

Onderzoeksagenda ecologische effecten van de energietransitie



Onderzoeksagenda ecologische effecten van de energietransitie

Auteur(s)

Sacha de Rijk

Miguel Dionisio Pires

Onderzoeksagenda ecologische effecten van de energietransitie

Opdrachtgever	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)
Contactpersoon	De heer Jelle Nijdam
Referenties	TSE6220DLJ9NU/ML
Trefwoorden	Energietransitie, ecologie, land, cumulatieve effecten, biodiversiteit, kwaliteit

Documentgegevens

Versie	0.1
Datum	29-06-2023
Projectnummer	11208935-002
Document ID	11208935-002-ZWS-0001
Pagina's	49
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Sacha de Rijk	
	Miguel Dionisio Pires	

Samenvatting

Om de ambities, die zijn vastgelegd in het klimaatakkoord van Parijs te halen moet Nederland zoveel mogelijk zorgen voor een overgang van fossiele brandstoffen naar volledig duurzame energie. Hiervoor zal een mix aan duurzame energiebronnen nodig zijn. De energietransitie vraagt ook om een aanpassing en uitbreiding van de infrastructuur voor warmte en elektriciteit transport, waaronder nieuwe opslagsystemen en bijbehorende transport- en distributiesystemen.

De toepassing van duurzame energiebronnen met bijbehorende infrastructuur zullen een zichtbare invloed hebben op boven- en ondergrondse ruimte en het Nederlandse landschap, zoals windmolens op land. De energietransitie zal daarmee een impact hebben op de kwaliteit en het leven in het water, op het land en in de bodem. Wanneer de energietransitie op land grootschalig uitgerold wordt dan zullen er ontegenzeggelijk zogenaamde cumulatieve effecten optreden met risico's op habitatverlies en vermindering van de kwaliteit van het leefgebied voor flora en fauna. De kennis van deze potentiële effecten en impact is nog onvoldoende in kaart gebracht. Dit gebrek aan kennis kan een barrière vormen bij de grootschalige implementatie van duurzame energiebronnen. De barrière kan zowel liggen bij de vergunningverlening als bij het draagvlak vanuit omwonenden.

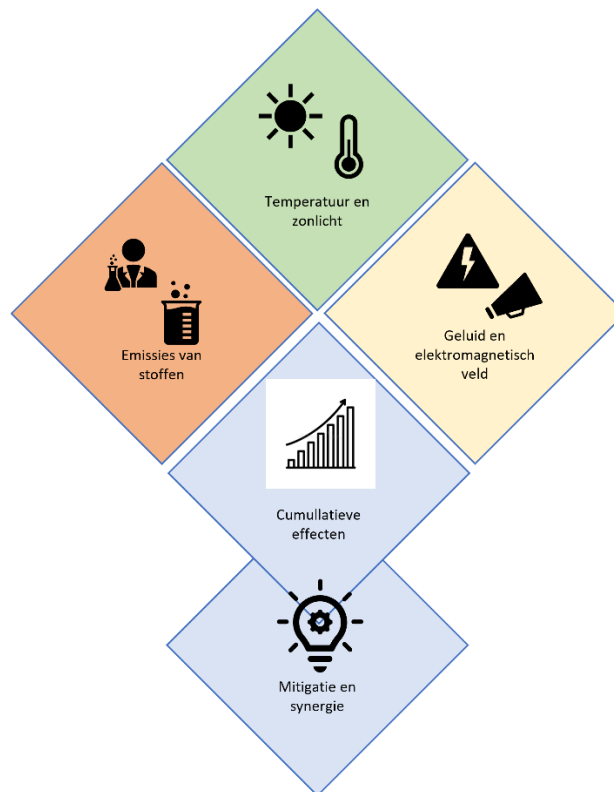
Onderzoek naar de impact van duurzame energiebronnen op ecologie vindt plaats, maar is momenteel niet gevat in een overkoepelend programma. Hierdoor is er geen overzicht van welke onderzoek loopt en welke vragen nog beantwoord moeten worden. RVO en TKI Urban Energy hebben daarom Deltares gevraagd welke vragen er zijn en of die belegd zijn in lopende onderzoeksprogramma's. De logische vervolgvraag is dan welke vragen er niet belegd zijn maar wel een barrière kunnen vormen voor de implementatie van de energietransitie.

Om nieuwe kennis te ontwikkelen is bundeling van krachten nodig van zowel kennisinstututen, overheden, private partijen als NGO's. De in dit rapport gepresenteerde onderzoeksagenda zorgt er voor dat de benodigde kennis in beeld komt en op een efficiënte manier ontwikkeld kan worden. De onderzoeksagenda geeft aan:

- Welke kennisvragen er als gevolg van de energietransitie rond ecologische effecten in het water, op het land en in de bodem leven (hoofdstuk 2);
- Welke kennis er momenteel ontwikkeld wordt (hoofdstuk 3), en
- Welke vragen nog niet behandeld worden maar waar gebrek aan antwoorden wel een barrière kunnen vormen voor de uitvoering van de energietransitie (hoofdstuk 4).

Om input te krijgen voor de onderzoeksagenda heeft Deltares 10 interviews gehouden met een aantal sleutelfiguren van kennisinstututen en overheden. Onderwerpen van de interviews waren: de belangrijkste kennisvragen, lopende en toekomstige onderzoekstrajecten en kennisverspreiding. In aanvulling op de interviews is tussentijds overlegd met de leden van de klankbordgroep en zijn hierdoor een aantal kennisvragen toegevoegd. Om de vragen te formuleren voor deze onderzoeksagenda is gekeken naar een aantal relatief nieuwe technieken die momenteel worden ingezet voor de energietransitie, zie Tabel 1 voor een opsomming. Wind energie die op zee wordt opgewekt is daar niet in meegenomen.

De kennisvragen (en lopende projecten) zijn ingedeeld in vijf clusters:



De eerste drie (emissies van stoffen, temperatuur en zonlicht, geluid en elektromagnetische veld) betreffen drukfactoren op het milieu direct veroorzaakt door de installatie en werking van een energiesysteem. Opgetelde drukfactoren geven cumulatieve effecten, het vierde cluster. Het laatste cluster (mitigatie en synergie) bevat de vragen rond maatregelen die negatieve effecten mitigeren of synergie kunnen opleveren met andere functies anders dan energie zoals recreatie of natuur.

Koppeling van de kennisvragen en lopende projecten leverde een lijst van vragen op die momenteel nog niet beantwoord worden. Hiervoor is een aanbeveling gedaan voor onderzoek, samengevat in onderstaande tabellen (per cluster). In paragraaf 4.1 is ook een prioritering aangegeven voor elke vraag (in samenvatting niet weergegeven).

Cluster Temperatuur & zon	Techniek	Korte herhaling van de vraag	Aanbeveling	Type onderzoek
1	Zon op Land	Impact op bodemvocht	Verbinding van resultaten Op dit moment vindt dat plaats door o.a. RWS	Literatuurstudie naar effecten beschaduwning op bodemvocht en verlies aan habitat en de gevolgen voor bodemleven en vegetatie
2	Zon op Water	Impact voedselweb	Aanvullend onderzoek alleen nodig indien projecten niet toegekend worden. Wel noodzaak voor verbinding en doorstroming van de projecten -> er is geen programma	Monitoring uitvoeren, anders dan tot nu toe uitgevoerd wordt. Dit betekent dat o.a. primaire productie gemeten moet worden.
3	Zon op Water	Temperatuur, licht	Met name metingen zijn nodig om modellen te valideren. Belangrijk om uitspraak te kunnen doen over impact op ecologie, stratificatie en verdamping.	Monitoring in drijvende zonneparken naar temperatuur en licht.
4	Aquathermie	Wat doet temperatuur met ecologie?	Er ligt een advies voor een Landelijk monitoringsplan. Aansluiten bij Roadmap voor Aquathermie	Monitoren t.b.v. watersysteem analyse, in ieder geval: water- en stoffenbalans, primaire productie.
6	HTO/Geothermie	Effecten Temperatuur op bodemleven	Puur gebaseerd op HTO zijn effecten verwaarloosbaar. Komt wel terug bij cluster cumulatieve effecten.	1 Data ophalen uit projecten 2 Literatuuronderzoek (cumulatieve) temperatuur effecten

Cluster Geluid & elektro- magnetisch veld	Techniek	Vraag	Aanbeveling	Type onderzoek
1	Wind op Land	Impact op vleermuizen	Uitbreiding lopend onderzoek (NIEWHOL)	-
2	Wind op Land	Minder gunstig habitat voor alle fauna (incl. vogels)	Dit kan meegenomen worden bij cumulatieve effecten	Zie cluster Cumulatieve effecten
3	Zon op Water	Impact op onderwater leven door elektro magnetisch veld	Betrek resultaten mariene milieu	literatuurverkenning over mogelijke omvang van dit probleem

Cluster emissies stoffen	Techniek	Vraag	Aanbeveling	Type onderzoek
1	Wind op Land	Emissie van stoffen die vrijkomt bij slijtage van bladen	Hoewel belangrijk de emissie te onderzoeken kan de link met ecologie niet direct gelegd worden	Er is literatuur aanwezig. Deze bron moet meegenomen worden in Emissieregistratie literatuurstudie
2	Zon op land en water	Emissies van stellingen	Idem vraag 1	Start met literatuurstudie Raadpleeg monitoring van Evides in drinkwater reservoirs
3	Zon op land en water	Emissies afstromend regenwater	Idem vraag 1	Start met literatuurstudie
4	Zon op land en water	Microplastics	Van belang voor circulariteit en waterkwaliteit	Start met literatuurstudie
5	Aquathermie	Gebiedsvreemd water	Kan lokaal spelen. Resultaten Waternet in Sloterplas afwachten	

Cluster Cumulatieve effecten	Techniek	Vraag	Aanbeveling	Type onderzoek
1	Wind en zon op land	Meerdere parken		Monitoring fauna
2	Wind en zon op land	Combi van wind en zon		Monitoring fauna
3	Aquathermie	beoordeling van warmtebudget bij gebruik van meerdere installaties over grenzen van beheerders heen	Meerdere regio's doen onderzoek naar verdeling van beschikbaar potentieel. Een algemeen kader voor deze ontwikkeling is noodzakelijk.	Modellering
4	Transport van warmte	Wat is het cumulatieve effect van grootschalige inzet van WKO, warmtenetten en kabels.		1 literatuurstudie 2 Monitoring
5	HTO	Warmtebudget	In de praktijk in NL komt dit nog niet voor omdat er nog nagenoeg geen HTO systemen zijn. Probeer een functie te ontdekken tussen het verschil tussen het HTO systeem en de omgevingstemperatuur en eventuele impact op het grondwaterlichaam (uitgedrukt in tijdsduur)	Modellering

Cluster Mitigatie & synergie	Techniek	Vraag	Aanbeveling	Type onderzoek
1	Wind op land	Vogelvriendelijke maatregelen		In projecten uitproberen, zoals 's avonds enkel verlichting aan bij overkomende vliegtuigen.
2	Zon op land	Synergie tussen biodiversiteit en zonneparken	Voorbeeld projecten zou helpen. Of kennis verbinden met de praktijk. Geen ecologische vraag maar wel van groot belang voor de ecologie	Data ophalen
3	Zon op land	Handhaving 'groene plannen'	Geen ecologische onderzoeksvraag. Wel relevant voor de ecologie.	Aandacht geven in de betreffende fora
4	Zon op water	Effectiviteit mitigerende maatregelen		in pilots uitproberen en monitoren
5	Aquathermie	Synergie met algenoverlast	Eerst resultaten van deze proef	Data ophalen via Waternet
6	Calamiteiten bij alle technieken	Protocollen		Opzetten van strategie en protocollen
7	Synergie	Welke functies zijn geschikt om samen op te pakken? Meervoudige ruimtegebruik	Voorbeelden verzamelen	Data ophalen bij bestaande of afgeronde projecten

De meeste literatuurstudies zijn wat betreft inspanning niet groot en daarom is voorgesteld om de meeste studies al in 2024 uit te laten voeren. Een paar studies die qua prioritering laag zijn kunnen later uitgevoerd worden. Ook het ophalen van informatie of data uit projecten kan meestal snel van start gaan. In sommige gevallen moet er nog gewacht worden op resultaten, zoals het lopend onderzoek bij Evides naar uitloging van stoffen bij zon op water. Monitoring moet meerdere jaren plaats vinden. Vanwege de noodzaak om de energietransitie zo snel mogelijk te moeten uitrollen is daarom het advies om daar al in 2024 mee te starten. Bij het maken van keuzes tussen (type) onderzoeken is het advies om voorrang te geven aan de onderzoeken die de hoogste prioriteit hebben (bovenste figuur). Het nieuw te ontwikkelen onderzoek zou daarom moeten bestaan uit:

- De geprioriteerde vragen van het cluster Temperatuur en zon,
- Alle vragen uit het cluster Cumulatieve effecten.

