

# KEEN

Kennis van Ecologie voor de Energietransitie,  
plan van aanpak voor het oplossen van kennislacunes



Een zonne- en windpark gecombineerd. Foto Karen Krijgsveld.

## Inhoudsopgave

<b>1. Samenvatting</b> .....	<b>3</b>
<i>Aanleiding</i> .....	3
<i>Doel van het project</i> .....	3
<i>Resultaat</i> .....	3
<b>2. Organisatie</b> .....	<b>3</b>
<i>Stuurgroep</i> .....	3
<i>Kernteam</i> .....	4
<i>Werkgroepen</i> .....	4
<i>Netwerkgroep</i> .....	4
<i>Risicomanagement</i> .....	5
<b>3. Achtergrond, doelstelling en resultaat</b> .....	<b>5</b>
<b>4. Projectaanpak</b> .....	<b>6</b>
<b>5. Cluster Land</b> .....	<b>8</b>
<i>Zon op Land – overzicht kennislacunes</i> .....	8
<i>Zon op land - Activiteiten</i> .....	9
<i>Wind op land – overzicht kennislacunes</i> .....	11
<i>Wind op land – activiteiten</i> .....	12
<i>De combinatie van zon en wind op land – overzicht kennislacunes</i> .....	13
<i>De combinatie van zon en wind op land – activiteiten</i> .....	14
<b>6. Cluster Water</b> .....	<b>18</b>
<i>Aquathermie – stand van zaken</i> .....	19
<i>Aquathermie - activiteiten</i> .....	20
<i>Zon op water – stand van zaken</i> .....	22
<i>Zon op water - activiteiten</i> .....	24
<b>7. Cluster Ondergrond / Grondwater</b> .....	<b>25</b>
<i>Bodemenergie – Overzicht kennislacunes/Stand van zaken</i> .....	26
<i>Bodemenergie – Activiteiten</i> .....	26
<b>8. Planning</b> .....	<b>30</b>
<b>9. Begroting</b> .....	<b>31</b>
<b>10. Kennisdisseminatie</b> .....	<b>32</b>
<b>11. Vervolg</b> .....	<b>33</b>

# 1. Samenvatting

## Aanleiding

In opdracht van RVO heeft Deltares in juni van dit jaar een rapport ('Onderzoeksagenda ecologische effecten van de energietransitie' (Deltares 2023), hierna 'Onderzoeksagenda') uitgebracht met daarin de belangrijkste kennislacunes op het gebied van de ecologische effecten van duurzame energieopwekking. Om te voorkomen dat de energietransitie leidt tot ongewenste ecologische gevolgen en tegelijkertijd te voorkomen dat de energietransitie vertraging ondervindt als gevolg van onzekerheid over de ecologische effecten van hernieuwbare energieopwekking, stelt het Ministerie van EZK een budget van EUR 800.000 beschikbaar voor onderzoek naar die effecten. Dit plan van aanpak vormt de aanvraag voor die subsidie.

## Doel van het project

Met het onderzoeksprogramma dat wordt beschreven in dit plan van aanpak worden de belangrijkste vragen uit de Onderzoeksagenda beantwoord, voor zover dat mogelijk is binnen de kaders gesteld door EZK: een budget van 800.000 euro en een uitvoeringstermijn van maximaal 2 jaar. De volgende vragen zullen nader worden onderzocht:

### Cluster Land:

1. Onderzoek naar de verdeling van bodemvocht onder zonnepanelen
2. Onderzoek naar het vlieggedrag van roofvogels in zon- en windpark NOP/Westermeerdijk, met modellering van de luchtstromen.

### Cluster Water:

1. Onderzoek op één locatie naar de effecten van een TEO-installatie op de ecologie, zowel naar de effecten van waterfiltering, koudelozing en stroming. Binnen het onderzoek wordt een model ontwikkeld en monitoring opgezet.
2. Onderzoek naar de relatie tussen bedekking (wegnemen licht) door zonnepanelen op water en impact op primaire productie van biomassa.

### Cluster Bodem:

1. Onderzoek naar de temperatuureffecten van MTO- en HTO-systemen op het bodemleven (microbiologie).

## Resultaat

De resultaten van de onderzoeken zullen worden verwoord in een schriftelijke rapportage en eventueel aanvullend in een wetenschappelijke publicatie per cluster, die voor iedereen beschikbaar zal/zullen worden gesteld via internet. Bovendien worden de resultaten gepresenteerd op een openbare netwerkbijeenkomst.

# 2. Organisatie

Het programma wordt uitgevoerd in samenwerking met een brede groep partijen. We onderscheiden een stuurgroep, een kernteam, drie werkteams en een netwerkgroep.

De organisatie van het programma is als volgt:

## Stuurgroep

Er zal een stuurgroep worden gevormd bestaande uit vertegenwoordigers van EZK (Marle Zijlstra / Micha Rots), TKI Urban Energy (Robert Jan van Egmond / Pim Vork) en RVO (Bert Janson). De stuurgroep stelt het plan van aanpak vast, ontvangt de tussenresultaten van het kernteam, stuurt waar nodig bij en stelt de eindrapportage vast.

## Kernteam

Een kernteam organiseert het onderzoek en rapporteert over de resultaten. Kernteamleden: Deltares, Wageningen Environmental Research, KWR en TNO. Deltares zal optreden als penvoerder.

Toelichting per deelnemer:

**Deltares:**

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut dat werkt aan innovatieve oplossingen op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme innovaties, oplossingen en toepassingen voor mens, milieu en maatschappij. We richten ons voornamelijk op delta's, kustregio's en riviergebieden.

**TNO:**

De missie van TNO is het genereren van innovatieve oplossingen met aantoonbare impact voor een veilige, gezonde, duurzame en digitale maatschappij en het verdienvermogen van Nederland. Dit realiseren we door het uitvoeren van twee kerntaken (rollen): de eerste is het ondersteunen van de overheid bij het uitvoeren van (wettelijke) overheidstaken in het algemene belang. De tweede kerntaak van TNO betreft het bevorderen van het verdienvermogen van de Nederlandse economie en het vergroten van de werkgelegenheid.

**KWR:**

KWR is een kennisinstituut dat werkt aan een optimale inrichting en beheer van de watercyclus, met een circulaire economie als belangrijke drijfveer en de duurzame ontwikkelingsdoelen van de VN voor ogen.

**Wageningen Environmental Research:**

WEnR is een onderzoeksinstituut dat zich richt op onder andere bodem, water, atmosfeer, landschap en biodiversiteit. We dragen door deskundig en onafhankelijk onderzoek bij aan het realiseren van een kwalitatief hoogwaardige en duurzame groene leefomgeving.

## Werkgroepen

Per cluster van onderzoeksvragen (land, water en ondergrond / grondwater) is een werkgroep gevormd die onder leiding van de trekker zorgdraagt voor uitvoering van de Onderzoeksagenda op het betreffende cluster. De werkgroepen bestaan uit:

**Land:**

Wageningen Environmental Research (K. Krijgsveld, R. Buij, A. Matson) en TNO (B. van Aken, K. Cesar, J. Breuer, P. Eecen).

**Water:**

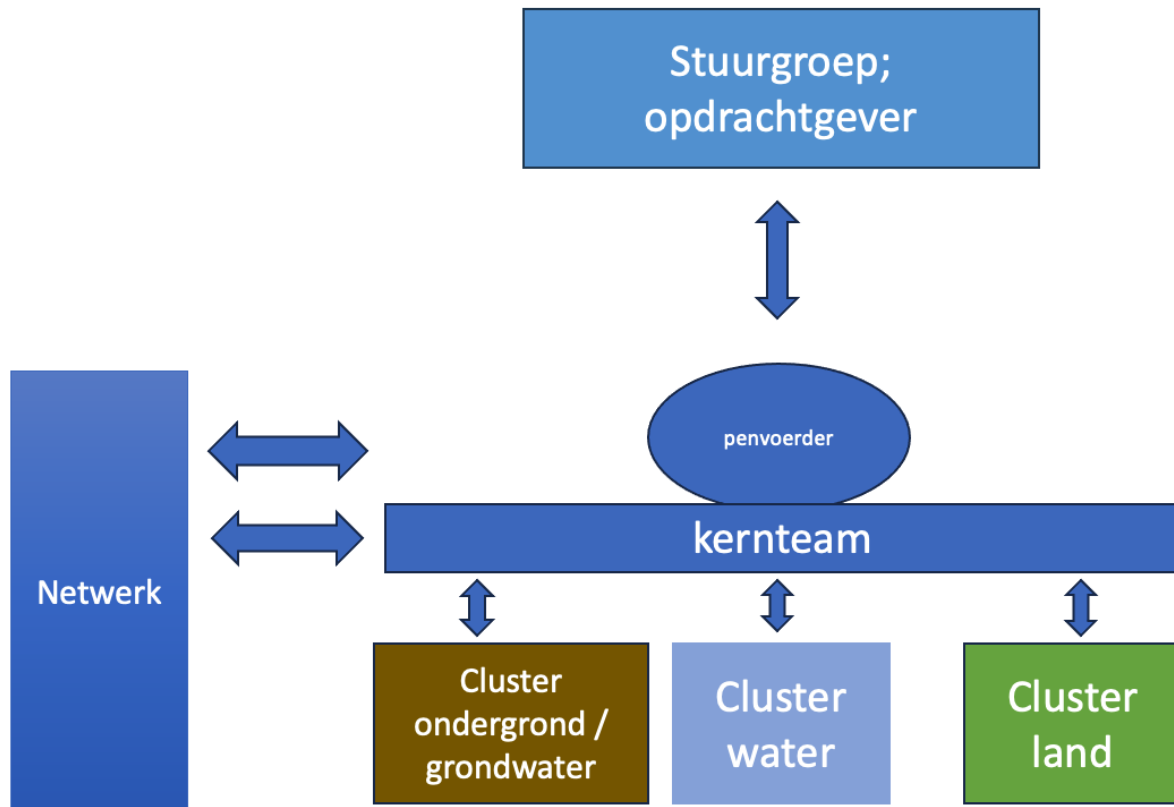
Deltares (S. de Rijk, A. van de Linden, I. de Groot-Wallast, V. Harezlak, M. Dionisio), NIOO (S. Teurlincx) en TNO (J. Kroon en M. de Jong).

**Ondergrond / grondwater:**

KWR (D. Wiggers de Vries, G. Schout), TNO (M. Koenen).

## Netwerkgroep

Het relevante netwerk is in kaart gebracht en zal gedurende het programma worden aangevuld. Voor zover nodig wordt tussentijds met het netwerk en met de programmapartners in bilaterale contacten afgestemd. De resultaten van het onderzoeksprogramma worden gepresenteerd in een laagdrempelige, fysieke bijeenkomst voor het relevante netwerk, zoals RWS, VNG, IPO, Ecologische Autoriteit, MER-commissie, Nieuwhol, STOWA, VEWIN, BodemenergieNL, Geothermie Nederland, Stichting Warmtenetwerk, NWEA, NPRES, Holland Solar, projectontwikkelaars, stichting Natuur en Milieu, RVO (kernteam wind op land, Shine en Blow) en het netwerk aquathermie.



### Risicomanagement

Dit plan van aanpak is tot stand gekomen in korte tijd en in de zomermaanden, waarin niet alle relevante partijen goed bereikbaar waren. Bovendien zullen er enkele maanden zitten tussen de aanvraag en de eventuele start van het programma. Om die redenen zal kort na de subsidiebeschikking een bevestiging worden gegeven door de consortiumpartners dat het programma ongewijzigd kan worden uitgevoerd, dat de beheerders van alle beoogde onderzoekslocaties hun medewerking hebben toegezegd, dat de partijen die betrokken moeten worden, hun inzet ook hebben toegezegd en dat de verwachting nog steeds is dat de beoogde resultaten binnen het budget en tijdsplanning kunnen worden geleverd. Deze afspraken zullen tussen de consortiumpartners moeten worden vastgelegd in een samenwerkingsovereenkomst en een afschrift van die overeenkomst zal worden gedeeld met de subsidieverstrekker. In deze samenwerkingsovereenkomst zal een overzicht worden opgenomen van de betrokken onderzoekers (naam en senioriteit) met een inschatting van de tijdsbesteding per begrotingsonderdeel. Verder zal ieder half jaar een voortgangsrapportage worden opgesteld door de penvoerder en besproken met de stuurgroep, gericht op het tijdig signaleren van de eventuele noodzaak tot bijsturing.

### 3. Achtergrond, doelstelling en resultaat

Tot 2050 zal de Nederlandse energievoorziening een grote transitie doormaken. We nemen afscheid van fossiel en gaan in Nederland grote hoeveelheden hernieuwbare energie opwekken. Het oogsten van energie uit hernieuwbare bronnen zoals zon, wind en water- en bodemwarmte heeft impact op onze omgeving. Het op grote schaal uitrollen van windmolens, zonnepanelen, aquathermie, bodemenergie en geothermie en nieuwe elektriciteits-, warmte- en gasnetwerken brengt vele inpassingsvragen met zich mee. Eén daarvan betreft de impact op en wisselwerking met het ecosysteem. Om deze wisselwerking goed te begrijpen is onderzoek nodig.

Onderzoek is noodzakelijk om te voorkomen dat de toepassing van hernieuwbare energie onbewust (onomkeerbare) negatieve impact creëert op ecosystemen, zowel op lokale als regionale schaal, en om op een onderbouwde manier keuzes te kunnen maken (1) m.b.t. het precieze ontwerp van de hernieuwbare energie-installatie en (2) m.b.t. mitigerende maatregelen (zoals bv vogelradar). Een duidelijk zicht op de ecologische grenzen zal drempels voor de grootschalige uitrol van hernieuwbare energie wegnemen en het behalen van de klimaatdoelen ondersteunen. Bovendien levert een beter zicht op de ecologische grenzen een indicatie op van het

maximale toepassingspotentieel en helpt het bij het maken van keuzes tussen alternatieve technieken. Tot slot levert kennis over de ecologische grenzen een vertrekpunt op voor innovaties die de ecologische impact verlagen en het toepassingspotentieel vergroten. Voor wind op zee bestaat reeds een overkoepelend ecologie-onderzoekprogramma in de vorm van het WOZEP. Op land lopen er een aantal onderzoeksprojecten waar de impact op de ecologie een onderwerp is, maar het integrale beeld ontbreekt. Daarom heeft Deltares in opdracht van TKI Urban Energy en TKI Offshore Energy een Onderzoeksagenda opgesteld. Deze agenda heeft de reeds bestaande kennis, de lopende onderzoeken en kennislacunes geïdentificeerd.

In dit plan van aanpak werken we op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken (EZK) de prioritaire onderzoeksvragen uit de Onderzoeksagenda nader uit en beschrijven we de wijze waarop, de snelheid waarmee en tegen welke kosten een deel van de onderzoeksagenda kan worden uitgevoerd. Dit plan van aanpak vormt de basis van een subsidieaanvraag bij EZK.

De resultaten van de onderzoeken zullen worden verwoord in een schriftelijke rapportage of eventueel aanvullend in een wetenschappelijke publicatie per cluster die voor iedereen beschikbaar zullen worden gesteld via internet. Bovendien worden de resultaten gepresenteerd op een openbare, fysieke netwerkbijeenkomst. De eindrapportage wordt voorzien van een managementsamenvatting met een uitsplitsing van de resultaten naar cluster.

## 4. Projectaanpak

In onderstaande tabel worden de geprioriteerde vragen uit de Onderzoeksagenda vermeld. De vragen zijn geclusterd naar Bodem, Water en Ondergrond om een goede aansluiting te maken met de expertise van de trekkers van het onderzoeksprogramma.

