



Bodembelichtingstoets

Zonneweide Karstraat, Voerendaal



Eelerwoude

Op weg naar 100% natuurinclusief ♦

Opdrachtnemer:

Eelerwoude

[Onze vestigingen](#)

088-1471100

info@eelerwoude.nl

www.eelerwoude.nl

Projectgegevens:

Projectnummer: 206666

Datum: 26-2-2025

Status: Definitief

Versie: 1

© 2025 Eelerwoude

Dit rapport is opgemaakt voor digitale weergave.

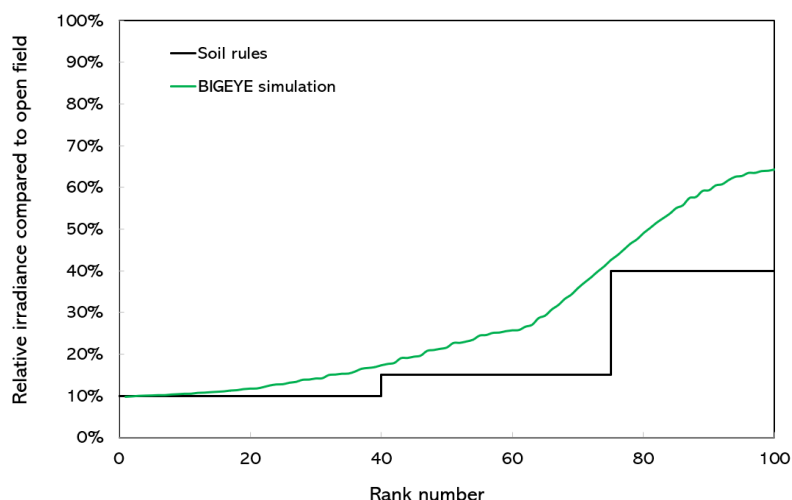
Samenvatting

In Voerendaal heeft de initiatiefnemer Statkraft het voornemen een zonneveld te realiseren aan de Karstraat. Met het oog op behoud van bodemkwaliteit is een berekening uitgevoerd naar de hoeveelheid licht die de bodem onder de panelen bereikt. Voor de berekening is uitgegaan van de documentatie zoals aangeleverd via de mail van 26-08-2024.

De ontwikkeling van het voorgestane zonneveld leidt naar verwachting niet tot risico voor de bodemkwaliteit. In dit rapport worden de normen en de rekenmethode toegelicht en zijn de gebruikte gegevens en de resultaten van de berekening beschreven en weergegeven. Bij de berekening voor dit rapport is gebruik gemaakt van de volgende parameters:

Parameter	Hoeveelheid	Eenheid
Lengte paneel	2,384	m
Breedte paneel	1,303	m
Oriëntatie paneel	Portrait	
Transparantie installatie (paneel en tussenruimte)	1,8	%
Aantal panelen achter elkaar	2	st
Hellingshoek paneel	10	°
Horizontale ruimte tussen de panelen	0.02	m
Verticale ruimte tussen de panelen	0,02	m
Hoogte installatie onderkant	0,8	m
Hoogte installatie bovenkant	1,66	m
Afstand tussen tafels (Boven- en onderkant)	3 bij 0,4	m
Oriëntatie tov noord	7	°

In onderstaande grafiek zijn de conclusies gerangschikt zodat deze vergelijkbaar zijn met de huidige normen, met op de x-as het oppervlaktepercentage en op de y-as de lichtinstraling tov de open-veld-instraling. De zwarte lijn is de ondergrens van de huidige norm. De groene lijn het resultaat van de berekening. De norm wordt overal gehaald, waarmee geen risico op bodemschade wordt verwacht.