De aanbevelingen zijn tevens per techniek geclusterd:

Wind op land

Cluster	Onderwerp (vraag)	Advies
Geluid & elektromagnetisch veld	Vleermuizen (1)	-
	Minder gunstig habitat (2)	Monitoring (5 jaar)
Emissies van stoffen	Emissies van bladen (1)	Literatuurstudie (2025)
Cumulatieve effecten	Effecten meerdere parken (1)	Monitoring (5 jaar)
	Combi wind en zon op land (2)	Monitoring (5 jaar)
Mitigatie & synergie	Vogelvriendelijke maatregelen (1)	Zodra mogelijk

Zon op land

Cluster	Onderwerp (vraag)	Advies
Temperatuur & zon	Impact op bodemvocht (1)	Literatuurstudie (2024)
Emissies van stoffen	Emissies stellages (2)	Literatuurstudie (2025) + data ophalen
	Emissies regenwater (3)	Literatuurstudie (2026)
	Microplastics (4)	Literatuurstudie (2024)
Cumulatieve effecten	Effecten meerdere parken (1)	Monitoring (5 jaar)
	Combi wind en zon op land (2)	Monitoring (5 jaar)
Mitigatie & synergie	Synergie met biodiversiteit (2)	Data ophalen (2024)
	Handhaving 'groene plannen' (3)	-

Zon op water

Cluster	Onderwerp (vraag)	Advies
Temperatuur & zon	Impact op voedselweb (2)	Primaire productie meten (5 jaar)
	Temperatuur, licht (3)	Monitoring (3 jaar)
Geluid & elektromagnetisch veld	Impact op onderwater leven (3)	Literatuurstudie (2024)
Emissies van stoffen	Emissies stellages (2)	Literatuurstudie (2025) + data ophalen
	Emissies regenwater (3)	Literatuurstudie (2026)
	Microplastics (4)	Literatuurstudie (2024)
Mitigatie & synergie	Mitigerende maatregelen (4)	Zodra mogelijk

Aquathermie

Cluster	Onderwerp (vraag)	Advies
Temperatuur & zon	Effecten temperatuur op ecologie (4)	Monitoring WarmingUp opvolgen
Emissies van stoffen	Effecten gebiedsvreemd water (5)	Data ophalen (2025)
Cumulatieve effecten	Warmte budget (3)	-
Mitigatie & synergie	Maatregel tegen algenoverlast (5)	Onderzoek Waternet afwachten

Geothermie

Cluster	Onderwerp (vraag)	Advies
Temperatuur & zon	Effecten temperatuur op bodemleven (6)	Data ophalen + literatuurstudie
Emissies van stoffen	Lekkage koelvloeistoffen en bacteriën (6)	Lopend onderzoek afwachten
	Lekkage op aquifers (7)	Lopend onderzoek afwachten

WKO, HTO, MTO

Cluster	Onderwerp (vraag)	Advies
Temperatuur & zon (HTO)	Effecten temperatuur op bodemleven (6)	Data ophalen + literatuurstudie
Cumulatieve effecten (HTO)	Warmte budget (4)	-

Transport

Cluster	Onderwerp (vraag)	Advies
Cumulatieve effecten	Opwarmen bodem (5)	Literatuurstudie (2024) + monitoring (3 jaar)
	Impact op vogels door uitbreiding hoogspanningskabels (6)	NIEWHOL resultaten afwachten

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Introductie	13
1.1	De Energietransitie en de scope van de onderzoeksagenda	13
1.2	Methode	14
1.3	De uitdaging voor ecologie	15
1.4	De energiesystemen	15
2	Beschrijving kennisvragen	17
2.1	Inleiding – De clusters	17
2.2	Temperatuur en zonlicht	19
2.3	Geluid en elektromagnetisch veld	19
2.4	Emissies van stoffen	20
2.5	Cumulatieve effecten	21
2.6	Mitigatie en synergie	21
3	Relevante kennisontwikkeling	23
3.1	Wind op land	23
3.2	Zon op land	24
3.3	Zon op water	25
3.4	Aquathermie	26
3.5	Geothermie	27
3.6	WKO en HTO (en MTO)	28
3.7	Warmte- en koudesystemen, kabels en leidingen	29
4	Aanbevelingen	30
4.1	Prioritering per cluster	30
4.1.1	Cluster Temperatuur en zon	31
4.1.2	Cluster Geluid en elektromagnetisch veld	31
4.1.3	Cluster Emissies van stoffen	32
4.1.4	Cluster Cumulatieve effecten	33
4.1.5	Cluster Mitigatie en synergie	34
4.2	Een kennisspoor energietransitie en impact op ecologie	34
4.3	Aanbevelingen per techniek	38
5	Referenties	42
A	Bijlage I: de interviews	43

1 Introductie

Energietransitie is de overgang naar een situatie waarin de energievoorziening structureel anders van aard en vorm is dan in het huidige energiesysteem. In het nieuwe systeem worden fossiele brandstoffen zoveel mogelijk vervangen door nieuwe duurzame energiebronnen en is er veel aandacht voor energiebesparing. De energietransitie is verbonden met het internationaal afgesproken doel om de mondiale opwarming te beperken tot ruim onder de 2°C, en zo mogelijk 1,5°C, boven het pre-industriële niveau (Akkoord van Parijs). De EU-lidstaten hebben afgesproken dat de uitstoot van broeikasgassen in 2030 met 55% is teruggebracht; in 2050 wil de EU klimaatneutraal zijn. Het tempo van de energietransitie blijft achter, terwijl de noodzaak steeds duidelijker wordt (IPCC¹). Op het moment is veel debat en onderzoek over de effectiviteit en vormgeving van de energietransitie. De energietransitie is een enorme systeemverandering waar tal van vragen over bestaan; dit vraagt een nieuw samenspel van verschillende partijen. De energietransitie raakt ook aan de keuzes die van invloed zijn op de bovengrondse en ondergrondse ruimte en de inrichting van het landschap². En vervolgens aan de impact van de nieuwe energievormen op het ecologische systeem - het leven en de biodiversiteit - in het water³, op het land en in de ondergrond. Daarbij gaat het niet enkel om de effecten van duurzame energieoplossingen afzonderlijk, maar ook (of juist) om de gezamenlijke (cumulatieve) effecten. Dat is nog een grote onbekende. Voorliggend document brengt vragen in beeld die hiermee samenhangen. Het doel van het rapport is vast te stellen wat, op hoofdlijnen, de vragen zijn die de energietransitie oproept op ecologisch gebied.

1.1 De Energietransitie en de scope van de onderzoeksagenda

De wereld bevindt zich midden in een energietransitie. De ambities voor deze overgang van fossiele brandstoffen naar volledig duurzame energie zijn vastgelegd in het klimaatakkoord van Parijs en krijgen een beleidsmatige vertaling naar Europees, nationaal en decentraal niveau. De doelen en het bijbehorende tijdspad vragen om een versnelling en opschaling van het aandeel duurzame energie met minimale impact op mens en milieu; het voorzorgprincipe is geldend. Om de gestelde doelen te halen, zullen we een mix aan duurzame energiebronnen nodig hebben. Momenteel vormt warmte het belangrijkste aandeel van de totale energievraag, elektriciteit zal een steeds groter aandeel gaan vormen (LEVE 2020). Er zal daarom nog meer op wind- en zonne-energie ingezet moeten worden. Wind en zon alleen zijn niet voldoende, energie uit water en bodem vormen een noodzakelijke aanvulling (LEVE 2020). De energietransitie vraagt ook om een aanpassing en uitbreiding van de infrastructuur voor warmte en elektriciteit transport, waaronder nieuwe opslagsystemen en bijbehorende transport- en distributiesystemen.

De toepassing van genoemde energiebronnen met bijbehorende infrastructuur zullen een zichtbare invloed hebben op boven- en ondergrondse ruimte en het Nederlandse landschap. Zorg voor lokale natuur wordt echter nauwelijks meegenomen in de RES en SDE+ aanvragen moeten zo goedkoop mogelijk zijn (Rho Adviseurs 2023). Denk aan zonneparken of windmolens in landelijk gebied of ondergrondse ruimte vanwege de aanleg van warmtenetten of toepassen van bodemenergiesystemen.

¹ meest recente IPCC rapport

² De effecten van de energietransitie op boven- en ondergrondse ruimte én de inrichting van het landschap blijft in deze verkenning buiten beschouwing. Dit gaat over inpassingsvragen en vragen over belevingswaarden. Focus ligt op de (ruimtelijke) ecologische impact.

³ Onder water wordt verstaan al het oppervlaktewater; de zee wordt niet in beschouwing genomen in deze verkenning.

De energietransitie zal daarmee een impact hebben op de kwaliteit en het leven in het water, op het land en in de bodem. Wanneer de energietransitie op land grootschalig uitgerold wordt dan zullen er ontegenzeggelijk zogenaamde cumulatieve effecten optreden met risico's op habitatverlies en vermindering van de kwaliteit van het leefgebied voor flora en fauna. De kennis van deze potentiële effecten en impact is nog onvoldoende in kaart gebracht. Dit gebrek aan kennis kan een barrière vormen bij de grootschalige implementatie van duurzame energiebronnen. De barrière kan zowel liggen bij de vergunningverlening als bij het draagvlak vanuit omwonenden. Voor sommige vormen van duurzame energieopwekking, zoals wind op land, is op dit moment nog veel aan kennis over effecten op ecologie onbekend. Hierdoor is het voor vergunningverleners nu niet mogelijk de impact te bepalen van de nieuwe vormen van energieopwekking. Het risico is dat er vanuit het voorzorgprincipe dan gekozen wordt om de vergunning niet te verlenen; met als gevolg, vertraging voor de energietransitie. Eventueel kan er wel begeleid toegestaan worden of onderzoek en monitoring onderdeel laten uitmaken van de vergunning.

Onderzoek naar de impact van duurzame energiebronnen op ecologie vindt plaats, maar is momenteel niet gevat in een overkoepelend programma. Hierdoor is er geen overzicht van welke onderzoek loopt en welke vragen nog beantwoord moeten worden. RVO en TKI Urban Energy hebben daarom Deltares gevraagd welke vragen er zijn en of die belegd zijn in lopende onderzoeksprogramma's. De logische vervolgvraag is dan welke vragen er niet belegd zijn maar wel een barrière kunnen vormen voor de implementatie van de energietransitie.

Dit rapport is gericht op duurzame energieoplossingen die van belang zijn voor MMIP 2 (Hernieuwbare elektriciteitsopwekking op land en in de gebouwde omgeving) en MMIP 4 (Duurzame warmte en koude in de gebouwde omgeving). MMIP staat voor Meerjarige Missiegedreven Innovatie Programma's).

1.2 Methode

Om nieuwe kennis te ontwikkelen is bundeling van krachten nodig van zowel kennisinstituten, overheden, private partijen als NGO's, zoals milieufederaties en natuurbeheerders en energiecoöperaties. De hier gepresenteerde onderzoeksagenda zorgt er voor dat de benodigde kennis in beeld komt en op een efficiënte manier ontwikkeld kan worden. De onderzoeksagenda geeft aan:

- Welke kennisvragen er als gevolg van de energietransitie rond ecologische effecten in het water, op het land en in de bodem leven (hoofdstuk 2);
- Welke kennis er momenteel ontwikkeld wordt (hoofdstuk 3), en
- Welke vragen nog niet behandeld worden maar waar gebrek aan antwoorden wel een barrière kunnen vormen voor de uitvoering van de energietransitie (hoofdstuk 4).

Om input te krijgen voor de onderzoeksagenda heeft Deltares 10 interviews gehouden met een aantal sleutelfiguren van kennisinstituten en overheden. Onderwerpen van de interviews waren: de belangrijkste kennisvragen, lopende en toekomstige onderzoekstrajecten en kennisverspreiding. In Bijlage I is een lijst opgenomen van geïnterviewden personen en de lijst van vragen die een basis vormden voor het gesprek. In aanvulling op de interviews is tussentijds overlegd met de leden van de klankbordgroep en zijn hierdoor een aantal kennisvragen toegevoegd.

1.3 De uitdaging voor ecologie

Door de ingrepen ten behoeve van de energietransitie is beïnvloeding van de bodem- en waterkwaliteit en luchtruim denkbaar.

Vanuit systeemkennis vertalen we deze effecten naar leven op het land, in de bodem, in en boven het water. Dit kunnen vogels zijn die water gebruiken als foerageer-, rust- of nestgebied, maar ook vissen of waterplanten. Op land beschouwen we de range van bodemleven tot aan vogels en zoogdieren op land. Samenvattend, we kijken of de kwaliteit van een ecosysteem potentieel wordt beïnvloed en evalueren de effecten op de gehele voedselketen zowel op land als in het water en het luchtruim daarboven. In de rapportage spreken we van 'ecologie op land' of kortweg 'ecologie'.

1.4 De energiesystemen

Om de vragen te formuleren voor deze onderzoeksagenda is gekeken naar een aantal relatief nieuwe technieken die momenteel worden ingezet voor de energietransitie, zie Tabel 1 voor een opsomming. Wind energie die op zee wordt opgewekt is daar niet in meegenomen. Rond de ecologische gevolgen van windturbines op zee loopt namelijk al een uitgebreid onderzoeksprogramma waar ook de ecologische risico's en kansen worden onderzocht. Dit programma heet WOZEP (Wind op Zee Ecologische Programma). Zon op zee is ook niet meegenomen omdat dit rapport zich richt op duurzame energieoplossingen die van belang zijn voor MMIP 2 (Hernieuwbare elektriciteitsopwekking op land en in de gebouwde omgeving) en MMIP 4 (Duurzame warmte en koude in de gebouwde omgeving). MMIP staat voor Meerjarige Missiegedreven Innovatie Programma's).

Tabel 1 Omschrijving van verschillende technieken die vallen onder een bepaalde energievorm.