In de volgende hoofdstukken staat de aanpak per cluster gegeven. Per cluster wordt eerst de stand van zaken van het lopende onderzoek gegeven. Daarna wordt geconcludeerd wat de belangrijkste onderdelen zijn van de in onderstaande tabel benoemde vragen en welke gezien de beschikbare tijd en budget opgepakt kunnen worden. Per cluster worden de activiteiten en eindproducten genoemd, in hoofdstuk 8 en 9 worden de planning en budgetten per activiteit gegeven. In hoofdstuk 10 gaan we in op de verspreiding van de onderzoeksresultaten en in hoofdstuk 11 nemen we enkele aanbevelingen op voor het vervolg.

Cluster	Techniek	Vragen uit kennisagenda	Relevante kennis in programmas	Aanbeveling	Advies	Type onderzoek
Land	Uitbreiding hoogspanningskabels	impact op vogels	NIEWHOL doet hier een eerste onderzoek naar			
Land	Wind en zon op land	Meerdere parken	NIEWHOL doet een eerste onderzoek naar dit fenomeen voor windparken		Monitoring (5 jaar)	Monitoring fauna
Land	Wind en zon op land	Combi van wind en zon	Geen onderzoek naar deze vraag		Monitoring (5 jaar)	Monitoring fauna
Land	Wind op land	impact op vleermuizen	belegd in programma NIEWHOL	Uitbreiding lopend onderzoek (NIEWHOL)	-	-
Land	Wind op land	Minder gunstig habitat voor alle fauna (incl. vogels)	belegd in programma NIEWHOL voor een soortgroep	Dit kan meegenomen worden bij cumulatieve effecten	Monitoring (5 jaar)	Zie cluster Cumulatieve effecten
Land	Zon op land	Synergie tussen biodiversiteit en zonneparken	kennis hoe de biodiversiteit te verhogen is er wel maar er is een verschil tussen theorie en praktijk. Plannen worden uiteindelijk niet goed genoeg uitgevoerd. Mogelijke redenen: geen handhaving of kwaliteitsborging. Of verzekering technische redenen.	Voorbeeld projecten zou helpen. Of kennis verbinden met de praktijk. Geen ecologische vraag maar wel van groot belang voor de ecologie	Data ophalen (2024)	Data ophalen
Land	Zon op land	Handhaving 'groene plannen'	kennis hoe de biodiversiteit te verhogen is er wel maar er is een verschil tussen theorie en praktijk. Plannen worden uiteindelijk niet goed genoeg uitgevoerd. Mogelijke redenen: geen handhaving of kwaliteitsborging. Of verzekering technische redenen.	Geen ecologische onderzoeksvraag. Wel relevant voor de ecologie.	-	Aandacht geven in de betreffende fora
Land	Zon op land	Impact op bodemvocht	Er lopen verschillende projecten (Sunbiose, Biodiv in zonneparken) die de bodemkwaliteit beschouwen. Bodemvocht zou hier een onderdeel van moeten zijn.	Verbinding van resultaten Op dit moment vindt dat plaats door o.a. RWS	Literatuurstudie (2024)	Literatuurstudie naar effecten beschaduwning op bodemvocht en verlies aan habitat en de gevolgen voor bodemleven en vegetatie
Land	Wind op land	Vogelvriendelijke maatregelen	Er wordt onderzoek gedaan naar bepaald maatregelen maar nog niet naar alternatieven		Zodra mogelijk	In projecten uitproberen, zoals 's avonds enkel verlichting aan bij overkomende vliegtuigen.
Land, water en ondergrond	Alle technieken	Protocollen voor calamiteiten	nauwelijks			Opzetten van strategie en protocollen
Land, water en ondergrond	Alle technieken	Welke functies zijn geschikt om samen op te pakken? Meervoudige ruimtegebruik	zoals AgriPV of Plan Buitendijk	Voorbeelden verzamelen		Data ophalen bij bestaande of afgeronde projecten
Ondergrond	HTO/Geothermie	Effecten Temperatuur op bodemleven	Er wordt niet gekeken naar effect van HTO op bodemleven. Impact op bacteriën alleen verwacht bij incidenten en booractiviteiten.	Puur gebaseerd op HTO zijn effecten verwaarloosbaar. Komt wel terug bij cluster cumulatieve effecten.	Data ophalen + literatuurstudie	1 Data ophalen uit projecten 2 Literatuuronderzoek (cumulatieve) temperatuur effecten
Ondergrond	transport van energie	Wat is het cumulatieve effect van grootschalige inzet van WKO, warmtenetten en kabels op bodemleven	Geen onderzoek naar cumulatieve effecten		Literatuurstudie (2024) + monitoring (3 jaar)	1 literatuurstudie 2 Monitoring
Water	Aquathermie	wat doet temperatuur met ecologie?	resultaten van WarmingUp in het advies voor een Landelijk monitoringsprogramma.	Er ligt een advies voor een Landelijk monitoringsplan. Aansluiten bij Roadmap voor Aquathermie	Monitoring WarmingUp opvolgen	Monitoren t.b.v. watersysteem analyse, in ieder geval: water- en stoffenbalans, primaire productie.
Water	Zon op water	Effectiviteit mitigerende maatregelen	veel potentiële maatregelen zijn bekend (Plan Buitendijk of inventarisatie BuWa) maar nog niet uitgetoet bij zonneparken		Zodra mogelijk	in pilots uitproberen en monitoren
Water	Zon op water	Impact voedselweb	Er lopen projecten en er zijn er een aantal in aanvraag (NWA en Horizon).	Aanvullend onderzoek alleen nodig indien projecten niet toegekend worden. Wel noodzaak voor verbinding en doorstroming van de projecten - > er is geen programma	Primaire productie meten (5 jaar)	Monitoring uitvoeren, anders dan tot nu toe uitgevoerd wordt. Dit betekent dat o.a. primaire productie gemeten moet worden.
Water	Zon op water	Temperatuur en licht	Er lopen projecten maar geen metingen onder de panelen, boven het water. Ook nog geen directe koppeling met energie opbrengst van de panelen	Monitoring in drijvende zonneparken naar temperatuur en licht.	Monitoring (3 jaar)	Monitoring in drijvende zonneparken naar temperatuur en licht.



## 5. Cluster Land

Het cluster land omvat zowel zonne-energie op land als windenergie op land. Voor beide technieken geven we hieronder eerst een kort overzicht van de stand van zaken, waarin de belangrijkste kennislacunes uit de Onderzoeksagenda verwerkt zijn. Vervolgens geven we aan welke kennisvragen opgepakt kunnen worden, gelet op de tijd en het budget beschikbaar in voorliggend project, waarbij we voor elk van die kennisvragen in grote lijnen een plan van aanpak en een begroting neerzetten.

De aanpak is tot stand gekomen in samenspraak met onderzoekers van Wageningen Environmental Research (R. Buij, A. Matson), Wageningen Marine Research (S. Lagerveld), Wageningen Universiteit (T. Fijen), TNO (B. van Aken, K. Cesar, J. Breuer, P. Eecen), Regelink Ecologie & Landschap (A. Clements), Waardenburg Ecology (H. Prinsen), Zoogdiervereniging (M. Schillemans). De uitvoering van de hier voorgestelde activiteiten wordt voorzien door deze partijen. Voor reflectie op plannen en resultaten nemen we IPO SHINE en IPO BLOW mee alsook partijen als NWEA. Kennisdisseminatie gaat via publicaties en presentaties op platforms zoals het Nationaal Consortium Zon op Land, het internationale “Conference on Wind energy and Wildlife impacts”, en een specifieke netwerkbijeenkomst die in het kader van dit project georganiseerd zal worden.

De clusters zon op land en wind op land betreffen kennislacunes ten aanzien van de ecologische effecten van zonne-energie en windenergie op land. De kennislacunes zijn overgenomen uit de Onderzoeksagenda. Daarbij is de focus gelegd op die kennislacunes die als prioritair zijn aangemerkt; deze kennislacunes zijn hieronder weergegeven en in overleg met de hierboven genoemde onderzoekers nader uitgewerkt.

### Zon op Land – overzicht kennislacunes

Voor zon op land zijn meerdere kennislacunes als prioritair aangemerkt; met betrekking tot bodemkwaliteit, de synergie tussen biodiversiteit en zonneparken, en de handhaving van groene plannen. Hieronder zijn deze kennislacunes op een rijtje gezet en zijn er onderzoeksingangen bij geformuleerd. Daarbij is soms iets breder gekeken naar onderliggende ecologische kennislacunes dan gesteld in de Onderzoeksagenda.

#### Geïdentificeerde kennislacunes zon op land

1. Ecologische impact op bodemkwaliteit en ondergrondse biodiversiteit
  - a. Impact van panelen op kwantiteit en verdeling van **bodemvocht**. Dit betreft de vraag hoe **neerslag** zich verspreidt over de bodem tussen de panelen, in relatie tot opstelling van de panelen. Het betreft niet de grondwaterstand en afspoeling van water (met grond) het zonnepark uit, zoals momenteel RWS laat onderzoeken.
  - b. **Lange-termijn-effecten** van **lichtinval** op bodemkwaliteit en vegetatie. Doordat zonnepanelen het licht op de bodem wegvangen, neemt de lichtinval op de bodem af, waardoor vegetatiegroei terugloopt en het bodemleven achteruit kan gaan of zelfs af kan sterven. TNO en WUR doen onderzoek naar de effecten hiervan, maar deze zijn beperkt tot de korte termijn (enkele jaren). De effecten op lange termijn zijn nog niet in beeld. Dit vraagt meerjarig onderzoek.
  - c. **Bodemherstel** na verwijderen van huidige generatie zonneparken (die zonneparken met hoge bedekkingsgraad panelen en daardoor veelal dode bodem).
2. Habitatverlies en -winst voor fauna (incl. zoogdieren en vogels)

Waar valt winst te halen voor kwaliteit en omvang van leefgebieden en waar ontstaan risico's voor habitatverlies? Hoe en onder welke voorwaarden kan de winst gerealiseerd en het verlies voorkomen worden? Denk aan habitatverlies in veenweidegebieden voor weidevogels, en anderzijds verbetering van leefgebied in agrarische zandgronden.
3. Effectiviteit van inzetten op hogere biodiversiteit

Wat is de **gerealiseerde meerwaarde voor natuur** van parken die met natuurgerichte maatregelen zijn ingericht; zoals meer lichtinval, natuurgericht beheer en/of natuurlijke elementen? Tegenwoordig wordt in veel zonneparken op land werk gemaakt van het realiseren van meerwaarde voor natuur, omdat dit gezien wordt als belangrijke voorwaarde om landbouwgrond in te zetten voor zonne-energie. Door te laten zien welke meerwaarde hier wordt bereikt, kan een nieuwe impuls gegeven worden aan de realisatie van zon op land op een manier die de lokale biodiversiteit



vergroot.

### **Uitvoerbaarheid in dit project**

Ondanks de omvang van dit project kunnen niet alle bovenstaande lacunes ingevuld worden; daarvoor zijn de doorlooptijd en de financiële ruimte niet toereikend. Dit betekent dat er keuzes gemaakt moeten worden over de invulling van de kennislacunes die er liggen aangaande zon op land.

Ten eerste vereist een goede beantwoording soms meerjarige onderzoeksprogramma's. De langjarige effecten van met name lichtinval op de ondergrondse biodiversiteit, en de herstelsnelheid van de bodem na verwijdering van panelen zijn belangrijke vragen met potentieel grote consequenties voor de manier waarop we onze zonneparken bouwen en beheren. Deze vragen vergen echter meer tijd en budget dan hier voorhanden is, en worden om die reden nu niet ingevuld.

Ten tweede ligt er een veelheid aan kennislacunes die elk een investering vragen om tot antwoorden te komen. Zo zijn inzicht in impact op bodemvocht, op habitatverlies en -winst, en ook de effectiviteit van inzetten op hogere biodiversiteit in zonneparken, met relatief beperkte middelen snel verder te brengen. Echter, binnen het project kan niet voor elk van deze kennislacunes inzicht worden verkregen.

Gekozen is voor invulling van een kennislacune waar snel een stap gezet kan worden om ecologische onzekerheden op te heffen en zo de uitrol van zonne-energie op land verder te brengen. Dit betreft: Meten en modelleren van de verdeling van bodemvocht onder panelen. Met deze keuze sturen we op het behoud en de verbetering van bodemkwaliteit in zonneparken, wat aan de basis ligt van verbetering van biodiversiteit in zonneparken. Als in een zonnepark de bodemkwaliteit goed is, kan er natuurwaarde ontstaan tussen de panelen. Herstel van biodiversiteit is een belangrijke opgave in het landelijk gebied, en door zonneparken op natuurinclusieve wijze te bouwen en beheren, kunnen deze bijdragen aan dit herstel. Ook wordt dan een maatschappelijk bezwaar tegen zonneparken weggenomen, wat de uitrol van zonneparken kan helpen bevorderen en zo de energietransitie kan versnellen.

Dit project is hieronder verder toegelicht en uitgewerkt.

## Zon op land- Activiteiten

### **Verdeling van bodemvocht onder panelen (Actie 1.1)**

Metingen van bodemvocht in zonneparken worden over het algemeen beoordeeld op een grove ruimtelijke schaal: onder panelen, in tussenrijen en eventueel in een gedeeltelijk bedekt gebied. Er is weinig gedetailleerde kennis over de verdeling van vocht onder zonnepanelen, vooral met betrekking tot hoe vocht verandert nadat er neerslag is gevallen. Deze informatie is nodig om de langetermijninteracties tussen bodemhydrologie en plantengroei in zonneparken goed te kunnen voorspellen. En daarmee om goed te kunnen sturen op een inrichting van zonneparken waar een meerwaarde voor natuur bereikt kan worden. Om deze kennisleemte op te vullen, gaan we in transecten de bodemvochtigheid meten in drie zonnevelden, voor en na een neerslagperiode, om zo de verdeling en veranderingen in bodemvocht in kaart te brengen. Daarnaast wordt de herverdeling van de neerslag gemodelleerd. Enerzijds houden de zonnepanelen de neerslag grotendeels tegen voor een groot deel van de bodem, vergelijkbaar met een paraplu. Anderzijds zal de run-off van de panelen voor een klein deel van de bodem voor meer aanvoer van neerslag zorgen.



*Schaarse vegetatie onder panelen in een begraaasd zonnepark, daar waar licht en water door de panelen vallen. Foto Karen Krijgsveld.*



*Regensporen in de vegetatie onder een zonnepaneel. Foto Karen Krijgsveld.*



**Aanpak:**

WEnR is verantwoordelijk voor de veldopstelling en metingen. Voor deze studie worden ca. drie zonneparken gekozen, die relevante verschillen vertonen in bodemtype, opstelling van de panelen en/of installatieduur van de panelen (dit wordt in overleg tussen TNO en WEnR afgestemd). Zodra de veldlocaties zijn geïdentificeerd, bepalen WEnR en TNO in overleg de transectlocaties, zodat de beste gegevens verkregen worden om nauwkeurige ruimtelijke kaarten te kunnen maken. Het werkelijke aantal en de lengte van de gemeten transecten zal afhangen van de veldomstandigheden tijdens de bemonstering.

Voorafgaand aan de eerste metingen zullen in elk zonnepark een of meer transecten worden uitgezet. Op een paar plaatsen langs de transecten worden permanente bodemvocht- en temperatuursensoren geïnstalleerd om gedetailleerde temporele gegevens te verkrijgen. Op drie data na installatie van deze sensoren wordt een gedetailleerd ruimtelijk onderzoek naar bodemvocht uitgevoerd. De drie bemonsteringsdata worden zo gepland dat ze een enkele, matige (ca. 10 mm) neerslaggebeurtenis vastleggen: ervoor, 1-2 dagen erna en ongeveer 2 weken later. Op elke datum worden bodemmonsters voor gravimetrisch vocht verzameld op een paar locaties, om de sensorgegevens te kalibreren. Voor de kalibratie van het model voor de herverdeling van neerslag en run-off van de panelen zal ook de verdeling van de neerslag plus run-off bepaald worden over identieke doorsnedes tussen en onder de paneelrijen.

