweg A5. Dit is tussen de Zwanenburgbaan en de Polderbaan, circa 200m ten zuidwesten van taxibaan Victor[1].



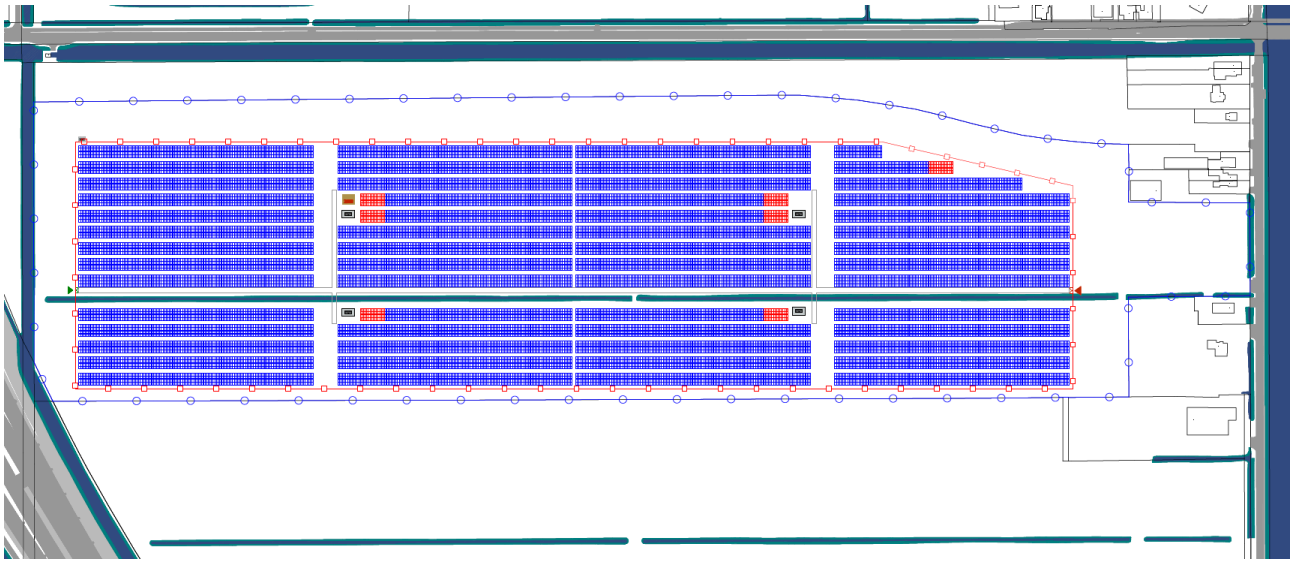
Figuur 2-1: Ligging van de plangebieden ten opzichte van de Zwanenburgbaan (midden) en Polderbaan (links)

[1] De minimale afstand tot taxibaan Victor is 120m.

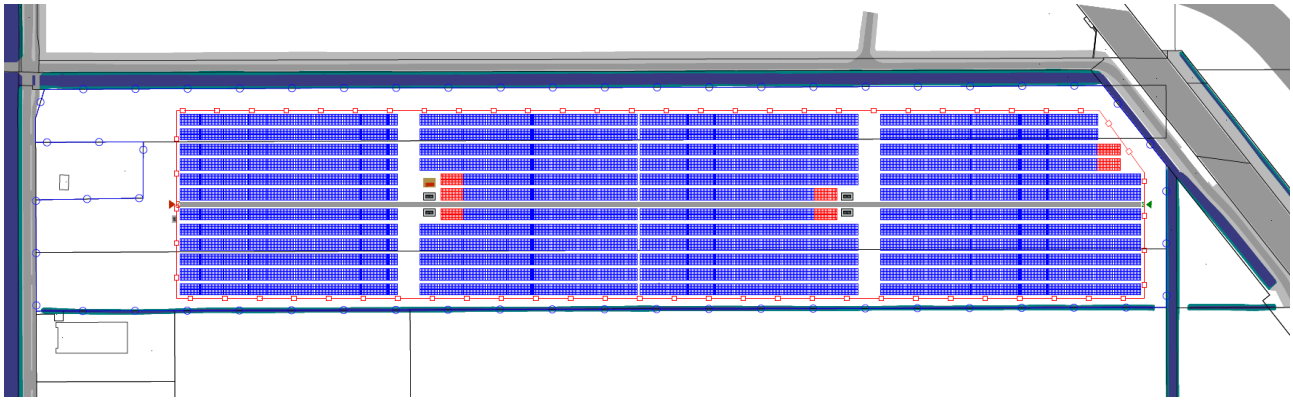
2.2 Technische specificaties

Figuur 2-2 en Figuur 2-3 tonen de technische schetsontwerpen voor de twee zonneparken. Zonnepark Hoofdweg bestaat uit 266 tafels met ieder 116 panelen (aangegeven in blauw) en 7 tafels met 58 panelen (aangegeven in rood). Zonnepark Vijfhuizerweg bestaat uit 242 tafels met ieder 116 panelen (aangegeven in blauw) en 7 tafels met 58 panelen (aangegeven in rood).

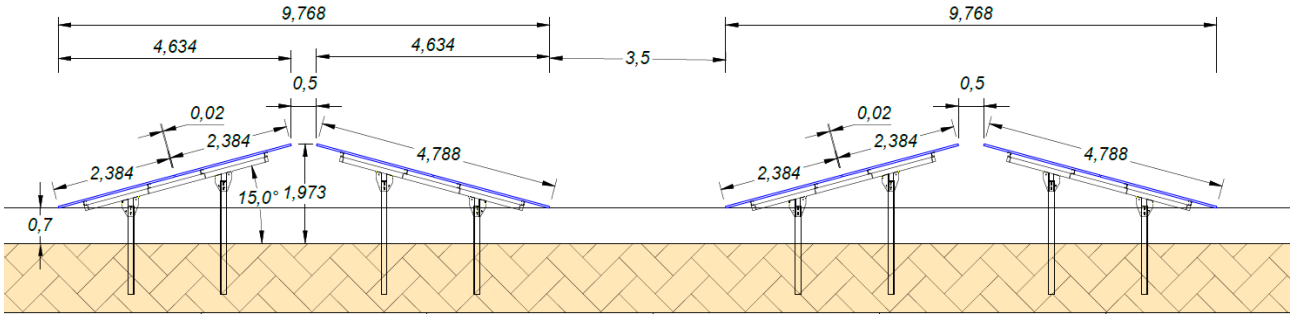
De constructie van de zonnepanelen is weergegeven in Figuur 2-4. De panelen worden geplaatst in een oost-west opstelling met een oriëntatie van 42° en 222°. De hellingshoek (tilt) is 15°. De maximale hoogte van de constructie is 2m ten opzichte van het maaiveld.



Figuur 2-2: Technisch schetsontwerp Zonnepark Hoofdweg



Figuur 2-3: Technisch schetsontwerp Zonnepark Vijfhuizerweg



Figuur 2-4: Constructie van de zonnepanelen (met afstanden in meters)

3 Hindernisbeperkingen rond luchthaven Schiphol

De bouwbeperkingen die gelden rond luchthaven Schiphol zijn vastgelegd in het Luchthavenindelingbesluit Schiphol[2] (LIB). Hierin zijn enerzijds beperkingen opgenomen voor woningbouwlocaties in verband met geluid en externe veiligheid en anderzijds beperkingen in bouwhoogte met oog op de veiligheid van het luchtverkeer. De huidige studie richt zich op de mogelijke veiligheidsconsequenties voor de luchtvaart ten gevolge van de realisatie van de zonneparken. Daarom zijn vooral de bouwhoogtebeperkingen van belang. De zonneparken zullen een bouwhoogte hebben van maximaal 2m boven het maaiveld. De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de zonneparken bedraagt -5 tot -4m boven NAP. De maximale hoogte zal dus niet boven -2m NAP uitkomen.