Energievorm	Techniek	Omschrijving
Elektriciteit	Windturbines op land	Een windturbine is een turbine die de energie van wind omzet in elektriciteit door middel van een generator. Er worden vaak meerder windturbines geplaatst en dan spreekt men van een windmolenpark.
	Zonnepanelen op land	Zonnepanelen wekken elektriciteit op uit zonlicht. Dit komt doordat zonnepanelen lichtdeeltjes uit zonnestraling kunnen absorberen. De geabsorbeerde lichtdeeltjes bewegen tussen verschillende lagen binnen het zonnepaneel, hierdoor ontstaat elektrische spanning en uiteindelijk energie. Zonnepanelen kunnen op diverse constructies geplaatst worden. We beschouwen hier panelen die boven het land of boven het water worden geplaatst.
	Zonnepanelen op water	
Warmte -en koudewinning	Aquathermie	Aquathermie is het verwarmen en koelen van gebouwen door het gebruik van warmte en koude uit oppervlaktewater, afvalwater of drinkwater. Meer uitleg in Bijlage A
	Geothermie	Bij geothermie wordt warmte gewonnen uit heet grondwater dat zich (vanaf 500m diep) in aardlagen bevindt. Meer uitleg in Bijlage A
Bodemenergie systemen	Warmte Koude opslag (WKO)	Bodemenergiesystemen zijn opslagsystemen voor warmte en koude in de ondergrond. We onderscheiden WKO en HTO. HTO: 60-90 °C, MTO: 25-60 °C. Meer uitleg in Bijlage II.
	Hoge en Midden Temperatuur Opslag (HTO en MTO)	
Transport van energie en warmte	Warmte- en koudenetten en kabels	Een warmtenet is een netwerk van leidingen onder de grond waar warm (of koud) water doorheen stroomt.
	Hoogspanningsleidingen, verdeelstations en kabels en leidingen	Voor transport van elektriciteit worden hoogspanningsleidingen, verdeelstations (bovengronds) en kabels en leidingen (ondergronds) gebruikt.

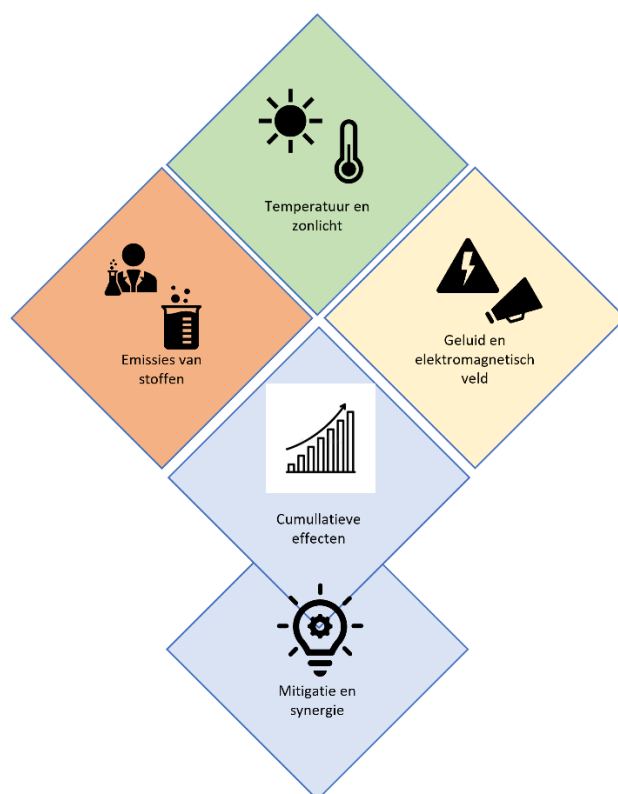
Dit rapport beschrijft een aantal vragen rondom (mogelijke) ecologische effecten van energietransitie op land. Mogelijk zijn er nog meer vragen of zullen die in de nabije toekomst opkomen. De in dit rapport gedefinieerde vragen zijn voortgekomen uit interviews met verschillende experts voor elke energievorm. Op deze manier hebben wij getracht de vragen zo goed en compleet mogelijk in kaart te brengen.

2 Beschrijving kennisvragen

Dit hoofdstuk beschrijft de kennisvragen rond de invloed van de energietransitie op de ecologie op land. De vragen zijn in de interviews met experts en gesprekken met klankbordgroep naar voren gekomen. De vragen zijn bij elkaar gebracht in vijf clusters die ons inziens overzicht geven en prioritering makkelijk maken. Voor de uitwerking van de vragen beginnen we niet bij nul. Veel relevante kennis is aanwezig of wordt momenteel ontwikkeld binnen bestaande programma's. daarom is een inventarisatie gemaakt van lopende projecten per techniek, zie hoofdstuk 3. De spiegeling van de vraagstukken en het lopende onderzoek geeft uiteindelijk weer wat er nog gedaan moet worden. Welke vragen dat zijn en welke dan het meest urgent zijn, bespreken we in hoofdstuk 4.

2.1 Inleiding – De clusters

De kennisvragen zijn ingedeeld in vijf clusters, zie Figuur 1 voor een weergave van de clusters.



Figuur 1 de vijf clusters. De eerste drie (emissies van stoffen, temperatuur en zonlicht, geluid en elektromagnetische veld) betreffen drukfactoren⁴ op het milieu direct veroorzaakt door de installatie en werking van een energiesysteem. Opgetelde drukfactoren geven cumulatieve effecten, het vierde cluster. Het laatste cluster (mitigatie en synergie) bevat de vragen rond maatregelen die negatieve effecten mitigeren of synergie kunnen opleveren met andere functies anders dan energie zoals recreatie of natuur.

⁴ Drukfactor is een proces dat een of meer van de benodigde (a)biotische omgevingscondities van een soort uit balans brengt

Temperatuur en zonlicht

Veel energiesystemen zijn gebaseerd op warmte. Warmte wordt uitgewisseld tussen systemen met verschillende temperaturen; energie stroomt van hogere naar lagere temperatuur. Deze uitwisseling kan de temperatuur van de omgeving veranderen, dit kan dan de bodem of het water zijn. Er zijn veel vragen over wat het effect is van de veranderingen in temperatuur op het leven in de bodem en het water. Temperatuur heeft een belangrijke en sturende functie in het ecosysteem.

Ook het gebruiken van zonlicht voor energieopwekking (dus wegnemen van zonlicht) kan de omstandigheden voor organismen, die licht nodig hebben voor fotosynthese, veranderen. Het wegnemen van zonlicht kan daarnaast de opwarming van water en bodem beïnvloeden. Er zijn veel kennisvragen die gerelateerd zijn aan het wegnemen van zonlicht.

Geluid en elektromagnetisch veld

Tijdens aanleg van bijvoorbeeld windturbines of een zonnepark wordt veel geluid gemaakt. Er zijn vragen rond de impact van geluid op het gedrag en welbevinden van fauna. Daarnaast worden kabels aangelegd in en op de bodem van wateren. Er leven vragen welke verstoringen het elektromagnetisch veld van deze kabels kan veroorzaken zowel tijdens werkzaamheden t.b.v. aanleggen, onderhoud als exploitatie.

Emissies van stoffen

Bij het gebruik van energiesystemen worden chemische stoffen ingezet. Denk aan glycol als koelmiddel of metalen in zonnepanelen of epoxy van bladen van windturbines. Er zijn vragen over het vrijkomen van deze stoffen naar het milieu via water, bodem en lucht en de invloed daarvan op de ecologie. Ook het mengen van verschillende wateren (die mogelijk van elkaar verschillen in zoutgehalte) als gevolg van het boren door verschillende lagen valt hieronder.

Cumulatieve effecten

Er zijn veel vragen rond de opgetelde effecten van meerdere drukfactoren, dit noemen we cumulatieve effecten. Vraag is dan of meerdere drukfactoren tezamen een groter effect hebben dan de som van de individuele effecten zowel in tijd als in de ruimte. Dit zijn vragen die vooral bij opschaling van de energietransitie aan de orde komen.

Mitigatie en synergie

Bij de aanleg van energiesystemen kan gedacht worden aan aanvullende maatregelen met het doel negatieve effecten voor de biodiversiteit te mitigeren. Er zijn vragen over hoe dat kan en hoe men ervoor kan zorgen dat deze maatregelen ook uitvoerbaar en te onderhouden zijn. Aanvullend is er behoefte aan kennis te vergaren om inzichtelijk (bij voorkeur kwantitatief) te maken welk mitigerende maatregelen mogelijk zijn en hoeveel gaat opleveren voor de biodiversiteit. Daarnaast speelt de vraag of er energiesystemen synergie kunnen opleveren met andere functies (zoals recreatie, natuur) of synergie met andere maatregelen zoals klimaatadaptatie (afkoelen water), waterbeheer (algen beheer) of bodemsanering (WKO).

In de paragrafen 2.2 tot en met 2.6 worden alle kennisvragen genoemd per cluster zoals die zijn opgehaald tijdens de interviews aangevuld door gesprekken met de leden van de klankbordgroep. De prioritering volgt later in hoofdstuk 4 na een reflectie met de lopende projecten (hoofdstuk 3)

2.2 Temperatuur en zonlicht

Zon op land

1. Wat is het effect op bodemvocht? Bodemvocht is een essentiële voorwaarde voor het bodemleven. Bij zon op land spelen ook veel vragen over flora en fauna naast en onder panelen. Deze kennisvragen zijn nog niet beantwoord maar worden al uitvoerig opgepakt in lopend onderzoek, zie hoofdstuk 3.

Zon op water

2. Wat is het effect van het wegnemen van licht op de basis van het voedselweb, de fotosynthese in waterplanten en door algen?
3. Wat zijn de temperatuur effecten op het water en kan hierdoor verandering optreden in de stratificatie?

Aquathermie

4. Bij het onttrekken van warmte ontstaat een koude lozing; bij het onttrekken van koude ontstaat een warmtelozing. Wat doet de resulterende temperatuurverandering met de ecologie?

HTO & Geothermie

5. Wat zijn effecten van hoge temperatuur op de kwaliteit van grondwater? En op de samenstelling bacteriën?
6. Wat zijn effecten van hoge temperatuur op biota in ondiepe ondergrond?

WKO

7. Waar en hoeveel warmt de ondergrond op? Hoe warm kan de ondergrond worden zonder het bodemleven te verstoren.

2.3 Geluid en elektromagnetisch veld

Wind op land

1. Het blijkt dat ook vleermuizen slachtoffer worden van de bladen van een windturbine. De vraag is waarom vleermuizen de bladen niet kunnen detecteren.
2. De combinatie van geluid en (draaiende) wieken kan een verstorend effect hebben op het landschap. De vraag is of de omgeving hierdoor een minder gunstig habitat wordt voor vogels, reeën, hazen, dassen etc. Uit waarneming blijkt dat bv. ganzen en zwanen foerageergebieden met turbines wat later gaan gebruiken dan foerageergebieden zonder turbines, namelijk pas op het moment dat ze meer honger krijgen en andere gebieden uitgeput raken.

Zon op water

3. Wat doet het elektromagnetisch veld van kabels met de onderwater organismen? Dit is een vraag die speelt tijdens aanleggen van kabels maar ook tijdens exploitatie en is behalve ecologie ook van belang voor bijvoorbeeld de veiligheid als zwemwater (Handreiking vergunningverlening 2021 van de Unie van Waterschappen).

2.4 Emissies van stoffen

Wind op land

1. De bladen van windturbines bestaan uit glasvezel die met epoxy worden geïmpregneerd om ze sterker te maken. Epoxy bevat Bisfenol-A en dit is een schadelijke stof (*zeer zorgwekkende stof*). In het eindproduct kan een kleine hoeveelheid Bisfenol-A aanwezig blijven. Het gebruik van deze stof is overigens aan Europese wet- en regelgeving (REACH-verordening) gebonden die ervoor moet zorgen dat mensen niet blootgesteld worden aan schadelijke hoeveelheden. De vraag is of tijdens exploitatie van een heel windpark deze stof door slijtage in de lucht en dus water en bodem terecht kan komen en hier het leven van flora en fauna kan beïnvloeden.

Zon op land en water

2. Stellages/frames waar zonnepanelen op liggen of drijven zijn vervaardigd van gecertificeerde materialen (staal of aluminium⁵). Ondanks die certificering spelen er vragen of er door corrosie van het materiaal stoffen (bv metalen zoals zink) in de bodem of water terecht kunnen komen. De vraag is of deze emissie van dien aard is dat het een knelpunt kan vormen voor flora en fauna.
3. Regenwater dat over de panelen stroomt, zou stoffen kunnen opnemen van de zonnepanelen. De vraag is of dit optreedt, welke stoffen dit zijn en of het een toxisch effect heeft in het milieu.
4. Bij drijvende zonneparken speelt nog een aanvullende vraag. Drijvers zijn gemaakt van plastics. Zonneparken blijven zo'n dertig jaar liggen en de vraag is of deze plastics dan slijten en hierdoor als microplastics in het water terecht komen en het onderwater leven beïnvloeden.

Aquathermie

5. Bij aquathermie wordt water vanuit een waterlichaam ingelaten en soms in een ander waterlichaam geloosd. Indien dit 'gebiedsvreemde' water van lagere chemische kwaliteit is, is de vraag welk ecologisch effect dit heeft op het ontvangende water.