Inhoud

Samenvatting	3
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Zonnevelden in relatie tot de bodemkwaliteit	6
2 Normen en methodiek	7
2.1 Normen	7
2.2 Methodiek	8
3 Input van het model	10
3.1 Beoogde paneelopstelling	10
3.2 Borg dat vooruitgang positief uitpakt	10
4 Conclusie	11



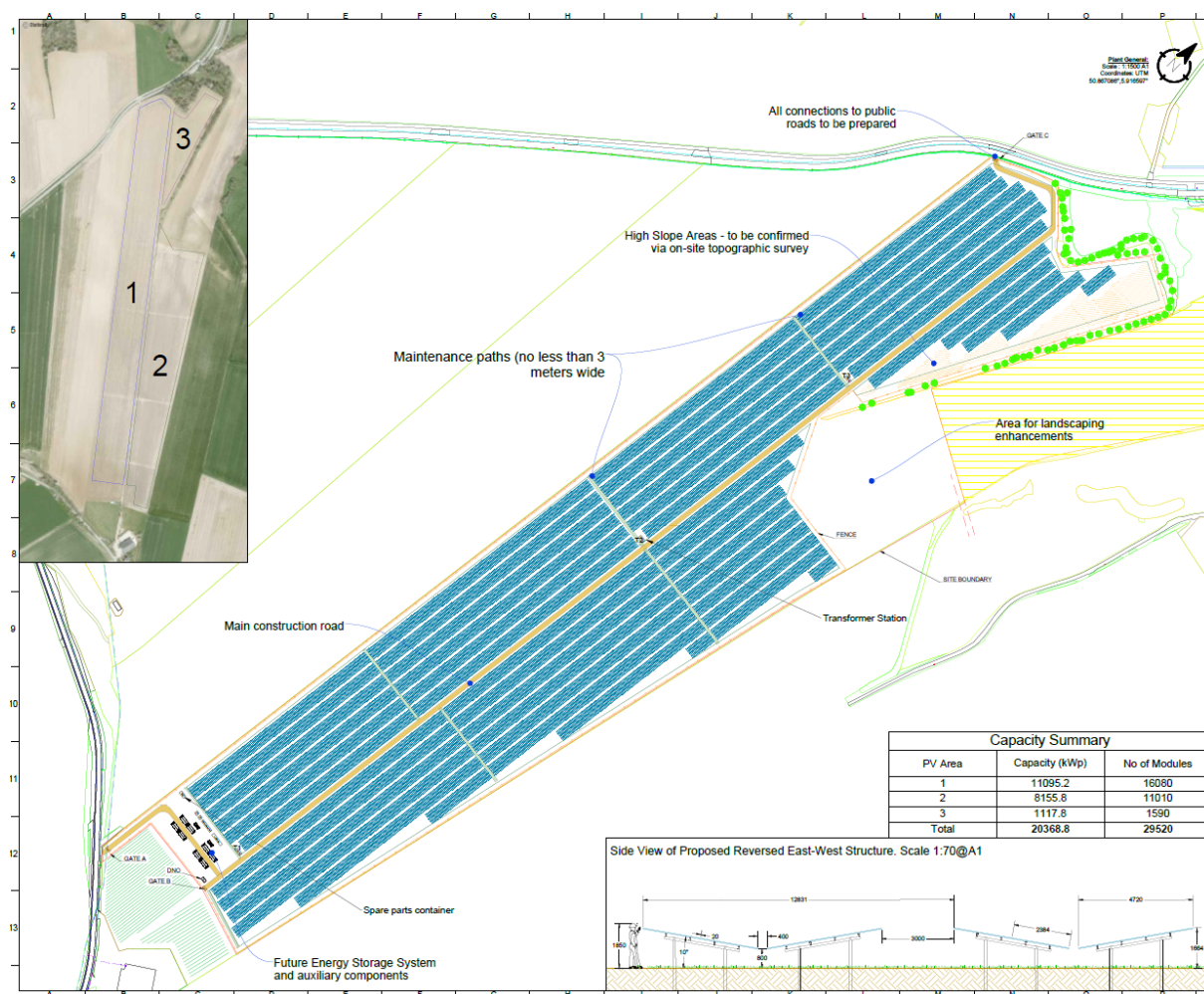
Eelerwoude

Op weg naar 100% natuurinclusief ♦

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Initiatiefnemer Statkraft heeft het voornemen een zonnenveld te realiseren in gemeente Voerendaal aan de Karstraat. Met het oog op de uitvoering van dit project wordt een aanvraag ingediend voor een omgevingsvergunning. Om te verifiëren dat de voorgestelde ontwikkeling geen negatieve invloed heeft op de bodemkwaliteit onder de geplande zonnepanelen, is een bodembelichtingstoets uitgevoerd. Deze wordt toegelicht in hoofdstuk 2 en 3. Dit rapport geeft in hoofdstuk 4 een gedetailleerde beschrijving van de uitgevoerde berekeningen en presenteert de resulterende bevindingen van deze analyse.



Afbeelding 1. Technisch ontwerp van de zonneweide.

1.2 Zonnevelden in relatie tot de bodemkwaliteit

De aanleg van zonnevelden in het buitengebied biedt een substantiële impuls voor het bevorderen van de energietransitie. De bodemkwaliteit in Nederlandse zonnevelden komt echter in toenemende mate onder druk te staan doordat panelen te dicht op elkaar geplaatst worden wat resulteert in een ontoereikende belichting van de ondergrond. De vermindering van bodembelichting leidt tot een afname van vegetatie en koolstofgehalte wat op zijn beurt de bodemkwaliteit aantast. Het herstelproces na het verwijderen van de zonnepanelen kan meerdere decennia in beslag nemen. TNO en WUR hebben gezamenlijk een toets ontwikkeld waarmee zonnevelden ontworpen kunnen worden zonder afbreuk te doen aan de bodemkwaliteit.