De bouwhoogtebeperkingen, zoals vastgelegd in het LIB, kennen drie soorten toetshoogtevlakken:

1. Annex 14 vlakken: dit zijn hoogtebeperkingen die volgen uit de internationale regelgeving zoals vastgelegd door ICAO in Annex 14 (*Aerodromes, Volume 1, Aerodrome Design and Operations*) en die in de Nederlandse wetgeving is verankerd. De hoogtebeperkingen komen voort uit de gedefinieerde hindernisbeperkende vlakken (*Obstacle Limitation Surfaces*), die de veiligheid van het luchtverkeer (naderingen, vertrek en manoeuvreren) rond de luchthaven waarborgen.
2. PANS-OPS vlakken: dit zijn hoogtebeperkingen die noodzakelijk zijn om de veiligheid van het verkeer dat op instrumenten manoeuvreert te waarborgen. De richtlijnen voor het vaststellen van de hoogtebeperkingen zijn vastgelegd in ICAO Doc 8168 (*Procedures for Air Navigation Services, Aircraft Operations*), de zogenaamde PANS-OPS. Deze richtlijnen vormen een internationale standaard voor het ontwerp voor instrument procedures, en worden ook in Nederland als uitgangspunt gehanteerd.
3. CNS-vlakken: dit zijn toetsvlakken die het goed functioneren van de communicatie, navigatie en *surveillance* (radar) apparatuur moet waarborgen. De toetsvlakken zijn gebaseerd op de richtlijnen, zoals vastgelegd in ICAO EUR Doc 015 (*European Guidance Material on Managing Building Restricted Areas*). Deze richtlijnen zijn overgenomen in de Regeling Burgerluchthavens en van toepassing verklaard op de luchthaven Schiphol via het LIB. De CNS-vlakken zijn toetsvlakken in de zin dat met zekerheid kan worden gesteld dat obstakels die de vlakken niet doorsnijden de goede werking van de CNS-apparatuur niet zullen verstoren. Bij een doorsnijding van een CNS-vlak bestaat deze zekerheid niet en dient een specialistische analyse uitgevoerd te worden of er feitelijk een verstoring plaatsvindt of niet. Dergelijke specialistische analyses worden op verzoek door Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) uitgevoerd.

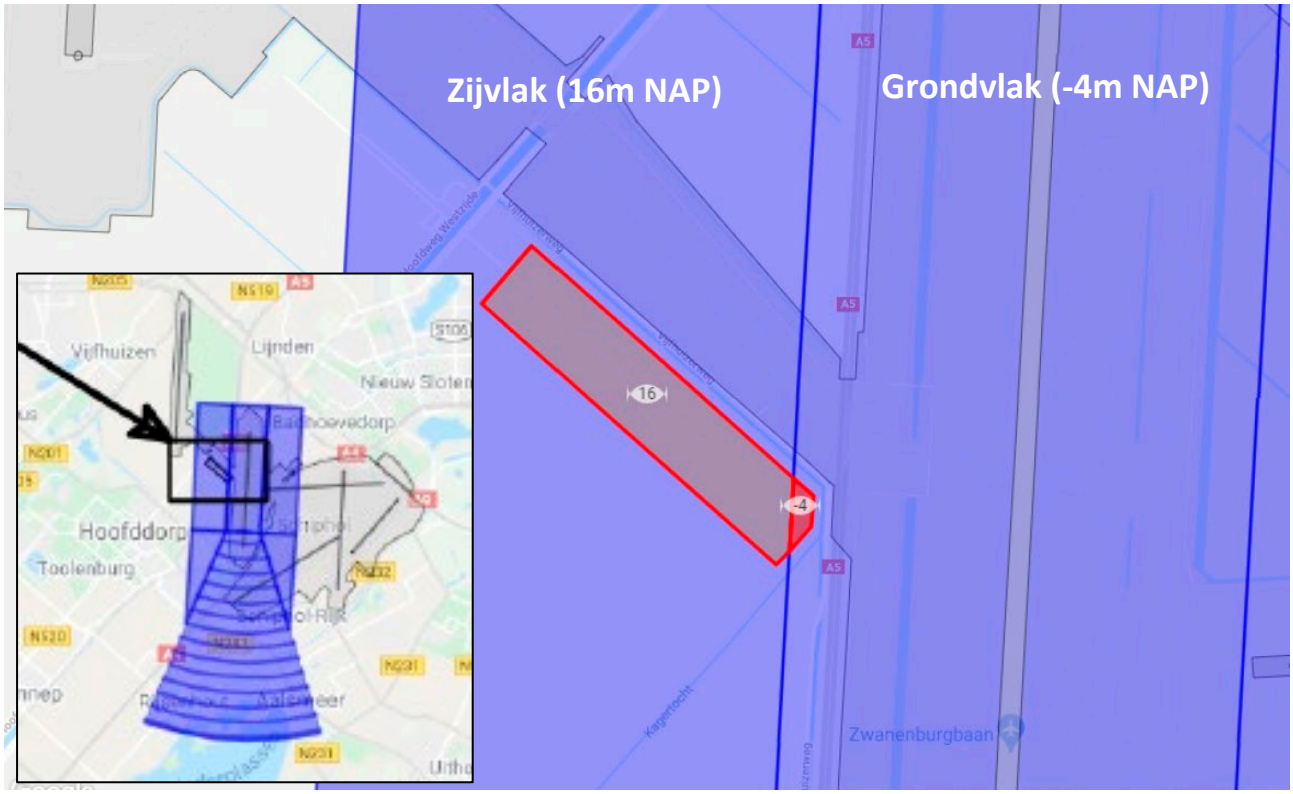
Om een eenvoudige analyse van nieuwe bouwwerken in relatie tot de hoogtebeperkingen rond Schiphol uit te kunnen voeren heeft het Ministerie van Verkeer en Waterstaat de webapplicatie LIB Schiphol publiek toegankelijk gemaakt (zie: https://www.lib-schiphol.nl/app/applicatie).

Met behulp van deze webapplicatie is vastgesteld dat Zonnepark Hoofdweg geen LIB toetshoogtevlak zal doorsnijden. Dit zonnepark zal dus niet interfereren met de bovengenoemde hoogtebeperkingen.

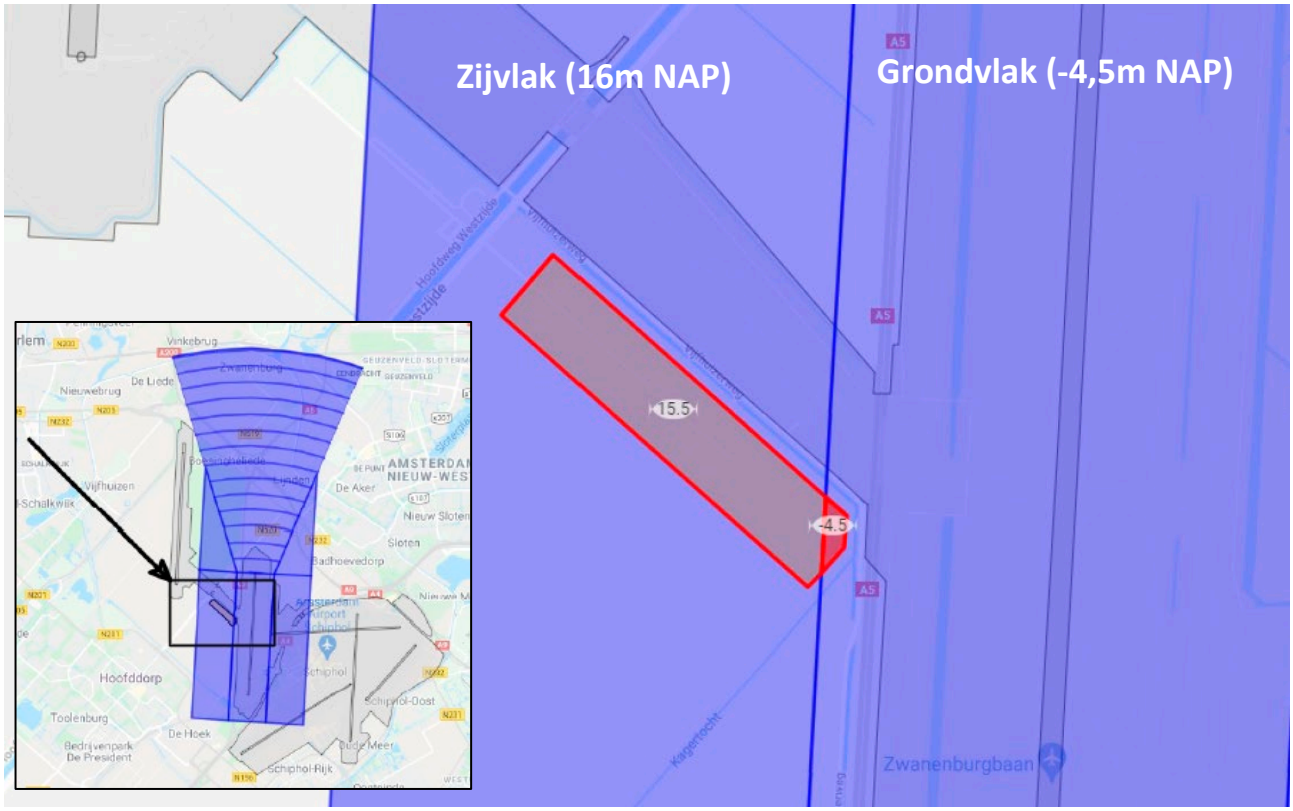
Zonnepark Vijfhuizerweg doorsnijdt echter wel twee LIB toetshoogtevlakken. Dit betreft de CNS-vlakken van de *localizers* van de Zwanenburgbaan (18C en 36C). Een beperkt deel van het plangebied ligt binnen het grondvlak van deze navigatiehulpmiddelen (zie Figuur 3-1 en Figuur 3-2). In dit deel zullen zonnepanelen dit vlak doorsnijden.

