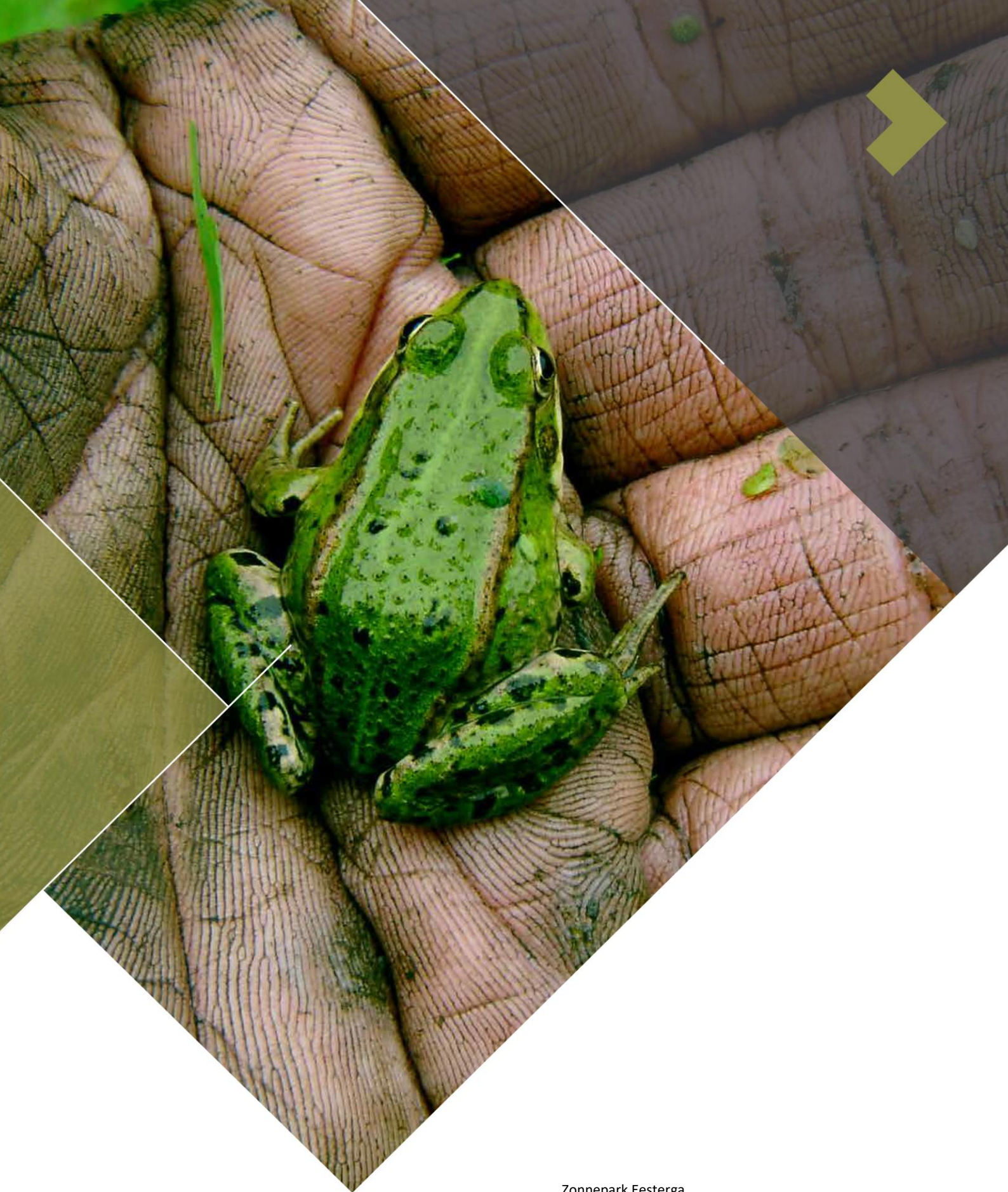
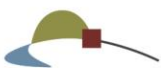




Zonnepark Eesterga
Monitoringsprogramma Waterkwaliteit



Eelerwoude

Op weg naar 100% natuurinclusief »

Opdrachtgever:

Novar Nederland B.V.
De heer P. M. van der Meulen
Emmasingel 4
9726 AH Groningen

Opdrachtnemer:

Eelerwoude
[Onze vestigingen](#)
088-1471100
info@eelerwoude.nl
www.eelerwoude.nl

Projectgegevens:

Projectnummer: 205094
Datum: 25-9-2023
Projectleider: William Neefjes
Opgesteld: William Neefjes
Gecontroleerd: Enrico Boers
Status: Definitief
Versie: 2

© 2023 Eelerwoude

Dit rapport is enkelzijdig opgemaakt.

Inhoudsopgave

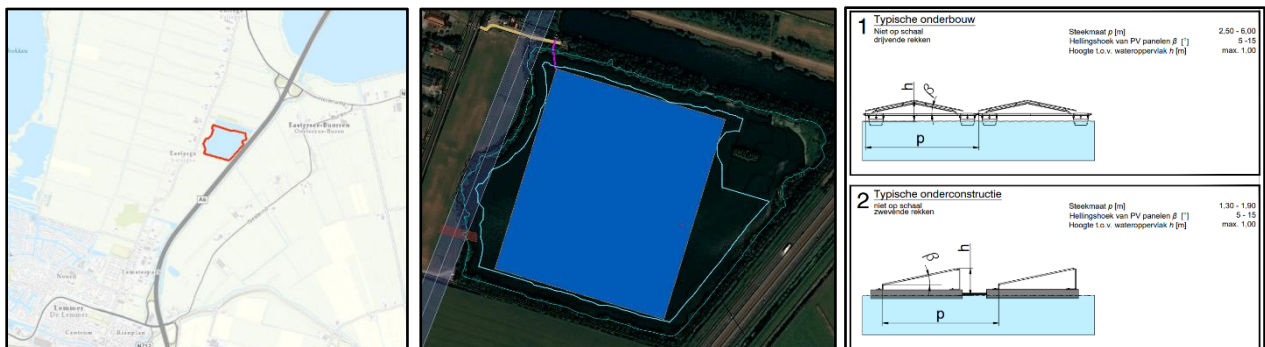
Monitoringsprogramma Waterkwaliteit	1
1 Literatuurstudie	4
1.1 Inleiding	4
1.2 Reeds uitgevoerde onderzoeken	5
1.3 Beschikbare informatie.....	5
1.4 Relevante parameters en hypotheses	5
2 Opzet monitoringsprogramma	11
2.1 Waterkwaliteit	11
2.2 Ecologie	12
2.3 Meetperiode.....	14
2.4 Koppelkans - Waterschapsmonitoring	15
2.5 Aanvullende monitoringsmethode.....	15
3 Bronnen	16