In deze context voert Eelerwoude een toets uit volgens de methodiek opgesteld door TNO en de vastgestelde standaarden door WUR. Het resultaat van deze toets wordt in dit rapport gepresenteerd. Dit rapport omvat de resultaten gebaseerd op de verstrekte gegevens van de ontwikkelaar met betrekking tot de voorgestelde opstelling en technische specificaties van de te implementeren zonnepanelen. Indien vereist, wordt deskundig advies gegeven over aanpassingen aan de installatie om te voldoen aan de gestelde normen.

Voorbehoud

Op dit moment is de normatieve beoordelingsgrondslag van de toets gebaseerd op een beperkte verzameling gegevens, met name afkomstig van bodems met een geringe intrinsieke ecologische waarde (zoals gebieden met intensief agrarisch grondgebruik). Niettemin is het van cruciaal belang om zo vroeg mogelijk rekening te houden met de potentiële gevolgen van zonnevelden op de bodem. Zodra aanvullend onderzoek beschikbaar is zal dit in samenwerking met TNO en de WUR worden geïntegreerd in onze werkwijze voor nieuwe berekeningen.

Eelerwoude werkt daarnaast mee aan de betreffende onderzoeken waaronder SolarEcoPlus en EcoCertified Solar Parks. Deze betrokkenheid stelt ons in staat om proactief op de hoogte te zijn van potentiële veranderingen en dergelijke informatie tijdig te implementeren in onze adviezen. Deze onderzoekstrajecten beogen een aanzienlijke hoeveelheid gegevens te verzamelen uit diverse zonnevelden, wat de grondslag van de richtlijnen aanzienlijk zal verstevigen.