[2] Zie: https://wetten.overheid.nl/BWBR0014329/2018-01-01

Volgens Artikel 2.2.4 van het LIB kan een doorsnijding van de LIB-vlakken worden toegestaan indien het bevoegd gezag (IenW) een verklaring van geen bezwaar (VVGB) verstrekt op basis van Artikel 8.9 van de Wet luchtvaart. Een aanvraag voor een VVGB wordt namens de Minister van IenW door de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) beoordeeld. Omdat het hier om een doorsnijding van CNS-vlakken gaat zal ILT de LVNL verzoeken om een specialistische analyse uit te voeren. Een verklaring van geen bezwaar wordt afgeven als uit deze analyse blijkt dat het zonnepark niet zal leiden tot significante verstoringen. Gezien de geringe hoogte van de constructie en gezien het feit dat de doorsnijding zich beperkt tot de rand van het grondvlak, lijkt het onwaarschijnlijk dat er significante verstoringen kunnen optreden. Desalniettemin zal het vastgelegde 8.9 proces gevolgd moeten worden en zal de gemeente Haarlemmermeer dus een aanvraag moeten indienen voor een VVGB. Bij een negatief advies van de LVNL zal ILT geen VVGB afgeven en zal het plangebied aangepast moeten worden. De initiatiefnemer kan er natuurlijk ook voor kiezen om het plangebied op voorhand al aan te passen.



Figuur 3-1: Ligging van Zonnepark Vijfhuizerweg ten opzichte van het Localizer toetshoogtevlak van de ILS van baan 36C. Zonnepanelen in het meest oostelijke deel van het gebied zullen het grondvlak (dat een hoogte heeft van -4m NAP) doorsnijden. De rode contour geeft het hekwerk rondom het zonnepark aan



Figuur 3-2: Ligging van Zonnepark Vijfhuizerweg ten opzichte van het Localizer toetshoogtevlak van de ILS van baan 18C. Zonnepanelen in het meest oostelijke deel van het gebied zullen het grondvlak (dat een hoogte heeft van -4,5m NAP) doorsnijden. De rode contour geeft het hekwerk rondom het zonnepark aan

4 Reflecties en verblinding

Zonnepanelen kunnen de vliegveiligheid ook beïnvloeden door hinderlijke reflecties (verblinding). Het betreft enerzijds de mogelijkheid van verblinding van vliegers die manoeuvreren rond de luchthaven en anderzijds verblinding van verkeersleiders op de verkeerstoren, die het vliegverkeer begeleiden.

Het *Informatiebulletin toepassing zonnecollectoren op en rond luchthavens* van IenW geeft aan dat het is toegestaan om zonnecollectoren te plaatsen op en rondom luchthavens. Voor zover bekend zijn er geen noemenswaardige incidenten als gevolg van gereflecteerd zonlicht door zonnecollectoren bekend. Het is echter niet onmogelijk dat deze installaties hinder en gevaar kunnen opleveren voor het luchtverkeer. Daarom wordt aanbevolen pragmatisch met de toepassing van deze installaties om te gaan.

Hiervoor worden echter geen nadere richtlijnen gespecificeerd. Ook in de Europese regelgeving (Commission Regulation 139/2014 van de Europese Unie) wordt de noodzaak van het beschouwen van de effecten van reflecterende oppervlakken benoemd:

> *Article 9*
> **Monitoring of aerodrome surroundings**
> Member States shall ensure that consultations are conducted with regard to human activities and land use such as:
> (a) .....
> (d) the use of highly reflective surfaces which may cause dazzling;
> (e) .....

Er wordt echter geen nadere aanduiding van een geaccepteerde manier van *consultation* gegeven.

In afwezigheid van Nederlandse of Europese richtlijnen wordt voor het beoordelen van het risico van mogelijke hinderlijke reflecties van de zonnevelden gebruik gemaakt van de door de Amerikaanse luchtvaartautoriteit (FAA) opgestelde richtlijnen. Hierbij zijn de volgende niveaus voor de mate van verblinding (*glare*) gedefinieerd:

- *Red glare*: de mate van verblinding is zo ernstig dat er oogbeschadiging kan optreden bij langdurige blootstelling en er zal sprake zijn van langdurige nagloeiing (*after-image*) op het netvlies;
- *Yellow glare*: de mate van verblinding is zodanig dat er een redelijke kans bestaat op nagloeiing van beperkte duur (*potential for after-mage*);
- *Green glare*: elke mate van zonnereflectie die het oog treft, zonder dat er sprake is van nagloeiing.

In de *Interim Policy* die in 2013 is gepubliceerd [10] zijn door de FAA de volgende criteria vastgesteld:

- Geen *yellow glare* toegestaan op elk eindnaderingspad vanaf 2 mijl[3] voor de baandrempel;
- Geen *glare* van enige soort toegestaan voor verkeerstorens op waarnemingshoogte.

In 2021 heeft de FAA een *Final Policy* gepubliceerd [11]. Hierin wordt het eerste criterium (voor de eindnaderingspaden) niet meer gehanteerd. De eis dat er geen *glare* mag zijn op de verkeerstoren is in het nieuwe FAA-beleid echter onverminderd van kracht. Als reden hiervoor stelt de FAA het volgende:

[3] 2 statute mile (3.219m)

"Initially, FAA believed that solar energy systems could introduce a novel glint and glare effect to pilots on final approach. FAA has subsequently concluded that in most cases, the glint and glare from solar energy systems to pilots on final approach is similar to glint and glare pilots routinely experience from water bodies, glassfaçade buildings, parking lots, and similar features. However, FAA has continued to receive reports of potential glint and glare from on-airport solar energy systems on personnel working in ATCT cabs. Therefore, FAA has determined the scope of agency policy should be focused on the impact of on-airport solar energy systems to federally-obligated towered airports, specifically the airport's ATCT cab."

Het nieuwe beleid lijkt dus te suggereren dat er, op basis van voortschrijdend inzicht en praktijkervaringen met bestaande zonneparken, geen significante hinder meer wordt verwacht voor vliegers. De onderbouwing die de FAA geeft is echter niet overtuigend ("*in most cases*"). Het lijkt daarnaast in tegenstelling met het nieuwsbericht op de FAA website bij de publicatie van de *Final Policy*[4]. Daarin staat:

"The policy requires airports to measure the visual impact of such projects on pilots and air traffic control personnel."

Voor het beoordelen van de mogelijke hinder van de twee zonneparken voor de operaties op luchthaven Schiphol zijn daarom beide criteria meegenomen in de analyse. Hierbij wordt wel pragmatisch omgegaan met de reflecties die op de verkeerstoren mogelijk zichtbaar zijn. Ervaring leert dat reflecties op de toren niet altijd te voorkomen zijn, maar dat in het algemeen de reflecties met een lage intensiteit niet als zeer hinderlijk worden ervaren door verkeersleiders. In vergelijking hiermee worden reflecties via autoruiten van geparkeerde auto's in het algemeen als een ernstiger probleem gezien. Hiervoor geldt dat met gepaste maatregelen deze reflecties aanvaardbaar zijn.

Voor het bepalen van de mate van reflectie is gebruik gemaakt van software van ForgeSolar, voorheen van Sandia National Laboratories: het zogenaamde Solar Glare Hazard Analysis Tool (SGHAT). Deze software is online toegankelijk. De software is wereldwijd bruikbaar en berekent op basis van door de gebruiker verschafte parameters over de zonnepanelen en de vliegoperaties in de nabijheid, in hoeverre verblinding kan optreden, gerelateerd aan de periode in het jaar en de tijd van de dag.

Voor de berekeningen zijn de volgende aannames en uitgangspunten gebruikt:

- Omvang en ligging van de twee zonneparken op basis van de coördinaten uit de door TPSolar aangeleverde technische ontwerpschetsen (.dwg-files).
- De plangebieden worden binnen het hekwerk volledig bedekt met zonnepanelen.
- De zonnepanelen worden geplaatst in een NO-ZW-opstelling (NO: 42°, ZW: 222°).
- De panelen zijn 15° gekanteld (hoek van 15° ten opzichte van de horizontaal) en hebben een gemiddelde hoogte van -12ft t.o.v. NAP.