1 Literatuurstudie

1.1 Inleiding

Novar is betrokken bij de ontwikkeling van een drijvend zonnepark op een voormalige zandwinplas te Eesterga. De plas ligt ten noorden van Lemmer en ten zuiden van het Tjeukemeer, aan de linkerzijde van de A6 (zie figuur 1 - links). Het betreft een diepe plas met een oppervlak van 11,5 hectare. De plas is geïsoleerd en vormt geen onderdeel van een groter stroomgebied. De plas is huidig in gebruik als commerciële karpervisplas. Na de ontwikkeling van het zonnepark zal deze functie komen te vervallen, en worden de aanwezige karpers uit de plas verwijderd. In de plas zijn zuurstofpompen aanwezig om de zuurstofconcentratie op peil te houden. Met het vervallen van de karpervisplas functie worden deze pompen mogelijk niet meer ingezet. Het aan te leggen zonnepark betreft een oppervlak van circa 8 hectare. Daarmee zal circa 70% van het wateroppervlak bedekt worden met zonnepanelen. Hiermee verwacht Novar zo'n 15MWp op te wekken voor zo'n 5000 huishoudens.

Uit een eerder ecologisch onderzoek van Bureau Waardenburg (Wolters & Kruijt, 2020) is gebleken dat de oeverzone de hoogste (aquatisch) ecologische waarde bevat. Vanwege dit gegeven is besloten om in het ontwerp van het zonnepark geen zonnepanelen binnen 20 meter van de oeverzone aan te leggen. Dit is te zien in het ontwerp weergegeven in figuur 1 (midden). Hierbij geeft het blauwe vlak het zonnepark weer, en de lichtblauwe lijnen de onbedekte oeverzone met een breedte van 20 meter. Over het bijbehorende technische ontwerp van de drijvende onderconstructie moet nog beslist worden. De twee typen zijn in figuur 1 (rechts) te zien. Hierbij zal type 2 hoogstwaarschijnlijk meer licht doorlaten vanwege de ruimtes die ontstaan tussen de panelen.



Figuur 1: Links wordt de topografisch ligging van de plas, in rood gearceerd, weergegeven. In het midden wordt het ontwerp van het zonnepark weergegeven. Hierbij geeft het blauwe vlak het zonnepark weer, en de lichtblauwe lijnen de onbedekte oeverzone met een breedte van 20 meter. Rechts geeft twee technische tekeningen weer met het ontwerp voor de onderconstructie. Er moet nog gekozen worden welk van deze twee ontwerpen daadwerkelijk wordt toegepast.

Novar vraagt Eelerwoude om een monitoringsprogramma op te stellen waarbij de effecten van het te ontwikkelen zonnepark op de (ecologische) waterkwaliteit in de zandwinplas worden gemonitord. Het gaat hierbij om zowel de fysisch-chemische waterkwaliteit als de biologische waterkwaliteit. Het monitoringsprogramma zal meerjarig worden toegepast. Met dit uitgebreide monitoringsprogramma willen Novar en de Provincie beter grip krijgen op de impact die de aanleg van een zonnepark op het onderliggende watersysteem heeft. Het monitoringsprogramma moet een beeld geven van de staat van het watersysteem (nulmeting) bij aanvang van de aanleg van het zonnepark. Daarnaast moet het meetplan inzichtelijke maken welke, positieve dan wel negatieve, veranderingen plaats vinden door plaatsing van het zonnepark. Dit document zal ingaan op potentieel te verwachten effecten en een methodologie om daadwerkelijke veranderingen op te sporen.

Doelstelling monitoringsprogramma

Het doel van het monitoringsprogramma is om grip te krijgen op de mate waarin het plaatsen van het zonnepark, het vervallen van de karpervisfunctie van de plas, en het mogelijk stoppen van zuurstoftoevoer d.m.v. een zuurstofpomp, effect zullen hebben op de ecologische waarden van het watersysteem. Het voornaamste belang is de impact op de ecologie in het watersysteem. Echter, aangezien de fysisch-chemische waterkwaliteit een belangrijke rol speelt in de ontwikkelingsmogelijkheden van de ecologie, zal een aanzienlijk deel van de monitoring hierop focussen.

Er zijn drie onderdelen binnen het doel te beschrijven:

- Het begrijpen van het watersysteem - Welke effecten treden op na plaatsing van het zonnepark?
- Handelen - Wanneer de ecologie negatief wordt beïnvloed door de aanpassingen kunnen de meetgegevens de basis vormen waarmee een handelingsperspectief wordt opgesteld.
- Leren voor de toekomst – Hiermee kunnen zonneparken op water in de toekomst natuurinclusiever worden ingericht.

1.2 Reeds uitgevoerde onderzoeken

De onderstaande onderzoeken zijn reeds uitgevoerd door Bureau Waardenburg.

- Aquatisch ecologische waarden, vogels en vleermuizen (Balk, Wolters, & van der Heide, 2020).
- Aanvullend onderzoek – waterplanten en kranswieren (Wolters & Kruijt, 2020).
- Aanvullend onderzoek – Meer- en watervleermuizen (Balk, Wolters, van Looijengoed, & Sijtsma, 2021).

1.3 Beschikbare informatie

Het aanleggen van zonneparken op waterlichamen is een relatief nieuwe ontwikkeling. Daardoor zijn de potentiële effecten op de ecologische kwaliteit van het onderliggende waterlichaam tot nu toe vrijwel onderbelicht gebleven. Veel onderzoeken zijn gebaseerd op aannames en modelmatige studies. Zo heeft de STOWA (Loos & Wortelboer, 2018) eerder een modelmatig tool ontwikkeld, waarbij met enkele parameters een schatting gemaakt kan worden van de effecten van een zonnepark op de waterkwaliteit. Dit moet een handvat geven voor vergunningverleners bij het beoordelen van effecten van een zonnepark op water.