Bodemvocht kan gemeten worden langs de transecten met TDR-sondes op 10 cm en 40 cm diepte. Met deze methode kan het bemonsteringsinterval worden aangepast aan de locatie, met kleinere intervallen onder de zonnepanelen en grotere intervallen tussen de rijen. We zullen echter ook de mogelijkheden van andere, efficiëntere opties voor bodemvochtmetingen onderzoeken, die het mogelijk zouden maken om sneller te kunnen werken en meer metingen te kunnen doen.

In een verdiepende stap kijken we naar het effect van vegetatie op de vochthuishouding. Aan de ene kant zal de diversiteit en hoeveelheid planten afhangen van de beschikbare vocht, maar aan de andere kant hebben aanwezige planten ook een effect op verdamping en retentie van (bodem)vocht. TNO maakt voor een aantal zonneparken een verdeling in (relatief) natte, normale en droge locaties. WEnR bepaalt voor deze locaties de soortdiversiteit en de hoeveelheid plantmassa. Deze data worden vervolgens gecorreleerd met de (verwachte) neerslagverdeling. Waar mogelijk zal bij de keuze van de bemonsterde transecten ook gekeken worden of de aanwezige planten een effect hebben op hoe de neerslag door de bodem opgenomen en verdeeld wordt.

WEnR en TNO analyseren in samenwerking de bodemgegevens en maken bodemvochtkaarten van de drie parken. WEnR doet het laboratoriumwerk (gravimetrisch bodemvocht) en de eerste gegevensanalyse. TNO zal voor de geanalyseerde zonneparken de “globale” neerslag omrekenen naar een neerslagverdeling tussen en onder de panelen. Dit dient als input voor de modellering van het bodemvocht, met bijvoorbeeld HYDRUS, ondersteund door WEnR. TNO gebruikt vervolgens die gegevens om ruimtelijke kaarten te maken. WEnR verwerkt de gegevens in een wetenschappelijke publicatie, met input van TNO. Op die manier worden de resultaten breed en goed toegankelijk en toepasbaar. Ten bate van het project wordt een concept van deze publicatie opgeleverd samen met een Nederlandse samenvatting. Mochten de resultaten niet toereikend zijn voor een publicatie, kan alsnog worden besloten om ze te verwerken in een rapport.

**Volgende stappen:**

Inzicht in de verdeling van bodemvocht onder zonnepanelen is een cruciale eerste stap in het nauwkeurig voorspellen van de langetermijninteracties tussen bodemhydrologie en plantengroei. Dit zal op zijn beurt ondersteunend zijn bij het minimaliseren van de langetermijneffecten op de gezondheid van de bodem en het bevorderen van herstel van de bodem voor later landgebruik. Door bij de ontwikkeling van zonneparken rekening te houden met niet alleen lichtinval maar ook met neerslagverdeling, ontstaat een grotere potentiële meerwaarde voor biodiversiteit in die zonneparken. Tijdens het verkennend bodemvochtonderzoek zoeken WEnR en TNO samen naar internationaal voormalige zonneparken waar momenteel bodemherstel plaatsvindt. Deze informatie zal worden verwerkt in de publicatie.

## Wind op land – overzicht kennislacunes

Ook voor wind op land zijn meerdere kennislacunes als prioritair aangemerkt. Hieronder zijn deze kennislacunes op een rijtje gezet en zijn er onderzoeksingangen bij geformuleerd. Veel kennislacunes zijn opgepakt in het project NIEWHOL (Natuurinclusieve Windenergie en Hoogspanning op Land), waarin ecologische risico's van windenergie en hoogspanningslijnen op vogels en vleermuizen worden onderzocht, voor zover die nog onbekend zijn. Veel onderdelen van dit project worden momenteel uitgevoerd of opgestart, en resterende kennislacunes

kunnen alleen in overleg met het projectteam van NIEWHOL inzichtelijk worden gemaakt, op basis van de lacunes die daar wel of niet worden opgepakt, en de resultaten van het daar verrichte werk.

### **Geïdentificeerde kennislacunes wind op land**

1. Cumulatieve effecten; van totale sterfte door windturbines in Nederland op populaties vogels en vleermuizen
  - a. Consequenties van alle Nederlandse windturbines tezamen op populaties van vogel- of vleermuissoorten is een belangrijke kennislacune, en deze wordt opgepakt onder het programma NIEWHOL. De omvang van dit onderzoek en de resultaten zullen bepalend zijn voor de mate waarin deze vraag bij afronding van NIEWHOL is ingevuld en vervolg behoeft.
  - b. Ook verlies aan leefgebied en verandering in de kwaliteit van dat leefgebied door de aanwezigheid van windturbines kunnen (naast sterfte door aanvaringen) effecten voor dieren veroorzaken. Dit aspect wordt niet onderzocht in NIEWHOL.
  - c. Vleermuizen vragen hier met name aandacht, omdat voor deze soortgroep nog veel onbekend is omtrent effecten op populatieniveau. Zo worden er veel aannames gedaan over migratieroutes waardoor effecten van turbines buiten beeld kunnen blijven. Ook is van veel (lokale) populaties onbekend wat de populatie-omvang is, en daarmee wat het effect is van aanvaringsslachtoffers op populatieniveau van veel soorten.
2. Effectiviteit van mitigerende maatregelen
  - a. Vogelvriendelijke maatregelen betreffen bv. het uitzetten van turbineverlichting, stilzetten van turbines bij nadering van specifieke soorten of hoge aantallen vliegbewegingen, of het verven van turbinebladen in een afwijkende kleur (zwart). De effectiviteit hiervan is nog niet onderzocht of onderzoeksresultaten zijn nog niet bekend.
  - b. Vleermuisvriendelijke maatregelen betreffen bijvoorbeeld het stilzetten van turbines in trekperiodes, afschrikken van vleermuizen of het vermijden van hotspots. Er is weinig kennis hoe effecten op vleermuizen te verminderen zijn, en hoe effectief mitigerende maatregelen zijn.

### **Uitvoerbaarheid in dit project**

Ondanks de omvang van dit project kunnen niet al deze lacunes ingevuld worden; daarvoor zijn de doorlooptijd en de financiële ruimte niet toereikend. Bovendien is nauwe afstemming vereist met het project NIEWHOL, waaruit veel onderzoeksresultaten worden verwacht. Voor een goede invulling van kennislacunes is allereerst een afstemming met NIEWHOL vereist. Dit is een belangrijke stap, omdat de risico's op populatie-effecten aanzienlijk zijn. Een goede kwantificering van deze effecten en van de effectiviteit van mitigerende maatregelen zijn daarmee ook een belangrijke manier om zulke populatie-effecten te kunnen voorkomen. Deze afstemming zou gerealiseerd kunnen worden met een viertal workshops (vogels, vleermuizen, aanvaringsslachtoffers, verlies draagkracht habitats). In de workshops kunnen projecten en resultaten worden besproken en kunnen resterende kennislacunes worden geïdentificeerd waar potentieel grote impacts voor soorten liggen. Indien kansrijk kunnen in aanvulling hierop een aantal korte deskstudies worden gedaan om recente internationale kennis bij elkaar te brengen (denk aan effectiviteit vogel- en vleermuisvriendelijke maatregelen). Omdat het voorliggende onderzoeksprogramma gericht is op het invullen van kennislacunes met gericht onderzoek, zetten we in deze offerte niet in op deze workshops. De mogelijkheid bestaat dat hierdoor belangrijke kennislacunes buiten beeld blijven, Zie ook hoofdstuk 11.

Om niet vooruit te lopen op het onderzoek dat onder NIEWHOL wordt gedaan, is er in dit project voor gekozen in te zetten op de effecten van de combinatie van zon en wind op vogels. Dit is verder uitgewerkt in de volgende paragraaf (de combinatie van zon en wind op land).

Mocht er meer ruimte komen in het huidige project, qua tijd en budget, dan heeft onderzoek naar de effectiviteit van vogel- en vleermuisvriendelijke maatregelen een hoge prioriteit. Hiervoor kan relatief eenvoudig en snel resultaat worden geboekt, en dergelijk effect-onderzoek blijft vaak achterwege door gebrek aan middelen. Zie ook hoofdstuk 11.

### **Wind op land – activiteiten**

Deze activiteiten zijn uitgewerkt in de volgende paragraaf (combinatie zon en wind op land).

## De combinatie van zon en wind op land – overzicht kennislacunes



Een zonne- en windpark gecombineerd. Foto Karen Krijgsveld.

### **Geïdentificeerde kennislacunes van de combinatie van zon wind op land**

De twee kennislacunes die hier zijn aangemerkt hebben beide betrekking op cumulatieve effecten:

1. Wat is het cumulatief habitatverlies voor specifieke soorten, wanneer de impact op fauna van zonneparken en windparken bij elkaar opgeteld worden.  
Invulling van deze kennislacune vergt ten eerste inzicht in effecten van zonneparken wat nog slechts beperkt voorhanden is, en een totaaloverzicht van het werk dat in dit kader is gedaan en de resulterende inzichten ontbreekt. Daarnaast is de vraag te groot voor de beschikbare middelen tijd en middelen.
2. Wat doet de combinatie van een zonnepark en een windmolenpark met de risico's voor natuur?  
Dit effect is nog onbekend. Het antwoord is deels te formuleren op basis van ecologische kennis, door middel van een deskstudie. Deels ook zullen de effecten gemonitord moeten worden in het veld. De essentie is dat het betreffende zonnepark zo ingericht moet zijn dat geen aantrekkende werking ontstaat op vogels en vleermuizen, omdat daardoor een verhoogde sterfte door aanvaringen met de windturbines ontstaat. De consequentie is dat toevoeging van het zonnepark zal resulteren in een lagere ondergrondse- en bovengrondse biodiversiteit. De vraag is daarmee vooral of dit lokaal wenselijk is, en of maatregelen om aantrekkling van vogels en vleermuizen te voorkomen effectief zijn. Dit vraagt om een monitoringsplan waarbij effecten onderzocht worden op meerdere locaties in verschillende habitats. Naar verwachting is het effect op natuurwaarde negatief, in die zin dat er minder flora en fauna aanwezig zal zijn in een gecombineerd wind- en zonnepark. Een deskstudie is nuttig om wenselijkheid en voorwaarden te duiden, en om negatieve impact in de zin van populatie-effecten voor lokale soorten op voorhand te voorkomen.

### **Uitvoerbaarheid in dit project**

Het in kaart brengen van beide typen cumulatieve effecten vraagt uitgebreide monitoring in meerdere locaties en over een langere periode. Voor het kwantificeren van cumulatief habitatverlies op landelijk niveau (kennislacune 1) is daarnaast een uitgebreide modelstudie vereist. Hiervoor ontbreken in dit project de tijd en middelen.

Als eerste verkenning om de kennisleemte rond de combinatie van zonneparken geplaatst onder windmolenparken in te vullen, wordt een onderzoek uitgevoerd naar vlieggedrag van vogels en worden effecten op luchtstromen gemodelleerd.

## De combinatie van zon en wind op land – activiteiten

### **Vlieggedrag roofvogels in zon- en windpark Noordoostpolder/Westermeerdijk (Actie 1.2)**

Om de effecten van het combineren van zonneparken en windturbines in beeld te brengen, stellen we een onderzoek voor naar de veranderingen in vlieggedrag van roofvogels in de omgeving van het gebied. Door zonneparken aan te leggen onder windturbines, verandert de habitat onder de windturbines. Waar onder turbines nu vaak het agrarisch landgebruik wordt voortgezet, verandert dat in een landschap met panelen. Of dit leidt tot een aantrekkelijker of juist onaantrekkelijker leefgebied voor dieren, is afhankelijk van keuzes die gemaakt worden met betrekking tot de opstelling en inrichting van het gebied. Denk aan hoe de panelen zijn opgesteld, hoe de vegetatie rond de panelen wordt beheerd, en hoe de randen van het zonnepark worden ingericht. Dit bepaalt immers uiteindelijk hoeveel voedsel er aanwezig is in het park, en daarmee hoe aantrekkelijk het park is voor allerlei predatoren. Daarbij komt dat er nog veel onbekend is over de mate waarin vogels en vleermuizen zich begeven in het luchtruim boven zonnepanelen. Dit zijn belangrijke kennislacunes die bepalen of de combinatie van zon en wind zal leiden tot meer of juist minder aanvaringsslachtoffers. Bovendien kan het betekenen dat het bij de aanleg van zonneparken onder windturbines van belang is om voorwaarden te stellen aan de inrichting van het zonnepark, teneinde negatieve effecten op vogels en vleermuizen te voorkomen.

Roofvogels zijn een kwetsbare soortgroep waar het gaat om windmolenparken en tevens een belangrijke indicatorgroep voor algemene biodiversiteitswaarden. Ze zijn relatief vaak (in verhouding tot hun aantallen) slachtoffer van aanvaringen ten opzichte van de meeste andere vogels, ze leven relatief lang en brengen jaarlijks maar een klein aantal jongen groot, waardoor sterfte door aanvaringen met windturbines ertoe kan leiden dat de populatie kleiner wordt. Om die reden zijn juist roofvogels een soortgroep om in de gaten te houden wat betreft impact van windturbines. Uit onderzoek van WEnR blijkt dat een roofvogel zoals de bruine kiekendief in het algemeen onder rotorhoogte door windmolenparken vliegt, en daardoor weinig risico loopt in aanvaring te komen met de wieken van een turbine. Als er nu een zonnepark onder de windturbines wordt gebouwd, kan dit effect hebben op de vlieghoogte van de roofvogels, waardoor het risico op aanvaringen toe kan nemen. Bruine kiekendieven vliegen veel door windparken heen (zie afbeeldingen onderaan paragraaf). Buizerds en ook torenvalken vliegen vaker op rotorhoogte, en lijken bovendien meer geneigd te zijn om zonneparken op te zoeken. De risico's voor deze soort kunnen dus anders zijn dan voor de bruine kiekendief. Buizerds en ook zeearenden maken graag gebruik van luchtstromen om thermiekend (cirkelend) naar goede foerageerlocaties te gaan of om te zoeken naar prooien.

### **Aanpak**

Om een eerste inzicht te geven in de ecologische kansen en risico's die er liggen bij het combineren van windparken en zonneparken, onderzoeken we de vraag hoe roofvogels reageren op de aanleg van zonnepark Westermeerdijk onder windpark Noordoostpolder, op de IJsselmeerdijk ten noorden van Urk. Dit zonnepark wordt aangelegd zonder natuurlijke randen, om te voorkomen dat een aantrekkende werking ontstaat voor vogels die met de windturbines in aanvaring kunnen komen. Omdat het zonnepark op de rijkste landbouwgrond ter wereld wordt gebouwd, wordt echter wel ingezet op behoud van bodemkwaliteit door te werken met semi-transparante panelen en een minimale vereiste lichtinval op de bodem (op basis van TNO Bodemtoets). De kennislacune die hier onderzocht wordt is of het aanvaringsrisico van roofvogels met de turbines door de aanleg van het zonnepark toe- of afneemt, en of we dit kunnen relateren aan de aanwezigheid van de panelen.

Om dit te onderzoeken volgen we een dubbele insteek. Enerzijds meten we vlieggedrag van roofvogels in het gebied, anderzijds modelleren we op basis van de opstelling van panelen en turbines de luchtstroming in het zonnepark.