De berekeningen zijn uitgevoerd met twee soorten zonnepanelen:

- *Light textured glass with AR coating*: een standaard glassoort met een anti-reflectiecoating, waarbij de hoek van lichtinval ongeveer gelijk is aan de hoek van uitval waardoor een relatief smalle reflectiebundel ontstaat.
- *Deeply textured glass*: een speciale glassoort die de reflecties meer verstrooid, waardoor een meer diffuse reflectiebundel ontstaat, die minder intens is maar wel over een breder gebied verspreid wordt.

Voor de overige invoergegevens en instellingen (zoals de intensiteit van de instraling van de zon en de eigenschappen van het menselijk oog) zijn standaard waarden gebruikt.

[4] FAA Issues Policy on Solar Projects on Airports | Federal Aviation Administration

In lijn met de (oude) richtlijnen van de FAA is de mate van reflectie berekend voor de eindnaderingen van de Polderbaan (18R), de Zwanenburgbaan (18C/36C) en de Buitenveldertbaan (09) en voor de twee verkeerstorens (Schiphol-West en Schiphol-Centrum). Daarnaast zijn additionele analyses gedaan voor kans op verblinding/reflectie tijdens het taxiën van vliegtuigen op taxibaan Victor. De eindnaderingen zijn gedefinieerd als drie-graden naderingen vanaf 2 mijl in het verlengde van de baanas tot 15m boven de baandrempel. Ter plaatse van de verkeerstorens zijn observatiepunten geplaatst. Voor de waarnemingshoogte is de gepubliceerde hoogte van de verkeerstorens genomen (320ft NAP voor Schiphol-Centrum en 183ft NAP voor Schiphol-West). Figuur 4-1 geeft een overzicht van alle observatiepunten en -routes.

De resultaten van de reflectieanalyse zijn samengevat in Tabel 4-1 en Tabel 4-2. Hieruit is het volgende op te maken:

- Wanneer ***light textured glass*** wordt toegepast zullen significante reflecties (*yellow glare*) optreden op de eindnadering van de Zwanenburgbaan (18C). Dit geldt zowel voor Zonnepark Hoofdweg als voor Zonnepark Vijfhuizerweg. Volgens de (oude) FAA-criteria is dit niet toelaatbaar. In het nieuwe FAA-beleid is hier echter geen eis meer voor. Zonnepark Vijfhuizerweg veroorzaakt daarnaast ook nog reflecties op de verkeerstorens (*yellow glare* op Toren-West en *green glare* op Toren-Centrum). Ook dit is in strijd met de FAA-criteria (zowel de oude als de huidige).

- Wanneer ***deeply textured glass*** wordt toegepast dan is er geen sprake meer van *yellow glare* op de eindnaderingen of op de verkeerstorens. In dit geval voldoen beide zonneparken dus aan het eerste criterium van de FAA (geen *yellow glare* op een eindnadering). Aan het tweede criterium (geen *glare* op een verkeerstoren) wordt niet voldaan. Voor een deel is dit een neveneffect van de grotere verstrooiing bij *deeply textured glass* waardoor enige reflectie met een lage intensiteit (*green glare*) bijna onvermijdelijk is. Bij toepassing van *deeply textured glass* zullen de verkeerstorens dus worden blootgesteld aan reflecties met een lage intensiteit:

    - Zonnepark Hoofdweg veroorzaakt uitsluitend reflecties met een lage intensiteit op Toren-West. De blootstelling (duur en frequentie) is weergegeven in Figuur 4-2 en is beperkt (minder dan 8 uur op jaarbasis). In combinatie met de kijkrichting vanuit Toren-West (23-40°) en de afstand tot het zonnepark (2,7-2,8km) wordt gesteld dat reflecties met lage intensiteit van Zonnepark Hoofdweg geen noemenswaardige hinder zullen opleveren voor de verkeersleiders.

    - Zonnepark Vijfhuizerweg veroorzaakt reflecties met een lage intensiteit op beide verkeerstorens. Met name voor Toren-West is de blootstelling significant (gedurende 8 maanden in de ochtenduren), zoals te zien in Figuur 4-3 en Figuur 4-4. De verkeersleiders in deze toren handelen het verkeer van en naar de Polderbaan af. Daarbij is hun blikveld voornamelijk van het zonnepark af gericht richting de baan. Ze begeleiden echter ook verkeer dat van of naar de Polderbaan taxiet. De overname van dat verkeer vindt plaats tussen de Zwanenburgbaan en de Polderbaan. Vanuit Toren-West wordt daarom ook wel richting het zuidoosten gekeken. Dan valt het zonnepark en de eventuele reflecties daarvan wel in hun blikveld. Het is daarom niet uitgesloten dat Zonnepark Vijfhuizerweg in die gevallen voor hinder zorgt. In hoeverre de hinder van reflecties met een lage intensiteit dan toelaatbaar is kan niet worden beoordeeld zonder consultatie met verkeersleiders. Op dit punt zal dus overleg met de LVNL nodig zijn. Voor de verkeersleiders in Toren-Centrum is naar verwachting de hinder beperkter vanwege de grotere afstand ten opzichte van het zonnepark (circa 2,5km).

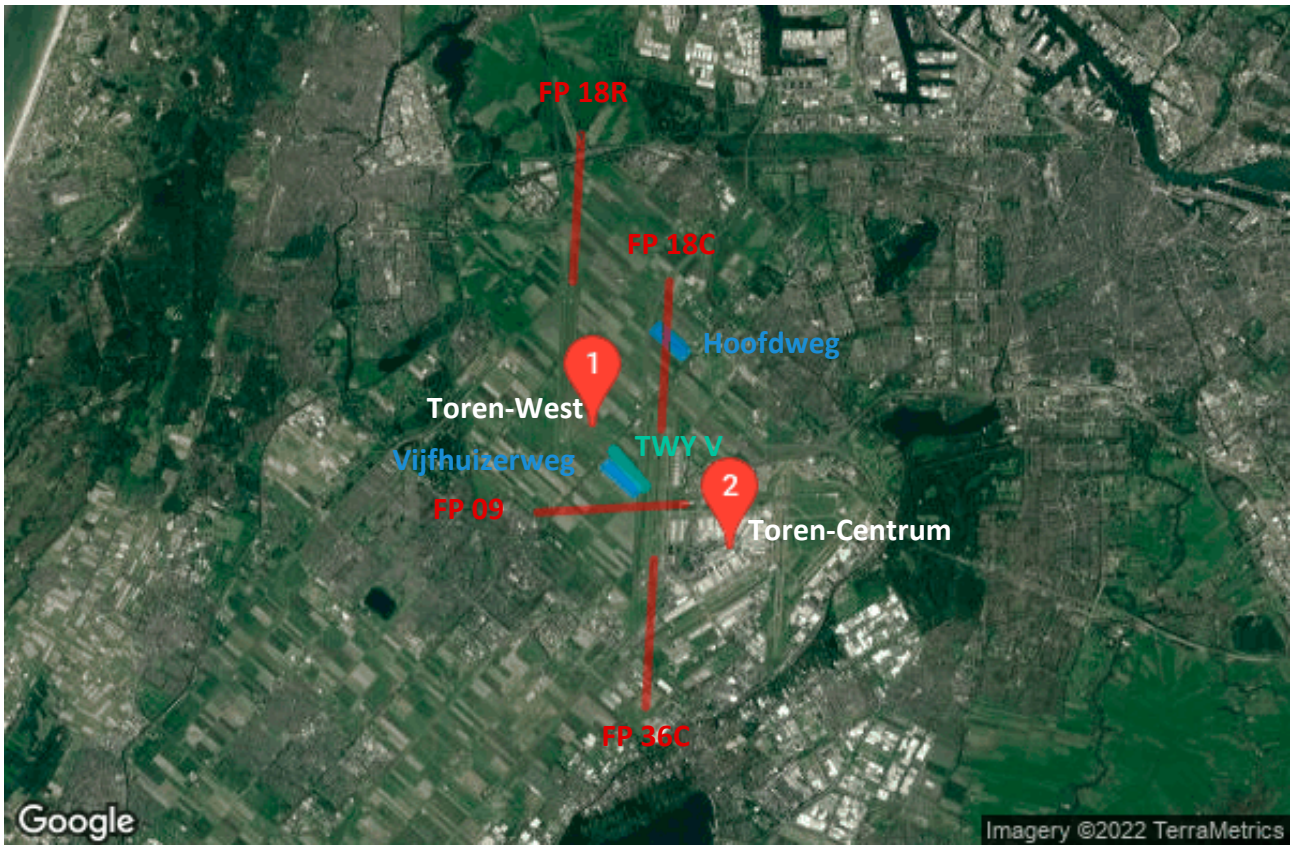
- Naast reflecties op de verkeerstorens zal Zonnepark Vijfhuizerweg bij het gebruik van *deeply textured glass* ook reflecties veroorzaken voor taxiënde vliegtuigen op taxibaan Victor. Hierbij gaat het alleen om *green glare.* De FAA geeft geen specifieke richtlijnen voor de maximaal toelaatbare blootstelling aan reflectie voor taxiënde vliegtuigen. Maar gegeven het feit dat *green glare* toelaatbaar is voor vliegtuigen op de eindnadering, kan worden aangenomen dat dit ook geldt voor taxiënde vliegtuigen.