“Onderzoeken met empirische resultaten missen grotendeels” constateert Deltares (Pires & Loos, 2020) in een literatuuronderzoek. In deze studie wordt de huidige staat van kennis op dit thema helder samengevat, en is daarmee een goed startpunt om potentiële effecten op de waterkwaliteit te begrijpen. Aanvullend is een achtergrondnotitie uitgegeven waarin meetadviezen voor monitoringsprogramma’s met betrekking tot zonneparken op water zijn toegelicht (Pires & Loos, 2020).

1.4 Relevante parameters en hypothesen

In een watersysteem vindt zich een netwerk van biologische en chemische processen plaats. Deze processen beïnvloeden elkaar ook onderling. Daarmee is een watersysteem zeer complex, en zijn verandering na aanleg van een maatregel moeilijk te voorspellen. De beschreven waterkwaliteitsparameters zijn ten behoeve van de ecologie. Het zijn de randvoorwaarden die de ontwikkelingsmogelijkheden van de ecologische kwaliteit bepalen. Onderstaand wordt per parameter beschreven hoe deze door de aanleg van het zonnepark mogelijk verandert én hoe deze verandering mogelijk andere parameters beïnvloed. Deze hypothesen vormen de basis voor het monitoringsprogramma beschreven in hoofdstuk 2.

Een min (-) of plus (+) geeft aan of er een toename of afname wordt verwacht.

Temperatuur (-)

Door het afdekken van een groot deel van het oppervlak zal de hoeveelheid licht welke het water binnendringt verminderd worden. De verminderde straling zorgt voor minder opwarming van het oppervlakte-water. De verwachting is dus dat de gemiddelde temperatuur van de plas zal dalen (Pires & Loos, 2020).

Dit kan diverse effecten veroorzaken, afhankelijk van de mate van afkoeling:

- Biologisch en chemische processen verlopen langzamer bij lagere temperaturen. Denk hierbij aan de afbraak van organisch materiaal, waarbij zuurstof wordt verbruikt. (-)
- Bij lagere temperaturen lost zuurstof makkelijker op in water. (+)
- Verminderde stratificatie (zie beschrijving onder kopje stratificatie). (-)
- Afkoeling kan een effect hebben op de aanwezige faunapopulaties (met name macrofauna), met name voor soorten die warm water prefereren

Overigens warmen de zonnepanelen zelf ook op, waardoor zij hun warmte weer overdragen aan het onderliggende water. Het is mogelijk dat hierdoor het afkoelende effect teniet wordt gedaan.

Stratificatie

Stratificatie is een natuurlijk proces dat plaats vindt in diepe watersystemen. Hierbij ontstaan twee verschillende waterlagen onder invloed van instraling van de zon gedurende het zomerseizoen. De bovenste laag warmt op en mengt vrijwel niet met de koudere diepere laag. Hierdoor ontstaan tijdelijk twee gescheiden waterlagen die ieder hun eigen fysisch-chemische samenstelling hebben. In het najaar, wanneer de instraling weer wordt beperkt, zullen de lagen weer met elkaar mengen. De diepere laag is over het algemeen arm in zuurstof en rijk aan fosfor. Tijdens het najaar, wanneer de lagen met elkaar mengen, kan daarom een toename in fosfor en een dip in zuurstofgehalte in de bovenste waterlaag gezien worden (Geest, Arts, & Dijk, 2022).

Te verwachten is dat het aanleggen van een zonnepark op een waterlichaam de inkomende straling in het watersysteem zal verminderen. Daarom wordt er verwacht dat het stratificerend vermogen van het waterlichaam zal verminderen. De diepere laag (hypolimnion) is daarmee mogelijk kleiner van volume, en minder lang zuurstofloos, waardoor mogelijk minder fosfor in de bovenste waterlagen recirculeert.

Chlorofyl-a (-/+)

Chlorofyl-a is de wetenschappelijke benaming voor bladgroenkorrels, pigmenten die fotosynthese in planten mogelijk maken. Het is een goede indicator van de hoeveelheid algen die binnen een watersysteem voorkomen. Algen zijn de primaire producenten binnen een watersysteem. Vanuit licht en voedingsstoffen creëren zij de bouwstenen voor de rest van de voedselketen. Een verminderde lichtinval kan mogelijk de groei van de algen remmen. Overigens is deze hypothese niet eenduidig; De modelstudie van STOWA toont namelijk juist een groei van chlorofyl-a na aanleg van het zonnepark (Loos & Wortelboer, 2018).

Een verandering in chlorofyl-a kan diverse effecten veroorzaken, afhankelijk van de af/toename:

- Effecten op de samenstelling van het ecosysteem (macrofauna, vis, etc.) vanwege hun functie als energiebron voor het watersysteem.
- Verandering in lichtklimaat (helderder water). Algen nemen namelijk licht op, waardoor licht uitdooft, en minder diep de waterkolom in kan dringen.
- Verandering in zuurstofproductie, algen produceren via fotosynthese zuurstof, en verbruiken bij afbraak van dode algen ook zuurstof.
- Sommige algen soorten zijn giftig voor de omgeving, denk hierbij aan blauwalgen.

Zuurstof (-)

Zoals bij de bovenstaande parameters is genoemd, is de verwachting dat de zuurstofconcentratie in het oppervlaktewater zal veranderen. Het bedekken van het wateroppervlak verkleint het oppervlak waar uitwisseling tussen de atmosfeer en het water plaats vindt. Het overdekken kan ervoor zorgen dat het zuurstof uit de atmosfeer het water niet kan intreden. Daarnaast kunnen lagere aanwezigheid van algen en waterplanten ook tot een lager zuurstofgehalte leiden, vanwege een verlaagde zuurstofproductie (Pires & Loos, 2020).

Lage zuurstofgehalten kunnen negatief zijn voor vissen. Bij zuurstofconcentraties lager dan 5 mg/liter ondervinden vissen stress, en bij concentraties van lager dan 1,5 mg/liter kan massale vissterfte plaats vinden.

Specifiek voor de plas te Eesterga zijn de aanwezige zuurstofpompen op de bodem van de plas van belang. Deze zijn geïnstalleerd om het zuurstofniveau op peil te houden, zodat vissterfte onder de uitgezette karpers wordt voorkomen. Vanwege het hoogstwaarschijnlijk zeer productieve watersysteem kunnen gedurende de zomer perioden van zuurstofloosheid ontstaan. Met het inpompen van zuurstof wordt de plas gedurende deze periodes voorzien van zuurstof. Het is daarom van belang om bij het interpreteren van de data van dit monitoringsplan rekening te houden met het eventuele aan- of uitzetten van deze zuurstofpompen.