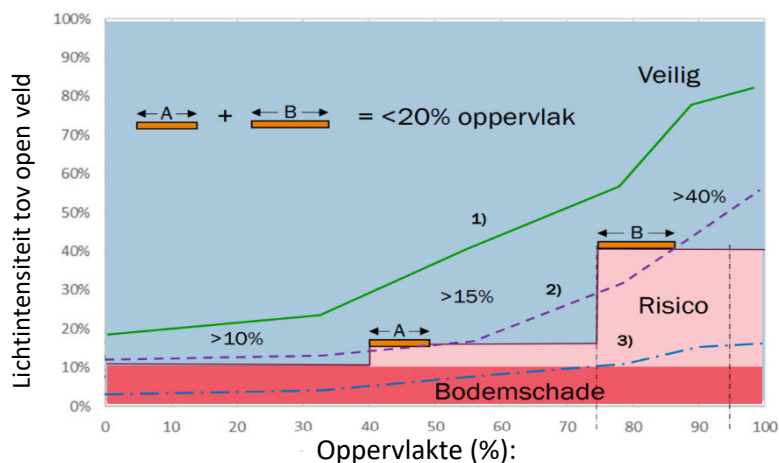
Naast het verstrekken van een groter aantal waarnemingen over een uitgebreidere tijdsperiode, zal deze dataset ook inzicht verschaffen in de impact van waarneembare vegetatie op de bodemecologie en koolstofopslag. Daarbij is er aandacht voor onderscheid tussen diverse bodemtypen, uiteenlopende aanvangscondities, bodemfysische eigenschappen en beheermethodieken. De resulterende gegevens zullen vervolgens benut worden om de criteria van de bodeminstralingstoets verder te verfijnen en specifieker te duiden.

2 Normen en methodiek

2.1 Normen

De ontwerpregels die in dit rapport worden gehanteerd, zijn afgeleid uit een combinatie van visuele beoordeling van vegetatie en verkennende analyses van labiele koolstof in bodemonsters, met gebruikmaking van bestaande zonne-energievelden in Nederland. Ook zijn gesimuleerde bodembelichtingspatronen die kenmerkend zijn voor deze zonneparken in beschouwing genomen. In zonnevelden gedijt de vegetatie tussen de panelen aanzienlijk beter dan onder de panelen. Dit gegeven is in de toets ingebouwd om mogelijke risico's voor bodemkwaliteit die voortvloeien uit nog onbekende langetermijneffecten te mitigeren. De getoetste parameters omvatten variabelen die aansluiten bij de ontwerpmogelijkheden van zonnevelden. Als gevolg hiervan worden twee oppervlaktepercentages en drie niveaus van instraling gehanteerd om vegetatiegroei te realiseren die naar verwachting noodzakelijk is voor het behoud van minimale bodemkwaliteit zowel onder als tussen de paneelopstellingen. De verwachting is dat bij minstens 40% van de open veldinstraling de groei en diversiteit van vegetatie voldoende is om onvoorziene negatieve effecten op lange termijn in de schaduwrijke zones te ondervangen. De verdeling van de oppervlakte over de verschillende instralingsniveaus wordt mede bepaald door de ontwerpkeuzes die door de initiatiefnemer zijn gemaakt. De kwalificatie 'veilig' wordt gegeven als aan de volgende normen wordt voldaan:

1. De bodem ontvangt overal minimaal 10% van de openveldinstraling;
2. Minimaal 60% van de bodem ontvangt boven de 15% van de openveldinstraling;
3. Minimaal 25% van de bodem ontvangt boven de 40% van de openveldinstraling.



Afbeelding 2. Grafiek met weergave van de normen.

Een ontwerp ontvangt automatisch de beoordeling 'niet acceptabel' als niet wordt voldaan aan criterium 1. Als wel aan criterium 1 wordt voldaan maar niet volledig aan criteria 2 en 3, kan de kwalificatie 'aanvaardbaar met mogelijk risico voor bodemkwaliteit' worden toegekend, omdat bij hogere instralingsniveaus iets meer marge in de belichtingseis aanwezig is. Deze potentieel aanvaardbare mate van risico wordt als passend beschouwd wanneer deze twee criteria voor maximaal 20% van het grondoppervlak niet gehaald worden. Als een groter gedeelte van het grondgebied niet aan de vereisten voldoet resulteert de beoordeling in de aanduiding niet acceptabel.