Tabel 4-1: Mate en duur op jaarbasis van reflecties bij toepassing van light textured glass (rood is in strijd met de FAA-criteria zoals deze voor 2021 van kracht waren)

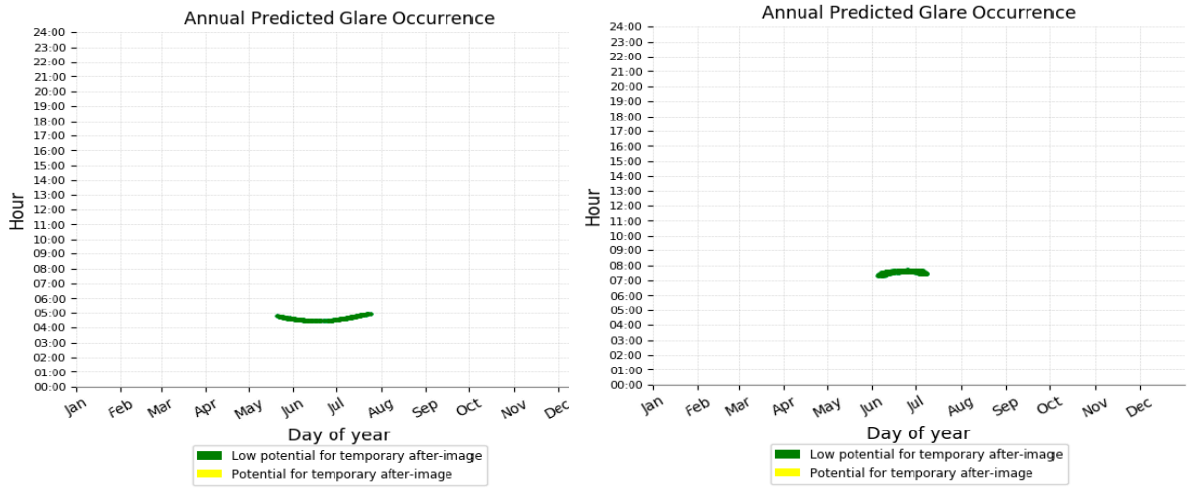
Observatiepunt/-route	Zonnepark Hoofdweg		Zonnepark Vijfhuizerweg	
	Green glare (min)	Yellow glare (min)	Green glare (min)	Yellow glare (min)
Eindnadering (FP) 09	0	0	1106	0
Eindnadering (FP) 18C	50752	42150	3006	2072
Eindnadering (FP) 18R	9472	0	2090	0
Eindnadering (FP) 36C	0	0	0	0
Verkeerstoren West	0	0	0	6613
Verkeerstoren Centrum	0	0	705	0
Taxibaan Victor	0	0	0	10463

Tabel 4-2: Mate en duur op jaarbasis van reflecties bij toepassing van deeply textured glass (rood is in strijd met de FAA-criteria zoals deze voor 2021 van kracht waren)

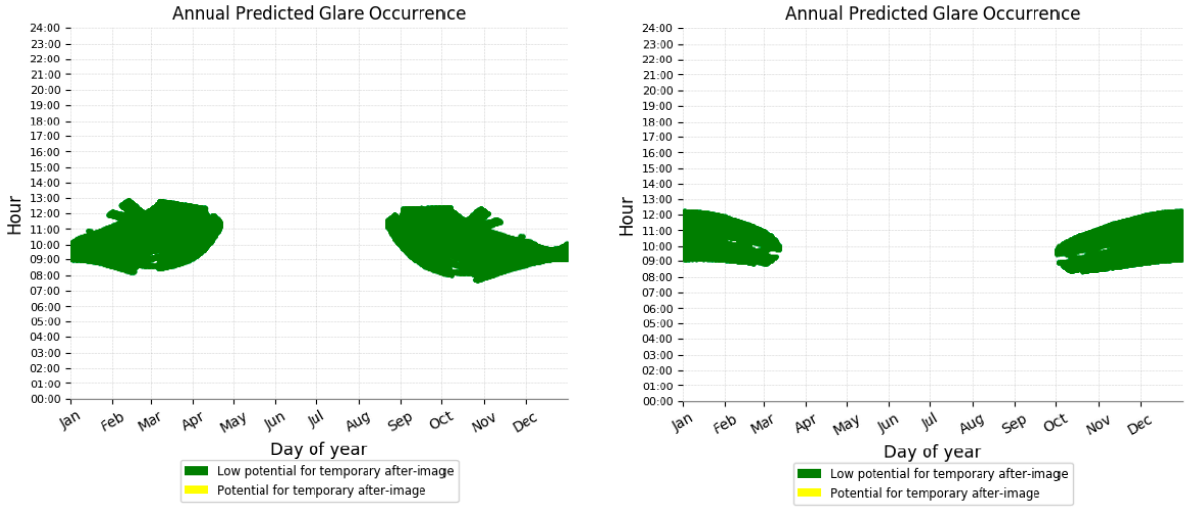
Observatiepunt/-route	Zonnepark Hoofdweg		Zonnepark Vijfhuizerweg	
	Green glare (min)	Yellow glare (min)	Green glare (min)	Yellow glare (min)
Eindnadering (FP) 09	38	0	18666	0
Eindnadering (FP) 18C	266067	0	27452	0
Eindnadering (FP) 18R	48907	0	6322	0
Eindnadering (FP) 36C	0	0	295	0
Verkeerstoren West	453	0	62376	0
Verkeerstoren Centrum	0	0	15422	0
Taxibaan Victor	0	0	29196	0



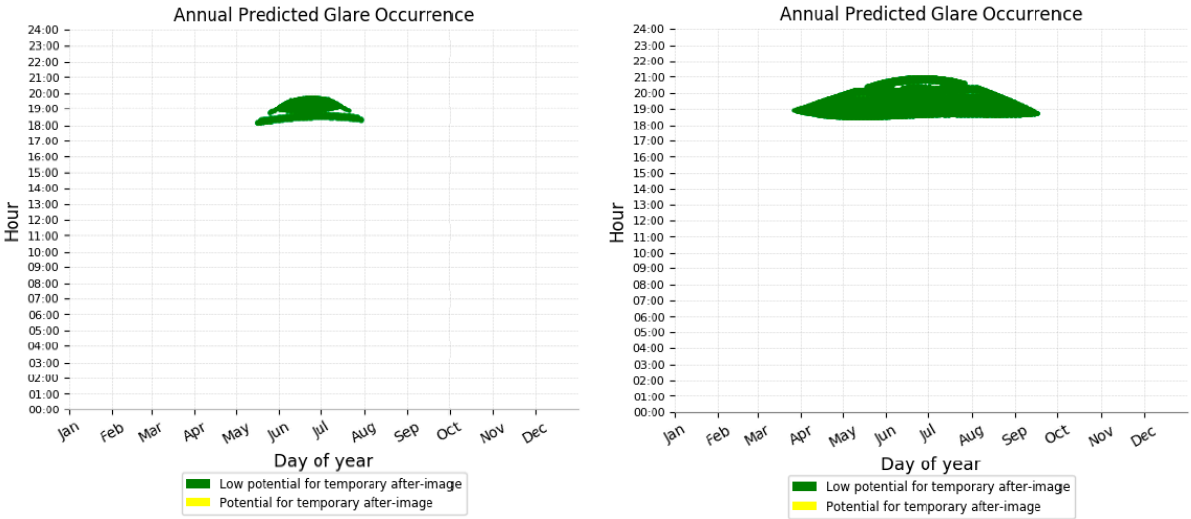
Figuur 4-1: Overzicht van de zonnevelden (blauwe vlakken), eindnaderingen (rode lijnen), observatiepunten (verkeerstorens, 1: Toren-West, 2: Toren-Centrum) en route op taxibaan Victor (groen/blauwe lijn) die zijn gebruikt in de reflectieanalyse



Figuur 4-2: Reflecties op Toren-West door Zonnepark Hoofdweg bij toepassing van deeply textured glass (links: NO-georiënteerde panelen; rechts: ZW-georiënteerde panelen)



Figuur 4-3: Reflecties op Toren-West door Zonnepark Vijfhuizerweg bij toepassing van deeply textured glass (links: NO-georiënteerde panelen; rechts: ZW-georiënteerde panelen)



Figuur 4-4: Reflecties op Toren-Centrum door Zonnepark Vijfhuizerweg bij toepassing van deeply textured glass (links: NO-georiënteerde panelen; rechts: ZW-georiënteerde panelen)

5 Crash- en post-crasheffecten

De kans dat een vliegtuig neerstort in de buurt van Schiphol is extreem klein. Desondanks is een ernstig ongeval in de buurt van Schiphol nooit helemaal uit te sluiten. In dit verband is het goed om op te merken dat het laatste ernstige ongeval bij Schiphol, de crash met de Turkish Airlines Boeing 737-800 op 25 februari 2009, plaatsvond niet ver van het plangebied voor Zonnepark Hoofdweg. Dit toont aan dat, ondanks de extreem lage ongevalskans, het toch kan gebeuren dat een vliegtuig precies in het gebied van het zonnepark neerstort, met name als dat gebied zich onder een aanvliegroute bevindt.