Geothermie, WKO, MTO en HTO

6. Bij het onttrekken van grondwater uit de diepe ondergrond wordt een koelvloeistof gebruikt dat glycol bevat. Bij gesloten WKO systemen wordt ook glycol gebruikt. In het geval van lekkage (er zijn veel veiligheidsvoorschriften om dit af te dekken) is het de vraag hoe en of dit de bacteriën samenstelling kan aantasten in de diepe ondergrond.
7. Andere vraag is wat het effect van lekkage is op de grondwaterkwaliteit van ondiepere aquifers (of van diepere naar ondiepe aquifers vanwege het drukverschil, er zijn veel veiligheidsvoorschriften om dit af te dekken). Heeft dit eventueel verstoorde (of verstoorde) water invloed op het bodemleven of – via kwel van grondwater - op de vegetatie aan het oppervlak.

⁵ <https://www.solarfields.nl/zonnepanelen-op-het-water/drijvend-zonnepark/>

⁵ <https://www.gww-bouw.nl/artikel/drijvende-zonneparken/>

⁵ <https://www.onderglas.nl/met-drijvende-zonnepanelen-verdieneen-aan-je-waterbassin/>

2.5 Cumulatieve effecten

Wind en zon op land

1. Het kan zijn dat één windpark een bepaald effect heeft op een soort maar dat meerdere parken een opgeteld effect hebben op de gehele populatie en het leefgebied. Als voorbeeld: meerdere wind- of zonneparken kunnen voor vogels ook de foerageer-, rust- en nest- mogelijkheden belemmeren. Of: één windturbine maakt niet zoveel uit voor een ree, maar een groot aantal zal zorgen dat ze het gebied gaan vermijden. Vraag: wat zijn de effecten van meerdere windparken op populaties en leefgebieden van soorten?
2. Wat zijn de cumulatieve effecten van de combinatie van wind- en zonneparken op leefgebieden van soorten en biodiversiteit?

Aquathermie

3. Wat is het cumulatieve effect van bovenstroomse warmteonttrekkingen (stromende en stilstaande wateren) en op het totale watersysteem?

HTO

4. Wat is het totale effect van opwarming van de ondergrond en een groter deel van het aquifer door verschillende HTO-systemen?

Transport van energie

5. Voor het aanleggen van warmtesystemen (bron, opslag, transport) worden er in stedelijke gebied veel gevraagd van de capaciteit van de bodem. Dit komt boven op de andere ruimte die de bodem al levert voor kabels en leidingen maar ook het noodzakelijke groen in het stedelijke gebied. Kortom, er is sprake van drukte in de ondergrond. De vraag is hoeveel draagkracht de bodem biedt, hoeveel warmte de bodem op en wanneer het bodemleven blijvend wordt aangetast?
6. Er komen veel hoogspanningsnetten bij in de toekomst. Wat is de aanvullende impact hiervan? Met name op vogels.

2.6 Mitigatie en synergie

Wind op land

1. Zijn er nog vogelvriendelijke maatregelen denkbaar die getroffen kunnen worden? Het gaat dan om maatregelen anders dan die al bestaan zoals bladen verven of stilleggen ervan. Of bestaande maatregelen aanpassen, bijvoorbeeld: hoe kan stilleggen efficiënter?

Zon op land

2. Er is meer synergie tussen zon op land en biodiversiteit of natuur van het betreffende gebied mogelijk. Er is voldoende kennis hierover maar de vraag is meer hoe je deze kennis geïmplementeerd krijgt bij de praktijk van de aanleg van een zonnepark. Wat zijn de barrières en hoe kan je die slechten? *Bijvoorbeeld: een omheining is vaak een vereiste vanuit de verzekering maar dit heeft een negatieve invloed op de biodiversiteit omdat fauna gehinderd wordt. Een heg is dan meestal beter maar wordt niet 'goedgekeurd' door de verzekering.*
3. Bij zon op land werd ook vaak gemerkt dat er wel goede 'groene' plannen zijn om maar dat er geen kwaliteitsborging is op de uitvoering. Vraag is hoe je kan zorgen dat de plannen ook (goed) worden uitgevoerd?

Zon op water

4. Hoe kun je een zonnepark zo inrichten dat er ook een positief effect bewerkstelligt wordt op biodiversiteit, waterkwaliteit en/of natuur in het algemeen? *Bijvoorbeeld: aanleg van een rieteiland, gebruik van viskorven, het plaatsten van dood hout onder water of het verminderen van algenbloei.*

Aquathermie

5. Kunnen we het waterbeheer zo inrichten dat met aquathermie ingezet kan worden om de plaatselijke ecologie te verbeteren?

Calamiteiten

6. Bij alle energiesystemen kan er iets mis gaan, dit kan een kleine hapering zijn maar ook leiden tot een calamiteit. Er is weinig kennis over de effecten van als er iets misgaat (klein of groot) op de ecologie en ook weinig inzicht in de kans op het optreden van een calamiteit. De vraag is hoe brengen we de kansen in kaart en welke strategieën zijn werkbaar? Een strategie moet aangeven hoe en wanneer te handelen in geval van een calamiteit.

Synergie

7. Energieprojecten hebben als doel om kostenefficiënt en betrouwbaar energie te leveren. Omdat in Nederland ruimte schaars is, kwam bij veel gesprekken de vraag naar boven welke functies geschikt zijn om samen op te pakken. Er wordt gezocht naar energieprojecten die ook iets opleveren voor functies zoals natuur, recreatie, waterbeheer of klimaat adaptatie. WKO kan iets betekenen voor bodemsanering, zie rapportage WarmingUp (op dit moment – juli 2023 - nog niet afgerond)

3 Relevante kennisontwikkeling

Zoals eerder gesteld beginnen we niet bij nul. Er loopt onderzoek naar de impact van de benoemde energiesystemen op het ecosysteem. Hieronder wordt per techniek een aantal lopende projecten en programma's genoemd. Het onderzoek is uiteenlopend van aard; zo wordt het door verschillende bronnen gesubsidieerd en uitgevoerd bij verschillende organisatie zoals universiteiten, toegepast onderzoeksinstituten, rijksinstituten of adviesbureaus. Ook is de impact op de ecologie niet altijd het hoofddoel maar slechts onderdeel van een programma. Bovendien zit er veel onderzoek in de pijnlijn (in aanvraag). Kortom, het is bijna onmogelijk om volledig te zijn. Onderstaande opsomming geeft wel een beeld van wat we te weten zijn gekomen bij de interviews, een internet zoektocht en de gesprekken met de klankbordgroep.

3.1 Wind op land

Windpark Maasvlakte 2

Beschrijving: Op de buitenste rand van Maasvlakte 2 bouwt Eneco in opdracht van Rijkswaterstaat een windpark met 116 megawatt vermogen. Bij de realisatie van dit windpark worden maatregelen getroffen ter bescherming van de natuur.

Onderzoek: In de voorbereidende fase is veel onderzoek gedaan, ook naar vogels en zeehonden. Er is een radarsysteem ontwikkeld dat wordt ingezet om windturbines stil te zetten als er trekvogels overkomen. nu wordt er geen nieuw onderzoek gedaan. Op basis van gegevens van het radarsysteem worden wel nieuwe inzichten verkregen onder welke omstandigheden stilstand de beste oplossing is.

NIEWHOL: Natuurinclusieve Energietransitie voor Wind en Hoogspanning op Land

Beschrijving: Het Rijk, de Provincies, de Nederlandse WindEnergie Associatie (NWEA), TenneT en groene partijen (Vogelbescherming Nederland, Zoogdiervereniging en de Natuur en Milieufederaties) hebben de afgelopen jaren samengewerkt aan het traject Natuurinclusieve Energietransitie voor wind en hoogspanning op land (NIEWHOL). Het onderzoek is gericht om negatieve effecten op vogels en vleermuizen te beperken.

Onderzoek: op dit moment (voorjaar 2023) lopen er twee onderzoeken of er naast slachtoffers ook sprake is van verlies van kwaliteit van habitats rondom windparken voor vogels en vleermuizen.

Milieu Effect Rapportages

Beschrijving: bij het voornemen om een windpark aan te leggen dient vaak een MER opgesteld te worden. In deze rapportage worden de effecten op beschermde natuurwaarden in beeld gebracht en wordt aangegeven op welke wijze negatieve effecten kunnen worden beperkt en/of gecompenseerd. Ook worden vaak aanbevelingen gedaan rond monitoring voor en tijdens exploitatie. Deze rapportages zijn beschikbaar op de website van de Commissie MER.

Onderzoek: Bureau Waardenburg produceert momenteel een overzicht van de windparken in Nederland of er monitoring plaatsvindt.

RIVM

Naar aanleiding van een kamerbrief (847 vergaderjaar 2022-2023) heeft RIVM een onderzoek uitgevoerd naar de emissie van chemische stoffen bij windturbines op zee (een quickscan⁶).

⁶ Zicht in emissies van chemische stoffen bij windturbines op zee - Resultaten quickscan (RIVM rapportage)

Conclusie was dat er inderdaad kans is op emissie van stoffen, met namen van corrosiebeschermings-systemen van de monopile, slijtage van de windbladen en bijbehorende schakelstations (SF6: zwavelhexafluoride). In de quickscan wordt een vervolgonderzoek aangekondigd, ook naar de toxische consequenties van deze emissies. Dit is wel gericht op wind op zee.

3.2 Zon op land

Biodiversiteit en bodemkwaliteit zonneparken Groningen

Ecologen van de Rijksuniversiteit Groningen zijn in 2022 gestart met een onderzoek naar biodiversiteit en bodemkwaliteit in Nederlandse zonneparken in de provincie Groningen. Tot en met 2025 gaan de onderzoekers bij vijftien zonneparken de bodem, begroeiing, insecten, zoogdieren en vogels monitoren. Het doel van het onderzoek is te komen tot de meest optimale inrichting en beheer voor biodiversiteit en bodemkwaliteit. Het betreft een onderzoek in opdracht van de Provincie Groningen en producent van duurzame energie Solarfields.

Ecocertified

Beschrijving: Dit project draagt bij aan oplossingen voor de gesignaleerde knelpunten en problemen op gebied van bodem en biodiversiteit door het beantwoorden van onderzoeksvragen en het toepassen van de wetenschappelijke onderzoekresultaten. Er wordt onderzocht hoe met park-ontwerp en vegetatiebeheer de natuurwaarde en de bodemkwaliteit in nieuwe en bestaande zonnenvelden verbeterd kan worden. Drie promovendi onderzoeken de natuurwaarde in 20 bestaande zonneparken:

- 1 Bodemkwaliteit
- 2 Belang van vegetatie voor invertebraten
- 3 Gebruik van de parken door vogels en zoogdieren en de voorwaarden daarvoor.

Ook het effect van maai-beheer wordt door de drie promovendi onderzocht.

De oplossingen krijgen de vorm van richtlijnen voor ontwerp en beheer van zonneparken ten gunste van een meerwaarde voor biodiversiteit en behoud van de bodemkwaliteit. Deze richtlijnen zijn operationeel via het kwaliteitslabel: EcoCertified Solarlabel.

Solar Eco+

Een samenwerkingsverband van LC Energy, TNO, Wageningen University & Research, Eelerwoude en SolarCentury doet onderzoek naar het effect van zonneparken op de bodemkwaliteit en biodiversiteit. Het streven is om voor dit onderzoek 6 nieuwe test-zonneparken in Nederland te realiseren. Het hoofddoel is om ecologische en economische opbrengsten van zonneparken opgebouwd met innovatieve tweezijdig werkende panelen te bepalen voor de meest voorkomende grondsoorten in Nederland: zand, veen en klei.

Sunbiose

Beschrijving: Het hoofddoel van project Sunbiose is om in 2024 Agri-PV systemen te hebben ontwikkeld, die financieel haalbaar zijn, schaalbaar zijn en aantoonbare meerwaarde hebben voor de landbouw en voor de maatschappij.

Onderzoek: er vinden metingen plaats aan impact van zon op land op gewas, ziekten, bodemkwaliteit en biodiversiteit. Het onderzoek vindt wel plaats in landbouw setting.

Biodiversiteit in zonneparken

Shell en Naturalis zijn een gezamenlijk project gestart om de biodiversiteit in zonneparken te bestuderen en te stimuleren. Het belangrijkste doel van het project is om te onderzoeken hoe zonneparken kunnen bijdragen aan de verbetering van de biodiversiteit in termen van bestuivers en vegetatie binnen de zonneparken, terwijl ze kostenefficiënt en onderhoudsarm zijn, met het langetermijnperspectief om zonneparken te laten fungeren als springplank voor biodiversiteit.

Zon langs infra

RWS coördineert onderzoek naar zon langs infrastructuur zoals vangrails. Een aspect is ook de effecten op natuur. Veel van de resultaten van eerder genoemde projecten worden hier meegenomen. Er wordt ook gekeken naar effecten op waterhuishouding en consequenties op bodemkwaliteit.

RIVM

Het RIVM doet onderzoek naar veilige en duurzame zonnepanelen. Ze kijken naar stoffen die vrijkomen bij brand met zonnepanelen en de circulariteit van zonnepanelen. Zowel praktijk als literatuuronderzoek vindt plaats in het onderzoeksprogramma DIRECT. RIVM geeft een routekaart voor het verbeteren van duurzaamheid, veiligheid en circulariteit.