2.2 Methodiek

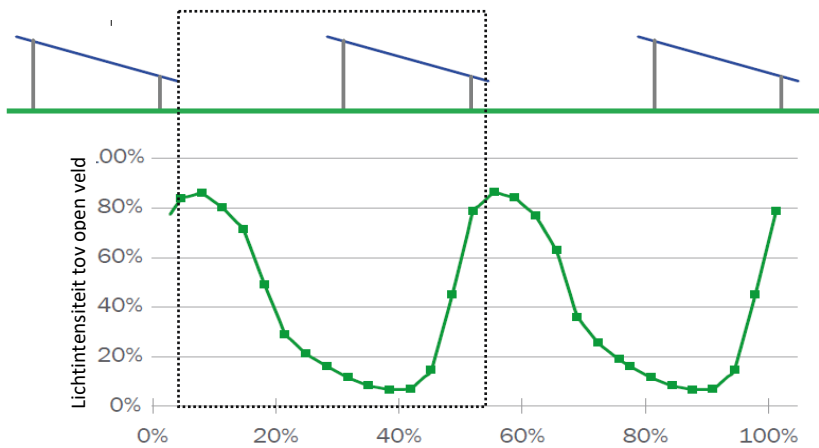
TNO ontwikkelde de voor dit rapport gebruikte software "BigEye, versie 5.5.33e" voor het berekenen van de energieopbrengst en bodembelichting van zonnepaneelsystemen.

BIGEYE is een geavanceerd simulatiemodel ontwikkeld door TNO om de energieopbrengst van fotovoltaïsche (PV) systemen met bifaciale zonnepanelen nauwkeurig te voorspellen. Het model kan de elektriciteitsproductie van PV-systemen met diverse configuraties en op elke locatie simuleren, rekening houdend met meteorologische en omgevingsdata. Dit stelt installateurs, projectontwikkelaars en systeembeheerders in staat om optimale aansluitingen op elektriciteitsnetwerken te realiseren en PV-systemen zo te ontwerpen dat de energieproductie beter aansluit op de dagelijkse vraag. BIGEYE maakt gebruik van een 3D-viewfactormodel om zowel de voor- als achterzijde van bifaciale modules nauwkeurig te modelleren, zonder benaderingen voor de achterzijde. Het model is gevalideerd door middel van vergelijkingen met experimentele data, zoals de BIFOROT-opstelling aan de Zurich University of Applied Sciences. Deze validaties tonen aan dat BIGEYE betrouwbare voorspellingen biedt voor de energieopbrengst van bifaciale PV-systemen in diverse configuraties.

Naast energieopbrengstsimulaties wordt BIGEYE ook ingezet voor het modelleren van lichtverdeling op de grond onder en rondom PV-installaties. Deze informatie is cruciaal voor het ontwerpen van natuur-inclusieve zonneparken en agrivoltaïsche systemen, waar voldoende licht op de bodem essentieel is voor biodiversiteit en landbouwproductiviteit. Samenvattend is BIGEYE een krachtig hulpmiddel voor het optimaliseren van het ontwerp en de prestaties van bifaciale PV-systemen, met toepassingen variërend van energieopbrengstprognoses tot ecologische evaluaties van zonneparken.

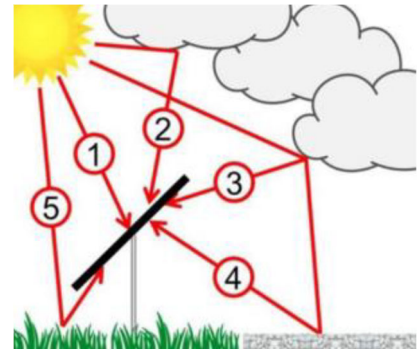
BigEye maakt gebruik van een programma genaamd MATLAB(versie R2021b, Update 6) dat middels een runtime licentie wordt gebruikt. *MATLAB is een krachtige tool die wereldwijd wordt gebruikt voor het modelleren, simuleren en analyseren van energiesystemen, waaronder zonne-energiesystemen. Het biedt uitgebreide bibliotheken en functies die het mogelijk maken om zonne-energiesystemen te modelleren en te simuleren.*