De bepaling van de kans dat een vliegtuig op een bepaalde plaats neerstort in de buurt van de luchthaven is het domein van de externe veiligheid. De zogenaamde plaatsgebonden risico (PR) contouren, die in dit kader bepaald worden, worden gebruikt ten behoeve van de ruimtelijke ordening rond Schiphol om te voorkomen dat personen op de grond worden blootgesteld aan een onaanvaardbaar risico. Om deze reden is dit dan ook opgenomen in het LIB Schiphol. De PR-contouren die hierbij gehanteerd worden zijn de 10^{-5} en 10^{-6} risico contouren. Dit risico wordt uitgedrukt in een kans dat een persoon op de grond komt te overlijden ten gevolge van een vliegtuigongeval, indien deze persoon continu op een vaste plaats zou verblijven. De kans wordt uitgedrukt in een overlijdenskans per jaar. Ter illustratie zijn in Figuur 5-1 de toepasselijke PR-contouren aangeven ter plaatse van de beoogde zonneparken.



Figuur 5-1: Plaatsgebonden Risico-contouren op de locatie van het zonnepark

Hieruit komt naar voren dat de kans op een crash in Zonnepark Hoofdweg het grootst is (gedeeltelijk binnen de PR 10^{-6} contour en grotendeels in de PR 10^{-5} contour). Zonnepark Vijfhuizerweg bevindt zich niet in één van de contouren. Dit illustreert dat er een zekere – maar nog steeds zeer kleine – kans bestaat dat een vliegtuig neerstort in één van de zonnevelden. Om deze reden is het goed om de mogelijke consequenties hiervan nader te analyseren.
De volgende gevolgen kunnen hierbij onderscheiden worden:

- Schade aan het luchtvaartuig en gevolgen voor de overleefbaarheid;
- Elektrocutie en brandgevaar;
- Fysieke belemmering van de hulpverlening.

Schade aan het luchtvaartuig
Door het opstellen van het zonnepark is het mogelijk dat de kans op het overleven van een crash op de gegeven locatie wordt verminderd. Bij een crash op enige afstand van de luchthaven is de kans op overleven na een crash echter vaak slechts beperkt. Desondanks zijn vliegtuigconstructies zodanig ontworpen dat ze een zekere impact ten gevolge van een crash kunnen weerstaan. Zoals de crash met Turkish Airlines heeft aangetoond was de vliegtuigconstructie zodanig sterk dat het merendeel van de passagiers de crash heeft overleefd. De vraag die zich hierbij voordoet is in welke mate deze uitkomst anders zou zijn geweest indien het toestel niet in de vlakke aarde maar in een zonnepark zou zijn neergestort. Deze vraag is echter zonder diepgaande analyse niet te beantwoorden en valt buiten de scope van het huidige onderzoek. Wel is het evident dat wanneer het zonnepark zodanig ontworpen zou worden dat het in zekere mate makkelijk breekbaar zou zijn na impact, dat dit de kansen op overleven zou doen toenemen. Het kan dus overwogen worden om hiermee bij het ontwerp van de constructie van het zonnepark rekening te houden.

Hierbij wordt echter aangetekend dat er geen formele eisen bestaan voor de breekbaarheid van constructie van het zonnepark of enig ander bouwwerk op de gegeven locatie ten behoeve van de luchtvaartveiligheid. In Nederland wordt een gebied in het verlengde van de baan gehanteerd waar dergelijke breekbaarheidseisen wel van toepassing zijn. Dit is het zogenaamde veiligheidsgebied, zoals gedefinieerd in de Regeling Burgerluchthavens. Dit veiligheidsgebied strekt zich uit vanaf de strook van een start- en landingsbaan aan elke korte zijde van de baan, symmetrisch ten opzichte van de doorgetrokken hartlijn van de baan. Voor de Polderbaan en de Zwanenburgbaan heeft het veiligheidsgebied een lengte van 840m. De zonneparken bevinden zich volledig buiten dit veiligheidsgebied, waardoor er vanuit luchtvaartveiligheid geen formele eisen gesteld kunnen worden aan de constructie van het zonnepark.

Elektrocutie en brandgevaar
Een zonnepark kan grote elektrische vermogens leveren. Wanneer een vliegtuig in een zonnepark zou neerstorten is het mogelijk dat het zonnepark, geheel of gedeeltelijk, blijft functioneren. Het gevolg is dat er vonkvorming kan ontstaan die kan leiden tot brandgevaar, zeker wanneer brandbare stoffen vrijkomen na een crash. Daarnaast is het mogelijk dat passagiers of hulpverleners worden blootgesteld aan stroomvoerende elementen, hetgeen kan leiden tot elektrocutie.

Om deze reden is het van belang dat er maatregelen genomen worden om in algemene zin de veiligheid te bevorderen in de situatie na een crash voor hulpverleners en slachtoffers. Hierbij kan gedacht worden aan het dubbel isoleren van panelen en DC kabels en de AC kabels in de grond in te graven op een diepte van 60 tot 100cm. Voorts dienen er voor de zonneparken (of tenminste Zonnepark Hoofdweg) noodstops aanwezig te zijn om na een crash zo snel mogelijk het veld spanningsvrij te maken. Het wordt aanbevolen om daarnaast een centrale noodstopvoorziening mogelijk te maken, waarmee de hulpdiensten van buiten af het veld spanningsvrij kunnen maken. Met deze maatregelen wordt het extra risico van de plaatsing van een zonnepark in de context van een vliegongeval als aanvaardbaar beschouwd.

Toegankelijkheid

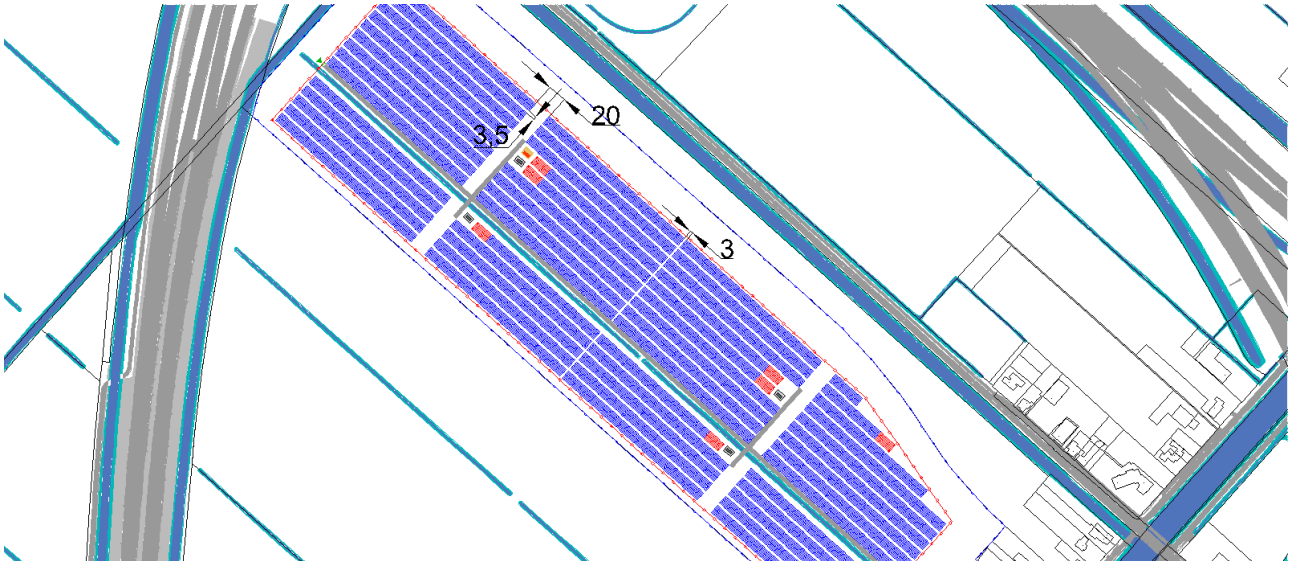
Beide beoogde zonneparken zijn volledig gelegen buiten het luchthaventerrein. In geval van een crash in één van de zonneparken zullen de hulpverleners op de luchthaven en hulpverleners uit omliggende gemeenten over de openbare weg naar de crash locatie moeten aanrijden. Zonnepark Hoofdweg is daarbij snel bereikbaar via de provinciale weg N232. Zonnepark Vijfhuizerweg is snel bereikbaar voor de brandweer gevestigd bij Toren-West aan de Polderbaan. Daarnaast is dit zonnepark voor hulpdiensten uit omliggende gemeenten ook goed bereikbaar middels de N520.