Onopgeloste zwevend stof (-)

In het water zweven van nature onopgeloste stoffen rond. Het gaat hier om bijvoorbeeld half afgebroken plantmateriaal, of opgewerveld sediment. Mede door de wind- en golfwerking bezinken deze deeltjes niet, of wervelen zij weer op vanaf de bodem/oever. Mogelijk kan het deels overdekken van het waterlichaam ervoor zorgen dat de wind- en golfwerking verminderd op de plas. Het zwevende stof krijg hierdoor de kans om sneller te sedimenteren.

Dit kan diverse effecten veroorzaken, afhankelijk van de af/toename:

- Beter lichtklimaat (helderder water), aangezien opgelost zwevend stof het water vertroebeld (+)

Nutriënten (-/+)

De belangrijkste voedingsstoffen in het water zijn stikstof (N) en fosfor (P). Over het algemeen geldt dat een lagere hoeveelheid aan voedingsstoffen leidt tot een watersysteem met een hogere biodiversiteit. Bij hoge voedingsstofgehalten komen over het algemeen hoge mate van (blauw)algen voor, wat ook kan leiden tot zuurstofloosheid en vissterfte.

Vanwege de karpervisfunctie van de plas verwachten we dat het meer zeer voedselrijk zal zijn. Om de karpers tot grote exemplaren te groeien is een voedselrijk systeem nodig. Het is dus interessant om te volgen hoe voedselrijkdom van het water zich verder zal ontwikkelen. De hoeveelheid nutriënten is voor een grote mate bepalend voor de ontwikkeling van de aquatische ecologie.

Door mogelijke veranderingen in zuurstofhuishouding en stratificatie kunnen patronen in nutriënten veranderen. Bovendien kunnen de constructies op het water aantrekkelijk zijn als rustplaats voor vogels. Uitwerpselen van grote groepen vogels kunnen bijdragen aan de eutrofiëring van het systeem.

Enkele hypothese die hier relevant zijn:

- Aantrekken van grote groepen vogels → Toename in nutriëntconcentraties (+)
- Verminderde stratificatie → Vermindering opgeloste nutriënten (-)
- Verandering functie karpervisfunctie → verminderde aanvoer nutriënten d.m.v. visvoer, waardoor op de lange termijn nutriëntconcentraties dalen (-)

Lichtklimaat (-/+) en waterplanten

Zoals hierboven staat beschreven zal het plaatsen van het zonnepark invloed hebben op de mate van instraling in het watersysteem. Dit heeft dus direct impact op het lichtklimaat in de plas. Minder licht zal instralen, en minder hiervan zal de bodem bereiken. Daarnaast beïnvloedt de mate van lichtinstraling processen in het water (bijvoorbeeld algengroei), welke vervolgens ook een effect hebben op het lichtklimaat. Daarom is het zeer lastig de exacte mate van verandering van het lichtklimaat te voorspellen.

Zoals beschreven in de eerdere studies van Bureau Waardenburg is het voor de aanwezigheid van (ondergedoken) waterplanten van belang dat licht de bodem bereikt. Op aanraden van deze rapporten is een onbedekte oeverzone van 20 meter, vrijgehouden van het plaatsen van zonnepanelen, opgenomen in het ontwerp van het zonnepark. Op basis van dit besluit, de diepte van de plas, en het huidige voorkomen van waterplanten wordt niet verwacht dat het veranderen van het lichtklimaat impact zal hebben op de bedekkingen van waterplanten. Het is echter wel van belang om dit te monitoren om deze hypothese te toetsen.

Zware metalen (+)

Zonnepanelen kunnen, met name wanneer deze kapot gaan, toxische stoffen lekken (o.a. zink, zilver, koper en andere zware metalen). Wanneer deze stoffen oplossen in het watersysteem kunnen zij negatieve effecten hebben op de aanwezige flora en fauna. Er is momenteel nog veel onduidelijk welke stoffen kunnen uitlogen uit zonnepanelen, en in welke mate dit plaats vindt (Pires & Loos, 2020). Vanwege onzekerheid op dit thema, waaronder onduidelijkheid over welke zware metalen van belang zijn om te meten, is er voor gekozen dit in dit monitoringsprogramma achterwege te laten. Mocht dit thema in de toekomst door verdere onderzoek verduidelijken kan dit eventueel na evaluatie van het monitoringsplan alsnog meegenomen worden.

Macrofauna

Macrofauna (ongewervelde waterdieren) zijn gevoelig voor veranderingen in het watersysteem. Daarmee zijn ze een goede graadmeter om veranderingen in het watersysteem aan te tonen. Dit is te zien in veranderingen in verhoudingen van soortgroepen. Bijvoorbeeld in het geval van zuurstofloosheid zijn er soorten die hier goed gedijen, terwijl andere soorten zullen verdwijnen uit het watersysteem (Loeb, et al., 2009).

Daarnaast heeft macrofauna een diagnostische waarde. Bestaande milieu- en habitatkennis van macrofaunasoorten maakt het mogelijk om aan de hand van bemonsterde macrofaunasoorten de toestand van het oppervlaktewater te omschrijven. Het is een extra middel om de ecologische kwaliteit van het water te bepalen (Verberk, Verdonschot, Haaren, & Maanen, 2012).

Of er veranderingen in macrofaunasoortsamenstelling plaats zullen vinden, zal uit de monitoringsgegevens moeten blijken. De verwachting is dat bij het regelmatig voorkomen van zuurstofloosheid de samenstelling zal veranderen.