### **Aanpak vlieggedrag vogels: bruine kiekendief en buizerd**

Bruine kiekendieven en buizerds broeden in hoge dichtheden in de polders rond Westermeerdijk. Deze vogels foerageren in het gebied en zoeken daarbij naar habitat dat rijk is aan voedsel (vooral veldmuizen, maar ook

andere gewervelden en ongewervelden). Windmolens vormen lokaal een risico op sterfte door aanvaringen. Ten behoeve van een ander onderzoek is een deel van de kiekendieven in het gebied uitgerust met GPS-zenders. Van deze vogels vliegen er nu nog twee rond in het gebied waar het zonnepark Westermeerdijk wordt gerealiseerd. De vliegpaden die met deze zenders in beeld gebracht zijn, geven inzicht in hoe de vogels zich gedragen rond de reeds aanwezige windturbines in het gebied (zie de figuren onderaan deze paragraaf). Wanneer de zonnepanelen geplaatst worden, kan de verandering in het gedrag en de vlieghoogte van deze vogels gevolgd worden. Omdat het momenteel slechts twee individuen betreft, wordt ernaar gestreefd om aanvullend vier extra kiekendieven te vangen en te voorzien van een zender. De gegevens van deze individuen tezamen geven dan een goed inzicht in vlieggedrag rond het zon- en windpark Westermeerdijk/Noordoostpolder. Om het vlieggedrag van buizerds te meten, zetten we in op het zenderen van 6 vogels in de omgeving van het park. Als er in de omgeving torenvalken broeden, vervangen we eventueel enkele buizerds door torenvalken.



*Een bruine kiekendief vliegt over een zonnepark. Foto Karen Krijgsveld.*

#### **Aanpak modellering luchtstroming.**

De luchtstromen rond windparken worden gekarakteriseerd door de inkomende wind, de zogenaamde ruwheid van het grondoppervlak, de zoggen (een stroom turbulente, minder krachtige wind achter de windturbinerotor) en de thermische effecten. Met het installeren van zonnepanelen zal de ruwheid van het oppervlak veranderen, waardoor een interne grenslaag gaat groeien met andere turbulentie en windprofiel. De effecten daarvan zijn voor iedere hoogte op een zekere afstand bepalend. Daarnaast verandert de aanwezigheid van zonnepanelen de opwarming van de lucht en daarmee de thermiek ter plaatse. Dat zal afhankelijk zijn van de windsnelheid. Vogels (en met name roofvogels en meeuwen) maken gebruik van thermiek waardoor het aanvaringsrisico kan veranderen, en de onderzoeksvraag die zich aandient is hoe het plaatsen van zonneparken tussen de windturbines het gedrag van de vogels verandert.

Hiertoe worden luchtstromen rondom windparken met en zonder zonnepanelen gemodelleerd met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) analyses. Hiermee worden de turbines in het windveld gemodelleerd en de stroming rondom de turbines en boven het zonnepark gemodelleerd. Voor de thermiek moet het rekendomein behoorlijk in de hoogte worden vergroot om tot betrouwbare resultaten te komen.

De resultaten van de analyse worden met experts op het gebied van vogelgedrag geanalyseerd en de gevolgen voor het gedrag van vogels vastgesteld. De resultaten van de simulaties zullen worden aangevuld met



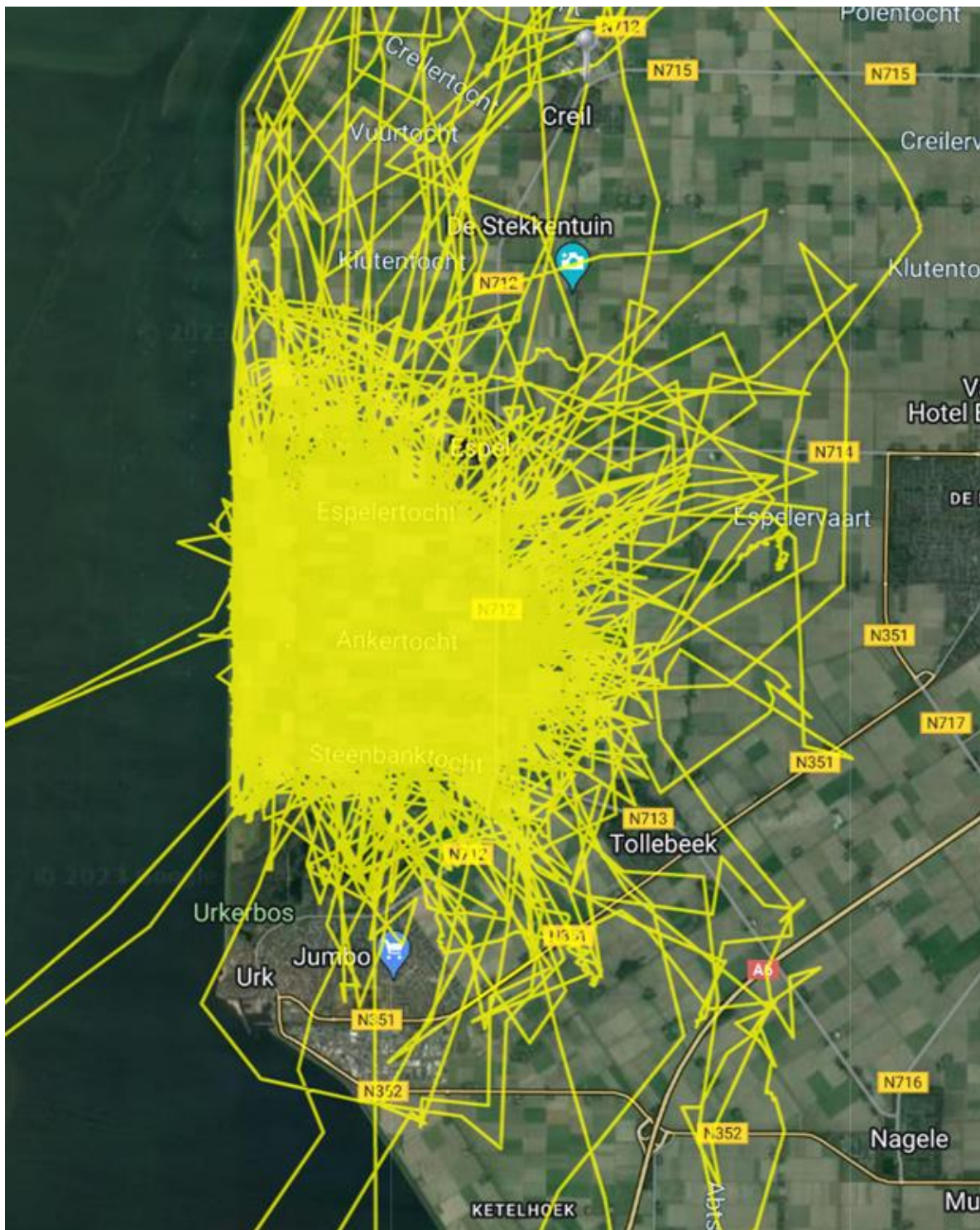
waarnemingen om tot een betrouwbaar resultaat te komen. De impact op andere combinaties van windparken en zonneweides zal worden geanalyseerd en indien mogelijk zullen eerste aanbevelingen worden geformuleerd. WEnR verwerkt de resultaten in een wetenschappelijke publicatie, met input van TNO. Op die manier worden de resultaten breed en goed toegankelijk en toepasbaar. Ten bate van het project wordt een concept van deze publicatie opgeleverd samen met een Nederlandse samenvatting. Mochten de resultaten niet toereikend zijn voor een publicatie, kan worden besloten om ze te verwerken in een rapport.



*Een torenvalk vliegt laag tussen de panelen van een zonnepark door. Foto Karen Krijgsveld.*

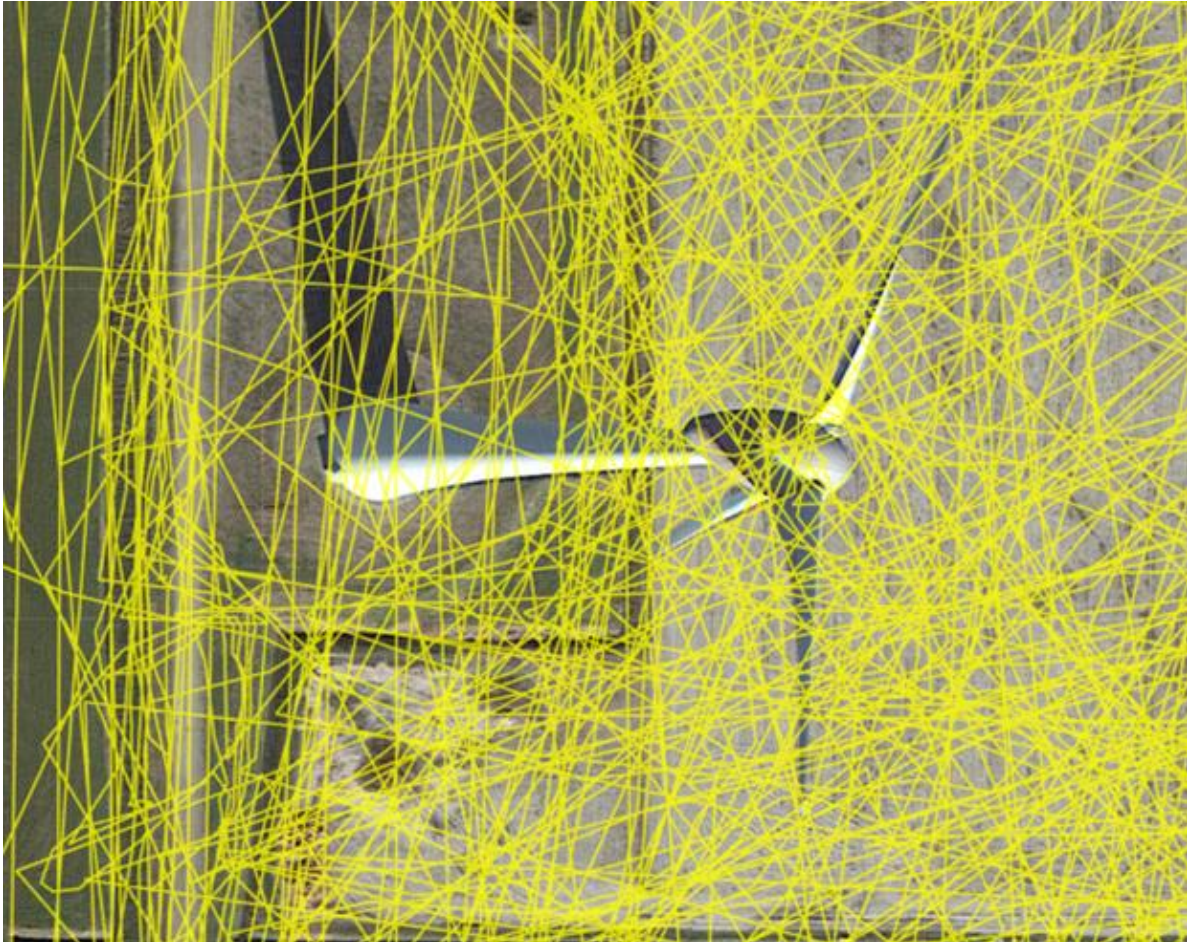
#### **Andere soorten: watervogels.**

Indien meer budget beschikbaar komt, kan dit project worden uitgebreid met het in kaart brengen van vlieggedrag van andere vogelsoorten. Gedacht wordt dan met name aan watervogels (meeuwen, zwanen, ganzen, eenden, aalscholvers) die het windpark passeren tijdens hun dagelijkse vluchten tussen foerageergebieden en slaapplaatsen. Dit kan als samenwerkingsproject tussen WEnR en TNO. Om het vlieggedrag rond de combinatie van zon en wind in verschillende omstandigheden in kaart te brengen is het mogelijk gebruik te maken van de 3D MAX vogelradar van TNO. Hiermee kunnen de vluchtpatronen over een groter luchtruim in 3D worden gemeten en geëvalueerd. Deze metingen kunnen gecombineerd worden met de data van de gezenderde kiekendieven en buizerds. Maar ook het gedrag van andere vogelsoorten kan met de vogelradar meegenomen worden in het onderzoek: door het 3D-vluchtpatroon te meten kan er een correlatie gemaakt worden tussen de modellering van de luchtstromen en het gedrag van de vogels. Daarbij kan ook uitgezocht worden of Waardenburg Ecologie historische gegevens beschikbaar kan stellen over vlieggedrag in de situatie met alleen windturbines en zonder zonnepark. Voor dit onderdeel zou circa 80.000 euro nodig zijn.



*Een overzicht van de meest recente 500.000 locaties verbonden door vlieglijnen*





*Vliegbewegingen (in geel) van een bruine kiekendief (volwassen man 83; zender aangebracht op 2020-06-23) in de Noordoostpolder.*

## 6. Cluster Water

Voor het cluster water zijn twee technieken van belang; aquathermie en zon op water. Per techniek wordt hieronder eerst de ‘stand van zaken’ gegeven en vervolgens geconcludeerd wat de belangrijkste onderdelen zijn van de kennisvragen uit de agenda en welke gezien beschikbare tijd en budget opgepakt kunnen worden. Voor de analyse van de stand van zaken is gebruik gemaakt van de beschikbare kennis. We bouwen verder aan de benodigde kennis en sluiten aan bij de behoefte van de waterbeheerders. Vergunningverleners zullen voor beide technieken hun oordelen rond ecologisch impact op waterkwaliteit vooral baseren op modelstudies. De ecologische- en waterkwaliteitsmodellen zijn echter nog niet goed gevalideerd voor deze nieuwe technieken. Daarom focussen we op de combinatie van monitoring en verbetering van de modellen.

De aanpak is tot stand gekomen in nauwe samenspraak met onderzoekers van Deltares (I. de Groot-Wallast, V. Harezlak, M. Dionisio), NIOO (S. Teurlincx) en TNO (J. Kroon en M. de Jong). De uitvoering van de hier voorgestelde activiteiten wordt naast deze drie kennisinstellingen ook gedaan door Aquon en Eijkelkamp. Afstemming rond kennisontwikkeling voor beide technieken met KWR is ook voorzien. Voor reflectie op plannen en resultaten nemen we de waterbeheerders mee, dit doen we door STOWA, enkele regionale waterbeheerders, RWS en IPO (voor Zon op water: Shine) te betrekken. Kennisdisseminatie gaat via publicatie en presentaties op platforms zoals Netwerk Aquathermie (en opvolgers in 24) het Nationaal Consortium Zon op Water en de Community of Practice Innozowa. Binnen deze fora is het bedrijfsleven, kenniswereld en overheid actief.