Omdat een crash mogelijk midden in een zonneveld zou kunnen plaatsvinden is het noodzakelijk dat er vanaf de toegangswegen paden binnen de zonnevelden worden vrijgehouden, zodat de crash locatie snel kan worden bereikt. Gezien de ligging van Zonnepark Hoofdweg ten opzichte van de risicocontouren van Figuur 5-1, is dit met name voor dit zonnepark van belang.

In Figuur 5-2 is de voorlopige lay-out van Zonnepark Hoofdweg weergegeven. Het zonnepark is omsloten door een hekwerk met twee toegangspoorten, een hoofdingang aan de ZO-zijde van het park (met een aansluiting op de Hoofdweg Westzijde) en een nooduitgang aan de NW-zijde (met een aansluiting op de Schipholweg N232). Hiertussen zal een onderhoudsweg worden aangelegd. Dwars op deze onderhoudsweg worden twee paden van 20m breed vrijgehouden die toegang bieden tot de trafostations. De zonnepanelen worden in clusters (tafels) van 116 en 58 panelen opgesteld. Tussen de tafels worden paden van 3-3,5m vrijgehouden.

Deze wegen en paden kunnen worden gebruikt om hulpverleners toegang richting de crash locatie te geven en om eventueel overlevenden af te voeren. De paden moeten wel zodanig ontworpen zijn dat zware apparatuur, zoals een crash tender, zich ongehinderd over deze paden kan bewegen. Het is hierbij niet noodzakelijk om de paden te verharden, indien gewaarborgd wordt dat de ondergrond (ook na veel regenval) voldoende stevig is om te voorkomen dat genoemde voertuigen zullen wegzakken of vast komen te zitten.

Desondanks zullen de zonnepanelen een beperking voor de bewegingsvrijheid van hulpverleners geven. Hiermee dient echter pragmatisch omgegaan te worden, omdat de situatie niet wezenlijk verschilt van een reddingsinzet op een andere locatie buiten de luchthaven. Het onderwerp hoort daarom vooral thuis in het aanvalsplan van de hulpverleners. Het wordt aanbevolen om dit onderwerp in ieder geval met de hulpverleningsdiensten af te stemmen.



Figuur 5-2: Gedetailleerde lay-out van Zonnepark Hoofdweg inclusief afmetingen van de dwarspaden in meters

6 Turbulentieschade

Zonnepark Hoofdweg ligt onder de eindnadering van de Zwanenburgbaan. Vliegtuigen die op deze baan landen zullen op lage hoogte over het zonnepark vliegen. De nominale vlieghoogte boven het park bedraagt ongeveer 400ft (120m). De aerodynamische effecten ten gevolge van de tipwervels en neerstroming van landende vliegtuigen kunnen ter plaatse van het zonnepark significant zijn. De aerodynamische kracht die hierdoor op het zonnepark uitgeoefend kan worden, wordt bepaald door het gewicht, de afmetingen en de snelheid van het overvliegende vliegtuig en de weersomstandigheden (wind en stabiliteit van de atmosfeer).

Het grootste vliegtuig dat gebruik maakt van de Zwanenburgbaan is de Airbus A380. Dit vliegtuig heeft een maximum landingsgewicht (MLW) van 386,000 kg. Van de Airbus A380 is bekend dat het zeer krachtige tipwervels kan genereren. Om deze reden valt dit toestel in een speciale (super-Heavy) categorie voor de bepaling van de veilige separatie afstand met andere toestellen. De tipwervels van dit toestel kunnen bij MLW en de laagste naderingssnelheid (*full flaps*) initieel een sterkte hebben van circa 670 m^2/s. Deze tipwervels zullen naar de grond zakken en in sterkte afnemen, maar kunnen bij het bereiken van de grond nog steeds grote aerodynamische krachten veroorzaken. Het zonneveld zal tegen deze krachten bestand moeten zijn om schade te voorkomen en ervoor te zorgen dat er geen onderdelen losraken, die mogelijk weer een gevaar voor het vliegverkeer zouden kunnen opleveren.

Het NLR beschikt over software waarmee het verloop van de tipwervels kan worden gesimuleerd. Hiermee kan de snelheid waarmee de tipwervels naar de grond zakken, de mate waarin zij verzwakken en de uiteindelijke aerodynamische kracht die zij dicht bij de grond kunnen veroorzaken, worden geschat. Met deze software is het mogelijke aerodynamische effect bepaald ter plaatse van het Zonnepark Hoofdweg ten gevolge van een nadering met een A380 met maximaal landingsgewicht en gunstige atmosferische omstandigheden (weinig wind en neutraal stabiele atmosfeer). Dit leidt tot een schatting van de maximale aerodynamische druk die zich zou kunnen voordoen. Uit deze berekening volgt dat de resulterende druk circa 600N/m^2 kan bedragen.

Ter illustratie, uit de literatuur (ref. 7 en 8) is bekend dat bij een druk van ongeveer 500N/m^2 schade kan ontstaan aan daken van huizen en dat bij een druk van 800N/m^2 significante schade kan worden verwacht. Om deze reden is het verstandig om bij het ontwerp van de constructie van het zonnepark rekening te houden met de aerodynamische krachten die door een overvliegend vliegtuig kunnen worden veroorzaakt. In de literatuur wordt aanbevolen om voor huizen die direct onder een aanvliegroute liggen de daken zodanig te construeren dat zij bestand zijn tegen een druk van 1.200N/m^2. Gezien de onzekerheden in de berekening van de aerodynamische krachten is het verstandig om voor het zonnepark een bepaalde veiligheidsfactor in acht te nemen en wordt aanbevolen om bij het ontwerp van de constructie ook uit te gaan van een maximale aerodynamische druk van 1.200N/m^2.

Zonnepark Vijfhuizerweg ligt niet onder een aanvliegroute maar wel langs een taxibaan. Voor dit zonnepark is gekeken naar de mogelijke schadelijke gevolgen door de *jetblast* van een vliegtuig, de snel stromende lucht die veroorzaakt wordt door de straalmotoren. Gezien de ligging van het zonnepark zal de kritische blootstelling plaatsvinden wanneer een vliegtuig vanuit stilstand voor het holding point bij de Zwanenburgbaan (op taxibaan W5) in beweging wordt gezet om de baan te kruisen. De afstand van dit punt tot Zonnepark Vijfhuizerweg bedraagt ruim 250m. Uit documentatie van Airbus blijkt dat voor het grootst denkbare vliegtuig (de A380) het effect van de *jetblast* zich voordoet tot een afstand van circa 110m. Hieruit volgt dat de *jetblast* van vliegtuigen geen belasting zal geven voor het zonnepark.

7 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de analyse in dit rapport worden de volgende conclusies getrokken ten aanzien van de veiligheidsconsequenties voor de vliegoperaties op Schiphol ten gevolge van Zonnepark Hoofdweg:

- Het zonnepark interfereert niet met de hoogtebeperkingen die rond Schiphol van kracht zijn en is daarmee volledig in overeenstemming met de eisen die voortkomen vanuit het Luchthavenindelingbesluit Schiphol.
- Zonder speciale maatregelen kan het zonnepark significante reflecties veroorzaken voor vliegtuigen op de eindnadering van de Zwanenburgbaan (18C). Door toepassing van een speciaal soort glas (*deeply textured glass*) worden significante reflecties vermeden. De inherente eigenschappen van deze glassoort (grotere verstrooiing) leiden wel tot enige reflecties op de verkeerstoren van de Polderbaan, Toren-West. De blootstelling en intensiteit van deze reflecties zijn echter zeer beperkt. De hinder voor de verkeersleiders wordt, mede gezien de afstand en kijkrichting tot het zonnepark, daarom als toelaatbaar beoordeeld.
- Het zonnepark ligt deels binnen de risico-contouren van de Zwanenburgbaan. Bij een crash van een vliegtuig in het zonnepark zal de hulpverlening bemoeilijkt kunnen worden. Om deze reden zullen in de zonnevelden paden vrijgehouden moeten worden zodat een crash locatie snel toegankelijk is voor hulpverleners. Ook dienen maatregelen genomen te worden die het elektrocutie- en brandgevaar zoveel mogelijk beperken. Hierbij kan gedacht worden aan extra isolering en de mogelijkheid van een noodstop, waarmee het veld bij een crash zo snel mogelijk spanningsvrij gemaakt kan worden.
- Het zonnepark kan worden blootgesteld aan significante aerodynamische krachten, die veroorzaakt worden door vliegtuigen die laag over het zonnepark vliegen, richting de Zwanenburgbaan. Het wordt aanbevolen om bij het ontwerp van het zonnepark rekening te houden met een maximale aerodynamische druk van 1.200N/m^2 om schade aan het zonnepark te voorkomen.