Watervogels

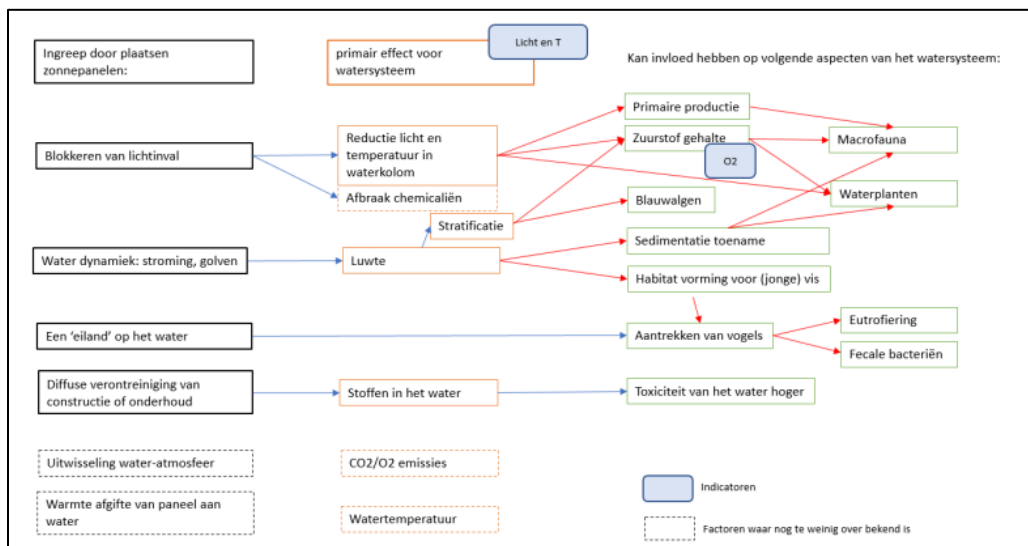
De plas wordt gebruikt door diverse watervogels als rust- en foerageergebied. Zo blijkt uit de midwintervogeltelling van Bureau Waardenburg op 14 januari 2020. Er zijn 9 vogelsoort, en in totaal 295 individuen aangetroffen. Ten tijde van het veldbezoek hielden bijna alle vogels zich op in de zuidwest hoek en langs zuid oever van de plas. Gezien de planvorming zal een deel van deze oeverzones beschikbaar blijven voor watervogels, en blijft voldoende rust- en foerageergebied beschikbaar (Balk, Wolters, & van der Heide, 2020).

Verder zou het kunnen dat de zonnepanelen op het water een aantrekkende werking hebben op watervogels. Zij kunnen de stellages als rustplek boven het water gebruiken (Pires & Loos, 2020). Daarmee zou een toename van de aantallen van watervogels te verwachten zijn. Een bijkomende effect hiervan kan de toevoer zijn van externe nutriënten, ook wel “guanotrofiëring” genoemd: De vogels foerageren buiten de plas en brengen dit in de vorm van uitwerpsel naar plas (Noordhuis & Verdonschot, 2021). Daarmee zouden grote kolonies van vogels de voedselrijkdom van de plas kunnen vergroten.

Samenvattend:

Figuur 2, ontwikkeld door Deltares (Pires & Loos, 2020), geeft schematisch weer van de verwachte effecten die plaats vinden in en op watersysteem bij plaatsing van een zonnepark

Dit monitoringsplan gaat voornamelijk in op de factoren ‘blokkeren van lichtinval’, ‘Eén eiland op het water’, ‘uitwisseling water-atmosfeer’, en ‘warmte afgifte van paneel aan water’, en de effecten die hieraan voortvloeien in de gemeten fysisch-chemische parameters.



Figuur 2: Het figuur geeft samenvattend weer welke effecten er te verwachten zijn op het watersysteem na plaatsing van een zonnepark op water (Pires & Loos, 2020).

1.4.1 Analyse tool Zon op Water - STOWA

De STOWA heeft (Loos & Wortelboer, 2018) een handreiking opgezet om vergunningverleners inzicht te geven op de potentiële effecten van een zonnepark op water. Daarbij is een simpele tool ontwikkeld die voorspelt welke effecten op kunnen treden. De volgende parameters zijn gebruikt, vergelijkbaar met de omstandigheden van de plas in Eesterga (10 ha, 10 m diep, eutroof, zand, 90% bedekking en 10% doorlatendheid).

Hieruit komende de volgende belangrijkste en opvallendste voorspellingen:

- 90% afname in bodemgeschiktheid voor waterplanten (echter, aangezien de oeverzone gespaard wordt met het huidige ontwerp wordt er geschat dat deze 90% een forse overschatting is. De bodembeschikbaarheid van de diepe plas is huidig al beperkt.)
- 90% afname in lichtintensiteit.
- 70% toename in zuurstofgehalte.
- 88% groei in chlorofyl gehalte.

Of deze schattingen zullen overeenkomen met de werkelijkheid zal moeten blijken uit de daadwerkelijke metingen. Zij geven echter aan in welke mate het watersysteem zou kunnen veranderen, en laten zien dat de veranderingen fors kunnen zijn.

Invoer gebiedseigenschappen				
Grootte van water	10 ha			
Maximale diepte	10 m			
Nutrientenstatus	Eutroof			
Bodemtype	Zand			
Invoer PV-eigenschappen				
Oppervlakte PV-systeem	90 % van wateroppervlakte (= 90000 m ²)			
Lichtdoorlatendheid PV-systeem	10 % van opvallend licht (panelen + constructie)			
bekijk uitgangspunten onderliggend model				
Toon resultaten				
Indicator	Referentie	PV	Δ	Δ (%) Omschrijving
1	0,21	0,02	-0,20	-91,2 Fractie oppervlakte bodem geschikt voor waterplanten [-]
2	57,82	6,04	-51,78	-89,6 Gemiddelde lichtintensiteit onder het PV-systeem [W/m ²]
3a	17,56	18,46	0,91	5,2 Gemiddelde watertemperatuur in zomerhalfjaar (apr-sep) (oppervlaktelaag) [°C]
3b	13,95	13,86	-0,10	-0,7 Gemiddelde watertemperatuur in zomerhalfjaar (apr-sep) (middelste laag) [°C]
3c	11,81	11,62	-0,19	-1,6 Gemiddelde watertemperatuur in zomerhalfjaar (apr-sep) (bodemlaag) [°C]
4	28,71	27,94	-0,77	-2,7 Maximum watertemperatuur in zomerhalfjaar (apr-sep) [°C]
5a	9,89	17,00	7,11	71,9 Gemiddelde zuurstofgehalte in het water op verschillende dieptes (oppervlaktelaag) [mg/l]
5b	9,21	12,59	3,38	36,7 Gemiddelde zuurstofgehalte in het water op verschillende dieptes (middelste laag) [mg/l]
5c	5,52	9,61	4,09	74,2 Gemiddelde zuurstofgehalte in het water op verschillende dieptes (bodemlaag) [mg/l]
6a	0,39	0,21	-0,18	-46,4 Fractie areaal bodem in onderste waterlagen waarover zuurstofloosheid optreedt (grens: 6 mg/l) [-]
6b	0,14	0,05	-0,09	-67,4 Intensiteit in de onderste waterlagen waarover zuurstofloosheid optreedt (grens: 6 mg/l) [-]
6c	0,39	0,20	-0,19	-48,8 Fractie areaal bodem in onderste waterlagen waarover zuurstofloosheid optreedt (grens: 5 mg/l) [-]
6d	0,11	0,03	-0,09	-75,8 Intensiteit in de onderste waterlagen waarover zuurstofloosheid optreedt (grens: 5 mg/l) [-]
6e	0,30	0,06	-0,24	-80,7 Fractie areaal bodem in onderste waterlagen waarover zuurstofloosheid optreedt (grens: 3°C) [-]
6f	0,07	0,00	-0,07	-95,3 Intensiteit in de onderste waterlagen waarover zuurstofloosheid optreedt (grens: 3 mg/l) [-]
7a	36,32	68,26	31,94	88,0 Chlorofyl-a concentratie in zomerhalfjaar, oppervlaktelaag, totaal [µg/l]
7b	36,32	26,05	-10,27	-28,3 Chlorofyl-a concentratie in zomerhalfjaar, oppervlaktelaag, buiten PV [µg/l]
7c	0,00	17,47	17,47	nvt Chlorofyl-a concentratie in zomerhalfjaar, oppervlaktelaag, onder PV [µg/l]