[Routekaart in de praktijk | RIVM](#)

Zon op dijken

In een consortium van Nederlandse partijen is een zonnewijzer ontwikkeld waarmee een beheerder kan bepalen hoe kansrijk een dijk is voor de aanleg van zonnepanelen. Hier is geen ecologie of biodiversiteit meegenomen. Meer informatie is te vinden op de STOWA website. Uit een onderzoek naar de mogelijkheden om dijken te voorzien van zonnepanelen blijkt dat zonnepanelen geplaatst op een dijkverharding het meest geschikt zijn en zonder veel aanvullend onderzoek kunnen worden toegepast. Systemen waarbij de grasbekleding van de dijk grotendeels wordt beschaduwd door de zonnepanelen zijn vooralsnog niet geschikt, omdat de kwaliteit van de grasmat snel verslechtert

(<https://www.tno.nl/nl/newsroom/2023/02/dijken-zonnepanelen/>). Dit jaar worden de

bevindingen van waterschap Rivierenland verwacht van een experiment dat kijkt naar de gevolgen van het plaatsen van zonnepanelen op een dijk

(<https://www.waterschaprivierenland.nl/waterschap-rivierenland-test-zonnepanelen-op-de-dijk>).

3.3 Zon op water

TKI ZWIMP

In het TKI Deltatechnologie project Zon op water: impact op waterkwaliteit en biodiversiteit (ZWIMP) onderzoekt Deltares met andere consortium-partners de directe en indirecte effecten van zonneparken op water. De onderzoekers kijken naar de effecten op de waterkwaliteit en ecologisch functioneren. Deze kennis is nodig om de inrichting en het beheer van zonneparken te optimaliseren en goede afwegingen te maken bij vergunningverlening. De noodzakelijke nieuwe kennis wordt verkregen door uitgebreide metingen van waterkwaliteit bij bestaande zonneparken, aangevuld met modellering en kennis over het functioneren van specifieke systemen. Om de informatie toegankelijk te maken worden de monitoringsdata van het project opgeslagen in een openbaar toegankelijke kennisbank, indien mogelijk gekoppeld aan bestaande data-infrastructuur.

RAAK GREEN

Een SIA gefinancierd project getrokken door de Hanzehogeschool. Project draait om monitoring, demonstreren, valideren van verschillende bestaande technologieën in case-study scenario's van grootschalige zonneparken.

Innozowa 2.0 (pilot)

Waterschap Rivierenland wil innoveren om energietransitie en waterbeheerdoelen met elkaar te verbinden. Echter, de plaatsing van zonnepanelen op land loopt in Nederland tegen een grens aan. In een waterrijk Nederland wordt vanuit deze ruimtevraag gekeken naar het benutten van oppervlaktewater voor de plaatsing van zonnepanelen. Met de uitkomsten van deze pilot verwachten de partijen voldoende data en ervaring te hebben om het project verder op te schalen.

DRIVER (pilot)

Praxiz BV voert onderzoek uit naar de impact van drijvende zonnepanelen op de waterkwaliteit. Dit doet Praxiz samen met Wageningen Research, het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO), Rom3D en Renergize Consultancy. Het project wordt mede gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

Boskoop (pilot)

Boskoop heeft een drijvend zonnepark met een waterberging. Enerzijds wekt de zonnepark duurzame energie op dankzij zonnepanelen, anderzijds wordt regenwater opgevangen en kan gebruikt worden tijdens droge perioden. Het zonnepark is gerealiseerd op het terrein van een boomkweker. Het is een initiatief van de gemeente Alphen aan den Rijn, Greenport Boskoop en Hoogheemraadschap van Rijnland. De ecologische effecten worden gemonitord door het Hoogheemraadschap in samenwerking met Naturalis.

Buitendijks Plan

De regio Noord-Holland Noord wil natuureilanden in combinatie met zonnepanelen realiseren op het IJsselmeer. Op een locatie tussen de stad Medemblik en het dorp Den Oever, zoals uitgewerkt in het Buitendijks Plan 'Duurzaam Leefbaar'. Dit zoekgebied bevindt zich in de Wieringerhoek op het grondgebied van de gemeenten Hollands Kroon en Medemblik. Het plan biedt de mogelijkheid om duurzame energieopwekking te combineren met de ecologische doelen die zijn gesteld voor het IJsselmeer. Ten behoeve van het plan loopt ecologisch onderzoek. Daarnaast zijn er ook kansen voor recreatie en toerisme.

Grote kennisprojecten die mogelijk (in 2023) gehonoreerd worden:

- NWA Zon op water: zal ingaan op het samenbrengen van experts uit de verschillende werkvelden rondom zon-op-water, zoals ingenieurs, ecologen en bestuurders om zodoende toekomstige parken natuur-inclusief te ontwerpen dat tevens in de vergunningverlening opgenomen wordt.
- Horizon Europe: Sure-PV: zal ingaan op duurzame, efficiënte en betrouwbare opschaling van drijvende zonneparken op Europese schaal.
- Berenplaat (Evides): In het drinkwaterreservoir Berenplaat van Evides zullen in 2023 twee drijvende zonneparken gerealiseerd worden. Er zal een gradiënt in lichtdoorlating van de panelen zal gerealiseerd worden om na te gaan wat het effect ervan is op (drink)waterkwaliteit en ecologie.
- Haarrijnse Plas (gemeente Utrecht en waterschap De Stichtse Rijnlanden): De Haarrijnse plas bestaat uit twee waterlichamen. Eén is beschermd natuurgebied en één heeft een recreatieve functie (o.a. zwembad). In de laatste zal een drijvend zonnepark gerealiseerd worden. NIOO-KNAW heeft daarvoor een nulmeting voor ecologie en waterkwaliteit verricht.

3.4 Aquathermie

WarmingUP – Innovatief Duurzaam Warmtecollectief

Programma is afgerond, eindrapporten worden opgeleverd. In het programma was aandacht voor de impact op ecologie. Er is gekeken naar de effecten van temperatuurverandering en de invloed van de filters. Rekentools en een uitgebreide literatuurstudie is opgeleverd. Ook zijn aanbevelingen gedaan rond monitoring met als doel het modelinstrumentarium te verbeteren. Handreiking ten behoeve van beoordeling effecten zal n.a.v. de nieuwe onderzoeksresultaten een update ondergaan en door STOWA beschikbaar worden gemaakt. Samen met het Netwerk Aquathermie, RWS, Deltares en STOWA is toen een advies gegeven voor een landelijk monitoringsnetwerk (Harezlak et al., 2021).

Nieuwe WarmteNu!: leerprogramma.

Met behulp van 200 miljoen euro uit het Nationaal Groeifonds kan NieuweWarmteNu! (NWN!) 26.000 huizen en gebouwen en ruim 800 hectare glastuinbouw van het aardgas af halen. Het doel van dit project is het creëren van een vliegwiel effect om daarmee de warmtetransitie te versnellen. Deltares is trekker van een uitgebreid leer- en ontwikkelprogramma, dat zorg draagt voor het delen van de ervaringen met toekomstige projecten, gericht op knelpunten in realisatieprojecten oplossen, zorgen voor standaardisering en kennisdisseminatie. Op dit moment is de impact van de warmtesystemen op de ecologie geen onderdeel van NWN!.

Sloterplas

Waternet en waterschap AGV zien veel potentie in de toepassing van aquathermie, maar willen eerst weten wat de techniek met het oppervlaktewater doet en het leven daarin. Daarom gaan ze in 2023 starten met een veldonderzoek waarin gekeken wordt wat warmte uit water halen doet met de in het water levende organismen, zoals het plankton. Het gaat hierbij om de effecten van de filters aan de inname van water en de warmtewisselaars op deze kleine organismen, die de basis vormen voor de rest van de voedselketen in het water. Dat onderzoek vindt in Amsterdam plaats in het gebied van de Sloterplas. Meer informatie is te vinden op <https://www.agv.nl/werk-in-uitvoering/onderzoek-teo/>.

3.5 Geothermie

Meer met Bodemenergie.

Afgerond onderzoeksprogramma (2008-2014). Heeft groot aantal rapporten en thesis opgeleverd. Er is gekeken naar effecten van geothermie en andere bodemenergiesystemen op de geochemie en biologie (in pilots en het laboratorium). Daarnaast is gekeken naar de autonome ontwikkeling van bodemtemperatuur. Uit de resultaten kwam naar voren dat bij open en gesloten bodem energie systemen temperatuur effecten op bacteriën verwaarloosbaar zijn.

Risico's van geothermie

Bij Deltares loopt momenteel een onderzoek dat de risico's van lekkages bij geothermie kwantificeert. Sluit aan bij de zorgen over effecten van geothermie op grondwaterkwaliteit.

PUSH-IT

EU gesubsidieerd onderzoeksprogramma voor onderzoek naar ondergrondse warmteopslag. PUSH-IT is een demonstratieproject met een toepassing van grootschalige seizoensgebonden warmteopslag tot 90°C in geothermische reservoirs. Hierbij wordt gebruik gemaakt van drie verschillende technologieën die bekend staan als Aquifer, Borehole en Mine Thermal Energy Storage (ATES, BTES, MTES). Impact op ecologie wordt niet meegenomen.

WarmingUP

Thema 4 van WarmingUp richtte zich op Geothermie. Kennisontwikkeling was daarin gericht op:

- 1 Reductie van geologisch risico door karakterisatie van ondiepere (onbekende) en marginale reservoirs en ontwikkeling van putconcepten voor deze reservoirs
- 2 Kwantificeren, beheersen en monitoren van risico's omtrent geïnduceerde seismiciteit
- 3 Kostenverlaging door productieoptimalisatie.

Ecologie was geen aandachtsgebied in thema 4.

NieuweWarmteNU

NWU stimuleert het gebruik van aardgas voor verwarming versneld af te bouwen en de inzet van duurzame warmtebronnen als geothermie, restwarmte, zonthermie en aquathermie te versnellen. Er zijn verschillende vliegwielprojecten of innovaties in het programma. Ecologie komt echter (nog) niet aan bod.

3.6 WKO en HTO (en MTO)

WarmingUp

WKO is een bewezen techniek en wordt al veel toegepast. De wettelijke regels zijn gericht op het tegengaan van opwarming van de ondergrond door de invoertemperatuur te beperken (25°C) en een energetisch evenwicht te verlangen. Er zijn geen aanwijzingen dat de bodem of de ondergrond opwarmt. Binnen WarmingUp (Thema 3) is gekeken naar aquathermie in combinatie met WKO. Het eindrapport is gefinaliseerd. Er is niet gekeken naar de cumulatieve effecten van grootschalige inzet van WKO.

In het programma Meer met bodemenergie, WarmingUP, WarmingUPGOO en PUSH-IT wordt ook gekeken naar de effecten van HTO (zie paragraaf 3.5).

HEATSTORE

HeatStore is een van de negen projecten onder het GEOTHERMICA – ERA NET Cofund programma en heeft tot doel de opname van geothermische energie te versnellen door 1) verschillende soorten ondergrondse thermische energieopslag (UTES) in het energiesysteem te bevorderen en te integreren, 2) een middel te bieden om de productie van geothermische warmte te maximaliseren en de businesscase van doubletten voor de productie van geothermische warmte te optimaliseren, 3) het aanpakken van technische, economische, milieu-, regelgevings- en beleidsaspecten die nodig zijn om een efficiënte en kosteneffectieve inzet van UTES-technologieën in Europa te ondersteunen.

De ondergrondse opslag die naar verwachting in het Nederlandse project van HEATSTORE zal worden gedemonstreerd, is een aquifer thermische warmteopslag (WKO) concept in combinatie met 2 km diepe geothermieputten waardoor warmte direct kan worden gebruikt voor het verwarmen van ~100 hectare (landbouw)bedrijf. Drie aardwarmtebronnen (doubletten) zijn in bedrijf. Voor de WKO is een voorlopig ontwerp ontwikkeld en de vergunningsprocedure is in voorbereiding. Het temperatuurniveau van de aardwarmtebron is 92°C. De aardwarmteputten hebben in de zomer een overschot aan warmte die kan worden opgeslagen door middel van een WKO-systeem. Het voorontwerp van het WKO-systeem bestaat uit twee putten (1 doublet) die warmte opslaan in een watervoerende laag op 300 tot 400 meter diepte. Eventuele effecten op milieu worden door het NIOO-KNAW behandeld. NIOO-KNAW heeft in samenwerking met industriële partners en de Provincie Gelderland een unieke pilot HT-UTES-faciliteit gerealiseerd voor warmte-koudeopslag in aquifers bij 45°C op 300 m diepte. Deze pilot is operationeel sinds 2012. Het NIOO-KNAW heeft voor deze faciliteit gegevens verkregen over de ondergrondse effecten op temperatuur, bodem, grondwater en microbiële samenstelling. De 10-jarige datareeks van NIOO-KNAW laat een piek in algemene cel aantallen zien in de eerste maanden, die gerelateerd zijn aan verstoringen veroorzaakt door de booractiviteiten, gevolgd door aanzienlijk lagere aantallen in de jaren daarna. De 10-jarige datareeks over microbiële soorten suggereert dat het risico op groei van aanzienlijke hoeveelheden ziekteverwekkers in de anoxische en voedselarme ondergrond beperkt is (Oerlemans & Drijver 2021).

3.7 Warmte- en koudesystemen, kabels en leidingen

COB

Het COB (Centrum voor Ondergronds Bouwen) is een netwerkorganisatie die onderzoek coördineert en veel kennis ontsluit gerelateerd aan ondergronds ruimtegebruik.

Ze houden zich vooral bezig met ruimte voor objecten in de bodem en consequenties voor inrichting van stedelijk gebied (of andersom) niet zo zeer met de impact op de gezondheid van de bodem en dus het bodemleven.