## Aquathermie – stand van zaken

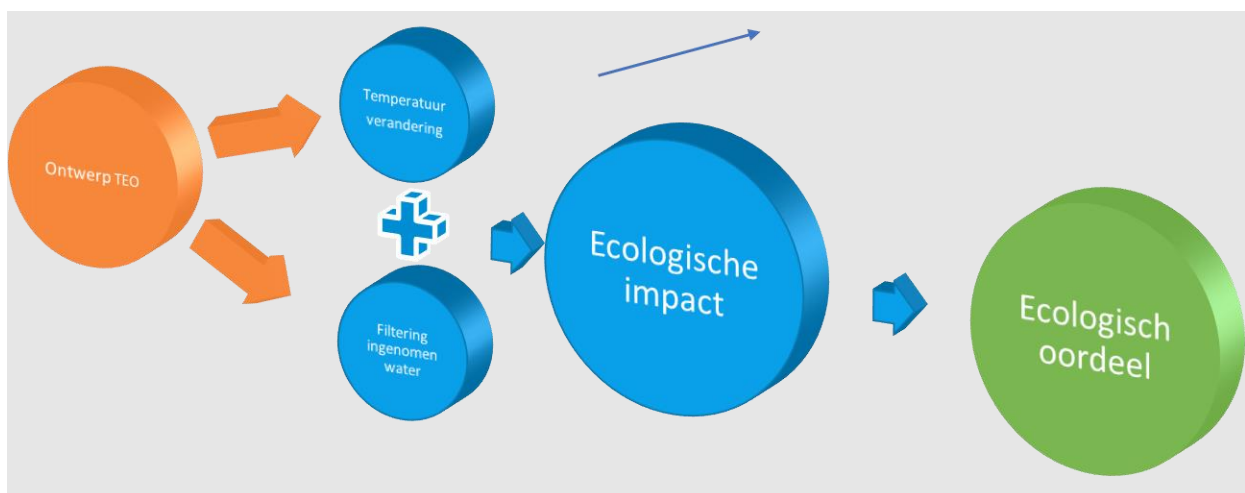
Warmte uit water, ook aquathermie genoemd, is een kans om te benutten in de warmtetransitie. De warmte, oftewel thermische energie, kan uit afvalwater (TEA), drinkwater (TED) of oppervlaktewater (TEO) worden gehaald. TEO is hiervan in potentie de grootste bron voor aquathermie. Eerdere studies laten zien dat TEO zelfs tot 43% kan bijdragen aan de totale jaarlijkse warmtevraag van Nederland (WarmingUp, nieuwsbrief feb '22). Daarmee is TEO een serieus te nemen bron voor duurzame collectieve warmte in bestaande en nieuwbouw, op grote schaal, waarbij gedacht moet worden aan de verwarming van bedrijfspanden en tienduizenden woningen.

In WarmingUP werd duidelijk dat waterbeheerders verschillend tegenover de toepassing van aquathermie in oppervlaktewater staan. Enerzijds willen ze graag een bijdrage leveren aan de energietransitie, anderzijds is er de verantwoordelijkheid voor de kwaliteit van het oppervlaktewater. Door de onzekerheid over de mogelijke effecten op het watersysteem en daarmee op eventuele kwaliteitsdoelen is een deel van de waterbeheerders terughoudend met de vergunningverlening voor TEO-installaties.

Een TEO-installatie onttrekt oppervlaktewater en leidt dat via diverse filters naar een warmtewisselaar, waarna het afgekoelde en gefilterde water weer op het oppervlaktewater wordt geloosd. De installatie kan effect hebben op het ecologisch functioneren van het watersysteem door i) afkoeling; het lozen van koude beïnvloedt de temperatuur(gradient) in het water, ii) filtering van water waardoor kleine organismen uit het water worden gefilterd en/ of beschadigd en iii) introductie van (extra) stroming door onttrekking en lozing aan een watersysteem.

WarmingUP leert ons dat aquathermie het oppervlaktewater (plaatselijk) afkoelt. Het ruimtelijke patroon van de koude pluim is afhankelijk van de mate van afkoeling ( $\Delta T$ ), het gebruikte debiet en het watertype. Voor het watertype zijn het volume van het water, de diepte en de mate van (door)stroming belangrijk. Er zijn verschillende rekenmodellen beschikbaar die de verspreiding van de koude lozing kunnen simuleren ([WU Notitie maart 2021](#), referentie). Deze bevindingen hebben doorwerking gehad in de herziening van Beoordelingskader 1.0 (STOWA rapport 2021-30), welke bedoeld is om de vergunningverlener handvatten te geven. Aan een update van het beoordelingskader wordt nu gewerkt (deadline september '23). De criteria in het kader zijn gebaseerd op kennis van experts, een onderbouwing op basis van velddata of ecologische modellering is er niet.

Om kennis over de invloed van koude en temperatuurgradiënten op de aquatische ecologie op te bouwen zijn literatuurstudies uitgevoerd naar de effecten van afkoeling en filtering op de ecologie (WU-rapportages: Harezlak et al., 2021 en 2023 en de Jong en Dionisio, 2022). Daarbij is gefocust op biochemische parameters, fyto- en zoöplankton, macrofyten, amfibieën en vissen. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen directe temperatuureffecten en indirecte temperatuureffecten, oftewel doorwerking van temperatuurveranderingen in het voedselweb.



### Monitoring

Om meer inzicht te krijgen in de effecten van aquathermie is een plan gemaakt voor een landelijk monitoringsnetwerk (Harezlak et al., 2021), maar deze is (nog) niet in uitvoering. Daarnaast is bij waterbeheerders behoefte aan een praktisch monitoringsprotocol voor TEO-installaties die zij vergunnen. STOWA heeft Deltares gevraagd om op basis van het landelijk monitoringsplan, de data-analyse van Hoog

Dalem (Deltares memo 11209039-002-ZWS-0001\_v0.1, opvraagbaar bij V.Harezlak) en het monitoringsplan Merwedekanaal (Harezlak, 2022) zo'n monitoringsprotocol op te stellen. Het monitoringsprotocol heeft als doel om, bij vergunning van een TEO-installatie, eventuele effecten van de TEO-installatie op het ecologisch functioneren van een waterlichaam te detecteren. De verzamelde data zijn daarnaast waardevol voor generieke kennisontwikkeling op dit onderwerp. Het monitoringsprotocol zal informatie bevatten over de te kiezen parameters, en de gewenste frequentie en tijdsperiode van de monitoringsinspanning.

### **Ecologische modellering**

De veranderingen in een waterlichaam door afkoeling, filtering en (introductie van) stroming kunnen divers en complex zijn en kunnen effect hebben op het ecologisch functioneren van het waterlichaam. Welke invloed deze veranderingen hebben hangt sterk af van enerzijds de specificaties van het TEO-systeem, en anderzijds de kenmerken van het watersysteem. Een belangrijk kenmerk, naast grootte, diepte en aanwezigheid van stroming, is de productiviteit van het waterlichaam, welke bottom-up gestuurd wordt via nutriënt- en energiebeschikbaarheid, naar primaire producenten (fytoplankton en waterplanten), naar primaire consumenten en zo verder het voedselweb in. Omdat TEO-installaties gebruik maken van filters, waarbij organismen beschadigd of gedood worden, kunnen TEO-installaties ook een top-down effect hebben, doordat direct in het voedselweb wordt ingegrepen.

Om inzicht te krijgen onder welke condities TEO-installaties effect hebben op het ecologisch functioneren van een waterlichaam, is in 2022 ecologische modellering voor TEO-installaties opgezet. Het gaat om een gecombineerde modelopzet van D3Dflow<sup>1</sup> (waterbeweging), D3Dwaq (nutriënten en fytoplankton) en PCLake+ (voedselweb). Deze modelopzet is getest op een schematisch waterlichaam: een klein, ondiep meer van 100\*100\*2 meter. De modelresultaten tonen aan dat TEO-installaties een effect kunnen hebben op het ecologisch functioneren van een waterlichaam, waarbij het precieze effect sterk afhangt van de trofiegraad en het weerjaar (Harezlak en Van der Linden, 2023 (intern document, opvraagbaar); en Teurlinx, 2023 STOWA rapportage in voorbereiding). Daarnaast is de warmtevraag en de invulling daarvan cruciaal: wat is de omvang van het debiet ten opzichte van het volume van het waterlichaam, en wat is de gebruikte  $\Delta T$ .

Deze eerste verkenning van de ecologische effecten van TEO-installaties door middel van modellering heeft geleid tot een aantal waardevolle inzichten, maar ook tot een aantal aanbevelingen:

- Verdere verkenning van effecten voor andersoortige watertypen (groot meer en stromende wateren (klein en groot)).
- Indien mogelijk aansluiten bij monitoring van een bestaande case voor modelvalidatie. Dit kan op verschillende niveaus: temperatuur, nutriënten, waterplanten, fytoplankton, zoöplankton, vis. Temperatuur, nutriënten, en fytoplankton lijken de meest geschikte parameters.

Om de ecologische modellering voor TEO-installaties ook voor andere typen watersystemen te kunnen toepassen en deze toepassing te vereenvoudigen is een aantal verbeteringen in de modelsoftware noodzakelijk.

### **Aquathermie- activiteiten**

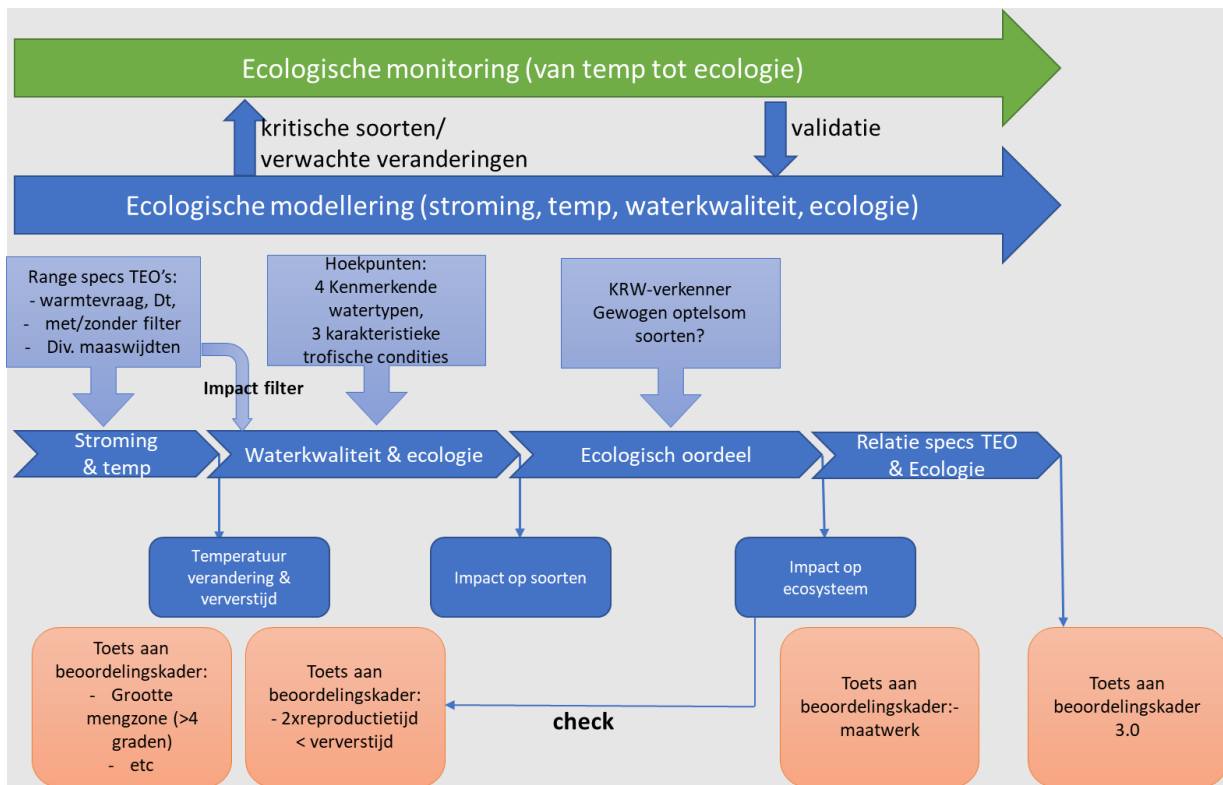
Om vat te krijgen op de effecten van TEO op de ecologie – effect koudelozing, filters en stroming - is een combinatie van monitoring en modellering noodzakelijk. Alleen zo bouwen we in korte tijd voldoende systeembegrip op om de toekomstige ontwikkeling in balans te krijgen met de ecologische voorwaarden van het watersysteem. Bovendien brengt dit ons een stap dichterbij het beantwoorden van beide geprioriteerde vragen in de Onderzoeksagenda. Het is van groot belang verder te bouwen op de kennis die binnen WarmingUP is ontwikkeld en af te stemmen met de lopende projecten. De hier voorgestelde aanpak – de combinatie van monitoring en modellering – is daarom opgesteld met behulp van onderzoekers van WarmingUP (o.a. Ida de Groot, Valesca Harezlak en Sven Teurlinx) en sluiten aan bij de lopende en voorgenomen projecten van zowel individuele waterbeheerders als STOWA en RWS.

Het plaatje hieronder geeft de gewenste aanpak schematisch weer. De figuur werkt de stappen die nodig zijn voor de ecologische modellering uit. De benodigde stappen voor de ecologische monitoring zijn in deze figuur nog niet verder uitgewerkt.

---

<sup>1</sup> Delft3D is a world leading 3D modeling suite to investigate hydrodynamics, sediment transport and morphology and water quality for fluvial, estuarine and coastal environments. <https://oss.deltares.nl/web/delft3d/about>





Het doel van de ecologische modellering is de verwachte ecologische impact van TEO-systemen voor diverse kenmerkende watersystemen in beeld te brengen, daar een oordeel over te (laten) vormen en dat te vertalen naar praktisch toepasbare regels in het beoordelingskader.

We stellen voor om bij één locatie met een TEO-installatie aanvullende monitoring uit te voeren en te combineren met ecologische modellering. Mogelijke locatie is Plas van Buijse een klein, meervormig watertype (toe- en afstemming met de waterbeheerders is lopend op het moment van afronding van dit Plan van Aanpak). Uit de data-analyse van Hoog-Dalem (Deltares memo 11209039-002-ZWS-0001\_v0.1, opvraagbaar bij V. Harezlak) bleek duidelijk dat om de effecten van een TEO-installatie in een multistressor systeem in kaart te kunnen brengen, aanvullende monitoring nodig is: hoogfrequent (uur- tot dagbasis) en op specifieke locaties. De standaardmonitoring van waterbeheerders voldoet hier niet aan. Om de benodigde kennis op te bouwen is aanvullende monitoring zeer waardevol. Een belangrijk aspect van de monitoring is dat over meerdere jaren wordt gemeten, iets wat in dit voorgenomen project niet voorzien wordt. Echter, een eerste impuls om te gaan meten kan niet alleen de mogelijkheid geven tot finetuning van de benodigde monitoringsopzet (dit is winst in het eerste jaar), maar geeft data om de modelopzet te kalibreren en valideren en vormt een fundament voor waterbeheerders om op verder te bouwen zodat de zeer nodige velddata beschikbaar gaan komen.

Voor de monitoring wordt voorgesteld om die parameters te kiezen die aansluiten bij het op te stellen monitoringsprotocol. Zo worden niet alleen de mogelijke effecten van een TEO-installatie op het waterlichaam gemonitord, maar is ook kennisontwikkeling mogelijk doordat een consistente dataset wordt verzameld. Daarnaast zorgt het monitoringsprotocol voor een getrapte monitoring zodat de monitoringsintensiteit past bij de effecten van een TEO-installatie op het ecologisch functioneren van een waterlichaam.

De ecologische modellering voor de praktijkcases loopt parallel met de opzet van de modellering voor de (4) kenmerkende watertypen om de kruisbestuiving tussen modellering en monitoring zo goed mogelijk vorm te geven. De systematiek van de modellering is opgezet in WarmingUP, maar de wens is deze zo uit te breiden dat voor een range van specificaties van TEO-installaties voor de kenmerkende watertypen de ecologische impact in beeld gebracht kan worden. De modelresultaten zijn invoer voor ecologen om een oordeel te vormen over de ecologische impacts en deze kunnen vervolgens vertaald worden naar onderbouwde, eenvoudig toepasbare criteria voor TEO-systemen in de diverse typen watersystemen. Zo wordt helder welke grenzen de ecologie stelt aan 1 of meerdere TEO-systemen.