Figuur 3: Uitkomst analyse tool Zon op Water met invoer 10 ha, 10 m diep, eutroof, zand, 90% bedekking en 10% doorlatendheid (Loos & Wortelboer, 2018).

2 Opzet monitoringsprogramma

2.1 Waterkwaliteit

Om veranderingen in het watersysteem, zoals beschreven in hoofdstuk 1, te monitoren stellen we voor de volgende parameters te monitoren:

Lichtklimaat: Doorzicht (in meter) wordt gemeten door middel van een Secchi-schijf. Het liefst vanaf een locatie waarbij tot een diepte gemeten kan worden waar de bodem niet wordt bereikt.

Watertemperatuur: In °C, gemeten in het veld.

Zuurstof: gehalte in mg/l en verzadigingsgraad in %, gemeten in het veld.

Zuurtegraad: pH (-), gemeten in veld.

EGV: Elektrisch geleidingsvermogen in µS/cm, gemeten in veld.

Nutriënten: In de vorm van Totaal-N, nitraat, Totaal-P en fosfaat in mg/l. Ter bepaling van deze gegevens moet een watermonster op een laboratorium worden geanalyseerd.

Algengroei: In de vorm van chlorofyl-a in mg/l, geanalyseerd op een laboratorium.

Dode dieren: Telling van drijvende dode vissen en watervogels wanneer deze worden aangetroffen. Dit kan een indicatie zijn van zuurstofloosheid of toxiciteit.

Nulmeting

Bureau Waardenburg heeft op 14 januari 2020 en 3 juli 2020 op vier locaties globaal de waterkwaliteit bekeken (tabel 1). Dit is helaas onvoldoende om als nulmeting te functioneren. Een goede nulmeting omvat metingen over een langere (meerjarige) periode, om natuurlijke fluctuaties in kaart te brengen. Daarnaast zijn niet alle parameters uit dit voorgestelde monitoringsprogramma bemeaten. Het uitvoeren van een gedegen nulmeting moet echter niet de aanleg van zonnepark doen uitstellen. Daarom wordt een pragmatische aanpak voorgesteld.

De monitoring zal deels een voor-na vergelijkingsfunctie hebben, maar kan bovendien gezien worden als een watersysteemanalyse. De resultaten omschrijven het functioneren van watersysteem welke voor 70% is overdekt met zonnepanelen. Op deze wijze ligt de nadruk niet op het bepalen van langdurige nulmeting, maar wordt de werking van het watersysteem wel voldoende in kaart gebracht.

Tabel 1: gemeten waterkwaliteitswaarden door Bureau Waardenburg op 14 januari en 3 juli 2020.

Locatie	Doorzicht (cm)		EGV (ms/cm)		PH		O2 (mg/l)		O2 %		Temp °C	
	14-jan	3-jul	14-jan	3-jul	14-jan	3-jul	14-jan	3-jul	14-jan	3-jul	14-jan	3-jul
Noord-west	190	170	589	601	7,6	7,9	12,1	6,9	97	76	5,9	20,1
Noord-oost	185	>160	589	598	7,9	8,3	12,1	9,1	98	100	6	20,1
Zuid-oost	200	170	589	602	8,4	8	12,1	7,6	98	84	6	20,2
Midden	180	165	589	601	7,9	8	12,1	7,6	98	83	6	20

Meetfrequenties

Om het verloop van concentraties door de tijd te volgen is een doorlopend, maandelijks meetmoment gewenst. Echter is dit een kostbare aangelegenheid. Aangezien in de winterperiode biologische en chemische processen langzamer verlopen, ligt de focus op de meetperiode van 6 maanden in de zomerperiode (april-september). Daarmee zijn er in totaal 6 meetmomenten in een jaar.

Belangrijk is om de meetreeks te vervolgen over een langere periode. Meetgegevens kunnen door de jaren flink variëren. Bovendien kan het effect van de aanpassingen aan het watersysteem ook pas na enkele jaren duidelijk zichtbaar worden. Daarom geldt dat hoe langer de reeks, hoe waardevoller en betrouwbaarder het meetnet is. Dit meetnet bestaat uit vijf meetjaren (nulmeting + vier meetjaren) over een periode van negen jaar (zie H2.4).

Additioneel is het monitoren van stratificatie interessant. Dit kan het beste eind van de zomer (augustus) plaats vinden, wanneer de plas het meest is gestratificeerd. Hierbij kan ingeschat worden in hoeverre de plas is gestratificeerd en op welke diepte dit plaats vindt. Hierbij wordt een zuurstof/temperatuur sensor naar beneden gelaten, waarbij op iedere meter de temperatuur en zuurstofwaardes worden opgenomen. Het verloop van de metingen geeft de mate van stratificatie weer.