NIEWHOL: Natuurinclusieve Energietransitie voor Wind en Hoogspanning op Land

Het Rijk, de Provincies, de Nederlandse WindEnergie Associatie (NWEA), TenneT en groene partijen (Vogelbescherming Nederland, Zoogdiervereniging en de Natuur en Milieufederaties) hebben de afgelopen jaren samengewerkt aan het traject Natuurinclusieve Energietransitie voor wind en hoogspanning op land (NIEWHOL). Het onderzoek is gericht om negatieve effecten op vogels en vleermuizen te beperken.

4 Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de vragen geprioriteerd waarvan beantwoording urgent is voor een ecologisch verantwoorde uitvoering van de energietransitie. De selectie en prioritering van vragen vloeit voort uit de vorige twee hoofdstukken, dat een overzicht geeft van kennisvragen (hoofdstuk 2) en van de kennis die wordt ontwikkeld binnen lopende projecten (hoofdstuk 3). Het advies is om te focussen op drie clusters. Ten eerste op een aantal vragen van het cluster Temperatuur en zon, dit betekent nieuwe projecten initiëren en lopende projecten met elkaar verbinden. Ten tweede zijn alle vragen uit het cluster Cumulatieve effecten van belang om onderzoek op te starten. Als laatste is het nodig om goede voorbeelden te verzamelen om de vragen uit het cluster Mitigatie en Synergie te illustreren en zo meer te kunnen verwerken in de praktijk. Goede voorbeelden kunnen ook in pilots worden getest.

De keuze is gebaseerd op het feit dat de vragen binnen deze clusters veel impact kunnen hebben op de ecologie en vooral direct gerelateerd zijn aan de energietransitie. Verder is ons advies om te zorgen voor goede organisatie van de uitvoering van de onderzoeksagenda. De organisatie dient te staan voor i) het initiëren van nieuw onderzoek, ii) een goede uitwisseling tussen lopende projecten en iii) een goede en snelle kennisdoorstroming naar de praktijk. In dit hoofdstuk noemen we de uitvoering van de onderzoeksagenda; het kennisspoor energietransitie en ecologie op land.

4.1 Prioritering per cluster

In hoofdstuk 2 worden alle vragen benoemd en genummerd per cluster. De eerste kolom in de tabellen hieronder verwijzen naar de genummerde vraag. De uiteindelijke prioriteit geeft aan hoe belangrijk het is deze vraag als nieuw onderzoek op te nemen in het kennisspoor 'energietransitie en ecologie op land'.

Systematiek prioritering:

- ecologische impact: het gaat hierbij om een inschatting van de potentiële risicovolle impact. De omvang van de ecologische impact staat centraal in deze onderzoeksagenda dus het blijft een eerste inschatting. Schaal: ++ (groot), + (medium) of – (klein)
- lopend onderzoek: gebaseerd op de gevonden informatie in Hoofdstuk 3, geven we aan of dit veel (+) of weinig (-) is. De inschatting vergelijkt dan de hoeveelheid projecten per techniek en geeft geen oordeel of dit voldoende is.
- vergunningverlening: hier wordt aangegeven of deze vraag een knelpunt is bij het opstellen van vergunningen. Ja: + en nee -:
- voorlopig eindoordeel: oranje = van belang voor energietransitie, door grote ecologische impact.

4.1.1 Cluster Temperatuur en zon

	Techniek	Korte herhaling van de vraag	Relevante kennis in programma's (H3)	Ecologische impact	Lopend onderzoek	Vergunningen	
1	Zon op Land	Impact op bodemvocht	3.2 Er lopen verschillende projecten (Sunbiose, Biodiv in zonneparken) die de bodemkwaliteit beschouwen. Bodemvocht zou hier een onderdeel van moeten zijn.	++	+	+	
2	Zon op Water	Impact voedselweb	3.3 Er lopen projecten en er zijn er een aantal in aanvraag (NWA en Horizon).	++	+	+	
3	Zon op Water	Temperatuur, licht	3.3 Er lopen projecten maar geen metingen onder de panelen, boven het water. Ook nog geen directe koppeling met energie opbrengst van de panelen	++	-	+	
4	Aquathermie	Wat doet temperatuur met ecologie?	3.4 resultaten van WarmingUp in het advies voor een Landelijk monitoringsprogramma.	+	+	+	
5	HTO/Geothermie	Effecten hoge temperatuur op kwaliteit	3.6 Er is veel onderzoek gedaan naar impact temperatuur op bacteriën alleen verwacht bij incidenten. De kans op een dergelijk incident wordt nu onderzocht.	-	+	-	
6	HTO/Geothermie	Effecten T op bodemleven	3.6 Er wordt niet gekeken naar effect van HTO op bodemleven. Impact op bacteriën alleen verwacht bij incidenten en booractiviteiten.	-	-	-	
7	WKO	Warmt de bodem op?	3.6 onderzoek wijst uit dat dit geen issue is. zie eindrapportage WarmingUp onderdeel bodem. Cumulatieve effecten van grootschalige WKO is niet bekeken.	-	+	-	

4.1.2 Cluster Geluid en elektromagnetisch veld

	Techniek	Vraag	Relevante kennis in programma's (H3)	Ecologische impact	Lopend onderzoek	Vergunningen	
1	Wind op Land	vleermuizen	3.1 belegd in programma NIEWHOL	++	+	+	
2	Wind op Land	Minder gunstig habitat voor alle fauna (incl. vogels)	3.1 belegd in programma NIEWHOL voor een soortgroep	++	+	-	
3	Zon op Water	Impact op onderwater leven	3.3 niet belegd in een van de lopende of aangevraagde projecten. Wel meer onderzoek beschikbaar vanuit het mariene milieu	-	-	-	

4.1.3 Cluster Emissies van stoffen

Onderzoek naar de omvang van de emissie is van belang om risico's voor bodem- en waterkwaliteit te kunnen bepalen. In Nederland heeft het RIVM de taak om emissies in kaart te brengen en te rapporteren in de EmissieRegistratie. Onderzoek naar nieuwe bronnen van emissies dient het RIVM t.b.v. de EmissieRegistratie ook te doen en indien relevant op te nemen in de jaarlijkse rapportages van alle emissies naar lucht, water en bodem. De ecologische gevolgen van emissies van chemische stoffen zijn afhankelijk van de stofeigenschappen, de optelsom van alle emissiebronnen, en het water of bodem waar de stof in terecht komt. Het onderzoek naar gevolgen van chemische stoffen in bodem en water het eco-toxicologie en wordt gedaan door verschillende onderzoeksorganisaties, o.a. RIVM, NIOO-KNAW, CLM, WUR, Deltares etc.

	Techniek	Vraag	Relevante kennis in programma's (H3)	Ecologische impact	Lopend onderzoek	vergunningen	
1	Wind op Land	Emissie van bladen	3.1 Er loopt veel onderzoek bij RIVM. Ook Emissie Registratie heeft hier aandacht voor	-	-	-	
2	Zon op land en water	Emissies van stellages	3.2 RIVM onderzoek	-	-	+	
3	Zon op land en water	Emissies afstromend regenwater		-	-	-	
4	Zon op land en water	Microplastics	3.1 geen bekend onderzoek. Mogelijk wel door producenten van de drijvers, drinkwaterbedrijven of internationaal	-	-	-	
5	Aquathermie	Gebiedsvreemd water	3.4 dit komt niet vaak voor en moet project specifiek bekeken worden	-	-	-	
6	Geothermie en bodemenergie	Lekkage koelvloeistoffen en bacteriën	3.5 lopend onderzoek	-	-	-	
7	Geothermie	Lekkage op grondwaterkwaliteit aquifers	3.5 lopend onderzoek	-	-	-	

4.1.4

Cluster Cumulatieve effecten

	Techniek	Vraag	Relevante kennis in programma's (H3)	Ecologische impact	Lopend onderzoek	vergunningen	
1	Wind en zon op land	Meerdere parken	3.1 en 3.2 NIEWHOL doet een eerste onderzoek naar dit fenomeen voor windparken	++	+	-	
2	Wind en zon op land	Combi van wind en zon	3.1 en 3.2 Geen onderzoek naar deze vraag	++	-	+	
3	Aquathermie	Warmte budget van watersysteem. Beoordeling van warmtebudget bij gebruik van meerdere installaties over grenzen van beheerders heen	3.4 Geen onderzoek	-	-	-	
4	HTO	Warmtebudget	Geen onderzoek naar cumulatieve effecten	-	-	-	
5	Transport van energie	Opwarmen bodem en impact op bodemleven	3.7 Geen onderzoek naar cumulatieve effecten	+	-	-	
6	Uitbreiding hoogspanningskabels	Impact op vogels	3.1 en 3.2 NIEWHOL doet hier een eerste onderzoek naar	+	-	-	

4.1.5 Cluster Mitigatie en synergie

	Techniek	Vraag	Relevante kennis in programma's (H3)	Ecologische impact	Lopend onderzoek	vergunningen	
1	Wind op land	Vogelvriendelijke maatregelen	Er wordt onderzoek gedaan naar bepaald maatregelen maar nog niet naar alternatieven	++	+	+	
2	Zon op land	Synergie tussen biodiversiteit en zonneparken	3.2 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.	++	++	-	
3	Zon op land	Handhaving 'groene plannen'	Zie vraag 2	++	+	-	
4	Zon op water	Effectiviteit mitigerende maatregelen	3.3 veel potentiële maatregelen zijn bekend (Plan Buitendijk of inventarisatie BuWa) maar nog niet uitgetoet bij zonneparken	++	-	+	
5	Aquathermie	Synergie met algenoverlast	3.4 in het Sloterplas project wordt gekeken naar effecten van filters	+	-	-	
6	Calamiteiten bij alle technieken	Protocollen	Nauwelijks	?	-	?	
7	Synergie	Welke functies zijn geschikt om samen op te pakken? Meervoudige ruimtegebruik	3.3 zoals AgriPV of Plan Buitendijk	++	-	-	

4.2 Een kennisspoor energietransitie en impact op ecologie

Het advies is om nieuw onderzoek op te starten maar ook om lopende onderzoeksprojecten met elkaar te verbinden. Welk nieuw onderzoek dat moet zijn, wordt hieronder toegelicht. In veel interviews kwam naar voren dat de doorwerking naar de praktijk nog niet altijd heel goed is. Dan is de kennis er wel maar wordt het niet gebruikt. Om de verbinding van nieuw en lopend onderzoek en de doorwerking van resultaten naar de praktijk te bereiken, is de aanbeveling een kennisspoor energietransitie en ecologie op land te starten. We zien een aantal belangrijke elementen voor zo'n kennisspoor, hieronder gerangschikt in drie categorieën :

1. Organisatorisch;
 - Benoemen van kennismanager c.q. verantwoordelijke voor de organisatie en het aanjagen van uitvoering van het kennisspoor.
 - Betrekken van verschillende partijen in energietransitie. We denken aan overheden (vergunningen, beleid en beheer), industrie (uitvoering en innovatie), natuur en terreinbeheerders, kennis en onderwijs.
2. Kennisdisseminatie;
 - Beschikbare kennis delen, van elkaar leren staat centraal

- Kennisdoorstroming naar praktijk versnellen/mogelijk maken. Dit kan door beschikbare kennis om te zetten naar praktische handvatten of richtlijnen, standaardisatie en handreikingen
3. Kennisontwikkeling;
- Pilots starten
 - Nieuwe kennis ontwikkeling in gezamenlijkheid uitvoeren.

Voor de vragen in de tabellen uit hoofdstuk 4.1 is hieronder aangegeven wat voor type onderzoek nodig is om de vraag te beantwoorden. Daarbij hanteren we vier vormen van onderzoek: literatuurstudies, data en informatie ophalen bij eerdere projecten (om zodoende opvolging/opschaling te kunnen geven aan goede voorbeelden), monitoring en modellering.