### Reflectie op de kennisvragen

Met bovenstaande activiteiten leveren we een belangrijke bijdrage aan het antwoord op de vraag wat een TEO-installatie doet met de ecologie. Dit houdt in dat er zowel naar filter, koudelozing als geïntroduceerde stroming gekeken gaat worden. De eerste kennisvraag in de Onderzoeksagenda was puur gericht op het effect van temperatuur op de ecologie. De combinatie van effecten filters en koudelozing is echter een samenspel en relevant om vat te krijgen op de ecologische effecten van een TEO-installatie en dus de vraag van de waterbeheerder in relatie tot de vergunningverlening. Daarnaast, met de modelaanpak, is dat ook een hele logische.

De tweede kennisvraag ‘Beoordeling van warmtebudget bij gebruik van meerdere installaties over grenzen van beheerders heen’ is een verbijzondering van de situatie die eerst uitgezocht moet worden. Daarom focussen we op afzonderlijke watertypen. Zodra we dat begrijpen, kunnen we de effecten op meerdere waterlichamen modelleren. De tweede kennisvraag gaan we dus niet oplossen in het huidige project maar de resultaten zullen een belangrijke basis leggen voor het vervolg.

Samenvattend zijn naast afstemming en kennisdisseminatie de activiteiten voor aquathermie (TEO):

Activiteit	Beoogde uitvoerders
<b>I Monitoring</b>	
2.1a Monitoring ontwerp inclusief nulmeting of referentie voor 1 locatie. In afstemming met waterbeheerder	Deltares, NIOO
2.2b Uitvoering van de monitoring	Deltares en marktpartij
2.3c Data inwinning en analyse	Deltares, NIOO
<b>II modellering</b>	
2.4d Ecologische modellering, vier kenmerkende watertypes	Deltares, NIOO
2.5e Rapportage	Deltares

## Zon op water – stand van zaken

Er verschijnen steeds meer toepassingen van drijvende zonneparken op binnenwateren om daarmee een bijdrage te leveren aan de benodigde energietransitie. Op deze manier levert de energiesector een bijdrage aan de groei van duurzame energie die noodzakelijk is voor het reduceren van de uitstoot broeikasgassen. Waterbeheerders worden geconfronteerd met vragen rond vergunningverlening op het moment dat partijen zonneparken op water willen aanleggen. Waterbeheerders kijken met andere ogen naar deze ontwikkeling; zij hebben namelijk op de schaal van het watersysteem (KRW-waterlichaam) een verantwoordelijkheid voor het behalen van de KRW-doelen, welke zowel chemisch als aquatisch ecologisch gesteld zijn. Daarnaast zijn er voor veel Nederlandse wateren ook natuurdoelen aangewezen, en moet uitgesloten worden dat zonneparken op water tot een achteruitgang van de kwaliteit van het leefgebied leiden. Denk bijvoorbeeld aan omvang, kwaliteit en beschikbaarheid van foerageer- en rustgebieden van watervogels.

Analyses geven aan dat het niet goed gaat met de Nederlandse waterkwaliteit. Er is in Nederland nog een flinke inspanning nodig om zowel de chemische als ecologische kwaliteit te verbeteren (o.a. Advies van Raad voor de Leefomgeving, Ecologische Autoriteit). Dit gegeven en het feit van de onbekende impact op de waterkwaliteit van drijvende panelen, maakt het voor waterbeheerders extra lastig inschatten of een watervergunning mogelijk is.

### Monitoring

Het lopende TKI-project ZWIMP (Zon op water, impact op biodiversiteit en waterkwaliteit) levert eerste inzichten van de impact middels monitoringsdata en modellering. Binnen ZWIMP wordt gemeten bij bestaande parken, dit zijn dus zonne-systemen die nu op de markt zijn. Wat betreft watertypen zijn het (diepe) zandwinplassen, drinkwaterreservoirs en ondiepe bassins (bv Boskoop). Naast monitoren heeft ZWIMP nog twee belangrijke activiteiten. Ten eerste brengen we de gegevens die rond waterkwaliteit en ecologie verzameld worden bij bestaande zonneparken bij elkaar in een kennisbank. Elke locatie wordt beschreven in een factsheet en deze factsheet bevat een link naar de beschikbare data. De andere activiteit binnen ZWIMP is modelleren; er is gewerkt aan een case en er is een standaard aanpak opgesteld voor modelleerstudies. Eind 2023 zal ZWIMP afgerond worden en zullen de “lessons learned” met achterliggende rapportages gepubliceerd worden.



Op één locatie – een zandwinplas bij Oude Haske - is het mogelijk geweest om i.s.m. TNO continue metingen uit te voeren. Er is gemeten op 1 meter diepte onder het oppervlak zowel onder de zonnepanelen als op een locatie niet-beïnvloed door het zonnepark (de referentie locatie). Deze metingen laten zien dat er voor een aantal parameters een verschil is tussen de situatie onder de panelen en in het open water.

Er is een verschil te zien in de zuurstofconcentraties; onder het zonnepark is dat gedurende de hele meetreeks iets lager dan op de referentie locatie. Er zijn drie factoren die hierbij een rol kunnen spelen: verminderde opname van zuurstof door het water uit de atmosfeer door bedekking met panelen, verminderde productie van zuurstof door algen door minder licht of meer zuurstof verbruik door afbraakprocessen onder het zonnepark. Door de gemeten lagere chlorofylconcentraties onder de panelen vermoeden we dat de hoofdoorzaak de gereduceerde activiteit van de algen is, dus een afname van de primaire productie. De conclusie rond reductie van primaire productie wordt ondersteund door de modelleer studie binnen ZWIMP.

### **Reductie primaire productie**

De bevindingen van ZWIMP – reductie primaire productie – zijn niet onverwacht maar wel is het nu voor de eerste keer ondersteund door meetgegevens. De implicatie van deze voorlopige conclusie is wel groot, het betekent namelijk dat een watersysteem minder productief wordt wat weer consequenties kan hebben voor de rest van het leven in het water (zoals macrofauna, amfibieën, vis). Het kan zo de ecologische doelen van de KRW beïnvloeden. Ook kan het consequenties hebben voor het leven boven en rond het zonnepark met name de soorten die foerageren, paaien of rusten in of op het water.

### **Mitigatie**

Om de afname van licht en de potentiële reductie van primaire productie tegen te gaan zijn een aantal aanpassingen denkbaar, zoals:

1. Ontwerp aanpassen door meer licht toe te laten. Dit kan door bedekkingsgraad te reduceren of panelen te gebruiken met een hogere lichtdoorlaatbaarheid. Heeft effect op de energieopbrengst en het businessmodel van een park.
2. Onderwaterlandschap herinrichten gericht op compensatie van primaire productie door waterplanten of perifyton. Dit kan door het maken van gradiënten en ondieptes, of kunstmatige substraat toevoegen, denk aan riffen, hout, viskorven. Dit kan plaatselijk de biodiversiteit bevorderen.
3. De lichtreductie compenseren met kunstmatig licht.

### **Andere projecten**

Zoals in de Onderzoeksagenda genoemd is, lopen er een aantal onderzoeksprojecten rond zon op water. Afstemming met deze projecten is belegd middels personele bezetting. Naast publicaties worden resultaten van onderstaande projecten gedeeld binnen het Nationale Consortium Zon op water of de Community of Practice van Innozowa.

Project	Trekker/opdrachtgever	
<b>POM</b>	TNO	Pilotlocatie Oostvoornsemeer. Er is een klein begin gemaakt met ecologische monitoring door Hogeschool Zeeland.
<b>ZWIMP</b>	Deltares	NIOO en Witteveen+Bos zijn partners. TNO is betrokken middels de monitoring
<b>GREEN</b>	Hanze Hogeschool	Deltares, NIOO en TNO zijn partners. Initiatiefnemer heeft ook een aanstelling bij Deltares.
<b>INNOZOWA</b>	Waterschap Rijnland	NIOO en Deltares zijn partners. Beide actief binnen de CoP
<b>DRIVER</b>		NIOO is partner
<b>Boskoop</b>	Hoogheemraadschap Rijnland	Resultaten worden gedeeld in ZWIMP
<b>Buitendijks Plan</b>	Groenleven en van Oord	Deltares heeft samen met Bureau Waardenburg het originele plan ontworpen. Deltares is bij de uitwerking betrokken als onafhankelijk ecologisch adviseur.

Zoals in de Onderzoeksagenda gemeld, zijn er een aantal onderzoeksvoorstellen geschreven in 2023. Op dit moment zijn de onderstaande projecten gehonoreerd en hier zal ook actief mee worden samengewerkt:

1. NWA SPARKLES: sparking a nature positive future of floating solar for humans and nature across landscapes. Dit zesjarige, academische project zal ingaan op het samenbrengen van experts uit de verschillende werkvelden rondom zon-op-water, zoals ingenieurs, ecologen en bestuurders. Het doel is om toekomstige parken natuur-inclusief te ontwerpen en dat tevens in de vergunningverlening op te nemen. Trekker is NIOO (S. Teurlincx), Deltares is partner.
2. Berenplaat (Evides): In het drinkwaterreservoir Berenplaat van Evides worden in 2023 twee drijvende zonneparken gerealiseerd. Er zal een gradiënt in de mate van afdekking door de panelen gerealiseerd worden om na te gaan wat het effect ervan is op (drink)waterkwaliteit en ecologie. Deltares is betrokken bij de lichtmonitoring en de monitoring van de waterbeweging. De monitoring gaat twee jaar lopen en start najaar 2023. We zullen trachten deze data waar relevant bij het huidige onderzoek te betrekken.

## Zon op water- activiteiten

Doel is om in dit programma de relatie tussen bedekking (wegnemen licht) en impact op primaire productie verder te kwantificeren. Dit zal een antwoord geven op de vragen: “Wat is het effect van zon op water op de productie van biomassa” en “Wat doet zon op water met de temperatuur (-verdeling) in het water”?

Eerste actie is het uitbreiden van de database. Zowel nationaal als internationaal is de hoeveelheid monitoringgegevens heel beperkt. De continue metingen binnen ZWIMP hebben veel informatie opgeleverd. Om conclusies te bestendigen is het echter noodzakelijk de metingen bij Oude Haske voort te zetten en een extra locatie op te nemen om hier ook een lange meetreeks te verkrijgen en om te zien of de bevindingen bij Oude Haske algemeen gelden.

Om meer te begrijpen van de relatie tussen ontwerp, lichtinval in het water en de veranderingen van primaire productie gaan Deltares en TNO hun modellen combineren. Er wordt een systematiek opgezet om modelmatig een koppeling te leggen tussen modelleren van performance en lichtinstraling (BigEye) aan de ene kant en met de zuurstofconcentraties en primaire productie (D3Dwaq) aan de andere kant. Deze systematiek kan dan in 2026 worden toegepast in RWS-projecten (Krammersluizen of Slufter in 2024) en verder worden uitgewerkt binnen het project SPARKLES.

## Reflectie op de vragen

Met deze acties kunnen we een bijdrage leveren aan het beantwoorden van drie van de vier vragen. De vraag rond cumulatieve effecten kunnen we alleen modelmatig beantwoorden. Het is nog te vroeg in de kennisontwikkeling om dit nu al te kunnen oppakken met de beschikbare modellen. Binnen het zesjarige project SPARKLES ligt die mogelijkheid er wel.

Samenvattend, zijn naast afstemming en kennisdisseminatie de voorgestelde activiteiten voor zon op water:

Activiteit	Beoogde uitvoerders
<b>I Monitoren:</b>	
2.2a Voortzetten metingen en uitbreiden Oude Haske.	Inzet Eijkelpark en gebruik maken van de aanwezige apparatuur van TNO
2.2b Op 1 locatie jaarrond meten. We denken nu aan Sellingen (grootste zonnepark van Nederland). In overleg met Groenleven wordt een keuze gemaakt.	Inzet Eijkelpark voor installatie en gebruik maken van de aanwezige apparatuur van TNO welke is aangeschaft met middelen van het Ministerie van EZK.
2.2c data inwinning	TNO
2.2d Data-analyse, database en datarapportage	Deltares review door TNO en NIOO
<b>II opzetten systematiek koppelen performance en impact voedselweb</b>	
2.2e Expert sessies voor modelleers	TNO, Deltares, NIOO
2.2f BigEye, maken van drie verschillende configuraties	TNO
2.2g Opzet maken D3Dwaq voor 1 locatie en doorrekenen met de Big Eye configuraties	Deltares
2.14h Rapportage	Deltares, TNO

## 7. Cluster Ondergrond / Grondwater

De ondergrond biedt veel potentie voor hernieuwbare energie in de warmtetransitie. Grote delen van Nederland zijn geschikt voor toepassing van geothermie en bodemenergie. De ontwikkeling van deze vormen van hernieuwbare energie legt een toenemend beslag op de beperkte ondergrondse ruimte. Het waarborgen van een ecologisch gezonde ondergrond is van belang voor succesvolle uitrol van duurzame technieken in de ondergrond en duurzame co-existentie met andere belangen zoals de Nederlandse drinkwatervoorziening.

In de Onderzoeksagenda wordt aanbevolen om kennisontwikkeling bij HTO rond het effect van temperatuur op bodemleven prioritair op te pakken. Het type en de hoeveelheid bodemleven in HTO-bodemplagen richt zich op de microbiologische populatie, die afhankelijk is van de fysisch-chemische condities. Microbiologie en fysisch-chemische condities bepalen samen de waterkwaliteit. In dit onderzoeksvorstel voor het cluster 'Ondergrond / Grondwater' is de aanpak beschreven van onderzoek, gericht op de kennislacune rondom de ecologische effecten van verhoogde temperaturen door toepassing van MTO en HTO op de microbiologie in de ondergrond.

Het ecologisch onderzoek naar de temperatureffecten van MTO- en HTO-systemen op de microbiologie richt zich op uitvoering van uitgebreide monitoring bij de eerste serie HTO-pilotprojecten, in aanvulling op reeds geplande onderzoeksactiviteiten rond deze pilots, rekening houdend met de reeds geplande onderzoeksactiviteiten in WarmingUP GOO, HTO-PEN en Push-IT.

De temperatureffecten betreffen zowel het opslag aquifer alsook de uitstraling vanuit de hete bron, waarbij deze uitstraling vanuit de hete bron ook tot op zekere hoogte representatief is voor geothermieputten en daarmee een kennislacune voor deze technologie dekt (Cirkel et al., 2022 en Peeters et al., 2021).

De kennisvraag in de Onderzoeksagenda rondom het cumulatieve effect van grootschalige inzet van WKO, waarbij ook inzicht naar de effecten van het transport van energie gevraagd wordt, wordt vanwege keuzes rondom budgettering niet opgepakt in het voorliggende onderzoeksvorstel.

## Bodemenergie – Overzicht kennislacunes/Stand van zaken

In recente projecten zoals Kennisimpuls (Deltafacts), HEATSTORE, WINDOW en WarmingUP is de huidige beschikbare kennis al in overzichtsrapporten bijeengebracht. Een overzicht van de huidige kennis omtrent effecten van geothermie en lage temperatuur bodemenergie op de grondwaterkwaliteit zijn beschreven in twee Deltafacts (Cirkel et al., 2022 en Schout & Bloemendal, 2022) en in een rapport over milieuhygiënische risico's van thermische vervuiling nabij geothermieputten (Peeters et al., 2021). Voor bodemenergiesystemen bij hogere temperaturen (MTO, HTO) is nog geen Deltafact beschikbaar. Recent onderzoek rond MTO en HTO is gedaan in de projecten HEATSTORE, WINDOW en WarmingUP (thema 5), Binnen WarmingUP wordt een update van de rapportage over effecten van HTO op grondwaterkwaliteit en microbiologie in het najaar van 2023 verwacht. Dit rapport is gebaseerd op geochemische en beperkte microbiologische monitoring van het opslagaquifer van een enkele HTO-pilot, die beperkte tijd in bedrijf is (Middenmeer). Het onderzoek loopt verder door in de projecten WarmingUP GOO (MOOI), HTO-PEN (TKI) en Push-IT (EU).