Meetlocatie

Een groot deel van de plas zal worden bedekt met zonnepanelen. Daarmee is het effect van de zonnepanelen geen lokaal effect, maar zal het invloed hebben op de gehele plas. Ervan uitgaande dat het water in de plas goed mengt, zal het water in de onbedekte randzone van 20 meter een vergelijkbare kwaliteit vertonen ten opzichte van het water onder het zonnepark.

Om dit met zekerheid te zeggen, zal eenmalig de monitoring onder het zonnepark worden herhaald waarbij alle parameters worden bemeten. Daarnaast is het standaard bemeten van temperatuur, zuurstof en doorzicht onder het zonnepark interessant om door de tijd heen het verschil tussen het water in de oeverzone en onder het zonnepark aan te tonen. Deze parameters kunnen mogelijk lokaal verschillen.

Het meetplan bestaat daarom uit twee meetpunten. Een meetpunt midden in de onbedekte randzone van 20 meter, waarbij alle parameters worden bemeten, en een nabij meetpunt onder het zonnepark waarbij in de basis alleen temperatuur, zuurstof, en doorzicht wordt gemeten.

2.2 Ecologie

Onderstaand staat de voorgestelde ecologische meetmethode beschreven. Door middel van deze waarnemingen en eerdere nulmetingen kan er geconcludeerd worden of er veranderingen in de ecologie plaats vinden. In combinatie met eventuele veranderingen in de fysisch-chemische waterkwaliteit kunnen deze veranderingen verklaard worden.

Waterplanten (Macrofyten)

Bij ontwerp van het zonnepark is rekening gehouden met de aanwezigheid van waterplanten door de aquatische oeverzone van 20 meter vrij te houden van zonnepanelen. Bovendien is de onbedekte zone aan de oostelijke zijde, waar het vooronderzoek van Bureau Waardenburg de grootste aanwezigheid van waterplanten heeft aangetroffen, breder. Dit is te zien in het ontwerp in figuur 1. Om te ondervinden of de aanwezige waterplanten hierdoor verder geen hinder ondervinden van het zonnepark stellen wij een jaarlijkse vegetatieopname voor.

De vegetatieopname moet plaats vinden in het groeiseizoen, in de maanden juni of juli. In deze maanden is de vegetatie voldoende ontwikkeld waardoor deze gemakkelijker te determineren valt. Voor vervolg vegetatieopnames wordt aangeraden dezelfde maand aan te houden. Hierbij wordt over een vlak van 20 bij 20 meter geschat wat de bedekkingen van de verschillende plantsoortgroepen¹ zijn, uitgedrukt in percentage ten opzichte van het gehele vlak. Bovendien wordt het aantal aanwezige plantsoorten opgenomen. Daarbij wordt aangegeven in welke mate de plantsoorten voorkomen². In de droge oever verwachten we weinig tot geen veranderen vanwege de aanleg van het zonnepark. De monitoring zal zich dus beperken tot het aquatische deel

¹ In een watersysteem zijn dit: kroos/flab, ondergedoken-, emerse-, en drijvende waterplanten in %

² (plaatselijk) dominant, abundant, frequent, occasional, rare

(vanaf waterlijn tot het zonnepark). Wij stellen voor de vegetatieopnamen op vier locaties uit te voeren. In figuur 4 zijn de locatie van deze vier voorgestelde meetlocaties weergegeven.

Als nulmeting wordt voor de aanleg van het zonnepark een vegetatieopname gedaan. Aanvullend worden ook de vegetatieopnamen van Bureau Waardenburg op 3 juli 2020 gebruikt.



Figuur 4: Plas Eesterga met in ieder hoek (oranje vierkant) een vegetatieopname locatie.

Macrofauna

De focus van dit monitoringsplan zal niet liggen op de monitoring van macrofauna. Echter, vanwege het gevoelige karakter van macrofauna op veranderingen in het watersysteem, worden enkele meetmomenten van macrofaunasamenstelling in het meetplan opgenomen. Zo kan toch een globale inschatting van deze potentiële veranderingen in macrofaunasamenstelling gemaakt worden. Bovendien kan aan de hand van de samenstelling van macrofauna, aanvullend op de gemeten waterkwaliteitsparameters, een beeld van de status van het watersysteem gevormd worden. Als referentie kunnen hiervoor de maatlatten voor natuurlijke watertypen opgesteld voor de Kaderrichtlijn Water toegepast worden (STOWA, 2018).

Macrofauna zal in dit meetplan, tijdens de vegetatieopname, op één vaste locatie worden bemonsterd, tijdens de nulmeting (jaar 0), drie jaar na aanleg, en 9 jaar na aanleg. De exacte sampling en determinatie methodiek zal moeten worden bepaald op het moment van toepassing van dit monitoringsplan, en moet gedurende de drie metingen gelijk aan elkaar blijven.

Watervogels

Om te zien of het overdekken van de waterplas een effect heeft op het rust- en foerageergebied van watervogels stellen wij voor deze te monitoren door middel van een midwintertelling (met de methodiek van het 'Meetnet Watervogels' van SOVON). Als nulmeting kunnen de resultaten van Bureau Waardenburg op 14 januari 2020 genomen worden. Alle vervolgmetingen zullen in januari plaats vinden om overeen te komen met de nulmeting.

De telling wordt gedaan door middel van een verrekijker en een telescoop om de watervogels niet te verstoren, en deze op afstand te kunnen determineren. Het gaat hierbij om alle aantallen van aanwezige watervogelsoorten op de gehele plas.

Overige

Vanwege de complexiteit van het bemonsteren van vis, amfibieën, en reptielen wordt hiervan afgezien. Verwacht wordt dat veranderingen in bedekkingsgraad door vegetatie en macrofauna een goede graadmeter is voor de staat van vis, amfibieën, en reptielen. Mochten er grote veranderingen optreden, kan er ook verwacht worden dat dit effect zal hebben op de vispopulatie. Wel worden waarnemingen van aantallen drijvende dode vissen meegenomen in het waterkwaliteitsonderdeel. Dit kan een globale graadmeter zijn voor eventuele zuurstofloosheid of toxiciteit en de impact daarvan op de vispopulatie.

Zoals geconcludeerd wordt door het onderzoek van Bureau Waardenburg naar meer- en watervleermuizen zal het park weinig impact hebben, en wordt dit niet meegenomen in dit monitoringsprogramma.