Cluster Temperatuur & zon	Techniek	Korte herhaling van de vraag	Aanbeveling	Type onderzoek
1	Zon op Land	Impact op bodemvocht	Verbinding van resultaten Op dit moment vindt dat plaats door o.a. RWS	Literatuurstudie naar effecten beschaduwning op bodemvocht en verlies aan habitat en de gevolgen voor bodemleven en vegetatie
2	Zon op Water	Impact voedselweb	Aanvullend onderzoek alleen nodig indien projecten niet toegekend worden. Wel noodzaak voor verbinding en doorstroming van de projecten -> er is geen programma	Monitoring uitvoeren, anders dan tot nu toe uitgevoerd wordt. Dit betekent dat o.a. primaire productie gemeten moet worden.
3	Zon op Water	Temperatuur, licht	Met name metingen zijn nodig om modellen te valideren. Belangrijk om uitspraak te kunnen doen over impact op ecologie, stratificatie en verdamping.	Monitoring in drijvende zonneparken naar temperatuur en licht.
4	Aquathermie	Wat doet temperatuur met ecologie?	Er ligt een advies voor een Landelijk monitoringsplan. Aansluiten bij Roadmap voor Aquathermie	Monitoren t.b.v. watersysteem analyse, in ieder geval: water- en stoffenbalans, primaire productie.
6	HTO/Geothermie	Effecten T op bodemleven	Puur gebaseerd op HTO zijn effecten verwaarloosbaar. Komt wel terug bij cluster cumulatieve effecten.	1 Data ophalen uit projecten 2 Literatuuronderzoek (cumulatieve) temperatuur effecten

Cluster Geluid & elektro-magnetisch veld	Techniek	Vraag	Aanbeveling	Type onderzoek
1	Wind op Land	vleermuizen	Uitbreiding lopend onderzoek (NIEWHOL)	-
2	Wind op Land	Minder gunstig habitat	Dit kan meegenomen worden bij cumulatieve effecten	Zie cluster Cumulatieve effecten
3	Zon op Water	Impact op onderwater leven door elektro magnetisch veld	Betrek resultaten mariene milieu	literatuurverkenning over mogelijke omvang van dit probleem

Cluster emissies stoffen	Techniek	Vraag	Aanbeveling	Type onderzoek
1	Wind op Land	Emissie van bladen	Hoewel belangrijk de emissie te onderzoeken kan de link met ecologie niet direct gelegd worden	Er is literatuur aanwezig. Deze bron moet meegenomen worden in Emissieregistratie literatuurstudie
2	Zon op land en water	Emissies van stellages	Idem vraag 1	Start met literatuurstudie Raadpleeg monitoring van Evides in drinkwater reservoirs
3	Zon op land en water	Emissies afstromend regenwater	Idem vraag 1	Start met literatuurstudie
4	Zon op land en water	Microplastics	Van belang voor circulariteit en waterkwaliteit	Start met literatuurstudie
5	Aquathermie	Gebiedsvreemd water	Kan lokaal spelen. Resultaten Waternet in Sloterplas afwachten	

Cluster Cumulatieve effecten	Techniek	Vraag	Aanbeveling	Type onderzoek
1	Wind en zon op land	Meerdere parken		Monitoring fauna
2	Wind en zon op land	Combi van wind en zon		Monitoring fauna
3	Aquathermie	Warmte budget van watersysteem	Meerdere regio's doen onderzoek naar verdeling van beschikbaar potentieel. Een algemeen kader voor deze ontwikkeling is aanbevolen.	Modellering
4	Transport van energie	Opwarmen bodem en impact op bodemleven en het effect van de opwarming.		1 literatuurstudie 2 Monitoring
5	HTO	Warmtebudget	In de praktijk in NL komt dit nog niet voor omdat er nog nagenoeg geen HTO systemen zijn. Probeer een functie te ontdekken tussen het verschil tussen het HTO systeem en de omgevingstemperatuur en eventuele impact op het grondwaterlichaam (uitgedrukt in tijdsduur)	Modellering

Cluster Mitigatie & synergie	Techniek	Vraag	Aanbeveling	Type onderzoek
1	Wind op land	Vogelvriendelijke maatregelen		In projecten uitproberen, zoals 's avonds enkel verlichting aan bij overkomende vliegtuigen.
2	Zon op land	Synergie tussen biodiversiteit en zonneparken	Voorbeeld projecten zou helpen. Of kennis verbinden met de praktijk. Geen ecologische vraag maar wel van groot belang voor de ecologie	Data ophalen
3	Zon op land	Handhaving 'groene plannen'	Geen ecologische onderzoeksvraag. Wel relevant voor de ecologie.	Aandacht geven in de betreffende fora
4	Zon op water	Effectiviteit mitigerende maatregelen		in pilots uitproberen en monitoren
5	Aquathermie	Synergie met algenoverlast	Eerst resultaten van deze proef	Data ophalen via Waternet
6	Calamiteiten bij alle technieken	Protocollen		Opzetten van strategie en protocollen
7	Synergie	Welke functies zijn geschikt om samen op te pakken? Meervoudige ruimtegebruik	Voorbeelden verzamelen	Data ophalen bij bestaande of afgeronde projecten

De meeste literatuurstudies zijn wat betreft inspanning niet groot en daarom is voorgesteld om de meeste studies al in 2024 uit te laten voeren. Een paar studies die qua prioritering laag zijn kunnen later uitgevoerd worden. Ook het ophalen van informatie of data uit projecten kan meestal snel van start gaan. In sommige gevallen moet er nog gewacht worden op resultaten, zoals het lopend onderzoek bij Evides naar uitloging van stoffen bij zon op water. Monitoring moet meerdere jaren plaats vinden. Vanwege de noodzaak om de energietransitie zo snel mogelijk te moeten uitrollen is daarom het advies om daar al in 2024 mee te starten. Bij het maken van keuzes tussen (type) onderzoeken is het advies om voorrang te geven aan de onderzoeken die de hoogste prioriteit hebben (bovenste figuur). Het nieuw te ontwikkelen onderzoek zou daarom moeten bestaan uit:

- De geprioriteerde vragen van het cluster Temperatuur en zon,
- Alle vragen uit het cluster Cumulatieve effecten.

4.3 Aanbevelingen per techniek

De aanbevelingen voor onderzoek uit paragraaf 4.2 zijn hieronder per techniek weergegeven. De tabellen geven voor elke techniek eerst aan uit welk cluster de vragen afkomstig zijn. Het onderwerp of de vraag heeft betrekking op de vraag die in die cluster en bij de desbetreffende techniek aan bod is gekomen.

Wind op land

Bij wind op land spelen zes vragen (te vinden onder vier clusters) waarvoor de aanbevelingen voor onderzoek bestaan uit monitoring en literatuurstudies.

Het advies voor de monitoring is het meest urgent en zou al in 2024 moeten plaatsvinden, ook omdat het meerdere jaren moet omvatten. De literatuurstudie naar de emissies van rotorbladen is minder urgent en hoeft daarom niet meteen in 2024 plaats te vinden.

Cluster	Onderwerp (vraag)	Advies
Geluid & elektromagnetisch veld	Vleermuizen (1)	-
	Minder gunstig habitat (2)	Monitoring (5 jaar)
Emissies van stoffen	Emissies van bladen (1)	Literatuurstudie (2025)
Cumulatieve effecten	Effecten meerdere parken (1)	Monitoring (5 jaar)
	Combi wind en zon op land (2)	Monitoring (5 jaar)
Mitigatie & synergie	Vogelvriendelijke maatregelen (1)	Zodra mogelijk

Zon op land

Net zoals bij wind op land geldt bij zon op land dat de aanbevelingen voor onderzoek bestaan uit monitoring en/of beginnen met inzichtelijk te maken welke kennis er bestaat. Afhankelijk van de urgentie kunnen sommige desk studies later plaatsvinden. Tevens is hier het advies om voor bepaalde vraagstukken data op te halen (*i.e.* leren van lopende of gelopen projecten). Bij cumulatieve effecten is vraag 2 dezelfde als die genoemd is bij wind op land en bij zon op water (hierna).

Cluster	Onderwerp (vraag)	Advies
Temperatuur & zon	Impact op bodemvocht (1)	Literatuurstudie (2024)
Emissies van stoffen	Emissies stellages (2)	Literatuurstudie (2025) + data ophalen
	Emissies regenwater (3)	Literatuurstudie (2026)
	Microplastics (4)	Literatuurstudie (2024)
Cumulatieve effecten	Effecten meerdere parken (1)	Monitoring (5 jaar)
	Combi wind en zon op land (2)	Monitoring (5 jaar)
Mitigatie & synergie	Synergie met biodiversiteit (2)	Data ophalen (2024)
	Handhaving 'groene plannen' (3)	-

Zon op water

Het advies bij zon op water bestaan ook uit het uitvoeren van monitoring en/of desk studies. Afhankelijk van de urgentie kunnen sommige desk studies later plaatsvinden.

Cluster	Onderwerp (vraag)	Advies
Temperatuur & zon	Impact op voedselweb (2)	Primaire productie meten (5 jaar)
	Temperatuur, licht (3)	Monitoring (3 jaar)
Geluid & elektromagnetisch veld	Impact op onderwater leven (3)	Literatuurstudie (2024)
Emissies van stoffen	Emissies stellages (2)	Literatuurstudie (2025) + data ophalen
	Emissies regenwater (3)	Literatuurstudie (2026)
	Microplastics (4)	Literatuurstudie (2024)
Mitigatie & synergie	Mitigerende maatregelen (4)	Zodra mogelijk

Aquathermie

Bij aquathermie wordt geadviseerd om vooral op zoek te gaan naar data uit oude projecten en het onderzoek van Waternet in Amsterdam te volgen. In WarmingUP zijn voorstellen gedaan voor monitoring in het veld, maar het is de vraag of daarmee de effecten van een veranderende temperatuur op de ecologie te bepalen zijn aangezien in het veld andere factoren ook meespelen en er veel variatie is tussen jaren.

Cluster	Onderwerp (vraag)	Advies
Temperatuur & zon	Effecten temperatuur op ecologie (4)	Monitoring WarmingUp opvolgen
Emissies van stoffen	Effecten gebiedsvreemd water (5)	Data ophalen (2025)
Cumulatieve effecten	Warmte budget (3)	-
Mitigatie & synergie	Maatregel tegen algenoverlast (5)	Onderzoek Waternet afwachten

Geothermie

Bij geothermie werden door de experts niet veel effecten op ecologie verwacht en daarom is er ook geen voorstellen voor monitoring van de vraagstukken. Het advies is lopend onderzoek te volgen en data verzamelen uit eerdere projecten (inclusief een deskstudie uitvoeren naar welke kennis al bekend is bij vraag 6).

Cluster	Onderwerp (vraag)	Advies
Temperatuur & zon	Effecten temperatuur op bodemleven (6)	Data ophalen + literatuurstudie
Emissies van stoffen	Lekkage koelvloeistoffen en bacteriën (6)	Lopend onderzoek afwachten
	Lekkage op aquifers (7)	Lopend onderzoek afwachten

WKO, HTO, MTO

Net zoals bij geothermie worden er geen (grote) effecten op ecologie verwacht bij deze vormen van warmteopslag. Het advies is daarom gelijk aan die bij geothermie.

Cluster	Onderwerp (vraag)	Advies
Temperatuur & zon (HTO)	Effecten temperatuur op bodemleven (6)	Data ophalen + literatuurstudie
Cumulatieve effecten (HTO)	Warmte budget (4)	-

Transport

Voor onderzoek naar effecten van opwarming van de bodem op het leven in de bodem wordt voorgesteld om een combinatie van monitoring en een literatuurstudie uit te voeren. Deze combinatie is nodig omdat de bodem verschillend kan zijn, afhankelijk van de regio (bijvoorbeeld westen van Nederland versus hoge zandgronden in oosten) en de diversiteit van organismen groot is en ook per bodemtype anders is. Eén of twee monitoringsprojecten kunnen dat niet allemaal omvatten en dus moet er ook gekeken worden welke kennis al bestaat. Deze desk studie zou idealiter voor de monitoring moeten plaatsvinden om zodoende meer richting aan de monitoring te kunnen geven

Cluster	Onderwerp (vraag)	Advies
Cumulatieve effecten	Opwarmen bodem (5)	Literatuurstudie (2024) + monitoring (3 jaar)
	Impact op vogels door uitbreiding hoogspanningskabels (6)	NIEWHOL resultaten afwachten

5 Referenties

Harezlak, V, E. Penning en I. de Groot-Wallast, Opzet landelijk monitoringsprogramma 11206845-000-BGS-0005, augustus 2021

Kallesøe, A.J. & Vangkilde-Pedersen, T. (eds). 2019: Underground Thermal Energy Storage (UTES) – state-of-the-art, example cases and lessons learned. HEATSTORE project report, GEOTHERMICA – ERA NET Cofund Geothermal. 130 pp + appendices.

LEVE (2020) Energie: waar het vandaan komt en naartoe gaat. Whitepaper #2.

Oerlemans, P.J.A. & Drijver, B. 2021: Effects of HT-ATES on the subsurface - the NIOO case study, GEOTHERMICA – ERA NET Cofund Geothermal. 78 pp

Rho Adviseurs (2020) Praktijkervaring energie en natuur. Presentatie in opdracht van PBL. Productnummer 5167.

A Bijlage I: de interviews

Namen van de 10 organisaties en vragen

Met de volgende organisaties hebben interviews plaatsgevonden:

- COB
- KWR/TU Delft
- Ministerie I&W
- Ministerie EZK
- Ministerie LNV
- Rijkswaterstaat
- WUR
- NIOO-KNAW

Met sommige organisaties is met meerdere personen gesproken afhankelijk van het type energieoplossing. Met Rijkswaterstaat bijvoorbeeld is gesproken over zon op water, zon op land, wind op land en aquathermie. In totaal zijn er 10 interviews geweest.

Deelnemers aan de interviews hebben van tevoren de volgende vragen ontvangen als inleiding. De vragen zijn niet strikt in de interviews gevolgd maar dienden om duidelijk te maken wat voor gesprek we wilden hebben. Hieronder de vragen:

Type duurzame energieoplossing:

Choose an item.

Vragen in het algemeen

1. Zijn er vragen en/of zorgen over effecten van de, door u hierboven gekozen, energieoplossing op ecologie en natuur?
 - a. Zo nee, waarom niet?
 - b. Zo ja, kunt u dan hieronder verder gaan?

Vragen wet -en regelgeving

2. Leven er vragen rondom wet -en regelgeving voor natuur in het kader van de, door u hierboven gekozen, energieoplossing?
3. Zo ja, kunt u deze omschrijven?

Vragen over impact op ecologie

4. In welk stadium verwacht u effecten van de, door u hierboven gekozen, energieoplossing?
 - Normaal gebruik
 - Calamiteiten
 - Aanleg
 - Weghalen
5. Weet u of er vragen zijn voor de hierboven genoemde stadia bij stakeholders rondom de, door u gekozen, energieoplossing?
6. Zo ja, kunt u deze omschrijven?