Voor de nauwkeurige berekening van de instraling op de achterzijde van tweezijdige panelen, moet de lichtverdeling via de onderliggende bodem en die rondom de zonnepanelen worden meegenomen. Validatie van BigEye-simulaties omvat zowel kleine als grote systeemconfiguraties, met publicatie en verificatie volgens internationale standaarden. Hierbij is de hoeveelheid licht op de ondergrond een tussenresultaat, dat per plek onder de panelen verschilt, maar ook per moment op de dag en gedurende het seizoen. Voor het doel van dit rapport wordt dit tussenresultaat zelfstandig gebruikt ter vaststelling van de gevolgen voor bodemkwaliteit en biodiversiteit. Voor de berekening van de zonlichtintensiteit op het bodemoppervlak van het zonneveld wordt een representatieve sectie geselecteerd, zoals afgebeeld in onderstaand voorbeeld met drie enkelzijdig georiënteerde tafels. Hiervan worden de gegevens ingevoerd in het computermodel dat op basis hiervan de exacte hoeveelheid zonlicht berekent dat het bodemoppervlak bereikt zoals geïllustreerd in de grafiek op de volgende pagina.



Relatieve afstand tussen de onderkanten van drie tafels

Afbeelding 3. Voorbeeld Dwarsprofiel en grafiek.



Afbeelding 4. Visuele weergave bij onderstaande tabel

Er wordt rekening gehouden met:

- Het licht dat door het zonnepaneel heen schijnt. Zowel tussen de verschillende panelen als de transparantie van het paneel zelf (zie de nummering in bovenstaande tekening; 1).
- Weerkaatsing via de wolken (2 en 3).
- Weerkaatsing via de grond voor en achter het zonnepaneel (4 en 5).
- De hellingshoek van de panelen.
- Het aantal panelen per tafel en de onderlinge afstand tussen de verschillende tafels.
- De oriëntatie van de panelen.
- Een representatief meteorologisch jaar.

Deze gegevens bieden een nauwkeurig beeld van de lichtintensiteit op het bodemoppervlak. Resultaten zijn gebaseerd op een representatief repeterend deel. In bovenstaande grafiek aangeduid met de gestippelde rechthoek. De gegevens worden geordend in oplopende volgorde zodat de onderlinge variatie en dimensies van de configuraties het resultaat niet vertekenen. Dit maakt gedetailleerde analyse en controle aan de huidige normen mogelijk en vergemakkelijkt vergelijking van verschillende configuraties.



Eelerwoude

Op weg naar 100% natuurinclusief ➤

3 Input van het model

3.1 Beoogde paneelopstelling

Voor de bepaling van de bodembelichting is data vereist van de beoogde configuratie. De voor dit rapport gebruikte gegevens (input van het model) zijn opgenomen in onderstaande tabel en zijn specifiek voor dit project. Aspecten zoals oriëntatie ten opzichte van de zon, helling, paneelaantal per tafel, paneeltype, etc, variëren per project.

Voor de berekening is uitgegaan van de aangeleverde technische tekening van de tweezijdige opstelling met twee staande panelen achter elkaar. Wat betreft de transparantie van de installatie wordt gekeken naar de transparantie van de panelen zelf samen met de tussenruimte tussen elk paneel, aangezien deze samen bepalend zijn hoeveel licht er door de installatie heen op de ondergrond komt.