Om een goed beeld te krijgen van de effecten, en tevens voorspellend te kunnen werken, zijn de huidige beschikbare en geplande metingen te beperkt. Verder onderzoek is nodig op locaties met andere bodemlagen (verschillende typen sedimenten) en andere typen grondwater (verschillende geochemische samenstelling), op opslagdieptes en boven- en onderliggende lagen, in langjarige reeksen, en bij diverse temperatuurniveaus.

Vanuit beleidsmatig oogpunt is nader onderzoek rond het effect van hogere temperaturen (25-90°) een logische stap. Immers, het beleidskader rond geothermie en bodemenergie is al uitgewerkt en juridisch verankerd; vergunningverlening kan plaatsvinden door toetsing aan bestaande beleidskaders. Voor bodemenergiesystemen is het (wettelijk) uitgangspunt dat temperatuursverhoging tot 25°C slechts beperkte negatieve effecten op de grondwaterkwaliteit veroorzaakt, en geen belemmering vormt voor vergunningverlening. Voor MTO- en HTO-systemen, met temperaturen boven 25°C, geldt dat het juridisch kader van bodemenergiesystemen van toepassing is, maar dat bij vergunningverlening een specifieke afweging voor de temperatuureffecten moet plaatsvinden. Oftewel: voor elk nieuw MTO- en HTO-systeem moet de vergunningverlener een afzonderlijke afweging maken. Om algemene richting te geven, werken onderzoeksorganisaties en provincies in WarmingUP (thema 5) en WarmingUP GOO gezamenlijk aan een afwegingskader voor vergunningverlening van MTO en HTO. Geochemische en microbiologische effecten van hogere temperaturen op de grondwaterkwaliteit vormen daarbij nog een kennishiaat. De grootschalige toepassing van MTO en HTO is, onder andere om die reden, momenteel nog beleidsmatig beperkt. Inzicht in de effecten van hogere temperaturen (25-90°C) op chemie en microbiologie, welke nauw met elkaar samenhangen en gezamenlijk bepalend zijn voor waterkwaliteit, zal een beeld geven van het maximaal toepassingspotentieel, en neemt daarmee een drempel weg voor de versnelde uitrol van deze technologie.

In het 'Voorlopig afwegingskader voor vergunningverlening HTO' (Bloemendal, Oerlemans & Schout, 2021) is een uitgebreid monitoringspakket opgenomen, met het advies om dit voor de eerste serie pilotprojecten toe te passen. In dit uitgebreide monitoringspakket zijn (kostbare!) analyses van sporenelementen en microbiologische populatie opgenomen. De resultaten van dit uitgebreide pakket leveren kennis en een verbeterd begrip op van de chemische en microbiologische effecten van HTO op het grondwater. Met verbeterd begrip kan toegewerkt worden naar een definitief afwegingskader voor vergunningverlening, en kunnen de kosten voor het monitoringsprogramma van toekomstige HTO-systemen worden beperkt. Dit wordt gedaan door in verschillende stappen, beginnend met de huidige beschikbare kennis (Actie 3.1), via monitoring en labtesten (Actie 3.2), toe te werken naar generieke kennis (Actie 3.3).

## Bodemenergie – Activiteiten

### **Vertrekpunt: huidig beschikbare kennis (Actie 3.1)**

In recente projecten zoals Kennisimpuls (Deltafacts), HEATSTORE, WINDOW en WarmingUP is de huidige beschikbare kennis al in overzichtsrapporten bijeengebracht. Om een goed beeld te krijgen van de effecten van MTO- en HTO-systemen, zijn meer metingen nodig op andere locaties, andere formaties en bij andere temperaturen. Verder is het onzes inziens met name van belang, dat de stand van het onderzoek actief wordt gedeeld met betrokken partijen. Omdat het werkveld van fysisch-chemische en microbiologische processen in de ondergrond relatief specialistisch is, vormt de toegankelijkheid van reeds beschikbare kennis al vanaf de start van het onderzoek een belangrijke component. Met name de microbiologie van de ondergrond is voor velen een onbekend terrein: welke rol speelt microbiologie in de ondergrond, en wat zijn de mogelijke gevolgen van verschuiving in microbiologische populaties?

#### *Doel:*

De stand van het onderzoek en reeds beschikbare overzichtsrapportages op toegankelijke wijze ter beschikking stellen aan betrokken partijen.

*Aanpak:*

Deskstudie waarin beschikbare kennis en overzichtsrapportages gebundeld en toegankelijk worden gemaakt, kennis samenvattend in een factsheet (in vorm vergelijkbaar met de Deltafacts van de Kennisimpuls). Kennisdeling door middel van presentaties en workshops over temperatuureffecten op de geochemie en microbiologie in de ondergrond met rijksoverheid, regionale en lokale overheden, nationale bijeenkomsten en congressen

*Resultaat:*

Factsheet 'Effecten van HTO op waterkwaliteit (i.e., bodemleven en geochemie zijn sterk met elkaar verbonden en bepalen samen de waterkwaliteit) in de ondergrond'  
Presentatie en slide-deck over 'de algemene rol van microbiologie in de ondergrond' en 'effecten van temperatuur op geochemie en microbiologie in de ondergrond'

**Onderzoek t.b.v. invullen kennislacunes (monitoring / data-analyse / modellering) (Actie 3.2)**

**Vorbereiding monitoring: opstellen monitoringsplan (Actie 3.2.1)**

*Doel:*

Opstellen monitoringsplan, waarmee binnen de mogelijkheden het beschikbare budget zo nuttig mogelijk wordt ingezet voor (aanvullende) monitoring naar temperatuureffecten op de ondergrond.

*Aanpak:*

In deze voorbereidende fase stellen we eerst een overzicht op van uitgevoerd, lopend en al geplande monitoring bij geochemie en microbiologie bij de bestaande en te ontwikkelen MTO en HTO-systemen. Ook de geplande labtesten in WarmingUP GOO, waarin in het lab de temperatuureffecten worden onderzocht voor een aantal steekmonsters van HTO-proefboringen, nemen we in dit overzicht mee. Een overzicht van mogelijke monitoringslocaties is opgenomen in de tabel bij de volgende fase in dit onderzoek; Actie 3.2.2.

Vervolgens bepalen we de 'witte vlekken' in de monitoring, en wordt een afweging gemaakt welke (aanvullende) monitoring de meeste meerwaarde levert voor het invullen van de kennislacune. De focus hierbij ligt op het monitoren van de invloed van de temperatuur op bodemleven en geochemie, en de interactie hiertussen, vanwege de veranderende werking en voorkomen van verschillende elementen in de ondergrond met verhoogde temperaturen. Monitoring bestaat uit grondwater bemonstering en geochemische en microbiologische analyses. Hieruit ontstaat een monitoringsopzet, waarbij we rekening houden met andere invloedfactoren dan temperatuur op de geochemie en microbiologie (zoals effecten vanwege menging van grondwater uit verschillende lagen door menging tijdens het boren van het open boorgat), de mogelijkheden voor monitoring (bij de bestaande systemen is monitoring gebonden aan de reeds geïnstalleerde peilbuizen in de bronnen en monitoringsputten, terwijl bij nieuwe pilotsystemen meer mogelijkheden te realiseren zijn) en de praktische mogelijkheden voor monitoring (hoe kun je grondwater van 80 à 90°C uit een peilbuis bemonsteren?). De monitoring richt zich op (aanvullende) bemonstering en analyses rond de pilots, of als aanvulling op geplande labtesten, om de effecten van verhoogde temperaturen op het bodemleven (microbiologie) op locaties met verschillende geochemie en onder invloed van geochemische ontwikkelingen te onderzoeken.

De opzet van de monitoring wordt vervolgens uitgewerkt tot een monitoringsplan, inclusief praktische uitwerking en detail-begroting, en afgestemd met systeem-eigenaren en met de stuurgroep van het ecologisch onderzoek.

*Resultaat:*

Uitgewerkt monitoringsplan, inclusief begroting  
Akkoord van systeem-eigenaren en stuurgroep voor uitvoering

### **Uitvoeren (aanvullende) monitoring (Actie 3.2.2)**

*Doel:*

Uitvoering van de monitoring volgens het monitoringplan (van fase 3.2.1), op één of meer locaties zoals beschreven in de onderstaande tabel.

*Aanpak:*

De daadwerkelijke uitvoering van de monitoring staat gepland voor 2024 en begin 2025. De uitvoering van de monitoring omvat het praktisch inplannen van werkzaamheden, bemonstering, analyses en vastleggen van monitoringsuitkomsten.

*Resultaat:*

(Deel)rapportage met analyses van waterkwaliteit en microbiologie bij HTO-systemen, gereed voor interpretatie (zie fase 3.2.3)

Tabel: mogelijke monitoringslocaties

<b>Locatie</b>	<b>Uitgevoerd en al gepland onderzoek</b>	<b>Oriëntatie op aanvullende monitoring in dit ecologisch onderzoek</b>
ECW Middenmeer	Realisatie en nulmetingen in Heatstore. Uitgebreide monitoring in het opslag aquifer HTO-PEN van 2022-2025, gedeeltelijke data-analyse in WarmingUP thema 5	Monitoring in bodemlagen boven het opslagpakket, en in peilbuizen nabij de stijgbuis van de hete bron
Leeuwarden	In WarmingUP thema 5 analyse waterkwaliteit en steekkernen van proefboring	NGS-analyses van proefboring als nulmeting HTO-systeem zelf is naar verwachting nog niet aangelegd in 2024/begin 2025
Delft	Ontwikkeling HTO in PUSH-IT	Ontwikkeling van dit HTO-systeem biedt kansen voor aanvullend onderzoek
Rijswijk	De eerste bron (uitgerust met state-of-the-art fibre optics kabel) is gerealiseerd, de tweede bron staat gepland voor eind 2023/begin 2024	Testen met opwarming door koper kabel en monitoring in nabijgelegen peilbuizen
Koppert Cress	Uitgevoerd onderzoek temperatuuropbouw ondergrond bij overschakelen van WKO naar MTO	Monitoring na meerdere jaren in bedrijf
MTO NIOO	Uitgevoerd onderzoek heeft tien jaar monitoringsdata opgeleverd	Monitoring na meerdere jaren in bedrijf
HTO UU	Operationeel geweest van 1991-1999	Monitoring in het opslag aquifer, evaluatie omkeerbaarheid van chemische en microbiologische effecten van opwarming
WarmteStad	MTO-systeem wordt nu aangelegd, beperkte monitoringseisen in vergunning opgenomen	Aanvullende monitoring als nulmeting, met uitgebreid analysepakket inclusief NGS-analyse (microbiologie)
MTO systemen in glastuinbouwgebieden	(Initiële) planvorming MTO en HTO systemen op diverse locaties	Monitoring bij nieuw te ontwikkelen systemen: looptijd van dit onderzoek vormt een beperkende factor
Lab-testen	In WarmingUP GOO labtesten met de steekkernen van WarmingUP thema 5, met name gericht op temperatuureffecten op waterkwaliteit en beperkt microbiologie	Aanvullende testen met meer steekkernen en/of aanvullende NGS-analyses (microbiologie)

### **Interpretatie van monitoringsresultaten per pilotlocatie (Actie 3.2.3)**

*Doel:*

Uitwerking en interpretatie van monitoringsresultaten per pilotlocatie

*Aanpak:*

In deze fase worden de 'kale' resultaten van de monitoring van fase 3.2.2 geïnterpreteerd, door interpretatie, vergelijking van metingen en relateren aan uitgangscodities. De uitwerking is gericht op invulling van de kennislacune: wat is het effect van hogere temperaturen op geochemie en microbiologie, en daarmee op de waterkwaliteit:

1. Wat zijn de effecten van HTO in de opslag aquifer?
2. Wat zijn de effecten door warmte-uitstraling naar boven- en onderliggende lagen van de opslag aquifer HTO?
3. Wat zijn de effecten van warmte-uitstraling vanuit de putschacht op grondwaterlagen (geothermie en HTO)?
4. Kan onderscheid gemaakt worden tussen de effecten van aanleg van HTO en menging van grondwater, en effecten van hogere temperaturen (25-90°)?
5. Kunnen de effecten gerelateerd worden aan uitgangscodities?

*Resultaat:*

(Deel)rapportage met analyses van waterkwaliteit en microbiologie bij HTO-systemen

### **Vertaalslag naar generieke kennis, rapportage en presentaties (Actie 3.3)**

De opgedane locatie-afhankelijke kennis en labtesten over bodemleven (microbiologie) vertalen naar algemeen toepasbaar voor de Nederlandse ondergrond, afhankelijk van geochemie en sediment. Hiermee zou ook voor locaties waar (nog) geen MTO- of HTO-systemen zijn of labexperimenten voor zijn uitgevoerd een onderbouwde a priori inschatting van effecten gemaakt kunnen worden en zou dit kunnen meewegen in de bodemlaagselectie bij het maken van ontwerpkeuzes en de vergunningaanvraag.

*Doel / te beantwoorden kennisvragen:*

- Effecten van verhoogde temperatuur, en mogelijke reversibiliteit:  
Welke temperatuureffecten zijn a priori te verwachten op het bodemleven (en de waterkwaliteit), hoe varieert dit met de temperatuur, met het soort opslag pakket (formatie, afzettingmilieu, watertype, diepte), etc.? Wat is de reversibiliteit van effecten bij afkoeling? Is er verschil tussen de verschillende fases, zoals laden, opslag, onttrekking en transport, hierbij rekening houdend met de verschillende duur van de deze cycli?
- Voorspelbaarheid:  
Hoe kunnen voor nieuwe locaties de effecten a priori worden ingeschat? Is dit mogelijk op basis van samenstelling van de ondergrond, of is inzet van labtesten als proxy voor veldeffecten op elke locatie nodig?
- Onderscheid en doorwerking van effecten:  
Welke effecten zijn locatie specifiek en welke generiek? Is temperatuur bijvoorbeeld een goede indicator voor effecten? Binnen welke temperatuur ranges treden effecten dan op? Welke temperatuur monitoring hoort daar bij? Hoe verhouden de effecten van temperatuur zich, in vergelijking met effecten als gevolg van menging? Welk water komt waar terecht in welke mengverhouding? Hoe werken effecten door bij afstroming bv. richting grondwaterwinning?
- Beleidsaanbevelingen:  
Welke beleidsaanbevelingen, bijvoorbeeld voor aanpassing van het afwegingskader vergunningverlening HTO, zijn op basis van de nieuwe, generieke resultaten gewenst?

*Aanpak:*

- Deskstudie, extrapolatie van resultaten door interpretatie.
- Opstellen van eindrapportage, verzorgen van presentaties.