Op basis van bovenstaande bevindingen, en met inachtneming van de aanbevelingen, wordt geconcludeerd dat Zonnepark Hoofdweg geen significant effect heeft op de veiligheid van de vliegoperaties op Schiphol.

Voor Zonnepark Vijfhuizerweg worden de volgende conclusies getrokken:

- Het zonnepark doorsnijdt twee CNS-toetshoogtevlakken uit het Luchthavenindelingbesluit Schiphol. Het betreft de grondvlakken van de *localizers* van de Zwanenburgbaan (18C/36C). Dit kan worden toegestaan indien een specialistische analyse door de LVNL uitwijst dat het zonnepark geen significante verstoring veroorzaakt voor deze navigatiehulpmiddelen. In dat geval zal ILT een verklaring van geen bezwaar afgeven op basis van Artikel 8.9 van de Wet luchtvaart. Een aanvraag hiervoor dient door de gemeente Haarlemmermeer te worden ingediend.
- Zonder speciale maatregelen kan het zonnepark significante reflecties veroorzaken voor vliegtuigen op de eindnadering van de Zwanenburgbaan (18C) en voor de verkeerstorens. Ook kunnen er dan significante reflecties optreden voor verkeer dat van en naar de Polderbaan taxiet. Door toepassing van een speciaal soort glas (*deeply textured glass*) worden significante reflecties vermeden. De inherente eigenschappen van deze glassoort (grotere verstrooiing) leiden wel tot een langdurigere blootstelling aan reflecties op de verkeerstorens. De toelaatbaarheid van deze reflecties voor Toren-West kan niet worden beoordeeld zonder consultatie met verkeersleiders. TPSolar wordt aanbevolen om hierover in overleg te treden met het Integral Safety Management System (ISMS) Schiphol. Voor de verkeersleiders in Toren-Centrum lijkt de hinder beperkter vanwege de grotere afstand ten opzichte van het zonnepark.
- Het zonnepark ligt buiten de risico-contouren voor externe veiligheid. Extra maatregelen voor de hulpverlening of overleefbaarheid bij een crash van een vliegtuig in het zonnepark worden daarom niet noodzakelijk geacht. Het vrijhouden van paden en het beperken van het elektrocutie- en brandgevaar zijn wenselijk indien praktisch haalbaar.

- Het zonnepark zal niet worden blootgesteld aan significante aerodynamische krachten, veroorzaakt door vliegtuigen die laag over het zonnepark vliegen of door de *jetblast* van vliegtuigen op de nabijgelegen taxibanen. Bij het ontwerp van het zonnepark hoeft hier dan ook geen rekening mee gehouden te worden.

Op basis van bovenstaande bevindingen, en met inachtneming van de aanbevelingen, wordt geconcludeerd dat Zonnepark Vijfhuizerweg mogelijk een significant effect heeft op de veiligheid van de vliegoperaties op Schiphol. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of de mogelijke verstoring van de *localizers* en de hinder van reflecties voor de verkeersleiders toelaatbaar zijn.

Ten slotte wordt opgemerkt dat de speciale glassoort (*deeply textured glass*) die significante reflecties voorkomt en daardoor de voorkeur heeft, volgens verschillende zonneparkontwikkelaars in de praktijk moeilijk verkrijgbaar is. In het licht van het nieuwe FAA-beleid kan de noodzaak voor dit type glas ter discussie worden gesteld. Dit geldt met name voor Zonnepark Hoofdweg. Voor een eventuele keuze voor *lightly textured glass* zullen de verstorende effecten voor vliegers op de eindnadering van baan 18C nader beschouwd moeten worden. Omdat baan 18C niet de meest preferente landingsbaan is wordt aanbevolen om hierbij de mogelijke blootstelling aan hinderlijke reflecties te correleren met het (verwachte) feitelijke gebruik van de baan. Tevens kan in deze nadere beschouwing rekening gehouden worden met weersomstandigheden (bewolking) waarin de reflecties zich niet zullen voordoen. Dit kan leiden tot een significant lagere blootstelling dan de blootstelling die uit de worst-case berekening in deze studie komt. Mocht TPSolar *lightly textured glass* overwegen dan wordt aanbevolen om dit voor te leggen aan het Integral Safety Management System (ISMS) Schiphol.

8 Referenties

[1] ICAO Annex 14, Aerodromes, Volume I Aerodrome Design and Operations, Eighth Edition, July 2018.

[2] ICAO Doc 8168, Procedures for Air Navigation Services - Aircraft Operations - Volume I Flight Procedures, 6th Edition, 2018.

[3] ICAO EUR Doc 015, European Guidance Material on Managing Building Restricted Areas.

[4] Informatiebulletin toepassing zonnecollectoren op en rond luchthavens, ing. H. van den Berg, Inspectie Verkeer en Waterstaat.

[5] Luchthavenindelingbesluit Schiphol, https://wetten.overheid.nl/BWBR0014329/2018-01-01

[6] Regeling Burgerluchthavens, https://wetten.overheid.nl/BWBR0026564/2019-11-07

[7] P. Blackmore; The effects of aircraft trailing vortices on house roofs, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, No. 52, p155-170, 1994.

[8] P. Blackmore; Slate and tile roofs, avoiding damage from aircraft wake vortices, Digest 467, June 2002.

[9] Airbus, A380 Aircraft Characteristics – Airport and Maintenance Planning, Issue: Mar 30/05, Rev: Nov 01/20.

[10] FAA Interim Policy, FAA Review of Solar Energy System Projects on Federally Obligated Airports, Federal Register / Vol. 78, No. 205 / Wednesday, October 23, 2013 / Notices.

[11] FAA Policy: Review of Solar Energy System Projects on Federally-Obligated Airports, Federal Register / Vol. 86, No. 89 / Tuesday, May 11, 2021 / Rules and Regulations.

Dedicated to innovation in aerospace

Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Het onderzoekscentrum Koninklijke NLR werkt op objectieve en onafhankelijke wijze met zijn partners aan een betere wereld van morgen. NLR biedt daarbij innovatieve oplossingen en technische expertise en zorgt voor een sterke concurrentiepositie van het bedrijfsleven.

NLR is ruim 100 jaar een kennisorganisatie met de diepgewortelde wil om te blijven vernieuwen en zet zich in voor een duurzame, veilige, efficiënte en effectieve lucht- en ruimtevaart.
De combinatie van diepgaand inzicht in de klantbehoefte, multidisciplinaire expertise en toonaangevende onderzoeksfaciliteiten, maakt snel innoveren mogelijk. NLR vormt in binnen- en buitenland de spilfunctie tussen wetenschap, bedrijfsleven en overheid, en overbrugt de kloof tussen fundamenteel onderzoek en toepassingen in de praktijk. Daarnaast werkt NLR als Groot Technologisch Instituut ruim tien jaar in de TO2-federatie samen aan toegepast onderzoek in Nederland.

Vanuit de hoofdvestigingen in Amsterdam en Marknesse en twee satellietvestigingen, draagt NLR bij aan een veilige en duurzame maatschappij en werkt met partners in vele (defensie)programma's, onder andere aan complexe composieten constructies voor verkeersvliegtuigen en aan doelgericht gebruik van het F-35-jachtvliegtuig. Daarnaast geeft NLR invulling aan Nederlandse en Europese (klimaat)doelstellingen conform de Luchtvaartnota, de European Green Deal, Flightpath 2050, en door deelname aan programma's zoals Clean Sky en SESAR.

Voor meer informatie bezoek: **www.nlr.nl**

Postal address
PO Box 90502
1006 BM Amsterdam, The Netherlands
e) info@nlr.nl **i)** www.nlr.org

Royal NLR
Anthony Fokkerweg 2
1059 CM Amsterdam, The Netherlands
p) +31 88 511 3113

Voorsterweg 31
8316 PR Marknesse, The Netherlands
p) +31 88 511 4444