Parameter	Hoeveelheid	Eenheid
Lengte paneel	2,384	m
Breedte paneel	1,303	m
Oriëntatie paneel	Portrait	
Transparantie installatie (paneel en tussenruimte)	1,8	%
Aantal panelen achter elkaar	2	st
Hellingshoek paneel	10	°
Horizontale ruimte tussen de panelen	0.02	m
Verticale ruimte tussen de panelen	0,02	m
Hoogte installatie onderkant	0,8	m
Hoogte installatie bovenkant	1,66	m
Afstand tussen tafels (Boven- en onderkant)	3 bij 0,4	m
Oriëntatie tov noord	7	°

Afbeelding 5. Tabel met de voor de berekening gebruikte gegevens.

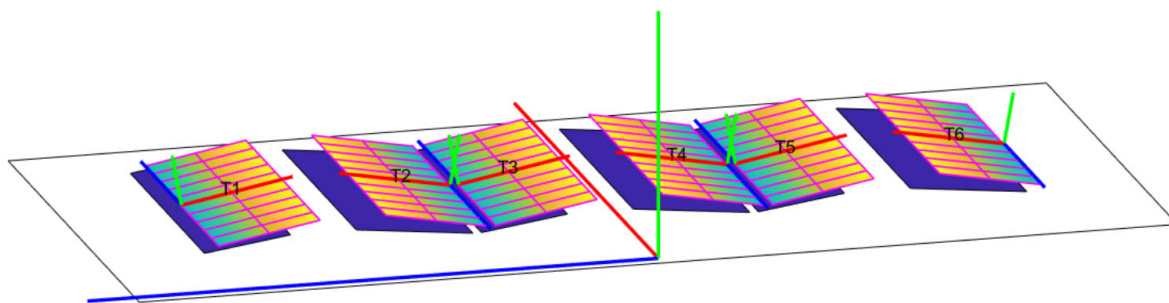
3.2 Borg dat vooruitgang positief uitpakt

Als dit rapport wordt gebruikt ter aanvulling of onderbouwing van een vergunningaanvraag, is het essentieel op te merken dat de panelen in de periode tussen het uitvoeren van deze berekening en het bestellen ervan aanzienlijk kunnen ontwikkelen waardoor voor de constructie alternatieve panelen de voorkeur genieten van de ontwikkelaar of bouwer van het zonnenveld. Dit vanwege bijvoorbeeld een gunstigere kosten-batenverhouding per oppervlakte. Deze wijziging zal impact hebben op de berekening. Om zekerheid te verkrijgen dat deze mogelijke wijziging ook positieve effecten heeft op de lichtintensiteit op het bodemoppervlak, is het raadzaam deze berekening in geval van wijzigingen te valideren. Dit garandeert dat aan de bestaande normen of uitkomsten van deze toets blijvend wordt voldaan.