2.3 Meetperiode

Het aanleggen van het zonnepark zal mogelijk een systeemverandering in gang zetten. Hiermee kunnen effecten op de waterkwaliteit op korte- en lange termijn verwacht worden. Over welke periode deze veranderingen plaats vinden is vooraf moeilijk in te schatten. Daarom zal er over een periode van negen jaar worden gemonitord. Hierbij wordt vooraf een nulmeting uitgevoerd, en worden vervolgens jaren 1, 3, 6, en 9 gemonitord. In de jaren 2, 4, 5, 7, en 8 zullen geen metingen plaats vinden.

Het eindpunt van dit monitoringsprogramma, negen jaar na aanleg van het zonnepark, dient genomen te worden als een evaluatiemoment. Mochten de metingen na het laatste meetjaar vergelijkbare resultaten vertonen met het voorgaande meetjaar, kan de monitoring gestaakt worden. Mochten de gemeten waarden nog zeer fluctueren, of mochten er duidelijk trends te onderscheiden zijn, dan kan het de moeite waard zijn om het monitoringsprogramma te verlengen.

In de onderstaande tabel wordt de planning van het monitoringsprogramma schematisch weergegeven.

Tabel 2 Schematisch overzicht van inzet monitoringsprogramma.

	Jaar 0 (nulmeting)												Jaar 1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aanleg zonnepark																								
Waterkwaliteitsmetingen																								
Watervogeltelling																								
Macrofaunaopname																								
Vegetatieopname																								

Jaar 3												jaar 6												jaar 9											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

2.4 Koppelkans - Waterschapsmonitoring

Waterschappen zijn verantwoordelijk voor de kwaliteit van het oppervlaktewater. Om deze functie uit te oefenen hebben waterschappen diverse monitoringsprogramma's opgesteld. Hierin worden ecologische en waterkwaliteitsparameters gemonitord. Deze monitoring wordt ook toegepast op projectmatige vraagstukken, wanneer het waterschap op bepaalde thema's meer wil leren over het functioneren van het watersysteem.

Potentieel willen waterschappen ook meer leren over de effecten van zonneparken op oppervlaktewater, om zo hun toekomstige beleid hierop af te kunnen stellen. Als koppelkans kan het de moeite waard zijn om in gesprek te gaan met het Wetterskip Fryslân (in het geval van plas Eesterga) om te zien of een gezamenlijk monitoringsprogramma een optie is. Voordeel hiervan is dat de expertise van het waterschap op het thema waterkwaliteit en monitoring gebruikt kan worden. Daarnaast kan het draagvlak voor zonneparken op water vergroten door de gedeelde kennis en samenwerking. Bovendien vindt monitoring binnen het waterschap al structureel plaats, wat kan meehelpen in het drukken van de kosten van de monitoring.

2.5 Aanvullende monitoringsmethode

Continue meting door de tijd

Zuurstofgehalten in het oppervlaktewater fluctueren door de dag en het seizoen. Daarmee is het meetmoment cruciaal. Eén meting per maand geeft onvoldoende beeld van het verloop van zuurstof in het water. Een zuurstofdip in de nacht zal nooit vastgesteld worden door één maandelijks meting. Hier zijn overigens wel oplossingen voor. Zo zijn er sensoren die het zuurstofgehalte automatisch meten. Hiermee kan het dagelijkse patroon van zuurstof goed in kaart worden gebracht. Op deze wijze worden potentiële zuurstofdips niet gemist. Dit zou bijvoorbeeld toegepast kunnen worden mocht er grootschalige vissterfte optreden, wat het gevolg kan zijn van een te laag zuurstofgehalte.

Deze meetmethode is niet meegenomen in dit monitoringsplan. Het meten op deze wijze is niet uiterst noodzakelijk, en de kosten van het onderzoek zullen hierdoor sterk oplopen. Echter kan dit het overwegen waard zijn om betrouwbaardere zuurstofdata te vergaren, en zo op een dieper niveau te leren over het effect van het zonnepark op het watersysteem.

3 Bronnen

- Balk, A., Wolters, G., & van der Heide, J. H. (2020). *NOTITIE Beoordeling ecologische toestand zandwinplas Eesterga*. Culemborg: Bureau Waardenburg.
- Balk, A., Wolters, G., van Looijengoed, W., & Sijtsma, N. (2021). *Nader onderzoek naar foeragerende meer- en watervleermuizen in een voormalige zandwinplas te Eesterga*. Culemborg: Bureau Waardenburg.
- Geest, G. v., Arts, G., & Dijk, G. v. (2022). *Systeemkennis Brakke Wateren*. STOWA.
- Loeb, R., Verdonschot, P., Hoorn, M. v., Dekkers, T., Sinkeldam, J., & Waasdorp, C. (2009). *Sleutelfactoren en ecosysteemfunctioneren: Zuurstof als sleutelfactor in laagveensloten*. Wageningen: Alterra.
- Loos, S., & Wortelboer, R. (2018). *Handreiking voor vergunningverlening drijvende zonneparken op water*. Amersfoort: STOWA.
- Noordhuis, R., & Verdonschot, R. (2021). *Factsheet: De invloed van vogels op de ecologische kwaliteit*. Notitie Kennisimpuls Waterkwaliteit.
- Pires, M. D., & Loos, S. (2020). *Achtergrondnotitie meetadvies waterkwaliteit en ecologie drijvende zonneparken*. Delft: Deltares.
- Pires, M. D., & Loos, S. (2020). *Zonnesystemen op water: Wat zijn effecten op waterkwaliteit en natuur en welke kennis ontbreekt?* Delft: Deltares.
- STOWA. (2018). *REFERENTIES EN MAATLATTEN VOOR NATUURLIJKE WATERTYPEN VOOR DE KADERRICHTLIJN WATER 2021-2027*. Amersfoort: STOWA.
- Verberk, W., Verdonschot, P., Haaren, T. v., & Maanen, B. v. (2012). *Milieu- en habitatpreferenties van Nederlandse zoetwater macrofauna*. Eindhoven: STOWA.
- Wolters, G., & Kruijt, D. (2020). *Notitie aanvullend onderzoek voormalige zandwinplas Eesterga*. Culemborg: Bureau Waardenburg.



Eelerwoude

Op weg naar 100% natuurinclusief ➤