*Resultaat:*

- Eindrapportage



## 8. Planning

Cluster	Activiteit	Q1 2024	Q2 2024	Q3 2024	Q4 2024	Q1 2025	Q2 2025	Q3 2025	Q4 2025	Q1 2026
<b>Land</b>										
	1.1 oplevering rapport huidige kennis en lopend onderzoek									
	1.2 contractering aanvullend onderzoek									
	1.3 oplevering concept eindrapport									
	1.4 oplevering definitief eindrapport									
<b>Water</b>										
aquathermie										
	2.1a monitoring ontwerp									
	2.1b uitvoering van de monitoring									
	2.1c data inwinning en analyse; oplevering data rapport									
	2.1d ecologische modellering kenmerkende watertype									
	2.1e eindrapportage; monitoring en modellering									
	2.1f overleg en kennisdisseminatie cluster water									
zon op water										
	2.2a voortzetten en uitbreiden metingen Oude Haskes									
	2.2b metingen aanvullend zonnepark (bv Sellingen)									
	2.2c meetplan en data inwinning									
	2.2d data analyse; oplevering datarapport (incl database)									
	2.2e expert sessies voor modelleurs									
	2.2f drie configuraties met Big Eye									
	2.2g opzet maken D3Dwaterkwaliteit voor 2 locaties									
	2.2h PCLake voor 1 locatie									
	2.2i eindrapportage; monitoring en modellering									
	2.2j rapportage desktopstudie herinrichtingsmaatregelen									
	2.2k overleg en kennisdisseminatie cluster water									
<b>Ondergrond / Grondwater</b>										
	3.1 Huidige beschikbare kennis									
	3.2a Opstellen monitoringsplan									
	3.2b Uitvoeren (aanvullende) monitoring									
	3.2c Interpretatie van monitoringsresultaten per pilotlocatie									
	3.3 Vertaalslag naar generieke kennis, rapportage en presentaties									
	Project coördinatie									
<b>Projectleiding</b>										
	4.1 en 4.3 rapportages opstellen en met stuurgroep bespreken									
	4.2 bijeenkomsten kerngroep									
	4.4 en 4.5 afstemming en financiën									

## 9. Begroting

Totale begroting: EUR 800.000

Startfactuur 50%: 1-1-2024

Tussenfactuur 25% 1-1-2025

Slotfactuur 25%: 1-12-2025

Op geen van de bedragen wordt BTW berekend.

De uurtarieven in de tabel zijn schattingen van de gewogen gemiddelde uurtarieven van de mensen die aan dat onderdeel werken.

Nr	Activiteit	Partij	Uren	Uurtarief	Subtotaal
1.1	<i>Zon op land: verdeling bodemvocht onder panelen</i>				
1.1a	metingen bodemvocht en biomassa vegetatie (medior)	WENR			
1.1b	metingen bodemvocht en biomassa vegetatie (senior)	WENR			
1.1c	metingen neerslagverdeling	TNO			
1.1d	verwerken monsters	WENR			
1.1e	data-analyse WENR	WENR			
1.1f	data-analyse TNO (modelleren met BigEye)	TNO			
1.1g	voorbereiding	WENR			
1.1g	draft-publicatie en Nederlandse samenvatting	WENR			
1.1h	draft-publicatie en Nederlandse samenvatting	WENR			
1.1i	draft-publicatie en Nederlandse samenvatting	TNO			
1.1j	opleveren eindproduct	WENR			
1.1k	opleveren eindproduct	TNO			
1.1l	planning, overleg en afstemming, projectmanagement	WENR			
1.1m	overleg en afstemming	TNO			
1.1n	kennisdisseminatie (presentatie)	WENR			
1.1o	kennisdisseminatie (presentatie)	TNO			
1.1p	reiskosten	WENR			
1.1q	materiaal	WENR			
1.2	<i>Combinatie zon en wind op land: vlieggedrag van roofvogels in zon- en windpark NOP/Westermeerdijk</i>				
1.3a	zenderen 10 roofvogels; vergunning regelen, zoeken, vangen (senior)	WENR			
1.3b	zenderen 10 roofvogels; zoeken, vangen (medior)	WENR			
1.3c	data-analyse vlieggedrag mbv zendergegevens	WENR			
1.3d	data-analyse vlieggedrag mbv zendergegevens	WENR			
1.3e	data-analyse vlieggedrag mbv zendergegevens	TNO			
1.3f	data-analyse vergelijking met andere zonneparken	WENR			
1.3g	data-analyse vergelijking met andere zonneparken	TNO			
1.3h	draft-publicatie en Nederlandse samenvatting	WENR			
1.3i	modelleren luchtstroming	TNO			
1.3j	modelleren luchtstroming (senior)	TNO			
1.3l	draft-publicatie en Nederlandse samenvatting	TNO			
1.3k	voorbereiding	WENR			
1.3m	opleveren eindproduct	WENR			
1.3n	opleveren eindproduct	TNO			
1.3o	planning, overleg en projectmanagement	WENR			
1.3p	overleg en afstemming, projectmanagement	TNO			
1.3q	kennisdisseminatie (presentatie)	WENR			
1.3r	kennisdisseminatie (presentatie)	TNO			
1.3s	reiskosten	WENR			
1.3t	reiskosten	TNO			
1.3u	materiaal (10 zenders)	WENR			
1.3v	materiaal (vangbenodigdheden)	WENR			

<b>Water</b>		
2.1	<i>Aquathermie</i>	
2.1a	monitoring ontwerp	Deltares/NIOO
2.1b	uitvoering van de monitoring	Deltares/markt
2.1b	materiaal tbv uitvoering monitoring	markt
2.1c	data inwinning en analyse; oplevering data rapport	Deltares/NIOO
2.1d	ecologische modellering kenmerkende watertypes	Deltares/NIOO
2.1e	eindrapportage; monitoring en modellering	Deltares
2.1f	overleg en kennisdisseminatie (incl reiskosten)	Deltares
<b>2.2 Zon op water</b>		
2.2a	voortzetten en uitbreiden metingen Oude Haskes	markt
2.2b	metingen aanvullend zonnepark (bv Sellingen)	markt
2.2b	begeleiding marktpartij tbv monitoring	TNO
2.2c	meetplan en data inwinning	TNO
2.2d	data analyse; oplevering datarapport (incl database)	Deltares, TNO, NIOO
2.2e	expert sessies voor modelleers	Deltares, TNO, NIOO
2.2f	drie configuraties met Big Eye	TNO
2.2g	opzet maken D3Dwaterkwaliteit voor 2 locaties	Deltares
2.2h	eindrapportage; monitoring en modellering	Deltares, TNO
2.2k	overleg en kennisdisseminatie (incl reiskosten)	Deltares, TNO
<b>Ondergrond / Grondwater</b>		
3.1a	Huidige beschikbare kennis	KWR
3.1b	Huidige beschikbare kennis	TNO
3.2.1a	Opstellen monitoringsplan	KWR
3.2.1b	Opstellen monitoringsplan	TNO
3.2.2a	Uitvoeren (aanvullende) monitoring	KWR
3.2.2b	Uitvoeren (aanvullende) monitoring	TNO
3.2.2c	Uitvoeren (aanvullende) monitoring	Via KWR: uitbesteding nv
3.2.3a	Interpretatie van monitoringsresultaten per pilotlocatie	KWR
3.2.3b	Interpretatie van monitoringsresultaten per pilotlocatie	TNO
3.3a	Vertaalslag naar generieke kennis, rapportage en presentaties	KWR
3.3b	Vertaalslag naar generieke kennis, rapportage en presentaties	TNO
3.4a	Coördinatie, uitbesteding, overleg binnen cluster en kennisdisseminatie	KWR
3.4b	Coördinatie, overleg binnen cluster en kennisdisseminatie	TNO
<b>Projectleider</b>		
4.1	4 bijeenkomsten met stuurgroep incl voorb	ntb
4.2	4 bijeenkomsten met kernteam incl voorb	ntb
4.3	3 tussenrapportages (in Power Point) en 1 eindrapportage obv deelrapportage	ntb
4.4	tussentijdse afstemming: 4 uur per week, 100 weken	ntb
4.5	financiële afhandeling	ntb
<b>Totaal generaal</b>		

## 10. Kennisdisseminatie

In het kader van het opstellen van dit plan van aanpak is de Onderzoeksagenda breed gedeeld in het netwerk en de reacties daarop zijn in dit plan van aanpak meegenomen. Bij toekenning van de subsidie, zal het plan van aanpak worden gedeeld met het netwerk middels een nieuwsbrief. Ook tussentijds zal er afstemming plaatsvinden met afzonderlijke personen uit het netwerk als daar aanleiding voor is. Halverwege het programma wordt er weer een nieuwsbrief rondgestuurd met daarin de tussenresultaten van het programma. Aan het eind van het programma worden de resultaten van de onderzoeken zowel gepubliceerd alsook tijdens een openbare netwerkbijeenkomst gepresenteerd. Bovendien zal binnen het kernteam worden gekeken op welke andere bijeenkomsten de resultaten kunnen worden gepresenteerd. Op de website van Deltares zal een pagina worden ingericht ten behoeve van dit programma, waarop in ieder geval de nieuwsbrieven en de eindresultaten zullen worden gepubliceerd.

## 11. Vervolg

Dit plan van aanpak is ingekaderd door het beschikbare budget en de beschikbare tijd. Als gevolg van deze kaders kunnen niet alle prioritaire onderzoeksvragen uit de onderzoeksagenda worden opgepakt. Dat vormt een risico voor de energietransitie en daarom stellen we voor tijd en budget te zoeken voor een vervolg, dat we hieronder per cluster benoemen. We sluiten af met een opmerking over het netwerk.

### **Land:**

In hoofdstuk 5 zijn de belangrijkste kennislacunes genoemd die momenteel voorliggen. Zie aldaar voor een overzicht van relevant vervolgonderzoek. Voor zowel zon op land als wind op land biedt invulling van deze lacunes een belangrijke stap voor een verdere realisatie van de energietransitie op een manier die de natuur spaart.

Wat betreft **zon op land** liggen hier grote kansen, en het zou waardevol zijn om bijvoorbeeld bodemherstel in zonneparken te onderzoeken, en ook de effectiviteit van natuurmaatregelen voor biodiversiteit in zonneparken.

Wat betreft **wind op land**, zijn de risico's van effecten op met name de vliegende diersoorten groot (vogels en vleermuizen). Er zijn momenteel veel ontwikkelingen die inzetten op het beperken van impact op deze soortgroepen, en een belangrijke vervolgstap is te bepalen hoe *effectief* deze nieuwe ontwikkelingen en technologieën zijn. Om vervolgstappen voor het thema wind op land te definiëren, is nauwe afstemming vereist met het project NIEWHOL, waaruit veel onderzoeksresultaten worden verwacht. Zoals al benoemd in hoofdstuk 5, zou deze afstemming gerealiseerd kunnen worden met een viertal *workshops* (vogels, vleermuizen, aanvaringsslachtoffers, verlies draagkracht habitats). In de workshops kunnen projecten en resultaten worden besproken en kunnen resterende kennislacunes worden geïdentificeerd waar potentieel grote impacts voor soorten liggen. Indien kansrijk kunnen in aanvulling hierop een aantal korte *deskstudies* worden gedaan om recente internationale kennis bij elkaar te brengen (denk aan effectiviteit vogel- en vleermuisvriendelijke maatregelen).

Het aangeboden project rond de effecten van de **combinatie van zon en wind op land**, kan uitgebreid worden naar de effecten op meer soorten vogels door de vogelradar van TNO in te zetten (zie verder activiteiten onder combinatie van wind en zon op land)

De Commissie MER gaf aan dat vooral de *cumulatieve* effecten van alle hernieuwbare energieprojecten (en daarbinnen met name de schaalprong van zonneparken) verdere studie behoeft.

### **Water:**

Binnen het huidige project KEEN kunnen we zowel voor aquathermie als zon op water belangrijke stappen zetten met het beantwoorden van de onderzoeksvragen. We weten echter dat er nog vervolgonderzoek nodig zal zijn om de impact op de ecologische normen in alle Nederlandse watertypes te kwantificeren. We zullen daarom in 2023 mogelijkheden voor een vervolgstudie verkennen. We denken nu aan een project binnen TKI Deltatechnologie maar we verkennen ook andere mogelijkheden.

Naast aanvullende monitoring (met name in de tijd) en verhogen van betrouwbaarheid van de ecologische impact-modellering is er aandacht nodig voor het mitigeren of compenseren van de ecologische impact. We weten dat er mogelijkheden zijn maar er is nog weinig goed getest en dus ook niet over gepubliceerd. Voor zon op water wordt gaat in 2023 wel een korte inventarisatie lopen naar de potentie van kunstmatig licht als mitigerende maatregelen. Dit project zal worden uitgevoerd door Deltares, TNO, NIOO en RWS.

### **Ondergrond / grondwater:**

De kennisvraag in de Onderzoeksagenda rondom het cumulatieve effect van grootschalige inzet van WKO, waarbij ook inzicht naar de effecten van het transport van energie gevraagd wordt, is vanwege keuzes rondom budgettering niet opgepakt in het voorliggende onderzoeksvoorstel.

De kennisvraag rond de effecten van HTO op bodemleven wordt in het onderzoek in dit plan van aanpak geadresseerd. De resultaten dragen bij aan kennisopbouw, maar gezien het beschikbare budget, en aangezien het hier gaat om langjarige effecten die per bodemtype verschillen, is het niet mogelijk om aan het eind van dit

onderzoek al volledige invulling van de kennislacune te realiseren. Bij gerealiseerde MTO en HTO systemen wordt voortzetting van specifieke onderzoeks-monitoring voor langjarige evaluatie relevant geacht.

Daarnaast richt de Onderzoeksagenda zich specifiek op de kennislacunes ten aanzien van de *effecten*. Beleid en regelgeving is gebaseerd op deze kennis over effecten. Bij duurzame technieken in de ondergrond worden momenteel twee andere kennislacunes steeds duidelijker, die zich niet zozeer richten op kennis over effecten, maar in het breder kader rondom risico's bij grootschalige toepassing:

- Er is onvoldoende inzicht in de *faalkans* van systemen
- Er liggen kennisvragen op gebied *risico-beheersing*: welke technische/governance-maatregelen vormen een efficiënte methode voor risico-beheersing?

Deze kennislacunes zijn niet opgenomen in de Onderzoeksagenda ecologische effecten, en zijn specifiek voor het cluster ondergrond. Immers, bij bodemenergie, warmteopslag en geothermie is het grootste deel van de installatie niet zichtbaar bij oplevering en operationele bedrijfsvoering, hetgeen aanvullende uitdagingen met zich mee brengt ten aanzien van wettelijk kader, vergunningverlening, toezicht, controle en evaluatie.

Een specifiek onderzoeksprogramma rond het waarborgen van duurzame toepassing van hernieuwbare technieken in de ondergrond, gericht op effecten, faalkans én risicobeheersing, wordt aanbevolen.

### **Netwerk**

Met dit programma is gewerkt aan een netwerk rond de ecologische effecten van de opwek van hernieuwbare energie. Dat netwerk is van belang: de energietransitie is urgent en nog niet af en de kennis rond dit onderwerp is versnipperd aanwezig bij een groot aantal partijen. We achten het raadzaam dat dit netwerk in stand wordt gehouden. Het biedt de mogelijkheid om in korte tijd te bepalen welke vraag door wie kan worden beantwoord. We adviseren te investeren in de ontwikkeling en in stand houding van dit netwerk en daarvoor een concrete opdracht te verlenen.

### **Integrale besluitvorming**

Waterbeheerders toetsen vergunningen op verschillende punten, waterkwaliteit is daar een heel belangrijk onderdeel van. De maatschappelijke waarde van energieopwekking is dat niet. Dus hoewel we het steeds belangrijker vinden om integraal te werken en integrale afwegingen te maken, gebeurt dat bij de vergunningverlening van energieprojecten niet, in ieder geval niet waar het een watervergunning betreft. Zo kan het zijn dat een kans op ecologische impact (geen zekerheid!) leidt tot afwijzing van een vergunning, waardoor er vervolgens een energieoplossing moet worden gekozen die minder duurzaam is. Bijvoorbeeld: aquathermiesysteem wordt afgewezen omwille van mogelijke ecologische effecten (we weten er nog onvoldoende van om precies te kunnen zeggen welke effecten er optreden en of die negatief zijn) en in plaats daarvan wordt een wijk all-electric of met gas verwarmd. De vraag is dus hoe verschillende overheden samen tot een integrale afweging van ecologische effecten en andere maatschappelijke functies kunnen komen.