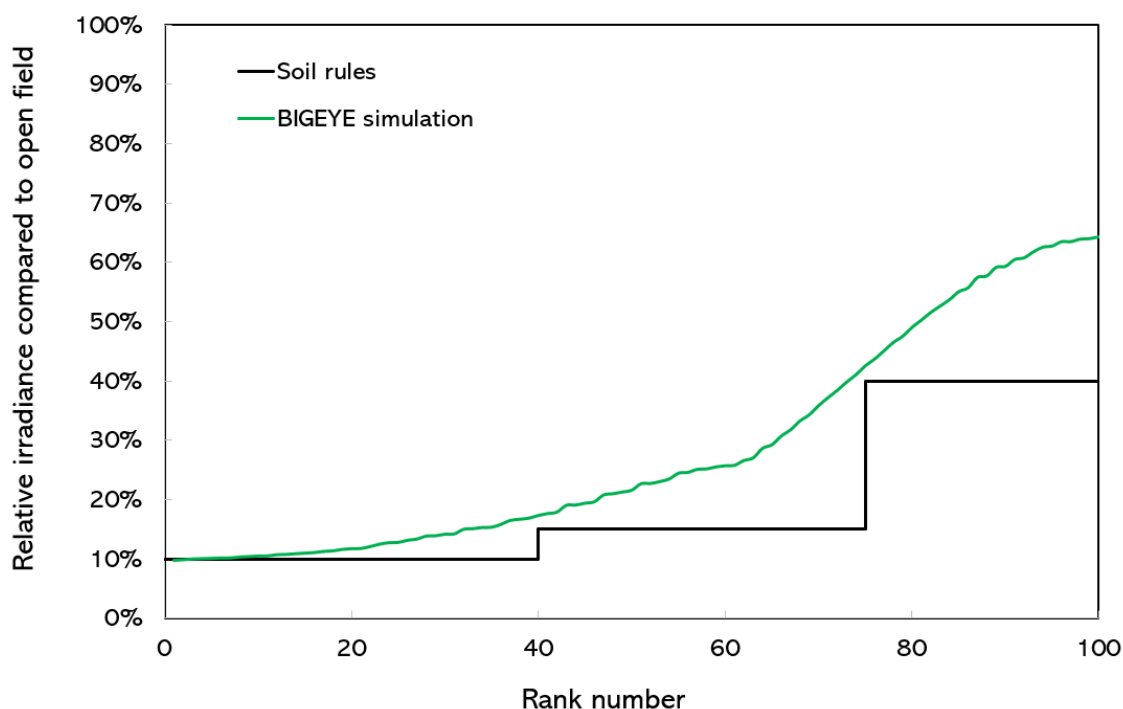
4 Conclusie

De ontwikkeling van het voorgestane zonneveld leidt tot de conclusie dat er geen risico op bodemschade wordt verwacht. De normen worden door de ruime opstelling overal volledig gehaald waardoor er geen risico op bodemschade wordt verwacht. In onderstaande afbeeldingen zijn de resultaten van de berekening weergegeven.

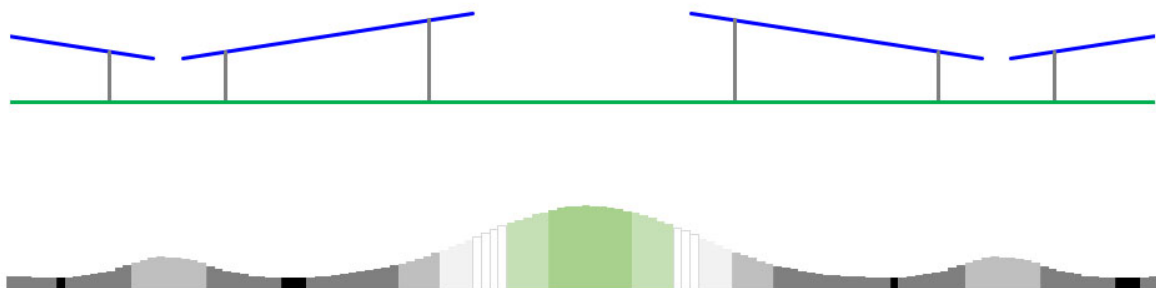
In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens drie afbeeldingen getoond. De eerste is van een modelweergave van de berekende opstelling. De tweede laat in een grafiek het resultaat zien. De derde geeft dit grafisch weer zodat inzichtelijk wordt waar de donkerste plekken zich bevinden.



Afbeelding 6. Modelweergave van de gekozen opstelling. De omgekeerd oost-west / butterfly opstelling is hier goed zichtbaar.



Afbeelding 7. De conclusies gerangschikt zodat deze vergelijkbaar zijn met de huidige normen, met op de x-as het oppervlaktepercentage en op de y-as de lichtinstraling tov de open-veld-instraling. De zwarte lijn is de ondergrens van de huidige norm. De groene lijn het resultaat van de berekening. De norm wordt overal gehaald waarmee geen risico op bodemschade wordt verwacht.



Afbeelding 8. Grafiek met uitkomsten weergegeven volgens het dwarsprofiel van het model. Hoe lichter / groener hoe meer zonlicht.



Eelerwoude

Op weg naar 100% natuurinclusief ♦