Vragen over impact op het landschap

7. Welke vragen rondom de impact van de, door u gekozen, duurzame energieoplossing op het landschap leven er?
8. Van wie komen deze vragen?

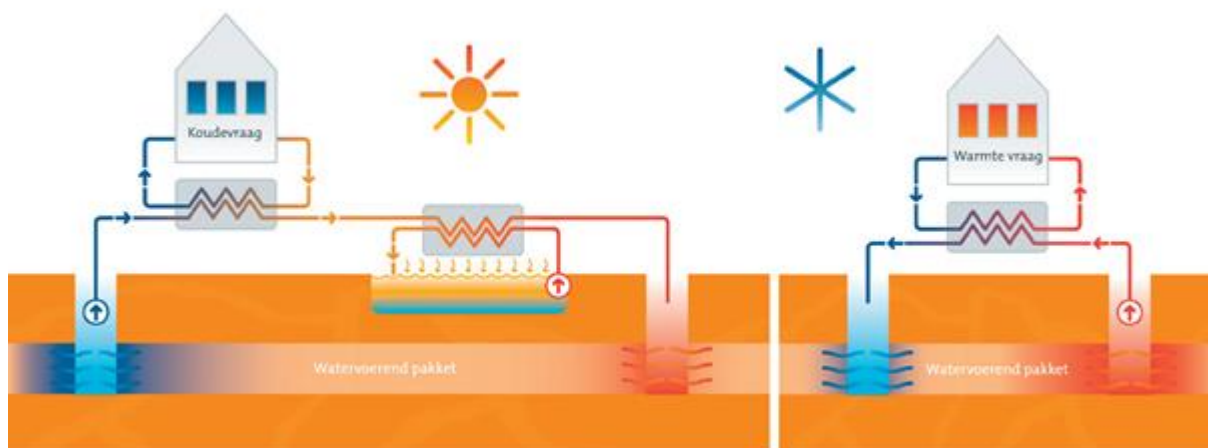
Initiatieven en lopende projecten

9. Weet u of er momenteel projecten lopen in het kader van de, door u hierboven gekozen, energieoplossing en waarin ook gekeken wordt naar ecologie?
10. Weet u welke projecten er in hebben gelopen in het kader van de, door u hierboven gekozen, energieoplossing en waarin ook gekeken werd naar ecologie?
11. Weet u of er initiatieven lopen voor nieuwe projecten in het kader van de, door u hierboven gekozen, energieoplossing waarin ook gekeken zal worden naar ecologie?

B Bijlage II: uitleg energiesystemen

Aquathermie

Aquathermie is het verwarmen en koelen van gebouwen door het gebruik van warmte en koude uit oppervlaktewater (TEO; Thermische energie oppervlaktewater), afvalwater (TEA) of drinkwater (TED). De warmte uit het water wordt als dat nodig is opgeslagen in de bodem (gebruikmakend van een WKO systeem) en daarna opgewaardeerd met een warmtepomp. Dat kan centraal met een collectieve warmtepomp, of met een warmtepomp per gebouw. Er is een warmtenet nodig dat koud, lauw of warm water naar de gebouwen transporteert. De financiële en technische haalbaarheid van een warmtenet met aquathermie hangt af van de nabijheid en de omvang van de warmtebron, de noodzaak en mogelijkheden van warmteopslag, de bebouwingsdichtheid en de mate van isolatie van de gebouwen. Toepassing van aquathermie zien we dan ook vooral in de buurt van een warmtebron waar warmteopslag in bodem mogelijk is en in bebouwd gebied.

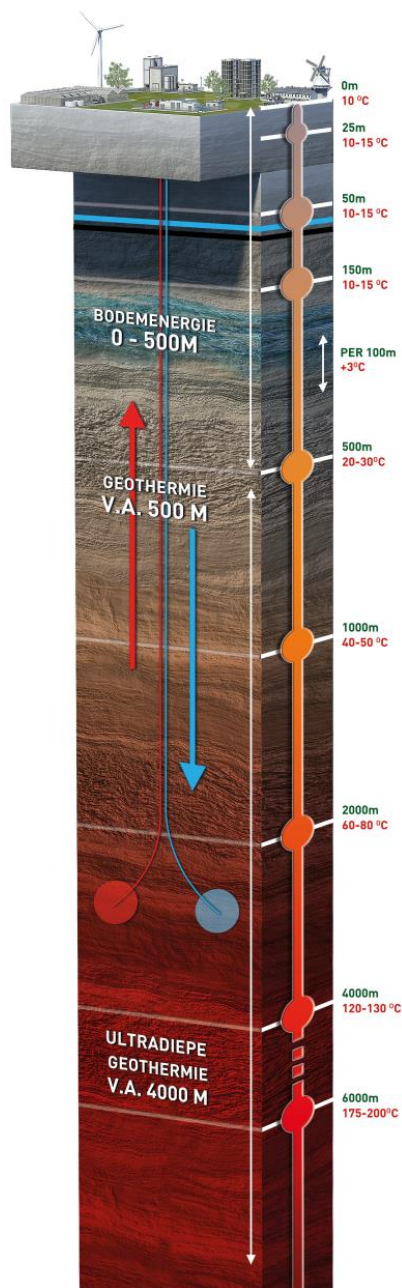


Figuur 2 : schema van aquathermie met oppervlaktewater. Links de zomersituatie, rechts de wintersituatie. Plaatje van de website van ECW; Expertise Centrum Warmte.

Geothermie

Geothermie (Figuur 3) maakt gebruik van warm water dat zich in de aardlagen in de ondergrond bevindt op een diepte van 500m tot 4km. Het gebruik van diepere geothermie (>4km), ook wel ultra diepe geothermie, wordt in Nederland nog niet toegepast, maar de potentie hiervan wordt onderzocht. Geothermie is een hernieuwbare bron van warmte, omdat de warmte die wordt onttrokken op een natuurlijke manier wordt aangevuld vanuit het binnenste van onze Aarde.

De geothermie installatie pompt dit warme water omhoog, gaat langs een warmtewisselaar en wordt vervolgens weer terug de grond in gepompt in dezelfde aardlaag. De warmte die uit het warme geothermiewater is gehaald wordt via het warmtenet gedistribueerd naar omliggende huizen, gebouwen en tuinbouwkassen (en eventueel industrie). Geothermie is daarmee een van de warmtebronnen voor een collectief systeem zoals een warmtenet onder andere voor tuinders of in de gebouwde omgeving.



Figuur 3 Illustratie van Geothermie Nederland, een brancheorganisatie.

Bodemenergie: Warmte Koude Opslag (WKO)

Bodemenergiesystemen (ook wel Warmte-Koude-Opslag of WKO) maken gebruik van de warmte en koude van de ondiepe ondergrond tot maximaal 500m diepte. Deze techniek heeft als voordeel dat er naast warmteopslag ook koude kan worden gewonnen uit de bodem die kan worden ingezet voor koeling van bijvoorbeeld gebouwen. WKO-systemen zijn een typisch voorbeeld van seizoensopslag waarbij warmte voor langere periodes (circa 6 maanden) kan worden opgeslagen tot een maximale temperatuur van 25 graden Celsius. Deze systemen worden (vaak) toegepast in collectieve systemen zoals een warmtenet.

Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen open en gesloten WKO-systemen. Een open WKO systeem maakt gebruik van de warmte en koude die van nature aanwezig is in de bodem en het grondwater. Bij deze bodemenergiesystemen worden onttrekkings- en infiltratiebronnen aangelegd.

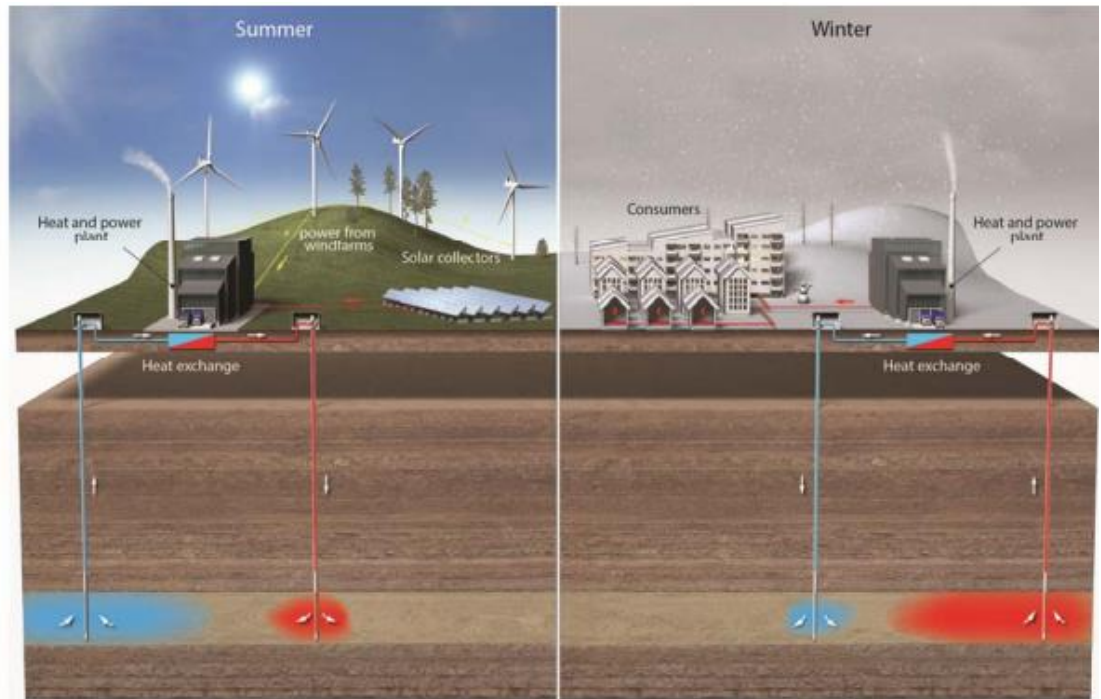
Deze bronnen kunnen worden omgedraaid (dus onttrekkingsbron wordt infiltratiebron en vice versa) wanneer het seizoen verandert. In de zomer is er namelijk meer koudevraag. De koude wordt dan geleverd vanuit de ondergrond en tegelijkertijd wordt er warmte opgeslagen in de ondiepe ondergrond. In de winter is er meer warmtevraag. De opgeslagen warmte vanuit de zomer wordt dan weer omhoog gepompt en kouder grondwater wordt weer geretourneerd. Een gesloten WKO systeem heeft geen directe uitwisseling van warmte (in het grondwater). Gesloten systemen maken gebruik buizen waardoor een vloeistof, vaak met toegevoegde antivriesmiddelen, stroomt. De vloeistof in de buizen wordt indirect opgewarmd of afgekoeld door de temperatuur van de ondiepe ondergrond zelf. In de zomer kan er warmte worden opgeslagen in de ondergrond door de ondergrond indirect op te warmen. In de winter koelt de ondergrond dan weer geleidelijk af omdat de warmte wordt gebruikt voor verwarming van bijvoorbeeld de gebouwen aan het oppervlak.

Bodemenergie: HTO (hoge Temperatuur Opslag) en MTO (Midden Temperatuur Opslag)

MTO en HTO-installaties bouwen voort op de open WKO-systemen. Warmte wordt ook opgeslagen in de aardlagen in de ondergrond. Echter de temperatuur ranges van MTO en HTO zijn hoger, namelijk voor MTO wordt warmte van 25-60 graden en voor HTO is dat 60-90 graden Celsius. Ook MTO en HTO zijn typische voorbeelden van seizoensopslag voor collectieve systemen waarmee de warmtevraag in de winter (grotendeels) kan worden opgevangen.

Het MTO/HTO-systeem bestaat uit een productie- en injectieput waarmee er grondwater opgepompt en geïnjecteerd kan worden. Beide putten kunnen worden omgedraaid zodat vraag en aanbod van warmte gematcht kunnen worden. Een overschot aan warmte (bijvoorbeeld van restwarmte, geothermie of zonnecollectoren) kan in de zomer worden opgeslagen in een watervoerende aardlaag in de ondergrond. Grondwater afkomstig uit een specifieke watervoerende aardlaag wordt omhoog gepompt en opgewarmd via een warmtewisselaars om vervolgens warmer in dezelfde watervoerende laag in de ondergrond te pompen. In de winter, wanneer er veel warmtevraag is, kan deze warmte worden opgepompt om te gebruiken voor de verwarming van bijvoorbeeld huizen of kassen.

Een voorbeeld van een HTO-installatie in Nederland is te vinden bij ECW Middenmeer. Deze demonstratie is uitgevoerd in het kader van HEATSTORE en slaat overtollige warmte afkomstig van meerdere geothermiebronnen op in een watervoerende laag op een diepte van ~360m. De warmte wordt vervolgens gebruikt in het lokale warmtenet dat is gekoppeld aan meerdere kassen.



Figuur 4 Schematisch voorbeeld HTO systeem. In de zomer wordt bijvoorbeeld via zonnecollectoren overtollige warmte toegevoegd aan een watervoerende laag. De warmte wordt vervolgens opgeslagen voor de winterperiode, waarna deze wordt gebruikt in het stadsverwarmingsnet (bron: Kallesøe, A.J. & Vangkilde-Pedersen, T. (2019)).

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl