



Op weg naar een energieneutraal Hoogheemraadschap van Rijnland in 2025

Inzicht in de opgave



CE Delft

Committed to the Environment

Op weg naar een energieneutraal Hoogheemraadschap van Rijnland 2025

Inzicht in de opgave

Dit rapport is geschreven door:

Maarten Afman

Lonneke Wielders

Thijs Scholten

Delft, CE Delft, oktober 2017

Publicatienummer: 17.3N01.156

Energievoorziening / Energiebeleid / Vraag / Productie / Waterschappen / Lokaal / Analyse

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap van Rijnland

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Lonneke Wielders.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al ruim 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Doel en onderzoeksvragen	4
1.3	Onderzoekopzet	5
1.4	Leeswijzer	5
2	Beleidscontext energieneutraal	6
2.1	Inleiding	6
2.2	Mondiale en Europese afspraken en verplichtingen	6
2.3	Nederlandse afspraken en verplichtingen	7
2.4	Verschillende definities van Energieneutraal en klimaatneutraal	8
2.5	Beleid van waterschappen, gemeenten en partners	10
2.6	Beleid van het Hoogheemraadschap van Rijnland	12
2.7	Afbakening	13
2.8	Rekenregels en systematiek EEP	15
3	Ontwikkeling energieverbruik en energieproductie	17
3.1	Inleiding	17
3.2	Energiegebruik Hoogheemraadschap	17
3.3	Historische ontwikkeling vanaf 2005	18
3.4	Prognose ontwikkeling tot 2020	21
3.5	Prognose ontwikkeling na 2020	24
4	Aanvullende maatregelen naar energieneutraal	26
4.1	Inleiding	26
4.2	Besparingsmogelijkheden en energie-efficiency	26
4.3	Ruimtebeslag	27
4.4	Mogelijke maatregelen - duurzame opwekking	28
4.5	Zonne-energie (zon-PV)	30
4.6	Windenergie	33
4.7	Waterkracht	36
4.8	Blue energy	38
4.9	WKO en geothermie	39
4.10	Warmte uit afvalwater (TEA)	41
4.11	Warmte uit oppervlaktewater (TEO), <i>smart polder</i>	44
4.12	Biogas en WKK (optimalisatie)	47
4.13	Maaisel en gewassen	49
5	Conclusies en aanbevelingen	52
5.1	Conclusies	52
5.2	Aanbevelingen	53
5.3	Tot slot	53
	Bibliografie	54
Bijlage A	Omrekenfactoren	60



Bijlage B	Definities	61
B.1	Energie-efficiency	61
B.2	Soorten van maatregelen in de MJA/EEP	62
Bijlage C	Ambities omliggende waterschappen	63
Bijlage D	Zon-PV	65
D.1	Kostenontwikkeling	65
D.2	Zonopbrengst	66
Bijlage E	Wind	67
E.1	Kostenontwikkeling	67
E.2	Windsnelheden op 100 meter hoogte	68
E.3	Windsnelheden op 10 meter hoogte	68
E.4	Windmolenrisicokaart voor vogels	70
Bijlage F	Energie uit water	71
F.1	Warmte en koude uit waterlopen, (diepe) plassen en bij kunstwerken	71
F.2	Warmte-Koudewinning uit oppervlaktewater bij gemalen in combinatie met WKO	72

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het voorjaar van 2017 heeft het Dagelijks Bestuur van het Hoogheemraadschap van Rijnland besloten om te streven naar energieneutraliteit in 2025. Voor het bereiken van dit doel moet er verder ingezet worden op energiebesparing en duurzame energieproductie. Het Hoogheemraadschap heeft haar eerder gestelde doelen voor 2021 (30% hogere energie-efficiency¹ tussen 2005 en 2021, en de opwekking van 30% hernieuwbare energie in 2021), in 2016 gehaald mede dankzij genomen maatregelen en de energiedebits van HVC. De VV heeft in de vergadering van maart 2017 besloten om per 2019 elektriciteit van Nederlandse wind in te kopen, waarmee aan het derde gestelde doel (30% CO₂-reductie per 2021) voldaan zal worden.

In maart 2018 zal het Algemeen Bestuur besluiten:

1. Of het haalbaar is om in 2025 energieneutraal te zijn.
2. Welke maatregelen hiervoor nodig zijn.
3. Wat kosten van die maatregelen zijn.

Budgetvastlegging zal pas later volgen.

Om het Algemeen Bestuur te ondersteunen in dit besluitvormingsproces is er een proces gestart waarin de volgende fasen worden doorlopen: Beeldvorming, Opinievorming en Besluitvorming (conform het BOB-model).

Dit rapport heeft als doel om bij te dragen aan de beeldvormende fase. In dit rapport geven we feitenmateriaal over de energiebesparing en duurzame energieopwekking sinds 2005, de effecten van de vastgestelde en voor- genomen (EEP-)maatregelen tot 2020 en de omvang en mogelijke invulling van de resterende opgave naar energieneutraal in 2025.

1.2 Doel en onderzoeksvragen

Zoals aangegeven richt dit rapport zich op de beeldvormende fase. Het doel is om het bestuur te voorzien van het zogenaamde ‘feitenmateriaal’ dat het kan gebruiken in het besluitvormingsproces.

Dit feitenmateriaal bestaat uit:

1. Het speelveld (geldende regels).
2. Huidige situatie en autonome ontwikkeling ten aanzien van energiegebruik.
3. Opgave energieneutraliteit.

In dit rapport geven we antwoord op de volgende onderzoeksvragen:

- 1a. Wat zijn de landelijke afspraken, de (wettelijke) verplichtingen?
- 1b. Welke definities van ‘energie-neutraal’ zijn mogelijk?
- 1c. Wat is de systematiek en regelgeving binnen de EEP-afspraken, en welke ontwikkelingen zijn er op dat vlak?
- 1d. Wat doen de bureaus (waterschappen, andere overheden, andere partners)?

¹ Zie definitie van energie-efficiency in Bijlage B.

- 2a. Wat is het energieverbruik, de besparing en opwekking (2005-nu)?
- 2b. Wat is de prognose van het energieverbruik, de besparing en de opwekking richting 2025, op basis van de maatregelen die zijn afgesproken?
- 2c. Wat zijn de (investerings-)kosten, de financiële opbrengsten en de CO₂-winst van de reeds gerealiseerde besparingen en opwekking?
- 3a. Welke extra besparingen zijn nog mogelijk ten opzichte van de autonome ontwikkeling? (Wat is de vermoedelijke ondergrens van het energieverbruik in 2025?)
- 3b. Wat is er aanvullend nodig om tot energieneutraliteit te komen in 2025?

Daarnaast wil het Hoogheemraadschap graag in beeld hebben wat de aanvullende kansen en maatregelen voor besparing en opwekking kunnen zijn in de periode tot 2025. Deze kunnen in de opiniefase nog verder aangevuld en uitgewerkt worden.

1.3 Onderzoeksopzet

We baseren ons in het onderzoek voornamelijk op cijfers en rapporten die door het Hoogheemraadschap zelf zijn verstrekt; zoals het historische energieverbruik en energieproductie en de EEP-maatregelen met de bijbehorende inschattingen voor energiebesparing en -productie, waar binnen het Hoogheemraadschap ook veel kennis over is.

Hierbij hanteren wij een methodiek die aansluit bij de Klimaatmonitor van de Waterschappen.

Dat wil zeggen dat we rapporteren in *primaire energie* in TJ en de productie van hernieuwbare energie door het HVC op basis van het aandeelhouderschap van het Hoogheemraadschap mag evenredig meetellen voor de energieopgave van het Hoogheemraadschap. Rekenen in primaire energie heeft als voordeel dat verschillende soorten energie (b.v. warmte en elektriciteit) met elkaar vergeleken kunnen worden. De omrekenfactoren zijn opgenomen in Bijlage A.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgezet:

- Hoofdstuk 2: Beleidscontext energieneutraal;
- Hoofdstuk 3: Ontwikkeling energieverbruik en energieproductie;
- Hoofdstuk 4: Aanvullende maatregelen naar energieneutraal;
- Hoofdstuk 5: Conclusies en aanbevelingen.

2 Beleidscontext energieneutraal

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk geven we de beleidscontext rond het onderwerp ‘energieneutraal’. Dit doen we aan de hand van drie onderwerpen:

- Een beknopt overzicht van de internationale, nationale en sectorale doelstellingen over klimaat en energie en de hieruit voortvloeiende afspraken en verplichtingen.
- Beleid van Hoogheemraadschap van Rijnland, partners, en andere waterschappen. We schetsen hoe andere overheden en partners aan de begrippen energieneutraal en klimaatneutraal invulling geven. En wat zijn de besluiten die Rijnland zelf al genomen heeft?
- Definities, rekenregels en afbakening. Van belang is verder een inzicht in de mogelijke verschillende mogelijke definities van energieneutraal en klimaatneutraal met de bijbehorende afbakening.

2.2 Mondiale en Europese afspraken en verplichtingen

Internationaal is er al geruime tijd veel aandacht voor het klimaat- en energie-vraagstuk. In deze alinea schetsen we de mondiale en Europese context.

In 2015 is door 195 landen het **Klimaatakkoord van Parijs** gesloten. Dit is een mijlpaal omdat dit de eerste keer was dat een klimaatconferentie heeft geleid tot een wettelijk bindende, mondiale en universele overeenkomst om klimaatverandering tegen te gaan.

In het klimaatakkoord van Parijs is afgesproken dat alle landen verplicht zijn om maatregelen te treffen om de uitstoot van broeikasgassen (CO₂ en andere broeikasgassen) snel te verminderen, zodat de opwarming van de aarde beperkt blijft tot minder dan twee graden, waarbij de ambitie is om de opwerking beperkt te houden tot maximaal 1,5 graad.

Het klimaatakkoord is een aanscherping van het eerdere Kyoto-verdrag. Het Kyoto-akkoord is destijds wel door Nederland en de Europese Unie ondertekend maar niet door belangrijke emitters zoals de VS en China waardoor de werking beperkt was.

Europa en Nederland hebben zich gecommitteerd aan het Klimaatakkoord van Parijs en zullen hier de komende jaren invulling aan geven. Het overheidsbeleid is erop gericht om in 2050 de broeikasgasemissies binnen Nederland met 80 tot 95% te hebben gereduceerd ten opzichte van het niveau van 1990. Uiteindelijk zal dit leiden tot een ingrijpende energietransitie en CO₂-neutrale samenleving.

Europa werkt sinds de oprichting van de voorlopers van de huidige EU al aan energiebeleid. De algemene doelstellingen van Europees beleid is het tegengaan van klimaatverandering, maar daarbij komen ook doelstellingen over energie-onafhankelijkheid, milieukwaliteit, emissies, banen, innovatie en competitieve groei. De lidstaten van de EU hebben in 2007 besloten tot een bindend **klimaat- en energieprogramma**, met doelstellingen en nationale verplichtingen voor het jaar 2020. Voor de EU als geheel zijn de doelen 20% hernieuwbare energie; 20% CO₂-emissiereductie en 20% energie-efficiency. **Nederland** is in dit kader verplicht om te zorgen voor een aandeel van 14%



hernieuwbare energie in de energievoorziening (*Renewable Energy Directive, RED*) in 2020. Als Nederland dit niet realiseert volgen financiële boetes. De *Energy Efficiency Directive (EED)* stelt eisen ten aanzien van energie-efficiency door Nederlandse ondernemingen en onder andere een vierjaarlijks energie-audit, en verplichting tot onderzoeken of WKK gerealiseerd kan worden. Het *European Trading System (ETS)* is ingericht om de uitstoot van broeikasgassen in grootschalige installaties duurder te maken.

2.3 Nederlandse afspraken en verplichtingen

Op het gebied van energie-efficiency heeft Nederland al sinds lange tijd beleid. Energie-efficiency behoort tot de milieuzorg en is dus onderdeel van de milieuwetgeving onder bijvoorbeeld de **Wet milieubeheer**. De Wet milieubeheer verplicht om energiebesparende maatregelen die rendabel zijn, wat betekent een eenvoudige terugverdientijd van 5 jaar, te treffen. Het bevoegd gezag ligt bij de omgevingsdiensten die handhavend kunnen optreden.

Om sneller energie-efficiency te realiseren heeft de Rijksoverheid sinds 1992 met een groot aantal sectoren een **meerjarenafspraak (MJA)** gemaakt over de verbetering van de energie-efficiëntie in hun sector. De huidige MJA is de derde versie. De waterschappen zijn als sector in 2008 toegetreden tot de MJA voor wat betreft de zuiveringstaak, waarbij het doel is 30% verbetering van de energie efficiency hiervan. Per 2017 is de MJA3 verbreed tot het gehele waterschap.

Deelname van een sector aan de MJA3 geschiedt op vrijwillige basis, maar na toetreding zijn er verplichtingen. Vierjaarlijks wordt een **Energy Efficiency Plan (EEP)** opgesteld met maatregelen die zullen worden getroffen in de navolgende periode (zie Bijlage B). Door het opstellen van het EEP en de maatregelen uit te voeren geeft een concern op een gestructureerde manier invulling aan de eisen van de energieparagraaf van de Wet milieubeheer (energiezorg en rendabele maatregelen), waarna er toezicht volgt en de organisatie relatief zelfstandig met de maatregelen aan de slag gaat. Het opstellen van het EEP geeft ook invulling aan de energie-audit verplichting die volgt uit de Europese wetgeving (*Energy Efficiency Directive*). De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) beoordeelt of het EEP voldoet aan de eisen van het MJA3-convenant. Het Bevoegd Gezag (BG) keurt het EEP goed of af, afhankelijk van het ambitieniveau. Als het BG het EEP niet goedkeurt zal in de regel strenger toezicht volgen met betrekking tot het naleven van de omgevingsvergunning.

In 2013 is onder leiding van de SER (Sociaal-Economische Raad) het nationale **Energieakkoord voor duurzame groei** afgesloten om het tempo waarmee in Nederland aan duurzame energie en energiebesparing werkt, omhoog te krijgen. Het SER Energieakkoord is ook door de waterschappen en het Rijk ondertekend. Belangrijke afspraken van het SER Energieakkoord die raken aan de waterschappen zijn:

- een besparing van het finale energieverbruik met gemiddeld 1,5% per jaar;
- 100 PJ additionele energiebesparing per 2020 (ongeveer 5%);
- een toename van het aandeel van hernieuwbare energieopwekking van 5,6% naar 14% in 2020, met een verdere stijging naar 16% in 2023.

De eerdere afspraken vanuit het Klimaatakkoord Unie van Waterschappen-Rijk (zie volgende paragraaf) zijn opgenomen in het SER Energieakkoord en zijn leidend voor waterschappen.



Verder kijkend dan 2020 en 2023 heeft het Rijk in december 2016 de **Energieagenda** gepresenteerd met de uitwerking van maatregelen van de energietransitie. Er zal zowel ingezet worden op meer energie besparen, meer opwekken van hernieuwbare energie, en het verbeteren van de efficiency door bijvoorbeeld warmte-uitwisseling tot stand te brengen. Het nieuwe kabinet, dat op 9 oktober jl. naar buiten kwam met regeerakkoord, is ambitieus op het thema klimaat. Naar verluidt komt een klimaatwet waarin juridisch afrekenbare milieudoelen, zoals het terugbrengen van de CO₂-uitstoot, opgenomen zal zijn, met een broeikasgas emissiereductiepercentage van ongeveer 50%, te bereiken in 2030, en er zal voor de periode na 2023 een nieuw energieakkoord worden gesloten (Trouw, 2017).

2.4 Verschillende definities van Energieneutraal en klimaatneutraal

In het licht van de opgave iets tegen klimaatverandering te ondernemen en de energietransitie hebben diverse partijen (overheden en bedrijven) doelstellingen voor zichzelf geformuleerd over energiegebruik en broeikasgas-emissies, waarbij partijen aangeven energieneutraal, CO₂-neutraal of klimaatneutraal te willen worden. Daarom is het goed om op dit punt eerst stil te staan bij deze verschillende begrippen.

In algemene zin wordt met een **energieneutrale** organisatie bedoeld dat een organisatie net zoveel duurzame energie opwekt als dat het nodig heeft voor haar energieverbruik. In de praktijk worden er wel eens andere definities gegeven aan 'energieneutraal'. Daarnaast zijn er de begrippen '**klimaatneutraal**' en '**CO₂-neutraal**', waarbij de organisatie geen broeikasgassen respectievelijk CO₂-uitstoot of de uitstoot compenseert.

De begrippen energieneutraal, CO₂-neutraal en klimaatneutraal zijn niet hetzelfde.

Waar een energieneutrale organisatie net zo veel *hernieuwbare* energie moet opwekken als dat het verbruikt, stoot een klimaatneutrale organisatie geen broeikasgassen uit en een CO₂-neutrale organisatie geen CO₂.

De voornaamste verschillen zitten hem in

- het al dan niet op kunnen opwekken van het eigen energieverbruik;
- of er ook gekeken wordt naar andere broeikasgassen (zoals methaan en lachgas).

Een organisatie kan immers ook klimaatneutraal zijn, als de energiestromen (elektriciteit, warmte, groen gas, biobrandstoffen) klimaatneutraal zijn opgewekt. Dit betekent dus zonder CO₂-uitstoot en niet per definitie hernieuwbaar, want een kolen- of gascentrale waarbij de CO₂ volledig zou worden afgevangen (CCS genoemd) heeft ook geen CO₂-emissie en is dus klimaatneutraal, wat ook gezegd kan worden van kernenergie. Een energieneutrale organisatie is dus in beginsel² altijd klimaatneutraal, maar andersom hoeft dit niet te gelden.

De 'moeilijkheidsgraad' van de energieneutraaldoelstelling van het Hoogheemraadschap hangt dan ook sterk af van de definitie die zij hanteert. En daar zijn vele varianten van. In Tabel 1 wordt een indicatie gegeven van de mogelijkheden. Tevens hangt de 'moeilijkheidsgraad' af van (afbakenings)keuzes, zoals het al dan niet meenemen van emissies van veenoxidatie.

² Het voorbehoud geldt voor emissies van broeikasgassen die ook bij duurzame energie kunnen blijven. Bijvoorbeeld in de productieketen van biomassa, maar ook procesemissies.

Tabel 1 Klimaat- en energieneutrale varianten

Definitie	Omschrijving
Ergieneutraal	De organisatie wekt jaarlijks minstens net zo veel hernieuwbare energie op als dat het zelf nodig heeft voor haar processen en bedrijfsvoering. Hierbij wordt op jaarbasis gekeken. Op uur-, dag- of weekbasis is er uitwisseling met de 'buitenwereld' om overschotten en tekorten op te vangen.
Ergieneutraal+ Autonomie	De organisatie is energetisch zelfvoorzienend, en is ook op ieder moment in staat om in het eigen energiegebruik te voorzien. Hierbij is er niet alleen voldoende productie van hernieuwbare energie op jaarbasis maar is er ook energieopslag, waarmee de fluctuaties in de productie van hernieuwbare energie worden overbrugd. Er worden dan ook geen brandstoffen van buiten de organisatie gebruikt.
Klimaatneutraal	Er zijn geen emissies van broeikasgassen door de organisatie. Verbranding van fossiele brandstoffen is niet mogelijk, tenzij in grootschalige installaties die zijn uitgerust met CCS (CO ₂ -afvang en -opslag). Levering van elektriciteit en warmte van buiten de organisatie is mogelijk, ook als deze opgewekt is met fossiele energie en broeikasgasemissies zolang de uitstoot wordt gecompenseerd (zie hieronder) of er 'groene stroom' of stroom met 'garanties van oorsprong' (GvO ³) van hernieuwbare energie wordt geleverd.
CO ₂ -neutraal	Er zijn geen emissies van CO ₂ door de organisatie. Verbranding van fossiele brandstoffen is niet mogelijk, tenzij in grootschalige installaties die zijn uitgerust met CCS (CO ₂ -afvang en -opslag). Levering van elektriciteit en warmte van buiten de organisatie is mogelijk, ook als deze opgewekt is met fossiele energie en broeikasgasemissies zolang de uitstoot wordt gecompenseerd (zie hieronder) of er 'groene stroom' of stroom met 'garanties van oorsprong' (GvO) van hernieuwbare energie wordt geleverd.
Klimaatneutraal+	Er zijn geen emissies van CO ₂ of andere broeikasgassen door de organisatie. Kleinschalige verbranding van fossiele brandstoffen is niet mogelijk, grootschalig met CCS kan wel. Indien er levering van warmte en elektriciteit van buiten de organisatie plaatsvindt, dan moet deze ook volledig klimaatneutraal zijn waarbij het niet gaat om levering van grijze energie met reductiecertificaten.
Klimaatcompensatie	De broeikasgasemissie van de organisatie wordt gecompenseerd volgens een reductiemechanisme (zoals het <i>Clean Development Mechanism</i> van het Kyoto-protocol) en verhandelbare reductiecertificaten (CER, VER, VCS) op een van de emissiemarkten. De verhandelbare certificaten worden afgegeven voor diverse projecten die vaak in derdewereldlanden worden gerealiseerd (hernieuwbare energie, aanplanten van bossen, efficiënte houtovens, en dergelijke). Bij sommige projecten is discussie of er op de lange termijn wel echt CO ₂ mee wordt gereduceerd. Op termijn kan een knelpunt ontstaan met betrekking tot de voldoende beschikbaarheid van compensatiemiddelen.

Opmerking: De vetgedrukte definitie wordt in deze rapportage gehanteerd.

In deze rapportage wordt voor 'energieneutraal' de eerste definitie uit de tabel gebruikt: het zelf opwekken van de hoeveelheid hernieuwbare energie zodat op jaarbasis net zoveel energie wordt opgewekt als wordt gebruikt. Dit is minder ambitieus dan 'energieneutraal+' omdat andere partijen in het energiesysteem de balans verzorgen tussen vraag en aanbod van energie.

Voor veel organisaties is energieneutraal een steviger ambitie dan klimaatneutraal of klimaatcompensatie omdat de organisatie zelf hernieuwbare energie gaat opwekken en hier maatregelen voor treft, ruimte reserveert en dergelijke, terwijl bij klimaatneutraal en zeker bij klimaatcompensatie de

³ Een GvO is een bewijs dat er een hoeveelheid hernieuwbare energie is geproduceerd in een specifieke bron en installatie.

organisatie zelf minder zal gaan doen. Echter als de lachgas- en methaan-emissies van waterschappen en emissies van veenoxidatie meegenomen worden in de ambitie (zonder over te gaan tot 'klimaatcompensatie') dan is dat ook een stevige ambitie, waarbij niet op voorhand duidelijk is wat de forsere inspanning voor Rijnland zou zijn.

De inspanning die een organisatie doet heeft ook gevolgen voor de claims die men mag maken, zie hiervoor ook de rekenregels en systematiek in Paragraaf 2.8.

Naar verwachting zal het Hoogheemraadschap van Rijnland al grotendeels CO₂-neutraal zijn zodra alle elektriciteit 'groen' wordt ingekocht, wat vanaf 2019 het geval zal zijn.

2.5 Beleid van waterschappen, gemeenten en partners

De Unie van Waterschappen (UvW) heeft in het voorjaar van 2010 met het Rijk het Klimaatakkoord getekend (Unie van Waterschappen, 2010). In dit akkoord zijn de ambities van de waterschappen voor klimaat en duurzaamheid vastgelegd. Dit betreft het tegengaan van de verandering van het klimaat (mitigatie) en het verminderen van de kwetsbaarheid voor de gevolgen hiervan (adaptatie). Voor mitigatie zijn de afspraken vastgelegd in de Green Deal Energie die de Unie van Waterschappen in maart 2016 sloot met het Rijk.

Klimaatakkoord

De afspraken in het Klimaatakkoord voor het tegengaan van klimaatverandering behelzen dat de sector waterschappen streeft naar een energie-neutrale waterschapssector in 2050. De concrete en meetbare doelstellingen die zijn afgesproken luiden:

- 30% hogere energie-efficiency tussen 2005 en 2020;
- 30% reductie van CO₂-uitstoot in 2020 ten opzichte van 1990;
- 40% duurzame energie door eigen opwekking in 2020.

Rijnland heeft iets andere doelstellingen vastgelegd (zie Paragraaf 1.1).

Green Deal Energie

Voor mitigatie zijn de afspraken vastgelegd in de Green Deal Energie die de Unie van Waterschappen maart 2016 sloot met het Rijk. Met deze deal zijn de afspraken uit het SER Energieakkoord (2013) verder aangescherpt en zijn de meerjarenafspraken energie-efficiencyverbetering (MJA3) verbreed van de afvalwaterzuivering naar het hele waterschap, waardoor het EEP ook maatregelen in de waterketen dient te omvatten.

Het streven is gericht op 40% energieneutraliteit in 2020 en 100% energieneutraliteit in de periode na 2020. Als onderdeel van de Green Deal neemt de Rijksoverheid wettelijke belemmeringen weg en verruimt zij de subsidie-mogelijkheden voor een aantal specifieke technologieën die voor waterschappen van belang zijn zoals duurzame energieproductie met biogas.

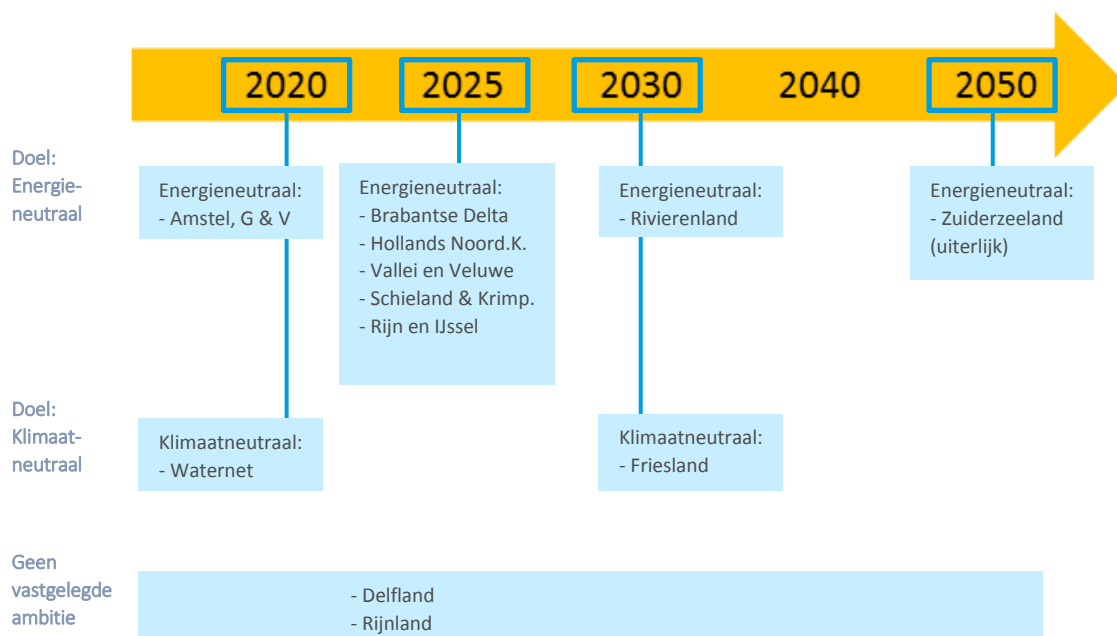
Volgend op de green deal hebben de gemeenten (VNG), provincies (IPO) en waterschappen (UvW) begin 2017 een gezamenlijke investeringsagenda voor de kabinetsformatie 2017 gepresenteerd (IPO, UvW, VNG, 2017). De investeringsagenda betreft de 'ruimtelijk-fysieke pijlers' van een duurzaam Nederland: Energietransitie, Klimaatadaptatie en Circulaire economie. De investeringsagenda is een uitnodiging aan het Rijk, bedrijven en andere maatschappelijke partners om de gezamenlijk inzet op deze terreinen te versterken.



Beleid van omliggende waterschappen en hoogheemraadschappen

De onderstaande figuur geeft een visueel overzicht van de energie- en klimaatambities van enige waterschappen rond het gebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland. Nadere info is opgenomen in Bijlage C.

Figuur 1 Energie-ambities omliggende waterschappen



Beleid van andere overheden en partners

Tabel 2 schetst de energie-ambities van andere overheden en partners. Te zien is veel overheden wel ambities hebben geformuleerd, maar dat deze uiteen lopen in ambitieniveau.

De financiële middelen die zijn gereserveerd zijn niet weergegeven, maar deze wisselen sterk per stakeholder. De Rijksoverheid levert met de SDE+-subsidierегeling (regeling Stimulering Duurzame Energieproductie+) de grootste bijdrage (het SDE+-budget bedraagt € 12 miljard in 2017⁴).

Tabel 2 Ambities van overheden (Rijk, provincies, regio's, gemeenten)

Organisatie	Energie-ambitie
Rijksoverheid	14% hernieuwbare energie in 2020 16% hernieuwbare energie in 2023 Parijs: 80-95% reductie van de CO ₂ -uitstoot in 2050 t.o.v. 1990, te bereiken in internationaal verband
Provincie Noord-Holland	Uitvoering en ondersteuning nationaal beleid, geen algemene concrete ambitie.
Provincie Zuid-Holland	Zuid-Holland hanteert als ambitie om in 2020 minimaal 9% van de energieconsumptie duurzaam op te wekken. <i>Verder uitvoering en ondersteuning nationaal beleid.</i>

⁴ Dit bedrag is gereserveerd om als exploitatiesubsidie over de looptijd van de gesubsidieerde projecten te worden uitgekeerd.

Organisatie	Energie-ambitie
Regio Holland Rijnland (Energieakkoord Holland Rijnland, 2017)	– Ambitie 2020 is reductie energieverbruik van 2,5 PJ t.o.v. 2014, 2,5 PJ duurzaam opgewekte energie. – Ambitie 2050 is om energieneutraal te zijn door 80% eigen duurzame energie op te wekken en 20% restwarmte en geothermie in de buurt van de regio; ook wordt er 30% energiebesparing gerealiseerd t.o.v. huidig verbruik; er wordt nauwelijks in 2050 CO₂ meer uitgestoten.
Regio Midden-Holland	Pilotregio regionale energiestrategie. Doelstelling: energieneutraal in 2050 (POSAD, 2017).
Alphen aan de Rijn	“In 2050 is de samenleving van Alphen aan den Rijn fossiele brandstofvrij en energie- en CO ₂ -neutraal!” (Gemeente Alphen a/d Rijn, 2015).
Leiden	“In 2030 heeft Leiden 40 procent CO ₂ -reductie behaald ten opzichte van 1990. De gemeentelijke organisatie is in 2020 al CO ₂ -neutraal” (Gemeente Leiden, 2016).
Gouda	CO ₂ -neutraal in 2040 (Gemeente Gouda, 2016).
Haarlem	“Kadernota 2017: Het tij gekeerd” (Gemeente Haarlem, 2017).
Zoetermeer	100% CO ₂ -reductie in 2030 van de gebouw-gebonden energievraag (Gemeente Zoetermeer, 2017).

Samenwerking

Tevens is het goed te benadrukken dat voor veel lokale en regionale stakeholders geldt dat ambities die zij formuleren voor een deel gaan over de activiteiten van anderen (burgers, bedrijven en andere overheden) in hun gebied. De ambities moeten dus in samenwerking met deze partijen, waaronder de waterschappen, gerealiseerd worden.

Het tempo van realisering van de ambities hangt ook samen met beleid van andere overheden. De Rijksoverheid is belangrijk, voor bijvoorbeeld financiële instrumenten, subsidies, (flankerende) wet- en regelgeving. Maar ook provincies zijn heel belangrijk in verband met hun rol in de ruimtelijke ordening.

Er wordt al gewerkt aan dit soort samenwerking, daarvoor is in 2016 met een aantal pilotregio's gestart met het uitwerken van regionale energie-strategieën. De regio Midden-Holland was een van deze pilotregio's. Tevens is in 2017 het Energieakkoord Holland Rijnland gesloten tussen gemeenten in de regio Holland-Rijnland, de provincie, omgevingsdienst en het Hoogheemraadschap van Rijnland. De komende jaren zal deze aanpak naar verwachting een landelijk vervolg krijgen.

Een andere vorm van samenwerking is te zien aan de momenteel lopende onderhandelingen tussen het ministerie van EZ en de UvW over of de waterschappen niet extra snel hernieuwbare energie kunnen gaan opwekken zodat Nederland zijn 2020 doelstelling van 14% hernieuwbare energie gaat halen.

2.6 Beleid van het Hoogheemraadschap van Rijnland

Het Hoogheemraadschap is, zowel in het kader van de sectorale doelstellingen als daar los van, reeds enige tijd bezig met de onderwerpen energie en klimaat.

D&H Rijnland heeft op 30 mei 2017 besloten dat het algemeen bestuur in 2018 zal besluiten over nadere invulling van de ambities, de planning en de financiën gericht op energieneutraliteit. Het streven is hierbij naar energie-



neutraliteit in 2025, en aan te sluiten bij de initiatieven van de Unie van Waterschappen.

Tevens heeft Rijnland besloten om per 2019 Nederlandse windstroom bij HVC in te kopen. Hiermee zal dan een aandeel van circa 90% klimaatneutraliteit worden bereikt. Rijnland koopt nu al CO₂-compensatiecertificaten voor haar aardgasverbruik. Om Rijnland 100% volledig klimaatneutraal te maken moet alle energiegebruik klimaatneutraal zijn en mogen de eigen processen in ieder geval geen broeikasgassen uitstoten. Dit vergt bijvoorbeeld aanvullende maatregelen op het gebied van de eigen voertuigen (groene brandstof of elektrisch rijden) en op het gebied van de lachgas en methaanemissies van processen in AWZI's, etc. En als veenoxidatie meegenomen wordt in een eventuele klimaatneutrale ambitie, dan zouden hier dan ook mitigerende of compenserende maatregelen op genomen moeten worden.

Juridisch kader

In 2016 is de 'Duurzame Energiestrategie Rijnland' vastgesteld. Hierin is ook het juridisch kader aangestipt op basis waarvan maatregelen kunnen worden genomen. Dit is gebaseerd op de 'Juridische handreiking Duurzame Energie en Grondstoffen' van de Unie van Waterschappen (Berenschot, 2014). Het huidige juridisch kader komt er kort gezegd op neer dat een waterschap duurzame energie kan opwekken op een waterschapsobject om daarmee de eigen energie-inkoop te verminderen en daarmee de energierekening verlagen.

De Waterschapswet stelt dat Rijnland alleen mag investeren in onze wettelijke taken. De inzet van Rijnland zal hier dan ook primair op gericht zijn. Alles wat hier buiten valt, bevindt zich (nog) op juridisch glad ijs, maar dit is wel in ontwikkeling. In november 2017 volgt een nieuwe versie van het juridisch kader van de UvW.

Dit juridisch kader is gebaseerd op de kamerbrief van de minister van I&M d.d. 17 mei 2013, waarin de minister aankondigt dat ze geen wettelijke belemmeringen ziet wanneer waterschappen, in het kader van de uitvoering van hun wettelijke taken, activiteiten ontplooiën die bijdragen aan innovatie, duurzaamheid en doelmatigheid, ook als hiermee minder aan de 'gesloten huishouding' wordt voldaan. De genoemde voorbeelden zijn:

- de levering aan private partijen van reststoffen van het zuiveringsproces die voor hen als grondstof dienen;
- de levering aan woningen en bedrijven van energie uit (effluent)lozingen van gezuiverd afvalwater en uit slibvergisting.

2.7 Afbakening

Voor de energie- en klimaatambities is altijd een afbakening van toepassing: welke objecten en gronden (installaties/assets) nemen we mee in de ambities en doelstellingen en welke laten we erbuiten?

De emissies die samenhangen met bedrijfsprocessen kunnen conform de indeling van de klimaatakkoord, die NEN/ISO 14064 en het GHG-protocol volgen, vallen onder één van drie zogenaamde 'Scopes':

1. Scope 1 betreft de directe uitstoot van broeikasgassen, veroorzaakt door Rijnland zelf. Dit zijn bijvoorbeeld emissies van het zuiveringsproces zelf of van de verbranding van fossiele brandstoffen voor het proces of het verwarmen van gebouwen, de emissies van eigen vervoermiddelen.
2. Scope 2 betreft de door Rijnland ingekochte elektriciteit en warmte. Het verbruik van elektriciteit leidt direct tot CO₂-emissies bij

elektriciteitscentrales, wat weer kan worden verminderd door duurzame energie in te kopen.

3. Scope 3 betreft emissies van derden die wel verband houdend met het werk of de processen van het Hoogheemraadschap. Denk aan werkzaamheden en transport door dienstverleners; emissies van eindverwijdering van slib; maar ook bijvoorbeeld de emissies van de vervaardiging van ingekochte hulpstoffen (metaalzouten; polyelektrolyt). Ook het woon-werkverkeer van medewerkers valt hier bijvoorbeeld onder.

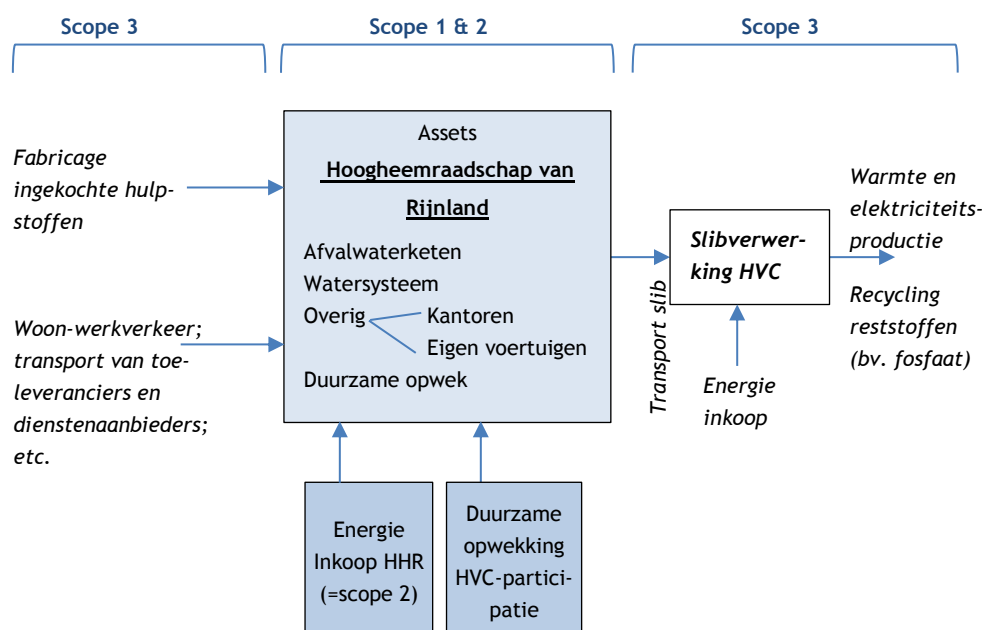
Voor de CO₂-footprint gaat het Klimaatakkoord uit van de Scopes 1 t/m 3. Ook in de klimaatmonitoring van de UvW worden alle drie de scopes meegenomen voor de berekening van de CO₂-uitstoot van Rijnland. De MJA gebruikt zowel een breed ketenperspectief - alle scopes (ten behoeve van de ketenefficiency-maatregelen) maar gebruikt voor de procesefficiency maatregelen de Scopes 1 en 2.

Voor de energieneutraliteitsopgave wordt uitgegaan van de eerste twee scopes, waarbij dus het transport door vervoermiddelen van Rijnland is meegenomen maar het energiegebruik van het woon-werkverkeer van medewerkers van Rijnland en van het slibtransport door ketenpartner HVC bijvoorbeeld niet zijn meegenomen.

Voor het energiegebruik en de duurzame opwekking is een speciaal punt nog het aandeelhouderschap. Het is duidelijk dat het energiegebruik en de energieopwekking die direct te maken hebben met de assets en/of op de gronden van het Hoogheemraadschap zelf tot Scope 1 behoort. Daarnaast kan dit worden aangevuld met de energiegebruiken en de energieopwekking via participatie in derden via aandeelhouderschap. In de volgende paragraaf over Rekenregels gaan we hier verder op in.

Figuur 2 geeft deze afbakening weer.

Figuur 2 Afbakening door middel van scopes



Het energiegebruik van het watersysteembeheer valt binnen de scope, de emissies van dieselaggregaten of gasmotoren om het peil te handhaven ook.

Aandeelhouderschap HVC

Het aandeelhouderschap van Rijnland in HVC via het 31%-belang dat Rijnland heeft in de GR slibverwerking, is van belang. HVC participeert in hernieuwbare-energieproductie in Nederland en daarbuiten. HVC is soms voor 100% eigenaar, soms voor een lager percentage.

In de MJA wordt hernieuwbare energieproductie door HVC meegeteld als duurzame opwek voor Rijnland naar rato van het Rijnlandse aandeelhouderschap. Dit gebeurt door de met de windparken, zonne-energie, etc. opgewekte duurzame energie eerst (naar rato van de participatie door HVC) toe te rekenen aan HVC, en daarna naar rato aan de aandeelhouders in HVC (GR slibverwerking en gemeenten). Daarna volgt nog een verdere verdeling over de vijf waterschappen op basis van de participatie in de GR Slibverwerking.

HVC opereert ook de slibverbrandingsinstallatie. Hier wordt ook energie mee opgewekt, maar de installatie gebruikt netto energie. De maatregelen in deze inrichting worden daarom als ketenefficiency geteld in de MJA.

Voor de energieneutraliteitsopgave zoals gepresenteerd in dit rapport volgen we de indeling van de MJA en wordt dus de duurzame energie van HVC naar rato van Rijnlands aandeelhouderschap opgevoerd, maar het energiegebruik van de slibverwerkingsinstallatie wordt niet meegeteld omdat dit dan onder ketenefficiency valt, en dit geldt ook voor de elektriciteitsproductie van de SVI.

Emissies van bodemdaling

De emissies van bodemdaling rekenen we niet mee. Rijnland kan immers niet eigenstandig besluiten om de veenweidegebieden te verdrassen, Rijnland heeft dus geen invloed op wat er gebeurt op het akkerland in haar verzorgingsgebied. De Klimaatmonitor beveelt overigens wel aan dat de waterschapssector zich beraadt op toekomstige maatregelen ter compensatie van de emissies uit veenweidegebieden.

2.8 Rekenregels en systematiek EEP

In het kader van de MJA3 wordt vierjaarlijks een **Energy Efficiency Plan (EEP)** opgesteld met maatregelen die zullen worden getroffen in de navolgende periode. Door het opstellen van het EEP en de maatregelen uit te voeren geeft een concern invulling aan de eisen van de energieparagraaf van de Wet milieubeheer. Momenteel is Rijnland met het derde EEP bezig (2017-2020).

Het EEP bevat zekere, voorwaardelijke en onzekere maatregelen. Deze zijn verder beschreven in Bijlage B.

Zodra een EEP is vastgesteld is de instelling in principe gehouden aan het treffen van de maatregelen, wanneer een maatregel niet getroffen is zal dit moeten worden onderbouwd. In principe is er een verplichting tot energiebesparing wanneer de energiebesparende maatregelen zich binnen 5 jaar terugverdienen.

Een EEP moet voldoen aan de MJA3 convenanteisen (dit checkt de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)) en moet voldoende ambitie en kwaliteit hebben (RVO geeft advies en het Bevoegd Gezag (BG) beoordeelt dit). Een EEP kan een enkele keer worden aangepast. Zonder goedgekeurd EEP zal in de

regel strenger toezicht volgen met betrekking tot het naleven van de omgevingsvergunning, het BG is dan kennelijk van mening dat ofwel de energiezorg onvoldoende op orde is of dat er meer besparingsmogelijkheden zijn.

Binnen de rekenregels en systematiek van de MJA en het EEP zijn er drie soorten maatregelen mogelijk:

1. Procesefficiency.
2. Ketenefficiency.
3. Duurzame energie.

Onder de MJA3 is afgesproken op sectorniveau te streven naar 30% verbetering efficiency in de periode 2008-2020 waarvan 20% binnen de inrichtingen (procesefficiency) en 10% ketenefficiency.

Voor de doorwerking van de maatregelen is het van belang te weten hoe deze tellen in de maatregelen. Tabel 3 geeft dit weer. In principe zijn er drie vormen: de instelling kan zelf investeren, kan participeren (aandeelhouder-schap) en kan faciliteren (meewerken, terrein ter beschikking stellen, etc. maar niet financieel bijdragen). De toerekeningsregels zijn ruimer voor kleine projecten.

Tabel 3 Toerekening hernieuwbare energieproducties (bron: Sectorspecifieke Toelichting EEP 2017-2020 MJA Waterschappen)

Rol waterschap	Projecten zonder GvOs	Projecten met GvO's
Eigen beheer, zelf investeren	100%	100% tot maximaal het aantal GvO's op naam
Investeren, participeren	Naar rato geïnvesteerd vermogen (klein 50%)	Naar rato geïnvesteerd vermogen tot maximaal het aantal GvO's op naam
Faciliteren	10% (klein 50%)	10% tot maximaal het aantal GvO's op naam

GvO: Garantie van oorsprong van hernieuwbare energie, afgegeven door CertiQ voor de gemeten hoeveelheid hernieuwbare productie.

Bron: Sectorspecifieke Toelichting EEP 2017-2020 MJA Waterschappen).

Verder speelt hierbij nog een lopende onderhandelingen tussen de Unie van Waterschappen en het Rijk.

- Momenteel mogen, onder het Klimaatakkoord, maatregelen die derden realiseren op gronden of assets van waterschappen voor 10% meetellen voor de energie-ambitie van de waterschappen, zoals weergegeven in de tabel. De Unie van Waterschappen heeft echter een onderhandelingsbod neergelegd bij het kabinet, wat er op neerkomt dat waterschappen zich extra committeren tot het tot stand brengen van duurzame energie-productie, maar dat in ruil daarvoor de maatregelen ook volledig mogen meetellen in plaats van slechts 10% daarvan.
- Daarnaast speelt de gezamenlijke investeringsagenda van waterschappen met gemeenten en provincies (IPO), (reeds in Paragraaf 2.5 genoemd). De investeringsagenda betreft een duidelijke ambitie op het gebied van energietransitie, klimaatadaptatie en circulair inkopen. Waterschappen bieden bijvoorbeeld aan om t/m 2020 jaarlijks 100 mln te investeren in hernieuwbare energieopwekking, mits het Rijk tegemoet komt op de gevraagde punten (IPO, UvW, VNG, 2017).

3 Ontwikkeling energieverbruik en energieproductie

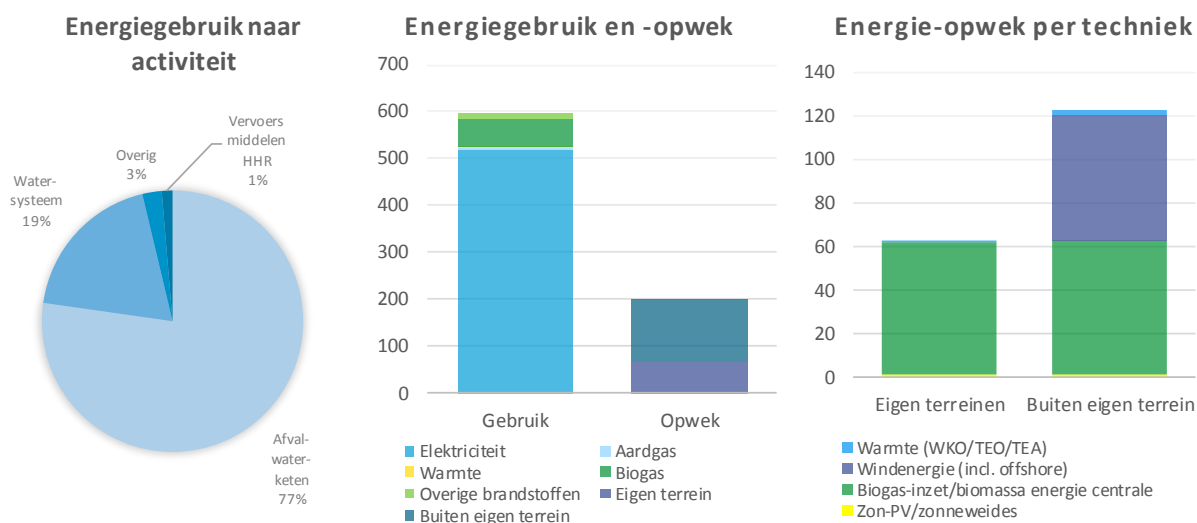
3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk geven we een overzicht van het energiegebruik van het Hoogheemraadschap en de energieboekhouding. De volgende onderwerpen komen aan bod: hoe is het energiegebruik van het HHR gestructureerd, wat is de historische ontwikkeling van energiebesparing, CO₂-reductie en hernieuwbare energieproductie sinds 2005, hoe kan zich dat waarschijnlijk ontwikkelen tot 2020 en daarna (2025/2030).

3.2 Energiegebruik Hoogheemraadschap

Voor de opgave is belangrijk om te begrijpen hoe het huidige energiegebruik van het Hoogheemraadschap is gestructureerd. Figuur 3 en Figuur 4 geven in grote lijnen weer hoe het energiegebruik en de energieopwekking zijn opgebouwd.

Figuur 3 Overzicht energiegebruik en -opwek (2016)



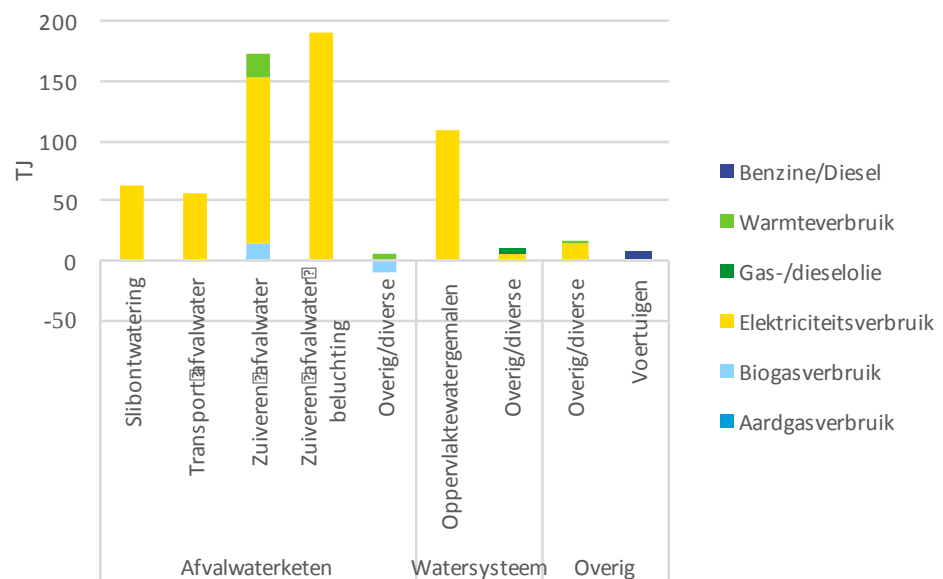
Het taartdiagram toont de verdeling van het energiegebruik naar de activiteiten van het HHR. Het gebruik in de afvalwaterketen omvat bijna 80% van het totaal, het energiegebruik van het watersysteem een kleine 20%. De overige posten hebben vooral te maken met gebouwen en de mobiliteit.

De middelste grafiek toont twee staven: het gebruik van energie in 2016 onderverdeeld naar soort energie, en de opwek van energie, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de opwek op eigen gronden van HHR en de opwek buiten het eigen terrein (HVC). Te zien is dat het elektriciteitsgebruik verreweg het grootste gedeelte omvat van de energievraag. Tevens is te zien dat de opwekking kleiner is dan het energiegebruik.

De rechter grafiek toont de technieken die worden ingezet om energie op te wekken. De opwekking op eigen gronden, circa 11% van het gebruik, is voornamelijk dankzij de inzet van biogas in de vier WKK's. De opwek buiten het eigen terrein, circa 22% van het gebruik, was in 2016 voor ongeveer de helft dankzij de HVC biomassa energiecentrale in Alkmaar en voor de andere helft dankzij voornamelijk windprojecten van HVC. Het aandeel wind zal in 2017 en 2018 nog verder gaan toenemen.

Figuur 4 toont de processen die de grootste hoeveelheden energie gebruiken. Binnen de afvalwaterketen zijn dat het transport van afvalwater, de diverse processen binnen de zuivering, speciaal daarbij de beluchting (apart weergegeven), en de ontwatering van slib. Binnen het watersysteem zijn de elektrische pompen en gemalen belangrijk. Kantoren en overige objecten leveren slechts een bescheiden bijdrage.

Figuur 4 Uitsplitsing energiegebruik Hoogheemraadschap van Rijnland naar belangrijke processen

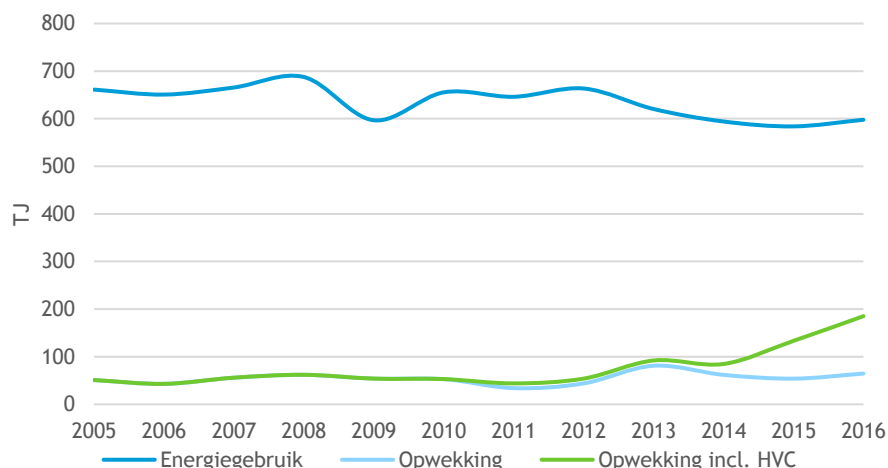


3.3 Historische ontwikkeling vanaf 2005

De historische ontwikkeling is gebaseerd op de gegevens die we van het Hoogheemraadschap hebben ontvangen, aangevuld met het jaar 2016 op basis van de gegevens die het Hoogheemraadschap heeft opgegeven voor de Klimaatmonitor van de waterschappen en de prognose voor HVC. De resultaten hiervan zijn weergegeven in de grafiek van Figuur 4.

In de periode 2005-2016 heeft het Hoogheemraadschap 30% aan energie-efficiency gerealiseerd ten opzichte van 2005. Het aandeel eigen opwekking is in 2016 31%. Bovenstaande waarden zijn inclusief het aandeel in de hernieuwbare energieproductie van het HVC, zonder dit aandeel komt de energie-efficiency op 12% en het aandeel eigen opwekking uit op 11%. De bijdrage die het aandeelhouderschap van HVC levert is dus erg groot.

Figuur 5 Ontwikkeling van het energiegebruik en de opwek sinds 2005



Tabel 4 toont de EEP-maatregelen die sinds 2013 zijn genomen. Het gaat hier om de maatregelen die sinds 2013 gerealiseerd zijn op de vlakken proces-efficiency en duurzame energie. In de tabel is de bijdrage aan duurzame energie opwekking, energiebesparing, bijdrage aan energie-efficiency opgenomen.

Hierbij is dus het begrip ‘maatregel’ uit de MJA gebruikt, waarbij de opwekking/investering eenmalig wordt ingeboekt, onder de veronderstelling dat deze daarna jaarlijks van toepassing blijft. In werkelijkheid presteren de technieken operationeel wat wisselend, waardoor de werkelijke gerealiseerde duurzame opwekking besparing van jaar tot jaar fluctuaties zal laten zien. Dit is niet weergegeven.

Tabel 4 EEP-maatregelen duurzame opwek en efficiency uit het tijdvak 2013-2016 en hun effecten ⁵

	Jaar	Duurzame opwekking (TJ) (primaire)	Energie-besparing (TJ) (primaire)	Bijdrage aan energie-efficiency ⁶	Investering Rijnland (€)
Plaatsing WKK AWZI Leiden Zuid-West en Leiden Noord ⁷	2013	24,9			1,5 mln
HVC BEC Alkmaar	2014	16,2		2,4%	-
	2015	45,5		6,9%	-
HVC Wind op Zee, aandeel windpark Borkum	2015	9,9		1,5%	-
	2016	7,7		1,2%	-
HVC Wing op Zee aandeel windpark Gemini	2016	33,5		5,1%	-
HVC Wind op Land, diverse projecten	2014	6,4		1,0%	-

⁵ Uitleg: het EEP bevat verschillende soorten maatregelen met een jaarlijkse hoeveelheid duurzame opwek en energiebesparing. In deze tabel is ook weergegeven hoe de maatregelen in de praktijk de afgelopen EEP-periode hebben gepresteerd.

⁶ Zie definitie in Bijlage B.

⁷ Totale bijdrage WKK's is vanaf 2013 berekend op 83 TJ per jaar waarvan in de regel >60 TJ wordt gerealiseerd (2013/14/15/16 respectievelijk: 73/62/54/61 TJ. De laatste jaren omdat de WKK's ATEX-proof werden gemaakt.

	Jaar	Duurzame opwekking (TJ) (primaire)	Energiebesparing (TJ) (primaire)	Bijdrage aan energie-efficiency ⁶	Investering Rijnland (€)
HVC Zonne-energie	2014	0,3		0,0%	-
	2015	1,1		0,2%	-
AWZI Zwanenburg vervangen beluchtings-elementen	2016		1,2	0,2%	-
Implementatie Basischeck Energiezorg	2016		0,0	0,0%	-
Vernieuwen beluchting door bellenbeluchting AWZI Haarlem Schalkwijk	2016		0,4	0,1%	pm
Vervangen bellenbeluchting AWZI Haarlem WP	2014		2,4	0,4%	pm
Vervanging beluchttingsregeling AWZI Leiden-Noord	2016		5,0	0,8%	Ca 4 mln?
Vervangen slibretourpompen AWZI Zwaanshoek	2016		0,3	0,0%	Pm
Opheffen AWZI Stompwijk en afvoeren naar AWZI Leiden ZW	2013		0,1	0,0%	pm
Opheffen AWZI's Aardam West, Langeraar, Rijnsaterwoude en afvoeren naar Alphen Noord	2016		0,1	0,0%	pm
Opheffen AWZI's Hazerwoude Dorp, Hoogmade, Woubrugge en afvoeren naar AWZI Alphen K&Z	2015		0,1	0,0%	pm

Tabel 5 geeft de ketenefficiency maatregelen weer, conform de ketenefficiency definitie van de MJA/EEP⁸. Maatregelen met betrekking tot energie-efficiency in de keten tellen conform de afbakeningskeuze niet mee voor de energieneutraal opgave.

Tabel 5 Ketenefficiency-maatregelen

Maatregeltitel	Jaar	Energiebesparing (TJ) (primaire)	Bijdrage aan energie-efficiency ⁹
AWZI Haarlem Waarderpolder - 1 - benutting biogas: gaslevering aan derden ¹⁰	2013	1,8	0,3%
	2014	-0,6	-0,1%
	2015	-1,2	-0,2%
HVC SVI Dordrecht: energiebesparende maatregelen	2013	3,6	0,6%
HVC SVI Dordrecht terugwinning energie uit slibverbranding	2014	38	10,8%
	2015	33	9,0%
Opheffen AWZI Stompwijk en afvoeren naar AWZI Leiden ZW	2013	0,1	0,0%
Opheffen AWZI's Aardam West, Langeraar, Rijnsaterwoude en afvoeren naar Alphen Noord	2016	0,1	0,0%
Opheffen AWZI's Hazerwoude Dorp, Hoogmade, Woubrugge en afvoeren naar AWZI Alphen K&Z	2015	0,1	0,0%

⁸ Hierbij moet opgemerkt worden dat de maatregelen met betrekking tot gaslevering aan derden ook als duurzame energie opwek mag worden opgevoerd, en tevens is het vreemd om maatregelen zoals sluiting van eigen inrichtingen als ketenefficiency op te voeren. Omdat er nauwelijks verschil is voor het energiegebruik maakt dit geen verschil.

⁹ Zie definitie in Bijlage B.

¹⁰ Maatregel is tijdelijk gestopt in 2015 in verband met de ATEX-problematiek, vandaar dat de jaarlijkse besparing even niet is meegenomen. Zou eigenlijk gezien moeten worden al seen duurzame energie maatregel cf. sectorspecifieke toelichting EEP.

3.4 Prognose ontwikkeling tot 2020

Met het jaar 2016 uit de Klimaatmonitor als vertrekpunt hebben wij de effecten verwerkt van de EEP-maatregelen die het Hoogheemraadschap tot 2020 wil nemen. De effecten zijn voor de EEP-opgave door het Hoogheemraadschap zelf ingeschat, wij hebben vervolgens een toedeling gemaakt naar energiebesparing en energieproductie. De maatregelen zijn opgenomen in Tabel 6.

Tabel 6 EEP-maatregelen uit het tijdvak 2017-2020 en hun effecten.

Maatregeltitel	Jaar	Duurzame opwekking (TJ) (primaire)	Energie-besparing (TJ) (primaire)	Bijdrage aan e-efficiency	Classificatie ¹¹
Roostergoedverwijderaar AWZI Nieuwveen	2018		0,3	0,0%	Zeker
Roostergoedverwijderaar AWZI Zwaanshoek	2018		0,3	0,0%	Zeker
Roostergoedverwijderaar AWZI Zwanenburg	2020		0,3	0,0%	Zeker
Roostergoedverwijderaar AWZI Nieuwe Wetering	2019		0,3	0,0%	Zeker
Roostergoedverwijderaar AWZI Haarlem Waarderpolder	2020		0,5	0,1%	Zeker
Beluchting Zwaanshoek	2019		4,7	0,7%	Zeker
Beluchting Katwijk	2018		12,6	1,9%	Zeker
Uitvoering uitnutstudie AWZI's groep 1	2018		5	0,8%	Zeker
Uitvoering uitnutstudie AWZI's groep 2	2019		5	0,8%	Zeker
Uitvoering uitnutstudie AWZI's groep 3	2020		5	0,8%	Zeker
Optimalisatie poldergemalen 2018	2018		1	0,2%	Zeker
Optimalisatie poldergemalen 2020	2020		1	0,2%	Zeker
Renovatie AWZI Velsen	2018		3	0,5%	Zeker
Optimalisatie BOSBO (uitnutstudie gemalen: automatische gemaal besturing, incl. flexsturing en getij rekening houdend)	2019		3	0,5%	Zeker
Pilot S-select op AWZI Nieuwe Wetering	2018		0,3	0,0%	Zeker
Uitvoeren verbeteren energiezorg (diverse maatregelen)	2017		0	0,0%	Zeker
Beluchting Alphen Noord en Alphen K&Z (in plaats van Leiden-Noord)	2020		10,6	1,6%	Zeker
Pilot AAS op AWZI Noordwijk	2017		0,1	0,0%	Zeker
Uitvoeren verbeteren Onderhoudsinspectie (diverse maatregelen)	2019		0	0,0%	Zeker
Zonneweide AWZI Katwijk (incl. PV-panelen hoofdgebouw)	2018	11		1,7%	Zeker
Zonneweide AWZI Zwaanshoek	-	9		1,4%	Zeker-gestopt
Zonnepanelen op kleinverbruikaansluitingen	-	0,5		0,1%	Zeker-gestopt
HVC BEC Alkmaar warmte (+80TJ* 31%)	2018	27,5		4,2%	Zeker
HVC BEC Alkmaar elektriciteit (-2,1 GWh* 31%)	2018	-5,9		-0,9%	Zeker
HVC Offshore Windenergie (24 GWh * 31%) Park Gemini	2017	67,0		10,1%	Zeker
HVC Offshore Windenergie (12 GWh *31%) Park Gemini	2018	33,5		5,1%	Zeker
Smartpolder boezemgemaal Katwijk (modulair uitbouwen)	-	2		0,3%	Zeker-gestopt, voorbereiding gaat door
TEA Warmte uit effluent AWZI Leiden ZW zwembad de Vliet	-	1,5		0,2%	Voorw.-gestopt, voorbereiding gaat door
TEA Warmte uit effluent AWZI Nieuwveen industriegebied	2018	5		0,8%	Voorwaardelijk

¹¹ Zie de definities in Bijlage B.2.

Maatregeltitel	Jaar	Duurzame opwekking (TJ) (primair)	Energie-besparing (TJ) (primair)	Bijdrage aan e-efficiency	Classificatie ¹¹
S II					
TEO/Smartpolder boezemgemaal Katwijk (uitbouwen)	-	5 ¹²		0,8%	Voorw.-gestopt, voorbereiding gaat door
Terugwinning fosfaat met HVC via Ecophosroute (100.000 ton)	2018		10	1,5%	Voorwaardelijk
Optimalisatie vijzelcapaciteit boezemgemaal Halfweg	2020		1	0,2%	Voorwaardelijk
Zonneweide AWZI (nader te bepalen, mogelijk Gouda)	-	7		1,1%	Voorw.-gestopt
Uitvoeren verbeteren Onderhoudsinspectie (diverse)	2019		0	0,0%	Voorwaardelijk
Onderzoeken en uitvoeren selectie van de Top 13 meeste genomen maatregelen uit de sector waterschappen	2019		PM		Voorwaardelijk
Onderzoeken en uitvoeren optimalisatie-en uitnutstudies watersysteem en gemalen	2019		PM		Voorwaardelijk
Zonneweide AWZI Leiden ZW	-	9		1,4%	Onzeker, gestopt
Zonneweide AWZI Velsen	-	4,5		0,7%	Onzeker, gestopt
Optimalisatie waterkwaliteit maatregelen (o.a. plassen-beluchting)	2019		0,2	0,0%	Onzeker
Zonneweide AWZI Haarlem Waarderpolder	-	11		1,7%	Onzeker, gestopt

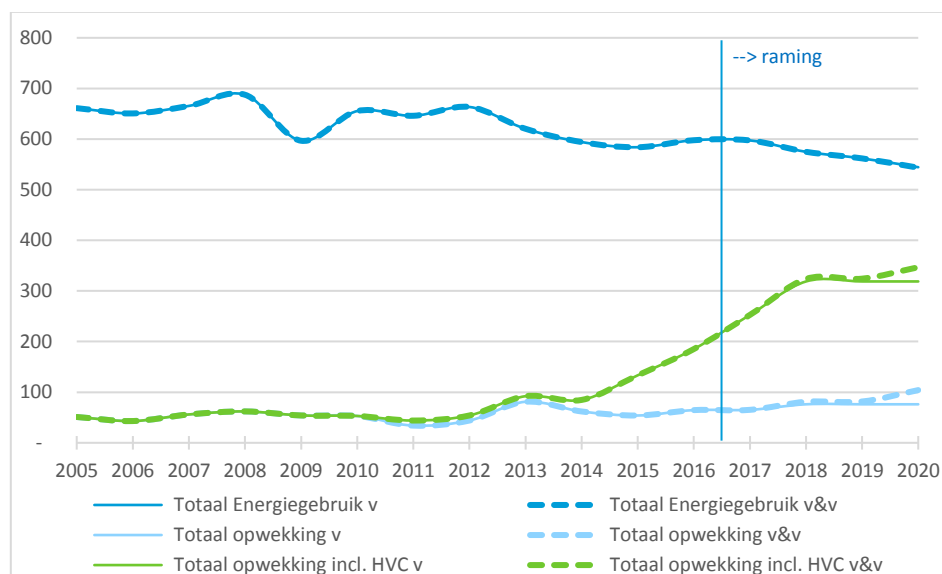
Voor de prognose hebben we onderscheid gemaakt tussen twee scenario's, om een bandbreedte van de te verwachten maatregelen tot 2020 te verkrijgen.

In het vastgesteld beleid (v)-scenario zijn de maatregelen opgenomen die in het EEP als 'zeker' zijn gekwalificeerd en die zeker zullen worden gerealiseerd of reeds in uitvoering zijn, maar niet de maatregelen die wel in het EEP als 'zeker' zijn opgenomen maar die momenteel 'on hold' staan.

In het vastgesteld & voorgenomen beleid (v&v)-scenario zijn de EEP-maatregelen opgenomen die als 'zeker' en 'voorwaardelijk' zijn gekwalificeerd. Tevens zijn hierbij ook de maatregelen opgenomen waarvan het College van D&H begin 2017 besloten heeft de uitvoering voorlopig 'on hold' te zetten, maar waarbij de voorbereiding wel doorgaat. Omdat deze maatregelen in het EEP zijn opgenomen is het Rijnland in principe gehouden deze maatregelen te treffen wanneer ze rendabel zijn (zie Bijlage B.2), maar tot de uitvoering is tot op heden niet besloten. Dit scenario is aangegeven met de stippellijn in de figuur.

¹² Afhankelijk van de investering is meer mogelijk.

Figuur 6 Bandbreedte van mogelijke ontwikkelingen tot 2020



In het **vastgestelde scenario** is de verwachting dat in 2020 ca. 320 TJ duurzame energie wordt opgewekt, waarmee het aandeel duurzame energie 59% bedraagt. Dit betekent een energie-efficiency van ruim 58% ten opzichte van 2005. Zonder het aandeelhouderschap in HVC is het aandeel van duurzame energie in 2020 kleiner: 76 TJ ofwel 14%, de energie-efficiency zou dan 21% zijn.

In het **vastgestelde & voorgenomen scenario** is de verwachting dat circa 347 TJ (64%) duurzame energie kan worden opgewekt in 2020. Dit betekent een energie-efficiency van 63%. Zonder maatregelen bij de HVC is het aandeel van duurzame energie ongeveer 104 TJ (19%). Deze getalswaarden staan ook in Tabel 7.

Het verschil tussen de opwekking van hernieuwbare energie en het gebruik van energie (het 'gat') is de opgave die moet worden ingevuld om energieneutraal te zijn. De conclusie is dat de opgave in 2020 circa 197 TJp bedraagt in het vastgestelde en voorgenomen scenario, of 226 TJp in het vastgestelde scenario. Als we vanuit het vastgestelde en voorgenomen scenario redeneren, dan zal er 197 TJp moeten worden ingevuld met een combinatie van verdere besparende maatregelen en hernieuwbare opwekking.

Tabel 7 Overzicht raming energiegebruik, opwek en energie-efficiency¹³ tot en met 2020

Scenario voor 2020	Energiegebruik	Duurzame energie (incl. HVC)	Duurzame energie (excl. HVC)	Energie-efficiency (incl. HVC) tov. 2005	Energie-efficiency (excl. HVC) tov 2005	Opgave energieneutraal 2025
Vastgestelde scenario	544 TJp	319 TJp (59%)	76 TJp (14%)	58%	21%	226 TJp
Vastgesteld en voorgenomen scenario	543 TJp	347 TJp (64%)	104 TJp (19%)	63%	26%	197 TJp

¹³ Zie Bijlage B.1 voor de definitie van energie-efficiency van Rijnland die is gebruikt.

CO₂-besparingen vanaf 2017

Met de vastgestelde maatregelen voor nieuwe installaties voor duurzame energieproductie in periode 2017-2020, kan naar verwachting in 2020 jaarlijks 1.320 ton CO₂ bespaard worden (85 ton CO₂-besparing door de zonneweide AWZI Katwijk en panelen hoofdgebouw, 783 ton CO₂-besparing door het Gemini windpark HVC, en 450 ton CO₂-besparing door biomassa-energie in Alkmaar). In het vastgestelde voorgenomen scenario komt daar nog 372 ton CO₂-besparing bij door productie van zonnestroom (130 ton CO₂) en warmte (TEO en TEA, 242 ton CO₂-besparing).

Voor de duidelijkheid, dit zijn alleen de CO₂-besparingen in 2020 ten opzichte van 2016 en alleen als gevolg van nieuwe productie-installaties uit de periode 2017-2020.

3.5 Prognose ontwikkeling na 2020

Voor de prognose van de ontwikkelingen na 2020 is zowel van belang in beeld te brengen hoe de ontwikkeling van het energiegebruik zal zijn als hoe de opwekking, inclusief de bijdrage van HVC, zal zijn.

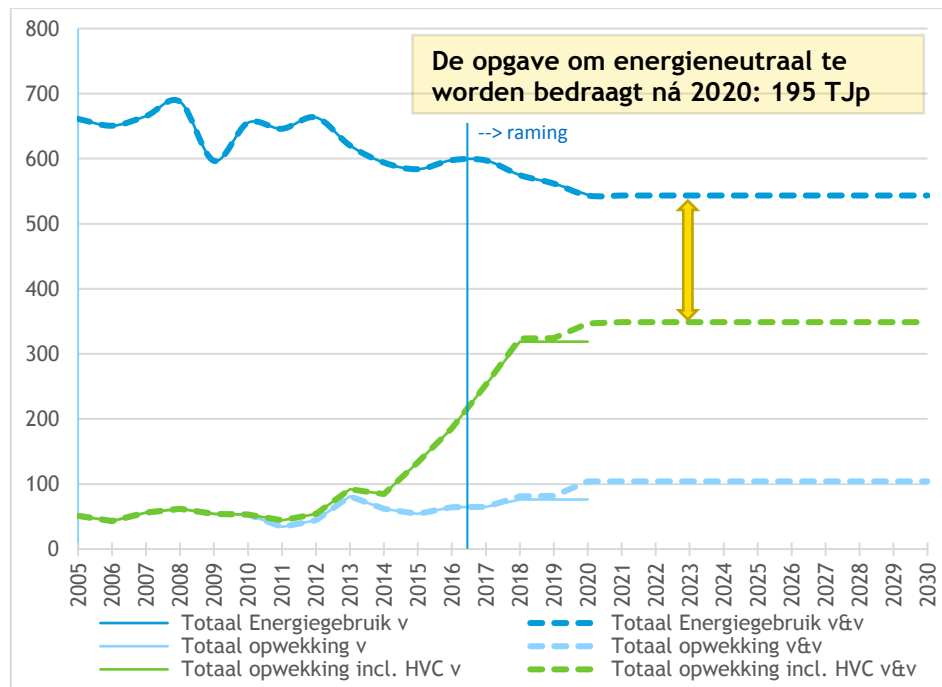
Ten aanzien van het **energiegebruik** en verdere energiebesparing in de processen is van belang dat er ongetwijfeld technische vooruitgang zal zijn, maar de grote slagen in energie-efficiency (bellenbeluchting) zal na 2020 al gemaakt zijn. Eventuele verdergaande besparing door innovatieve technieken zal pas rond 2020 in beeld gebracht kunnen worden. Daartegenover staan dat er ook 'ontsparende' ontwikkelingen zijn, zoals:
toename van het aantal inwoners in het verzorgingsgebied van Rijnland;
toename van het aantal clusterbuizen en effect op pompen;
eventuele strengere eisen uit Brussel, een KWR, NBW-opgave;
een mogelijke vierde trap voor opkomende stoffen (o.a. medicijnresten, microplastics), met navenante extra energievraag op AWZI.
Hiermee is de conclusie dat we, ook al laat de historie een bespaar-trend zien, dat we niet nu al willen veronderstellen dat het energiegebruik na 2020 een verdere daling zal doormaken.

Aan de **opwekkant** geldt dat er nu op vier locaties slibgisting wordt toegepast, dit kunnen er meer worden, maar we hebben voor nu aangenomen dat dit zo blijft. (Er is nog 60-70 TJ energieopwekking uit slib mogelijk, maar dit nemen we dus niet mee aan de 'opwek'-kant.)

HVC geeft aan dat er nu geen aanvullende wind/zonneparken gepland staan die onder het huidige aandeelhouderschap voor Rijnland zouden gaan meetellen. Voor de opwekkingskant is dus de conclusie dat we het beste na 2021 de ontwikkeling vlak kunnen veronderstellen, totdat Rijnland besloten heeft aanvullende maatregelen.

Hiermee ontstaat de onderstaande figuur die een realistisch beeld geeft van de opgave voor energieneutraliteit. De 195 TJ geldt vanaf 2021 en is onder de aanname dat maatregelen die nu ‘on hold’ zijn gezet, al wel genomen zullen zijn (o.a. zonneweides).

Figuur 7 Ontwikkeling energiegebruik en opwekking inclusief ontwikkeling na 2020



Bandbreedtes

Het doen van een raming die bijna 10 jaar in de toekomst gaat is inherent met allerlei onzekerheden omgeven. Als gezegd, er zijn diverse factoren die de energievraag substantieel kunnen doen laten toe- of afnemen. Maar ontwikkelingen de andere kant op zijn ook mogelijk. Het is daarom wenselijk om een bepaalde bandbreedte te kunnen aangeven in de bovenstaande opgave voor energieneutraliteit van 195 TJ.

Het inschatten van de bandbreedte aan de kant van het energiegebruik is lastig gegeven de vele onzekerheden en dit vergt technische analyses die niet zijn gedaan voor deze studie. Een ben bandbreedte van 50% van de begrote besparing in het tijdvak 2017-2020 lijkt in ieder geval verstandig om aan te houden, dit zou op 25 TJ aankomen (de helft van 50 TJ beoogde besparing middels ‘zekere’ maatregelen).

De bandbreedte aan de opwekkingskant heeft Rijnland in feite zelf in de hand door het al dan niet treffen van maatregelen. In de opgave van 195 TJ is al meegenomen het treffen van 30 TJ aan ‘voorwaardelijke’ maatregelen die op dit moment ‘on hold’ staan. Als deze niet getroffen worden, zal de opgave voor energieneutraliteit groter worden (225 TJ).

Als Rijnland maximale zekerheid wil om energieneutraal te zijn, dan zouden de maatregelen aan de opwek-kant genomen moeten worden en zou de onzekerheid aan de energiegebruikskant verkend moeten worden met technische analyses van de verschillende factoren waarmee deze geprognosticeerd wordt en meegenomen in de opgave.

4 Aanvullende maatregelen naar energieneutraal

4.1 Inleiding

Uit het vorige hoofdstuk blijkt dat de opgave om energieneutraal na 2020 ongeveer 197 TJ is die ofwel bespaard moet worden, ofwel die met hernieuwbare-opwekking ingevuld moet worden. In dit hoofdstuk geven we een indicatief beeld van de mogelijke maatregelen die nog kunnen worden genomen om een invulling te geven aan de resterende opgave. Dit doen we in de vorm van factsheets per optie.

Hiermee kan het Hoogheemraadschap aan de slag om bijvoorbeeld een aantal alternatieve maatregelpakketten te ontwikkelen die een pad naar energie-neutraal schetsen. Dit prioriteren en keuzes maken is dus aan HHR zelf.

4.2 Besparingsmogelijkheden en energie-efficiency

Als eerste zullen we stilstaan bij de besparingsmogelijkheden. Naast de productie van hernieuwbare energie zijn er ook nog enige mogelijkheden in beeld om energie te besparen. Besparingsmaatregelen maken het bereiken van de energieneutraal opgave makkelijker, en kunnen relatief kosteneffectief zijn.

In de EEP-periode 2013-2016 waren er een aantal maatregelen in beeld die nog niet gerealiseerd zijn. De meeste zijn niet meer actueel of al getroffen, maar Tabel 8 bevat de nog overblijvende mogelijke maatregelen. Alsnog realiseren van deze maatregelen zal naar verwachting 4,4 TJ aan primaire energiebesparing opleveren. Deze maatregelen zijn dus in het vorige hoofdstuk ook nog niet opgenomen in de ontwikkeling van het energiegebruik.

Tabel 8 Overblijvende besparingsmogelijkheden op grond van vorige EEP-periode (2013-2016)

Maatregel	Totale geplande primaire-energiebesparing (TJprim)
Ketenmaatregelen bij slibverbrander HVC	0
Aanpassen beluchtingregeling AWZI Kerk_Zanen ¹⁴	1,6
Clusteren RWZI's (centraliseren)	0,01
Plaatbeluchting of bellenbeluchting met lage luchtbelasting in plaats van schotel- of buisbeluchting	0
Renovatie bellenbeluchting Nieuwe Wetering	1,5
Vervangen slibcentrifuge AWZI Zwanenburg, alternatief is vervangen door slibpersleiding via Schalkwijk naar Haarlem Waarderpolder voor vergisting en duurzame energieproductie	0,7 / pm
Vervanging slibcentrifuges AWZI Zwaanshoek	0,6

¹⁴ Inmiddels ook ingepland voor 2020, besparing is in vorig hoofdstuk niet geteld.

Daarnaast is er nog de besparingsmaatregel “optimalisatie waterkwaliteit maatregelen (o.a. plassenbeluchting)” die in de lijst voor de EEP 2017-2020 is opgenomen als **onzeker**. Het uitvoeren van deze maatregel in de periode tot 2025 zal naar verwachting (inschatting van het Hoogheemraadschap zelf) een extra besparing opleveren van 0,2 TJ. Samen met het uitvoeren van aanvullende besparingsmaatregelen uit de bovenstaande tabel zou er dus nog 4,6 TJ aan extra besparingen te behalen zijn die kunnen bijdragen aan de energieneutraal doelstelling.

Daarnaast zijn er waarschijnlijk andere besparingsmogelijkheden die voor de periode na 2020 in beeld komen, maar die nog niet in het EEP van 2017-2020 behoeften te worden opgenomen, maar een inschatting hiervan is voor het doel van dit document niet aan de orde.

Omdat de MJA is uitgebreid naar het totale waterschap zijn ook zaken als het wagenpark van belang. Het brandstofverbruik van personenvoertuigen bedraagt zo’n 4,6 TJ per jaar. Met elektrische auto’s zou hier bij gelijk-blijvend kilometrage circa 2,6 TJ van resteren (besparing circa 2 TJ). De mogelijkheden voor vergroenen van het wagenpark worden nu onderzocht.

4.3 Ruimtebeslag

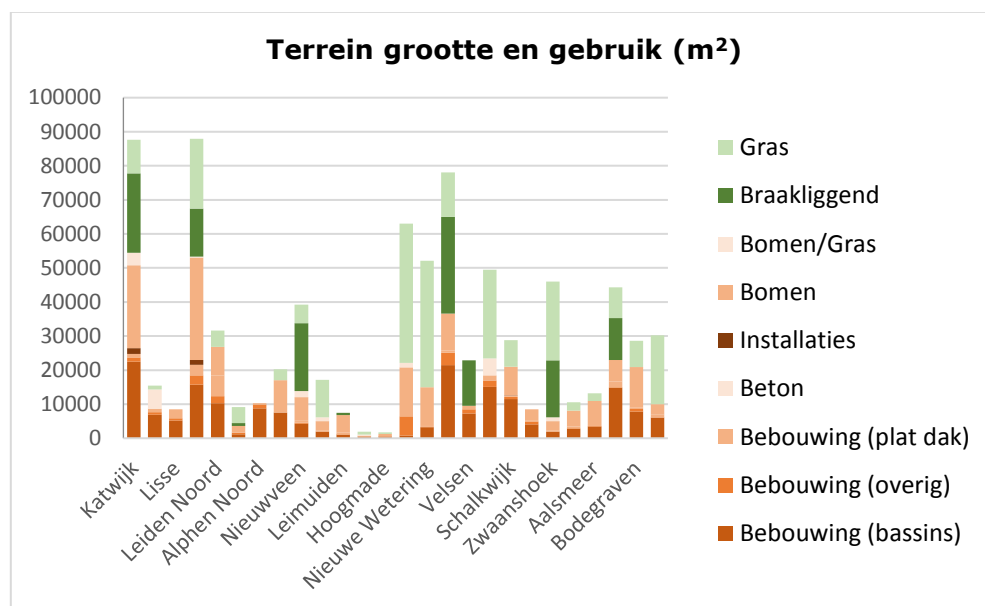
Veel van de hernieuwbare energie opties, zoals wind- en zonne-energie kennen een ruimtebeslag. Op de langere termijn zal ruimte zelfs een van de schaarse assets zijn in de energietransitie.

Het Hoogheemraadschap heeft de beschikking over veel ruimte, niet alleen de eigen gronden waar bijvoorbeeld de assets zoals AWZI’s op gebouwd zijn, maar ook in de vorm van reserve-grondeigendom.

Rijnland heeft ten behoeve van de inventarisatie zonne-energie hier een verkenning naar gedaan (“Inventarisatie AWZI’s - zonneweides 2015-2016”).

Per AWZI is uitgezocht hoe het zit met de ruimtelijke ordening en andere praktische zaken die van belang zijn bij het realiseren van zonneweides. Wat betreft het terrein is gekeken naar de kenmerken van de terreinen (bebost, gras, braakliggend, etc.), een veldinventarisatie, kloppen deze kenmerken met de werkelijkheid, mogelijkheden in het bestemmingsplan ten aanzien van het plaatsen van zonnepanelen, andere grond claims vanuit gemeenten, bedrijven, beveiliging van het terrein. Het resultaat van de ruimte inventarisatie per AWZI is weergegeven in onderstaande figuur. Potentieel geschikte terreinen tellen op tot 20-30 hectare. Per AWZI zijn conclusies opgenomen over de eventuele geschiktheid voor zonnepanelen, voor deze conclusies moet worden verwezen naar de inventarisatie.

Figuur 8 Overzicht inventarisatie van ruimte per AWZI



Juridisch is van belang dat nog verder onderzocht zal moeten worden in hoeverre het mogelijk is om de gronden te gebruiken voor zonneweides en dergelijke omdat het mogelijk is dat er clauses in staan dat de grond uitsluitend voor zuiveringstaken mag worden gebruikt. Tevens zal het bestemmingsplan mogelijk moeten worden aangepast. De huidige situatie van deze gronden is wisselend, vaak is de bestemming groen/landelijk, soms is de grond ook verpacht aan agrariërs.

4.4 Mogelijke maatregelen - duurzame opwekking

In de volgende factsheets brengen de opties voor duurzame energieproductie door het Hoogheemraadschap in kaart. Per optie geven we een algemene beschrijving van de techniek met aanvullend de mogelijkheden in de situatie voor het Hoogheemraadschap.

De volgende vormen van duurzame energieproductie worden besproken:

1. Zon-PV.
2. Windenergie.
3. Waterkracht.
4. Blue energy.
5. WKO.
6. Warmte uit afvalwater (TEA).
7. Warmte uit oppervlaktewater (TEO), Smart polder.
8. Biogas en WKK (optimalisatie).
9. Maaisel en gewassen.

Relatie tussen productiekosten en de businesscase bij Rijnland

Technieken zoals zon-PV, windenergie, waterkracht, geothermie en biogas kennen productiekosten die over het algemeen iets hoger liggen dan het equivalente fossiele/niet-duurzame alternatief. Daarom kan een SDE+-subsidie worden aangevraagd (onder voorwaarden). Deze subsidie dekt binnen bepaald marges de 'onrendabele top', dat wil zeggen het verschil tussen de verwachte berekende productiekosten ('basisbedrag') en de daadwerkelijke opbrengsten van hernieuwbare energie door de marktwaarde van bijvoorbeeld elektriciteit.

Doordat er subsidie wordt verstrekt, wordt de businesscase voor de exploitant positief.

De navolgende factsheets bevatten kostenparameters. Dit zijn de kostenparameters zoals gerapporteerd in ofwel rapporten van het Hoogheemraadschap ofwel zijn overgenomen uit het rekensheet van de SDE+-regeling (ECN, DNV GL & TNO, 2015).

In de SDE+-berekeningen van de basisbedragen worden de kosten per kWh (de 'basisbedragen') generiek bepaald met aannames over de projectfinanciering en de rendementseis (bijvoorbeeld een veronderstelde *Return on Equity* van 12% voor waterkracht en zon-PV, en 15% voor windenergie) tegen een verwachte economische levensduur van 15 jaar (omdat dit de termijn is waarop de subsidie wordt uitgekeerd).

De daadwerkelijke productiekosten per eenheid van energie (kWh) zijn lager als de installatie langer in bedrijf is dan de genoemde 15 jaar.

In beginsel zal Rijnland altijd een businesscase willen opstellen specifiek voor de situatie van Rijnland en dan de maatregelen willen selecteren die een hoge kans van realisatie combineren met een lage organisatorische complexiteit, een goede kans op subsidiebeslag of een bescheiden subsidiebeslag.

We stellen in de navolgende factsheets niet de businesscases op omdat dat niet op het generieke techniekniveau kan. We hebben wel de productiekosten weergegeven, maar aangepast ten opzichte van de ECN-berekeningen. Hierbij is een vertaling naar het Rijnlandse gemaakt waar dat nodig is, bijvoorbeeld ten aanzien van grondkosten¹⁵. We hebben geen veronderstellingen gedaan over vereist projectrendement en hebben dus niet verdisconteerd. Er is geen SDE+-subsidie verondersteld. De kosten zijn wel uitgedrukt uitgaande van een 15 jaar productie. Deze productiekosten zeggen iets over de onderlinge *kostprijs* van verschillende technologieën, maar zeggen niets over de *businesscase* bij Rijnland, omdat de subsidie dus is weggelaten en omdat de businesscase ook sterk afhangt van de beschouwde zichtperiode, die langer moet zijn dan 15 jaar. In Tabel 9 staat kort samengevat hoe de kostencomponenten in deze rapportage zijn opgebouwd.

Tabel 9 Overzicht opbouw kostencomponenten factsheets

Vaste kosten €/MWe	Productiekosten €/kWh
– Investeringskosten	– Investeringskosten / (levensduur × jaarproductie)
– Vaste O&M-kosten × levensduur	– Vaste O&M*-kosten jaarproductie
	– Variabele O&M-kosten
	– Extra elektriciteitskosten

* Onderhouds- en beheerkosten.

Aanvragen van subsidie.

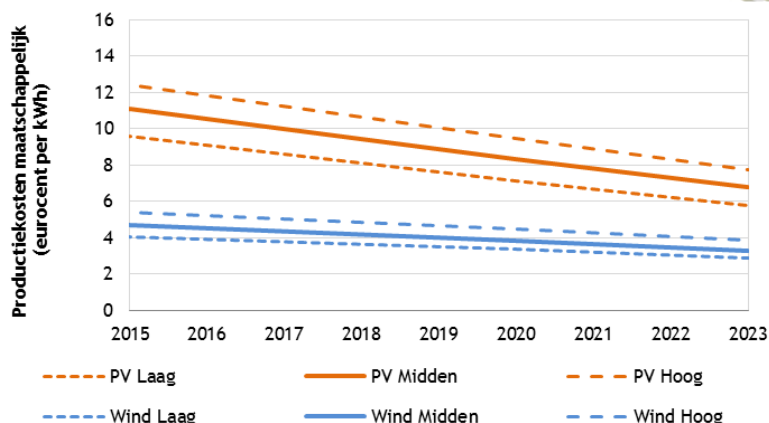
De productiekosten van hernieuwbare energie zoals deze gerapporteerd worden in de SDE+-berekening van ECN e.a. is niet altijd van toepassing op het Hoogheemraadschap. Soms zullen bij HHR lagere of hogere kosten van toepassing zijn. Het staat een aanvrager van SDE+-subsidie altijd vrij om een subsidieaanvraag in te dienen tegen een lager bedrag in de zogenaamde vrije categorie. Hiermee neemt de kans dat de subsidie wordt gehonoreerd toe.

¹⁵ In de kostenberekeningen van de SDE+ gaat ECN bij wind uit van grondkosten van 0,0035€/kWh. Deze kosten zal het Hoogheemraadschap niet hoeven maken omdat de grond in haar eigendom is. Dit is een voorbeeld zijn de berekeningen in deze rapportage gecorrigeerd.

4.5 Zonne-energie (zon-PV)

Beschrijving zon-PV											
	Zon-PV zijn fotonvoltaïsche zonnepanelen die zonne-energie omzetten in elektriciteit. Zonnepanelen kunnen geplaatst worden op daken, velden of op installaties (bijvoorbeeld zonnepanelen als afdekking boven beluchtingstanks). De foto is een illustratie met betrekking tot geschikte gronden oppervlak van AWZI Zwaanshoek.										
Energieopbrengst		Kosten									
Wij gaan uit van zonnepanelen met een productiecapaciteit van 270 Wp. Voor deze categorie wordt in de SDE+-basisbedragen 950 vollasturen verondersteld (ECN, DNV GL, TNO, 2016), voor de genoemde zonnepanelen komt dit neer op een jaarlijkse elektriciteitsproductie van +/-260 kWh/paneel. De capaciteit en grootte van een paneel kan verschillen, ook het benodigde oppervlak is afhankelijk van de hellingshoek en de exacte opstelling. Wij gaan uit van een paneel van 270 Wp met een oppervlak van ongeveer 1,6 m² op een plat dak of op vlakke grond. De capaciteit is dan 170 Wp/m² en de opbrengst ongeveer 160 kWh/m² = 1.600 MWh/ha indien je alle panelen tegen elkaar legt. In de praktijk zal dit niet mogelijk zijn. In een rapport van de Unie van Waterschappen (Ecofys en P2, 2015) wordt als maximum 1 MW/ha genoemd (950 MWh/ha).		Investeringskosten: 1.010 €/kWe Vaste O&M-kosten: 17 €/kWe/jaar Variabele O&M-kosten: 0 €/kWh (ECN, DNV GL & TNO, 2015) Technische levensduur zonnepanelen: 25-30 jaar (herinvestering omvormers na 15 jaar, garantietermijn vaak 25 jaar (Baumgärtel, 2017)). Opmerkingen - Grootverbruikers (zoals RWZI's) betalen een laag tarief aan energiebelasting, hierdoor heeft zon-PV een minder hoog financieel rendement (IRR ~3-4% afhankelijk van zichtperiode) dan voor kleinverbruikers (IRR >10%). - Indien de piekproductie van de zon-PV-installatie groter is dan de capaciteit van aansluiting op het elektriciteitsnet, moet de aansluitcapaciteit verzwaaard worden, dit brengt hoge kosten met zich mee. Het loont daarom om grote installaties aan te sluiten op bestaande grote elektriciteitsaansluitingen (zoals bij RWZI's).									
<table><tr><th>MWh/ha grondoppervlak</th><th>MWh/MWe</th></tr><tr><td>950</td><td>950 MWh /MWe</td></tr></table>		MWh/ha grondoppervlak	MWh/MWe	950	950 MWh /MWe	<table><tr><th>Vaste kosten €/MWe</th><th>Productiekosten €/kWh</th></tr><tr><td>1.265.000 €/MWe</td><td>0.089 €/kWh</td></tr></table>		Vaste kosten €/MWe	Productiekosten €/kWh	1.265.000 €/MWe	0.089 €/kWh
MWh/ha grondoppervlak	MWh/MWe										
950	950 MWh /MWe										
Vaste kosten €/MWe	Productiekosten €/kWh										
1.265.000 €/MWe	0.089 €/kWh										
Huidige stand der techniek en ontwikkelingen											
De afgelopen jaren zijn de prijzen van PV-panelen aanzienlijk gedaald door onder ander een sterke leercurve van deze technologie. Sinds 2013 is de prijsdaling minder sterk mede doordat de Europese Unie een minimumprijs hanteert voor panelen uit China. In het conceptadvies voor de SDE+-basisbedragen van 2017 wordt uitgegaan van een verdere kostprijsreductie van 8% per jaar voor modules en omvormers en ongeveer 2,5% per jaar voor installatiemateriaal en arbeid (ECN, DNV GL, TNO, 2016). Ook IRENA verwacht wereldwijd een verdere kostenreductie voor (grootschalige, >1 MW) zon-PV-systemen (IRENA, 2016). Zij verwachten dat de totale installatiekosten 57% lager zijn in 2025 ten opzichte van 2015, onder andere door meer concurrentie, schaalvoordelen en ‘best practices’ in onder andere de installatie. Ook voor de totale verdisconteerde productiekosten van elektriciteit (LCOE in €/kWh) verwacht IRENA een wereldwijde reductie van 58% in 2025 ten opzichte van 2015, zie figuur in Bijlage D. Fraunhofer ISE verwacht nog een aanzienlijke kostenreductie (~35%) voor de totale verdisconteerde productiekosten van elektriciteit (LCOE in €/kWh) in de jaren tot 2030 ten opzichte van 2013, zie figuur in Bijlage D (Fraunhofer ISE, 2013).											

We kunnen dus concluderen dat de kostprijs voor zon-PV-systemen de komende jaren nog zal dalen. Schattingen lopen echter sterk uiteen. De kostendaling blijkt ook uit de nationale kosteneffectiviteitsstudie van CE Delft en ECN (CE Delft en ECN, 2016). De figuur schetst de verwachte kostendaling van wind en zon t/m 2023.



Omgevingsfactoren

Zonne-energie is een oplossing met in de omgeving een lage complexiteit. De installaties kunnen doorgaans worden geplaatst zonder dat hierbij een partner nodig is.

Fysieke omgevingsfactoren (ruimtebeslag)

Het ruimtebeslag is afhankelijk van de opstelling, helling van de ondergrond en het aantal panelen. Een zonnepaneel heeft een oppervlak van ongeveer 1,6 m², voor een hellend dak is er per paneel eveneens 1,6 m² dakoppervlak nodig; voor een plat dak is er 4 m² per paneel nodig in verband met schaduwval (dit komt neer op 2,5 m² plat dak/m² paneel) (Milieu Centraal, 2016). Niet altijd is het gehele dak geschikt voor zonnepanelen, bijvoorbeeld door schaduwval of door te weinig draagkracht, of doordat voor zonnepanelen op een plat dak geldt dat het paneel ten minste net zover van de dakrand verwijderd moet zijn als dat het paneel hoog is (Min. BZK, 2012). In alle gevallen is het van belang dat er geen schaduwval is op het gebied waar de zonnepanelen geplaatst worden.

Beleidsmatige omgevingsfactoren

Voor het plaatsen van zonnepanelen op een bestaand dak hoeft in de meeste gevallen geen omgevingsvergunning bij de gemeente aangevraagd te worden. Voor het plaatsen van zonnepanelen op een nieuw bouwwerk of de grond (zonneweide) is dit veelal wel het geval; op bestaand terrein van een RWZI is alleen een vergunning nodig. Voor grootschalige zonneweides moet bovendien het bestemmingsplan meestal worden aangepast (Ecofys en P2, 2015). In de provincie Groningen en Friesland wordt het plaatsen van zonnepanelen op dijken niet wenselijk geacht vanuit het oogpunt van landschappelijke kwaliteit (KNN & MD, 2013), daarnaast spelen reflecties en mogelijke beperkingen bij dijkonderhoud een rol. Onderstaande tabel uit een publicatie van de Unie van Waterschappen (Ecofys en P2, 2015) geeft een overzicht van de complexiteit en noodzaak voor vergunningaanvraag en bestemmingsplanwijziging voor verschillende situaties:

	Zonne-energie op daken	Zonne-energie op stuwen, sluisen en gemalen	Grondgebonden zonneweides
Ordegrootte vermogen	> 15 kW < 1 MW	< 15 kW	> 1 MW
Vergunning(en) nodig	Nee	Soms	Ja
Bestemmingsplanwijziging nodig?	Nee	Nee	Meestal, maar niet op bestaand terrein van een RWZI
Complexiteit ontwikkeling	Eenvoudig	Eenvoudig	Complex
Doorlooptijd	< 1 jaar	< 1 jaar	1-3 jaar

Maatschappelijke en sociale omgevingsfactoren

Zonnepanelen zijn maatschappelijk geaccepteerd, ze worden nauwelijks als bezwaarlijk gezien, blijkt uit het onderzoek van Motivaction (Motivaction, 2016). Het wordt gezien als de aantrekkelijkste vorm van duurzame energie, bovendien ervaren Nederlanders zonneweiden niet als overlast voor omwonenden (geen horizonvervuiling en geen geluidsoverlast).

Situatie Hoogheemraadschap van Rijnland

Studie HVC (2013) Zonnestrategie voor het Hoogheemraadschap van Rijnland in combinatie met "Inventarisatie zonne energie AWZIs 20152016.docx" van HHR

HVC schat het dakoppervlak bij AWZI's op 25.500 m², het oppervlak van bassins op 179.000 m² en het oppervlak van open terrein op 211.000 m²; in totaal komt dit neer op 41,6 ha. De nadere inventarisatie van het Hoogheemraadschap komt uit op ongeveer 39,5 ha dat geschikt is (grond- en gebouwoppervlak). Uitgaande van het kental 950 MWh/ha, is het theoretisch potentieel is de productie circa 37 GWh (337 TJprim) aan elektriciteit per jaar (ca. 37 MW). Dit potentieel is echter in praktische en economische zin wellicht niet 100% te realiseren. In 2020 is een jaarproductie van bijna 22-29 TJprim voorzien (waaronder een aantal zonneweides), dit betekent dat er aanvullend met zon-pv theoretisch nog ruim 309 tot 315 TJprim geproduceerd kan worden. Een aantal opties hiervoor, met een geschatte grootte van 24 TJ (waarde zoals opgenomen in de EEP lijst), zijn nu nog gemarkeerd als onzekere maatregelen voor de EEP:

- Zonneweide AWZI Leiden ZW: 9 TJ
- Zonneweide AWZI Velsen: 4,5 TJ
- Zonneweide AWZI Haarlem Waarderpolder: 11 TJ

Door 60-65% van het potentieel voor zonne-energie in te vullen kan het volledige restant aan energie in 2025, zo'n 195 TJ primaire energie, ingevuld worden. Zonne-energie kan dus een hele grote bijdrage leveren. Wellicht betekend dit wel dat er op sommige locaties meer zonnestroom wordt opgewekt dan dat er ter plekke gebruikt wordt, er zal dan dus stroom geleverd worden aan het elektriciteitsnet. Omdat zonneprojecten relatief snel gerealiseerd kunnen worden, kunnen deze maatregelen ook nog genomen worden in de aanloop naar 2025 om te corrigeren voor eventuele tegenvallers.

De voordelen

- Zonder veel maatschappelijke weerstand te realiseren op de eigen terreinen van het Hoogheemraadschap.
- Lage organisatorische complexiteit.
- Kosten zullen nog verder dalen.
- Met korte doorlooptijd en (meestal) zonder vergunning te realiseren op gebouwen, stuwen en sluizen (< 1 jaar).
- Met middellange doorlooptijd te realiseren in de vorm van zonneweides (1-3 jaar).
- Groot potentieel bij het Hoogheemraadschap.
- Zonnepanelen op een gebouw, verbeteren het energielabel van het gebouw.

De nadelen

- Variabiliteit in productie binnen de dag ('s nachts geen productie) en tussen de seizoenen (veel in de zomer, weinig in de winter).
- Groot oppervlak nodig.
- Relatief hoog gebruik van zeldzame metalen.



4.6 Windenergie

Beschrijving wind



Met windturbines kan windenergie omgezet worden in elektriciteit. De opbrengst van een windturbine is afhankelijk van verschillende parameters (RVO, 2016):

- het ontwerp van de turbine;
- de hoogte van de mast (hogere ashoogte zorgt voor meer productie);
- de lengte van de rotorbladen (grotere rotordiameter zorgt voor meer productie);
- de windsnelheid op de locatie (tot ongeveer 25 m/s geldt hoe harder het waait, hoe beter).

Windmolens kunnen elkaars opbrengst beïnvloeden, om dit te voorkomen worden windturbines gemiddeld met een afstand van circa vier keer de rotordiameter van elkaar geplaatst (+/- 500 m voor grote windturbines).

Windenergie is een van de meest kosten-efficiënte technieken voor de productie van hernieuwbare energie in Nederland. Echter het huidige beleid van de provincies Noord- en Zuid-Holland maakt het niet mogelijk voor het Hoogheemraadschap van Rijnland om de komende periode op de eigen gronden de grote turbines (hoge masten) te plaatsen die zo kosteneffectief zijn. Met de kleine windmolens met lage zijn de financiële en technische mogelijkheden veel beperkter.

Energieopbrengst

In het grootste deel van het gebied van het Hoogheemraadschap is de gemiddelde windsnelheid op 100 meter hoogte tussen de 7 en 7,5 m/s, met aan de kust een aantal locaties waarde windsnelheid oploopt tot boven de 8 m/s (zie Bijlage E.2) (RVO, 2014a). Voor de eerste categorie wordt in de SDE+-basisbedragen berekening 2.570 vollasturen verondersteld (ECN, DNV GL, TNO, 2016), voor de kust gebieden kunnen de vollasturen oplopen tot 3.150 uur/jaar. Voor een windmolen met een vermogen van 2 MW komt dit neer op een jaarlijkse elektriciteitsproductie van 5.140 MWh, respectievelijk 6.300 MWh, uitgaande van de categorie 7-7,5 m/s.

MWh/ha grondoppervlak	MWh/MWe
206 MWh/ha.	2.570MWh/MWe

Kosten

Investeringskosten: 1.250 €/kWe
 Vaste O&M-kosten: 12,4 €/kWe/jaar
 Variabele O&M-kosten: 0,0104 €/kWh (excl. grondkosten) (ECN, DNV GL & TNO, 2015)
 Technische levensduur: 25 jaar

Vaste kosten €/MWe	Productiekosten €/kWh
2,01 miljoen €/MWe	0,052 €/kWh*

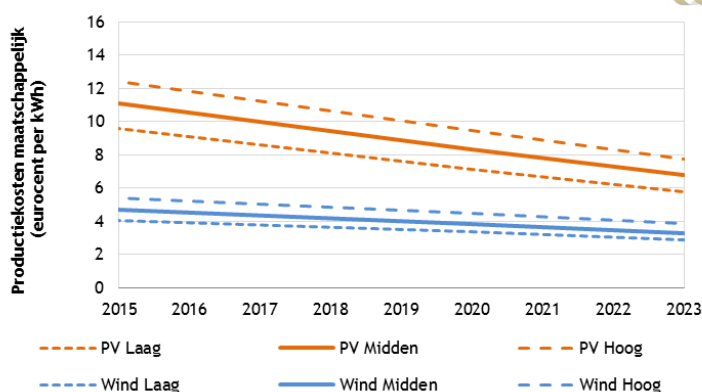
* Aan de kust is de windsnelheid hoger, waardoor de productiekosten lager uitvallen: 0.045 €/kWh

Huidige stand der techniek en ontwikkelingen

Wind wordt steeds goedkoper doordat de turbines goedkoper worden maar ook omdat de molens steeds groter en hoger worden. Dit geldt voor wind op land en wind op zee. Het International Renewable Energy Agency (IRENA, 2016) verwacht dat windturbines in 2025 naar verwachting met gemiddeld 12% gedaald zijn ten opzichte van het prijspeil in 2015, maar ze wekken ook steeds meer op waardoor de gemiddelde productiekosten van 1 kWh elektriciteit nog met gemiddeld 26% dalen.

De kostendaling blijkt ook uit de nationale kosteneffectiviteitsstudie van CE Delft en ECN (CE Delft en ECN, 2016).

De figuur schetst de verwachte kostendaling van wind en zon t/m 2023.



Omgevingsfactoren

Fysieke omgevingsfactoren (ruimtebeslag) en veiligheidsafstanden

Het ruimtebeslag van een windturbine bestaat enerzijds uit de fysieke ruimte die nodig is om de windturbine te plaatsen (dit hangt af van de dimensionering van de windturbine en de eigenschappen van de ondergrond, voor de diameter van de fundering kan gedacht worden aan de orde grootte van 10-20 m voor een grote windturbine (RVO, 2014b), anderzijds bepaald het 'Activiteitenbesluit milieubeheer' het risicoruimtebeslag. Het gaat hierbij om de afstand die een windturbine verwijderd moet zijn van beperkt kwetsbare (utiliteit, etc.) en kwetsbare (woningen, etc.) objecten, hiervoor gelden zogenaamde risicocontouren. Er gelden de volgende vuistregels (RVO, 2014c):

- Afstand ten opzichte van kwetsbare objecten 'is gelijk aan de hoogste waarde van de ashoogte plus een halve rotordiameter of de maximale werpafstand bij nominaal rotortoerental' (10^{-6} risicocontour). De afstand hangt dus af van de dimensionering van de windturbine, ter indicatie: 130-250 meter voor grote windturbines.
- Afstand ten opzichte van beperkt kwetsbare objecten 'is gelijk aan de halve rotordiameter' (10^{-5} risicocontour). Ter indicatie: 30-80 meter voor grote windturbines.

Om een vergunning te krijgen voor het plaatsen van een windturbine moet aan een aantal wettelijke eisen worden voldaan, ook moeten een aantal zaken getoetst worden. (RVO, 2016b) noemen toetsen op o.a. radarverstoring door TNO en het Ministerie van Defensie; effecten voor vogels en vleermuizen (Bijlage E.4); geluidsnormen; risicozonering; slagschaduw; vliegverkeer, etc.

Dit komt er in de praktijk op neer dat windturbines minimaal ca. 400 meter van woningen verwijderd moeten blijven. Veiligheid speelt ook een rol als het gaat om het plaatsen van windturbines op waterkeringen. Er zal steeds een uitvoerige risicoanalyse moeten worden gedaan om te bepalen of de dijk geschikt is voor het plaatsen van een windturbine. Bestemmingsplanwijziging is meestal nodig voor middelgrote turbines, voor grote turbines (>2 MW) is dit altijd nodig.

Maatschappelijke en sociale omgevingsfactoren

Slechts 2% van de Nederlanders staat negatief tegenover duurzame energie; ook is een meerderheid van de Nederlanders voor sterke groei van het aandeel energie uit zon, wind en water. Hierbij vindt een meerderheid het belangrijk dat de hinder voor omwonenden wordt beperkt en ook de landschappelijke kwaliteit wordt behouden. Windturbines hebben de laatste jaren vaak tot maatschappelijke weerstand geleid, omwonenden zijn vaak bang voor horizonvervuiling, slagschaduw en geluidshinder; toch blijken omwonenden van windmolens niet negatiever over windenergie (Motivaction, 2016).

Situatie Hoogheemraadschap van Rijnland

Provinciaal ruimtelijk beleid

In de *Provincie Noord-Holland* gelden strengere eisen voor het realiseren van windturbines, o.a. (Provincie Noord-Holland, 2017):

- een windpark moet gelegen zijn in een herstructureringsgebied;
- windparken moeten in een lijnopstelling staan van minimaal 6 turbines;
- er moet minimaal 600 meter afstand zijn tussen een turbine en woningen of bijvoorbeeld een school of ziekenhuis;
- voor elke nieuw te bouwen turbine, worden 2 oude turbines verwijderd. Op die manier neemt de totale hoeveelheid windturbines in Noord-Holland af.

Alleen RWZI Zwaanshoek en RWZI Velsen ligt in een herstructureringsgebied; maar kunnen op het eerste gezicht niet voldoen aan de overige eisen. Windturbines met een rotordiameter kleiner dan 5 meter of een ashoogte kleiner dan 7 meter vallen niet onder bovenstaande regels.

In de *Provincie Zuid-Holland* zijn windturbines alleen toegestaan in aangewezen gebieden, geen van de RWZI's liggen in deze gebieden. In een bestemmingsplan voor gronden buiten het bestaand stads- en dorpsgebied kunnen kleine windturbines met een ashoogte tot 15 meter toelaten worden en kan een bestemmingsplan voor gronden binnen het bestaand stads- en dorpsgebied of voor gronden binnen het glastuinbouwgebied kleine en middelgrote windturbines met een ashoogte tot 45 meter worden toelaten (Provincie Zuid-Holland, 2016).

Indicatie kentallen windturbine tot 15 meter

In 2008-2012 zijn in Zeeland een groot aantal kleine windturbines getest (Ingreenious, 2012). De maximale jaarproductie van de geteste windturbines met een nominaal vermogen van 2,1 kW was ongeveer 2.200-2.700 kWh per jaar (0.020-0.024 TJprim/jaar, resp. model Skystream en Montana) bij een gemiddelde windsnelheid van 3,8 m/s.

De windsnelheden op deze hoogte liggen aanzienlijk lager dan op 100 meter, zie ook Bijlage E.3. Per windturbine is de productie dus zeer beperkt. Zonder onderhoudskosten en bij een levensduur van 20 jaar volgend op basis van de investeringskosten in 2008 een productieprijs van 0,24-0,35 €/kWh. De investeringskosten liggen tussen de 10.000 en 20.000 euro.



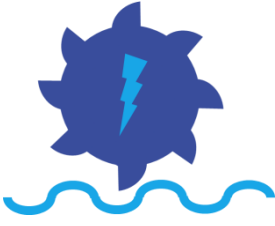
Onderzocht potentieel - Van der Pouw (2016) Opties voor exploitatie van windturbines

De conclusie van dit onderzoek is dat er op het grondgebied van het Hoogheemraadschap op het eerste gezicht geen locaties zijn waar windenergie gerealiseerd kan worden. Wellicht zijn er na overleg met de provincies en gemeenten nog wel mogelijkheden voor kleine/middelgrote windturbines (max. 45 meter). Volgens dit rapport levert een middelgrote windturbine van 250 kW een jaarlijkse productie van 5 TJ.

Aanvullend kan er ook gelobbyd worden bij de provincies om in het tijdvak tot 2025 gezamenlijk op zoek te gaan naar geschikte locatie op het terrein van het Hoogheemraadschap waar een uitzondering voor een hoge windturbine verkregen kan worden. Realisatie van een grote windturbine koste echter tussen de 5 en 10 jaar (RVO, 2017), daarbovenop komt nog de tijd die nodig is voor het lobbyen voor een uitzondering. Het is dus maar zeer de vraag of het mogelijk is om voor 2025 een grote windturbine te kunnen realiseren. Voor middelgrote en met name kleine windturbines (<7 meter) zal de ontwikkelingstijd korter zijn.

De voordelen	De nadelen
– Een windturbine kan een grote bijdrage aan de doelstelling om energieneutraal te worden. – Kosteneffectief. – Bewezen technologie.	– Mogelijkheden voor grote windturbines zijn binnen het huidige provinciale beleid zeer beperkt of onmogelijk. – Risico op maatschappelijke weerstand. – Complex en langdurig traject voor vergunningverlening en bestemmingsplanwijziging, waardoor verreweg de meest complexe variant om te realiseren. Doorlooptijd van 2 tot 5 jaar. – Variabiliteit in productie binnen de dag en tussen de seizoenen.

4.7 Waterkracht

Beschrijving waterkracht			
		Hoewel de rivieren in Nederland geen sterk verval kennen, is bij kunstwerken in rivieren (zoals stuwen en sluizen) voldoende verval om duurzame elektriciteit via waterkrachtinstallaties op te wekken. Daarnaast is het ook mogelijk om in vrij stromend water elektriciteit op te wekken, maar dit ligt voornamelijk voor de hand als er sprake is van getijdewerking (ECN, DNV GL, TNO, 2016). Energie uit stroming door rivierkribben wordt door Deltares ook als optie genoemd (Deltares, 2008), maar dit speelt waarschijnlijk alleen een rol in de grote rivierkribben van Rijkswaterstaat.	
Energieopbrengst		Kosten	
Nederland heeft op dit moment drie middelgrote waterkrachtcentrales: – Maas, Alphen/Lith; 14 MW – Maas, Linne; 11 MW – Nederrijn, Maurik; 10 MW Overige centrales zijn kleiner (0,1 à 0,2 MW) De kostenberekening van de SDE+ gaat uit van een turbine van 1 MW met een jaaropbrengst van 5.700 MWh.		Voor een waterkrachtcentrale met een valhoogte van meer dan 50 cm, gelden de volgende kentallen (ECN, DNV GL & TNO, 2015): Investeringskosten: 8.000 €/kWe Vaste O&M-kosten: 100 €/kWe/jaar Variabele O&M-kosten: 0 €/kWh	
MWh/ha grondoppervlak	MWh/MWe	Vaste kosten €/MWe	Productiekosten €/kWh *
Niet relevant	5.700 MWh/MWe	9.500.000 €/MWe	0,111 €/kWh
In de Dommel is recent een waterkrachtcentrale van 120 kW in gebruik genomen, de verwachte jaaropbrengst is 600 MWh (RVO, 2016), dit komt neer op 5.000 MWh/MWe. De investering bedroeg 950.000 euro plus een SDE+-subsidie van 0.15 €/kWh (o.b.v. verdisconteerde kosten) (RVO, 2016). Op basis van het investeringsbedrag schatten we de niet verdisconteerde productiekosten op 0,110 €/kWh. Een aanzienlijk hoger bedrag dan het kental dat hierboven is genoemd. Meer dan zon, wind en biogas, zijn de energieopbrengst en de productiekosten van waterkracht locatie-specifiek (afhankelijk van verval en stroomsnelheid).			
Huidige stand der techniek en ontwikkelingen			
Slechts op een paar plaatsen in Nederland zijn waterkrachtinstallaties geplaatst. Voor waterkrachtinstallaties is er geen duidelijk beeld van hoe de investeringskosten zich in de toekomst zullen ontwikkelen. Hoewel er in turbineconcepten nog wel ontwikkeling zit, wordt waterkracht over het algemeen gezien als een volwassen technologie, waarbij de investeringskosten-reductie vooral bepaald worden door de reductie van de constructiekosten (civiele werkzaamheden waarvan de kostenreductie lastig te voorspellen is (IRENA, 2012). Een voorbeeld van een nieuw turbineconcept is de Vivace turbine, die ook bij lage stroomsnelheid energie kan opwekken uit de turbulentie in de stroming (Bosma, et al., 2011). Deze techniek is bij Waterschap Rijn en IJssel getest, maar het bleek nog te veel in de conceptfase te zitten voor verder uitrol.			
Omgevingsfactoren			
Fysieke omgevingsfactoren (ruimtebeslag) Omdat het voor de hand ligt dat de waterkrachtgenerator wordt geplaatst bij kunstwerken, zal het bovengrondse additionele ruimtebeslag beperkt zijn. Afhankelijk van het ontwerp kan er een aparte watergang (bypass) nodig zijn voor de waterkrachtinstallatie en/of moet er een visgeleidingssysteem gerealiseerd worden om vissterfte te voorkomen.			
Beleidsmatige omgevingsfactoren Geen bijzonderheden. Een omgevingsvergunning kan noodzakelijk zijn, bovendien moet voldaan worden aan de eisen die het Hoogheemraadschap stelt.			
Maatschappelijke en sociale omgevingsfactoren Een belangrijk maatschappelijk aspect bij waterkrachtcentrales is eventuele vissterfte veroorzaakt door de turbine schoepen. Dit probleem kan met speciale voorzieningen opgelost worden (visgeleidingssysteem).			

Situatie Hoogheemraadschap van Rijnland

Tenzij er watergangen zijn waar (nabij kunstwerken) waar er een aanzienlijke verval is, is het potentieel voor waterkracht in Nederland over het algemeen beperkt.

Er is een onderzoek gedaan naar een waterkracht centrale bij het Leeghwater gemaal. Alhoewel een schroeftype zou werken, zijn er weer pompkosten die de energieopwekking onrendabel maken (Arizona State University, 2014).

De voordelen

- Weinig maatschappelijke weerstand.
- De installaties vragen weinig additioneel ruimtebeslag en kunnen goed in de omgeving opgenomen.

De nadelen

- Relatief hoge kosten.
- Risico op vissterfte als geen goede voorzieningen zijn getroffen om de vissen te beschermen.
- Vrijwel geen mogelijkheden in het vlakke gebied van Rijnland.



4.8 Blue energy

Beschrijving blue energy									
	Bij blue energy wordt er elektriciteit geproduceerd uit een verschil in zoutgehalte van zout- en zoetwater. Het transport van ionen door een speciaal membraan tussen het zoute en het zoete water levert elektriciteit op (Visser, 2014). Kunstwerken op de grens van zeewater en zoetwater (zoals zeedijken) vormen de ideale toepassingslocaties voor een blue energy centrale. Maar ook zoutwaterstromen uit bijv. de industrie kunnen worden benut. In Nederland is er op de Afsluitdijk een pilotcentrale geïnstalleerd; de technologie wordt nog niet op grote schaal toegepast (afsluitdijk.nl, 2017). Blue energy heeft een groot wereldwijd technisch potentieel van ongeveer 980 GW (Acuña Mora & de Rijck, 2015).								
Energieopbrengst	Kosten								
De energieopbrengst Blue energy centrale Katwijk (Visser, 2014):	Voor Katwijk wordt uitgegaan van een 1 MW blue energy centrale met de onderstaande kentallen (Visser, 2014). Hierbij is rekening gehouden met besparingen in het energiegebruik van het gemaal in Katwijk. Deze kentallen zijn indicatief. Momenteel worden deze geactualiseerd (zie verder Situatie Hoogheemraadschap van Rijnland).								
<table> <tr> <th>MWh/ha grondoppervlak</th><th>MWh/MWe</th></tr> <tr> <td>Niet relevant</td><td>6.300-8.700 MWh/MWe; afhankelijk van schaalgrootte</td></tr> </table>	MWh/ha grondoppervlak	MWh/MWe	Niet relevant	6.300-8.700 MWh/MWe; afhankelijk van schaalgrootte	<table> <tr> <th>Vaste kosten €/MWe</th><th>Productiekosten €/kWh *</th></tr> <tr> <td>~2.300.000 €/MWe</td><td>0,262 €/kWh (nu) 0.08 €/kWh (2030)</td></tr> </table> Levensduur centrale: 30-40 jaar	Vaste kosten €/MWe	Productiekosten €/kWh *	~2.300.000 €/MWe	0,262 €/kWh (nu) 0.08 €/kWh (2030)
MWh/ha grondoppervlak	MWh/MWe								
Niet relevant	6.300-8.700 MWh/MWe; afhankelijk van schaalgrootte								
Vaste kosten €/MWe	Productiekosten €/kWh *								
~2.300.000 €/MWe	0,262 €/kWh (nu) 0.08 €/kWh (2030)								
Huidige stand der techniek en ontwikkelingen									
Blue energy is een concept dat dateert uit het midden van de vorige eeuw, maar nog nauwelijks wordt toegepast voor elektriciteitsproductie (Acuña Mora & de Rijck, 2015). Er zijn verschillende technieken voor Blue energy die onderzocht worden, de twee voornaamste zijn PRO (Pressure Retarded Osmosis) en RED (Reversed Electrodialysis); maar ook CAPMIX (Capacitive Mixing) en CRED (Reversed Electrodialysis) worden onderzocht als kandidaten met wellicht een nog groter potentieel (Acuña Mora & de Rijck, 2015). Er zijn demonstraties (geweest) in Noorwegen (PRO), Italië (CAPMIX) en momenteel ook in Nederland (RED). In Noorwegen is in de periode 2009-2013 geëxperimenteerd met een 4 kW blue energy centrale gebaseerd op de PRO techniek), maar dit project werd beëindigd omdat er geen uitzicht was op concurrerende elektriciteitsproductie in de nabije toekomst (Statkraft, 2013; BBC, 2015). In Nederland is in november 2014 een pilot centrale geopend op de afsluitdijk (50 kw).									
Omgevingsfactoren									
Fysieke omgevingsfactoren (ruimtebeslag) Het ruimtebeslag is afhankelijk van de schaalgrootte (het vermogen) van de Blue energy centrale. Visser geeft hiervoor de volgende indicatie (Visser, 2014): per 200 kW is een installatie ter grootte van een zeecontainer (12,19x2,44x2,44 m) nodig en 31 m² (per 200 kW) voor de zuiveringsinstallatie. Aanvullend is per 800 kW een extra zeecontainer nodig voor de 'balance of system' met voorzieningen voor de elektriciteitsconversie en de aansluiting op het net. Beleidsmatige omgevingsfactoren Een omgevingsvergunning is noodzakelijk. Verder worden er eisen gesteld door het hoogheemraadschap en Rijkswaterstaat ten aanzien van de kustveiligheid en de waterkwaliteit en ecologie. Maatschappelijke en sociale omgevingsfactoren Niet bekend; maar heeft in vergelijking met bijvoorbeeld windenergie een beperkte impact op de omgeving.									
Situatie Hoogheemraadschap van Rijnland									
Bij de uitwatering/waterkering bij Katwijk worden de mogelijkheden voor het opschalen naar een 1 MW democentrale onderzocht. Hiervoor is een samenwerkingsovereenkomst aangegaan tussen het Hoogheemraadschap van Rijnland, de gemeente Katwijk en Noordwijk en de provincie Zuid-Holland. REDStack (eigenaar van techniek en pilotcentrale Afsluitdijk) heeft zich in 2017 aangesloten bij deze samenwerking. Het doel van de samenwerking is de financiële en technische haalbaarheid van een centrale in Katwijk te onderzoeken. Momenteel wordt hiervoor een businesscase uitgewerkt. Hierbij wordt gekeken naar verschillende afnemers (boezemgemaal Katwijk, AWZI Katwijk) en synergiemogelijkheden met het smart									

polder-project dat onderzocht wordt bij het boezemgemaal Katwijk (warmte winnen uit oppervlaktewater). Een synergie-mogelijkheid is het gebruik van de opgewekte elektriciteit van de blue energy-centrale om de gewonnen warmte van het smart polder project op te werken van een laagwaardige naar een hoogwaardige temperatuur. Onderzoek van Arcadis (2016) heeft aangetoond dat een blue energy centrale geen substantiële bijdrage zal leveren aan het verbeteren van de zwemwaterkwaliteit.

De voordelen	De nadelen
– Relatief onopvallend in landschap in vergelijking met wind- en zonne-energie. – Continue productie met aanzienlijk vermogen die kan worden aangewend voor het boezemgemaal Katwijk, AWZI Katwijk of opwerken warmte smart polder (waarmee businesscase smart polder wordt verbeterd).	– Nog in een pilotfase en niet grootschalig toegepast.

4.9 WKO en geothermie

Beschrijving geothermie en WKO



Bij geothermie (of aardwarmte) wordt warmte gewonnen uit de ondergrond, wij beschouwen (RVO, 2016a):

- ondiepe geothermie (500-1.500 meter diep):
 - warmte van ca. 40°C;
 - geschikt voor lage-temperatuurverwarming van woningen/utiliteit.
- diepe geothermie (meer dan 1.500 meter diep):
 - warmte van 70-120°C afhankelijk van de diepte;
 - door hoge temperaturen ook geschikt voor industriële processen.

Daarnaast is er nog:

- (open) WKO (Warmte en Koude Opslag; 30-150 meter diep) (Agentschap NL, 2011):
 - zowel warmte van ca. 18-20°C, als koude van ca. 6-8°C door onttrekking warmte in de winter (en dus opslag van koude in de bodem) en onttrekking van koude in de zomer (en dus opslag van warmte in de bodem);
 - verplichte energiebalans warmte en koude;
 - geschikt voor lage-temperatuurverwarming en koeling van utiliteit/woningen.

WKO wordt al toegepast bij het kantoor in Leiden.

In alle gevallen worden er ten minste twee putten (doublet) in de bodem geboord tot een watervoerende bodemlaag (aquifers) (Platform Geothermie, 2016a). Via de ene put wordt warm water omhoog gepompt, de warmte wordt via een warmtewisselaar onttrokken voor bovengrondse toepassing en het afgekoelde water wordt vervolgens via de tweede put weer in dezelfde bodemlaag geïnjecteerd. Door het water weer in dezelfde bodemlaag terug te brengen wordt bodemdaling voorkomen (Platform Geothermie, 2016a).

Omdat warmtetransport kostbaar is, is geothermie alleen zinvol als er in de directe omgeving voldoende vraag naar warmte is. In de regel is bij een waterschap de warmtevraag beperkt, overtollige warmte zou gebruikt kunnen worden in de omgeving of ingevoerd worden in een warmtenet.

Dit is van belang bij de transitie naar aardgasloze verwarming van wijken, want dan wordt er gezocht naar duurzaam beschikbare bronnen van warmte voor het voeden van de warmtenetten.

Energieopbrengst	Kosten																
De precieze opbrengst hangt af van de situatie in de ondergrond en de diepte van de boringen. Hoe dieper de boring hoe hoger de temperatuur en hiermee de energie die gewonnen kan worden; voor de temperatuur in de ondergrond geldt bij benadering: $T = 10^{\circ}\text{C} + \text{diepte in km} \times 31^{\circ}\text{C}$ (Platform Geothermie, 2016a). Ondiepe geothermie (≥ 500 m) <table> <tr> <th>MWh/ha grondoppervlak</th><th>MWh/MWe</th></tr> <tr> <td>Niet relevant</td><td>5.500 MWh /MWe</td></tr> </table> Diepe geothermie (≥ 3.500 m) Het Hoogheemraadschap van Rijnland bevindt zich in een gebied met aanzienlijk potentieel voor diepe geothermie (1.500-4.00 meter. Geothermie is alleen interessant bij een grote warmtevraag (minimaal het energiegebruik van ongeveer 2.500 woningen) of als warmtevoorziening voor meerdere afnemers (PBL, 2012). <table> <tr> <th>MWh/ha grondoppervlak</th><th>MWh/MWe</th></tr> <tr> <td>Niet relevant</td><td>7.000 MWh /MWe</td></tr> </table>	MWh/ha grondoppervlak	MWh/MWe	Niet relevant	5.500 MWh /MWe	MWh/ha grondoppervlak	MWh/MWe	Niet relevant	7.000 MWh /MWe	Ondiepe geothermie (≥ 500 m) Investeringskosten: 1.518 €/kWth Vaste O&M-kosten: 62 €/kWth/jaar Variabele O&M-kosten: 0,008 €/kWh th (ECN, DNV GL & TNO, 2015) <table> <tr> <th>Vaste kosten €/MW</th><th>Productiekosten €/kWh *</th></tr> <tr> <td>3.101.400 €/MWth</td><td>0.038 €/kWh th</td></tr> </table> Diepe geothermie (≥ 3.500 m) Investeringskosten: 2.234 €/kWth Vaste O&M-kosten: 90 €/kWth/jaar Variabele O&M-kosten: 0.007 €/kWh th (ECN, DNV GL & TNO, 2015) <table> <tr> <th>Vaste kosten €/MW</th><th>Productiekosten €/kWh *</th></tr> <tr> <td>4.267.656 €/MWth</td><td>0.041 €/kWh th</td></tr> </table>	Vaste kosten €/MW	Productiekosten €/kWh *	3.101.400 €/MWth	0.038 €/kWh th	Vaste kosten €/MW	Productiekosten €/kWh *	4.267.656 €/MWth	0.041 €/kWh th
MWh/ha grondoppervlak	MWh/MWe																
Niet relevant	5.500 MWh /MWe																
MWh/ha grondoppervlak	MWh/MWe																
Niet relevant	7.000 MWh /MWe																
Vaste kosten €/MW	Productiekosten €/kWh *																
3.101.400 €/MWth	0.038 €/kWh th																
Vaste kosten €/MW	Productiekosten €/kWh *																
4.267.656 €/MWth	0.041 €/kWh th																
Huidige stand der techniek en ontwikkelingen Geothermie wordt in Nederland slechts op een aantal locaties toegepast (o.a. in het Westland als warmtebron voor de glastuinbouw), de techniek is nog relatief nieuw. De initiële investeringskosten zijn hoog door de hoge kosten voor de boringen, maar de operationele kosten zijn laag. Schaalvoordelen zijn niet van toepassing op de boringen, kostenreductie is hier alleen door innovatie mogelijk. Er wordt bijvoorbeeld gekeken naar nieuwe boortechnieken (RVO, 2016). Over de kostenontwikkeling van geothermie in de toekomst volgt uit de literatuur geen duidelijk beeld.																	
Omgevingsfactoren Fysieke omgevingsfactoren (ruimtebeslag) Geothermie vindt vooral ondergronds plaats, bovengronds nemen pompen, een gasscheider en een warmtewisselaar enige vierkante meters ruimte in beslag (max. 10 mx10 m). Tijdens de boringen is echter wel veel meer werkruimte nodig (RVO, 2016). Beleidsmatige omgevingsfactoren Voor geothermieprojecten is een geologisch onderzoek vereist. Daarnaast zijn er verschillende vergunningen in het kader van de Mijnbouwwet vereist, waaronder een opsporingsvergunning alvorens de eerste boring en bij in bedrijfname een winningsvergunning. De Mijnbouwwet is van toepassing omdat op een diepte van meer dan 500 meter ook gas of olie aangetroffen kan worden (RVO, 2016a; SodM, 2016). Bij veel geothermieprojecten is er inderdaad een bijvangst van kleine hoeveelheden olie en gas, dit vraagt om dezelfde voorzorgsmaatregelen als bij de gas- en olie projecten, het Staatstoezicht op de Mijnen houdt toezicht (SodM, 2016). Daarnaast is in ieder geval ook een omgevingsvergunning nodig (Platform Geothermie, 2016a). Maatschappelijke en sociale omgevingsfactoren Tijdens de boorfase zal er geluidsoverlast zijn (Platform Geothermie, 2016a). Door onder andere de aardbevingsproblematiek in Groningen is er in de maatschappij enige bezorgdheid ten aanzien van activiteiten in de ondergrond. Bij geothermie is de kans op bodemdaling en seismische effecten niet helemaal uit te sluiten, maar de kans hierop in Nederland is zeer klein (Platform Geothermie, 2016b).																	

De voordelen	De nadelen
– Lage operationele kosten, zeker in vergelijking met de duurzame energiebronnen in de voorgaande factsheets. – Continue beschikbaarheid. – Regelbaar. – Hoge emissiereductie. – Weinig ruimtebeslag.	– Alleen zinvol bij een grote, liefst continue warmtevraag in de directe omgeving, omdat warmtetransport kostbaar is (het Waterschap zelf heeft een beperkte warmtevraag). – Risico op misboring of minder energetische opbrengst dan verwacht (dit risico kan gedekt worden door een garantieregeling van de Rijksoverheid). – Hoge initiële investering. – Lange voorbereidingstijd en vergunningstraject. – Gas of olie kan als bijvangst meekomen.

4.10 Warmte uit afvalwater (TEA)

Beschrijving thermische energie uit afvalwater	
	Uit effluentwater van RWZI's/AWZI's kan met warmtewisselaars duurzame warmte worden gewonnen. De gemiddelde dagtemperatuur van effluentwater is vrijwel constant, de temperatuur varieert van -8°C in de winter tot -22°C in de zomer (gebaseerd op effluentwarmte AWZI Harnaschpolder, (Kiep, 2014), een warmtepomp kan gebruikt worden om de warmte naar een hoger niveau te brengen zodat het nuttig gebruikt kan worden. Zo kunnen gebouwen van warmte worden voorzien of kan de warmte gebruikt worden voor slibdroging of verbetering van het actiefslib proces, de temperatuur is veelal te laag voor bijvoorbeeld proceswarmte in de industrie. Er zijn ten minste twee locaties in Nederland bekend waar restwarmte uit effluentwater wordt teruggewonnen: AWZI Harnaschpolder en RWZI Raalte (Tauf, 2013). Bij de AWZI Harnaschpolder wordt de restwarmte sinds 2012 gebruikt om een nieuwbouwwijk van warmte te voorzien, in Raalte wordt de warmte sinds 2013 gebruikt om een zwembad te verwarmen (Tauf, 2013). Daarnaast is in Den Haag een lokaal initiatief ('Warmterivier') gestart om woningen in Duindorp te verwarmen met warmte uit het effluentwater van AWZI Houtrust. Deze optie is sterk van belang bij de transitie naar aardgasloze verwarming van wijken, want dan wordt er gezocht naar duurzaam beschikbare bronnen van warmte voor het voeden van warmtenetten. Omdat warmtetransport kostbaar is, is het onttrekken van effluentwarmte van RWZI's alleen zinvol als er in de directe omgeving vraag naar lage temperatuurwarmte is. Een andere vorm van warmte uit afvalwater is warmte uit het gemeentelijke riool, dit heet buiten Rijnland ook wel 'riothermie'. Hierbij wordt op een vergelijkbare manier in het rioolstelsel warmte onttrokken uit het rioolwater. Deze optie zal altijd in samenwerking met partners worden ontwikkeld omdat riolen in de gebouwde omgeving eigendom zijn van de gemeenten. Het onttrekken van teveel warmte uit het rioolwater zorgt voor een verslechtering van het actiefslibproces op de RWZI.

Energieopbrengst	Kosten
De hoeveelheid warmte die gewonnen kan worden hangt sterk af van de situatie; met name om de omvang van de RWZI en wordt ook beperkt door de afzet die in de direct omgeving mogelijk is. In een studie bij AWZI Nieuwveen (CMAG, 2015) is onderzocht dat bij een effluentdebiet van 5.000 m ³ /dag en bij 3 graden uitkoeling van het effluentwater, er in de winter 1.800 GJ/maand beschikbaar is (2.500 GJ inclusief warmtepompen). Dagfluctuaties moeten hierbij wel afgevlakt worden. Uit deze gegevens volgt het kental dat de minimale maandelijks beschikbaarheid 0,36 GJ/(m ³ /dag) is. De mogelijkheden voor warmteafzet (de vraag) bepaald het werkelijke potentieel.	De kosten zijn situatie specifiek. In een onderzoek naar benutting van effluentwarmte van AWZI Nieuwveen (CMAG, 2015), wordt voor de uitkoppeling en productie van warmte op de AWZI een investering van circa 500.000 euro geschat. Een additionele investering voor een WKO wordt geschat op 250-300 €/kW. Voor het aanleggen van distributieleidingen wordt uitgegaan van 1.000 €/m. Daarnaast zijn er aansluitkosten en investeringskosten voor de afnemer (o.a. warmtepomp).
CO ₂ -besparing energie	
In vergelijking met een hr-ketel als alternatief zijn de emissies van warmte uit oppervlakte water lager. Zie de toelichting bij het algemene stuk over LT-warmte.	
Huidige stand der techniek en ontwikkelingen	
Ontwikkelingsfase van de techniek en perspectief op toekomstige ontwikkeling De techniek wordt op slechts enkele locaties in Nederland toegepast, maar ook internationaal wordt de techniek toegepast. In feite gaat het om een innovatie in de toepassing van bestaande technologieën, niet zo zeer om een technische innovatie an sich. In de literatuur zijn geen duidelijke verwachtingen voor de ontwikkeling van investeringskosten gevonden van het concept in het algemeen. Voor de investeringskosten van warmtepompen verwachten we nog kostenreductie (20-30% voor warmte en 5-15% voor koude in 2030) en een verbetering van de COP (30-50% voor warmte en 20-40% voor koude in 2030) (IRENA & IEA-ETSAP, 2013). Barrières en uitdagingen Of dit concept gerealiseerd kan worden hangt ervan af of in de omgeving een welwillende afnemer (utiliteit of energieleverancier) gevonden kan worden. Potentieel win-win perspectieven voor het Hoogheemraadschap Reduceren van thermische verontreiniging door lozing van effluentwater en eventueel gedeeltelijke eigen warmtebenutting.	
Omgevingsfactoren	
Fysieke omgevingsfactoren (ruimtebeslag) Minimaal, enkel warmtewisselaar. Maatschappelijke en sociale omgevingsfactoren Deze maatregel zorgt voor optimaal gebruik van (rest)warmte en heeft geen impact op de leefomgeving.	
Situatie Hoogheemraadschap van Rijnland	
Naar effluentwarmte zijn een aantal onderzoeken gedaan door CMAG (CMAG, 2015) en een intern onderzoek Neervoort (Neervoort, 2015) dat tevens gebruik maakt van inschatting uit een onderzoek van Ekwadraat (Ekwadraat, 2012). Uit het onderzoek van Neervoort blijkt dat een 18-tal AWZI's gezamenlijk in totaal ruim 0,24 TJ/uur aan effluentwarmte kunnen produceren met een warmtepomp. De effectieve productie hangt echter af van de mogelijkheden om de warmte in de omgeving af te kunnen zetten. Neervoort heeft berekend dat het jaarlijkse gebruik van een warmtepomp goedkoper is dan het gebruik van een CV-ketel. De kosten van één GJ warmte van de warmtepomp (incl. investeringskosten) is € 12,30; ten opzichte van € 13,70 voor een CV-ketel. Er moet per RWZI worden bekeken of er in de omgeving voldoende afzetmogelijkheden zijn om voldoende warmteafzet en vollasturen te hebben om de investering rendabel te maken. Voor een aantal AWZI's is dit verder onderzocht. Voor AWZI Nieuwveen is er een bescheiden positieve businesscase voor het aanleggen van een warmtenet dat een industrieterrein en zwembad in de omgeving van AWZI Nieuwveen van warmte voorziet. De afzet aan warmte/koude wordt geschat op 11.500 GJ. Eventueel kan in de toekomst een WKO worden gerealiseerd.	



Ook AWZI Leiden ZW kan voor een deel het zwembad dat in de nabijheid wordt ontwikkeld van warmte voorzien (studie, DWA uit 2016). Voor alle toepassingen van effluentwarmte geldt dat het Hoogheemraadschap afhankelijk is van de interesse in de directe omgeving om de warmte af te nemen.

In de EEP maatregelenlijst zijn een aantal maatregelen opgenomen die gebruik maken van effluentwarmte:

- effluentwarmte AWZI Nieuwveen inzetten voor zwembad Aarweide: zekere maatregel, 0,5 TJ;
- effluentwarmte AWZI Leiden ZW inzetten voor zwembad de Vliet: voorwaardelijke maatregel, 1,5 TJ;
- effluentwarmte AWZI Nieuwveen inzetten voor industriegebied Schoterhoek II: voorwaardelijke maatregel, 5 TJ.

De voordelen	De nadelen
– Optimaal gebruik van (rest)warmte. – Maatschappelijke meerwaarde. – Reduceren thermische verontreiniging. – Weinig ruimtebeslag. – Sluit aan bij de kerntaken van het Hoogheemraadschap.	– Alleen zinvol bij een warmtevraag in de directe omgeving, omdat warmtetransport kostbaar is. – In combinatie met een warmtenet voor levering van warmte aan woningen, is de realisatie een complex proces. – Warmtenetten stuiten regelmatig op weerstand van bewoners. – Over het algemeen heeft Rijnland zelf geen behoefte aan warmte.

4.11 Warmte uit oppervlaktewater (TEO), *smart polder*

Beschrijving thermische energie uit oppervlaktewater, Smartpolder													
	Uit waterlopen, (diepe) plassen en het water bij gemalen kan warmte gewonnen worden of kan het water gebruikt worden voor koeling (diepe plassen zijn vooral geschikt voor koeling) (IF Technology, 2016). Hierbij wordt gebruik gemaakt van het temperatuurverschil tussen het water (in de winter <10°C en in de zomer >15°C) en het te verwarmen gebouw. Met warmtewisselaars wordt de warmte uit het oppervlaktewater opgenomen (afkoeling van 3 tot 6°C) en afgestaan aan het water dat gebruikt wordt voor verwarming. Met een warmtepomp kan dit verwarmingswater op een efficiënte manier naar een hoger temperatuurniveau gebracht worden, zodat het warm genoeg is om bijvoorbeeld een gebouw te verwarmen. Combinaties met WKO Omdat er een temperatuurverschil is tussen de zomer (hoge temperatuur) en de winter (lage temperatuur), wordt energie uit water vaak in combinatie met WKO (Warmte-KoudeOpslag in de bodem) toegepast (Sukkar & Van Amelrooij, 2013; IF Technology, 2016). De warmtevraag in gebouwen is namelijk juist tegengesteld: in zomer is er behoefte aan koude en in de winter aan warmte. Met een WKO-systeem kan de warmte uit het water in de zomer opgeslagen worden in de bodem, zodat deze warmte in de winter gebruikt kan worden; voor koude geldt het tegenovergestelde. Oppervlaktewater kan in de zomer echter ook voldoende koud zijn om gebruikt te worden voor koeling. Bij gemalen is het mogelijk om extra efficiency te bereiken door het gebruik van de pompen voor de circulatie van oppervlaktewater naar de bodemopslag, dit verlaagt de investeringskosten (De Ingenieur, 2016). De pomp-gemalen zijn normaal namelijk alleen in werking bij extreme weersomstandigheden. In Bijlage F.2 is dit systeem schematisch weergegeven. Omdat warmtetransport kostbaar is, is warmtewinning uit oppervlaktewater alleen zinvol als er in de directe omgeving voldoende vraag naar lage temperatuurwarmte is (<1 km afstand). Dit betekent dat het water zich in de nabijheid van de gebouwde omgeving moet bevinden.												
	Energieopbrengst		Kosten										
	De hoeveelheid warmte die gewonnen kan worden hangt sterk af van de situatie. Voor het winnen van warmte uit oppervlakte water kan dan ook geen algemeen beeld worden gegeven maar zullen specifieke locaties onderzocht moeten worden. De vollosturen komen overeen met de maanden waarin er een warmtevraag of koudevraag is (2.000 uur/jaar). Potentiele economisch winbare locaties zijn weergegeven in Bijlage F.		De kosten zijn zeer afhankelijk van de situatie (locatie, distributie-afstand, combinatie met WKO, beschikbaarheid gemalen en de hoeveelheid energie die gewonnen kan worden). Recente analyse voor STOWA wordt gerapporteerd dat de terugverdientijd voor <i>koudewinning</i> uit oppervlaktewater algemeen wordt geschat op 25-30 jaar. Voor warmtewinning wordt echter geen indicatie gerapporteerd (STOWA, 2016). In een recente rapportage voor ENSOC wordt voor kleinschalige systemen een terugverdientijd van 2-8 jaar aangegeven (ENSOC, 2016). Projecten zijn economisch rendabel wanneer de energievraag/-aanbod ten minste 1.000 GJ/jaar is en de warmtevraag in de nabijheid van het watersysteem is (< 1 km) (IF Technology, 2016).										
<table><tr><td>MWh/ha grondoppervlak</td><td>MWh/MWe</td></tr><tr><td>N/A</td><td>2.000 (koude)</td></tr><tr><td></td><td>2.000 (warmte)</td></tr></table>		MWh/ha grondoppervlak	MWh/MWe	N/A	2.000 (koude)		2.000 (warmte)	<table><tr><td>Vaste kosten €/MWe</td><td>Productiekosten €/kWh</td></tr><tr><td>N/A €/MWe</td><td>N/A €/KWh</td></tr></table>		Vaste kosten €/MWe	Productiekosten €/kWh	N/A €/MWe	N/A €/KWh
MWh/ha grondoppervlak	MWh/MWe												
N/A	2.000 (koude)												
	2.000 (warmte)												
Vaste kosten €/MWe	Productiekosten €/kWh												
N/A €/MWe	N/A €/KWh												

Huidige stand der techniek en ontwikkelingen

Ontwikkelingsfase van de techniek en perspectief op toekomstige ontwikkeling

Energiewinning uit oppervlaktewater wordt in Nederland op slechts een aantal plaatsen toegepast, maar het gebruik van oppervlaktewater voor koeling is opkomst (STOWA, 2016). Technisch gesproken kan gesteld worden dat de systemen worden toegepast in operationele omgeving en worden ontwikkelde technieken gebruikt op subsysteem niveau (warmtewisselaars, warmtepompen en WKO).

Koudewinning wordt onder andere toegepast in het UPC-gebouw in Leeuwarden (Harlingertrekvaart), kantoren van de Amsterdamse Zuid-as (Nieuwe meer, al meer dan 10 jaar), koudenet Amsterdam Zuidoost (Ouderkerkerplas), het gemeentekantoor van Deventer (IJssel) en is in combinatie met WKO gepland bij een stallencomplex van Hybro bv in Herveld (Zwemplas Slijk-Ewijk) (IF Technology, 2012; ENSOC, 2017; ENSOC, 2016). In de Amsterdamse Houthaven wordt sinds eind 2014 oppervlaktewater uit het IJ, in combinatie met WKO, gebruikt voor koeling woningen en utiliteit. Het water in het IJ wordt in het voorjaar en in de winter gebruikt voor directe koudelevering en voor het 'laden' van de WKO. De temperatuur van het water varieert van iets meer dan nul graden tot 14 °C en wordt na gebruik met een maximale temperatuurstijging van 6 °C geloosd op het oppervlaktewater. Oppervlaktewater van boven de 14 °C is onbruikbaar voor koudelevering (Rijnbach, 2014).

Warmtewinning uit oppervlaktewater gebeurt onder andere in Vathorst (de Laak), Terneuzen (Kanaal Gent-Terneuzen) en bij de zeewatercentrale in Scheveningen die warmte voor circa 800 woningen uit zeewater onttrekt (IF Technology, 2012; GroenBlauw, 2017). In de wijk De Laak in Vathorst heeft Waterschap Vallei en Veluwe samen met NUON een 'smart polder' gerealiseerd. Hier wordt een gemaal gebruikt om zowel het waterpeil te beheersen én 200 appartementen voor 50% in hun energie te voorzien door warmte te onttrekken uit het oppervlaktewater. Het koude retourwater komt verderop in het gebied weer op het oppervlakte water, dit koele oppervlakte water bevat meer zuurstof wat gunstig is voor vissen en tegen blauwalgen en botulisme (Stichting H2O, 2014).

In de literatuur zijn geen duidelijke verwachtingen voor de ontwikkeling van investeringskosten gevonden van het concept in het algemeen. Voor de investeringskosten van warmtepompen verwachten we nog kostenreductie (20-30% voor warmte en 5-15% voor koude in 2030) en een verbetering van de COP (30-50% voor warmte en 20-40% voor koude in 2030) (IRENA & IEA-ETSAP, 2013).

Potentieel win-win perspectieven voor het hoogheemraadschap

Energie uit oppervlaktewater sluit goed aan bij de taken van het hoogheemraadschap. Bij een combinatie met gemalen kan dit concept er toe leiden dat de pompgemalen optimaal benut worden en de waterkwaliteit verbeterd (bij afkoeling, opwarming kan een negatief effect hebben) terwijl het hoogheemraadschap een bijdrage levert aan een efficiëntere en duurzamere warmtevoorziening.

Omgevingsfactoren

Fysieke omgevingsfactoren (ruimtebeslag)

Minimaal, zeker als warmtewisselaars en pompen in bestaande systemen (een gemaal) worden geplaatst. Indien een combinatie met WKO wordt gerealiseerd, zal er voldoende ruimte moeten zijn in een geschikte bodemlaag om de WKO te realiseren.

Beleidsmatige omgevingsfactoren

Bij het gebruik van koudewinning uit oppervlaktewater (bijvoorbeeld voor de koeling van gebouwen) wordt het oppervlaktewater opgewarmd, dit kan ecologische effecten met zich meebrengen (STOWA, 2016). Er kunnen methoden als bellenschermen worden toegepast om algenbloei tegen te gaan, ook kan het retourwater op dichtere bij het oppervlak geloosd worden (Deltares, 2008). Bij afkoeling verbetert juist de waterkwaliteit in de zomer (bijvoorbeeld minder kans op blauwalg) (De Ingenieur, 2016). Andere aspecten kunnen zijn: waterkwaliteitsproblemen, drinkwatergebieden, etc. (IF Technology, 2016). Afhankelijk van de situatie is een omgevingsvergunning noodzakelijk, bij gebruik van WKO kan het tevens noodzakelijk zijn om een watervergunning en/of een omgevingsvergunning beperkte milieutoets te hebben (Kenniscentrum Infomil, 2016). Het Hoogheemraadschap draagt verantwoordelijkheid voor de waterkwaliteit.

Maatschappelijke en sociale omgevingsfactoren

Deze maatregel zorgt voor optimaal gebruik van (rest)warmte en heeft geen impact op de leefomgeving, anders dan eerder genoemde ecologische effecten. Realisatie van energiewinning uit oppervlaktewater moet in nauw overleg tussen het Hoogheemraadschap, gemeente, energieleverancier en projectontwikkelaar.



Situatie Hoogheemraadschap van Rijnland

Voor het Hoogheemraadschap heeft IF Technology de businesscase uitgewerkt voor thermische energie uit oppervlaktewater voor het Gemaal Katwijk. De ontwikkeling van deze businesscase is opgenomen in het EEP programma van het hoogheemraadschap, hier is het potentieel geraamd op: 2 TJ (in 2019) en in totaal 7 TJ in 2020 na verder uitbouwen. Uit de beschikbare onderzoeken volgen op dit moment geen andere geschikte locaties.

De voordelen

- Optimaal gebruik van (rest)warmte.
- Afkoelen en doorstromen van oppervlaktewater verbetert de waterkwaliteit.
- Weinig ruimtebeslag.
- Sluit aan bij de kerntaken van het Hoogheemraadschap.

De nadelen

- Alleen zinvol bij een warmtevraag in de directe omgeving, omdat warmtetransport kostbaar is, afnemer moet in de nabijheid zijn van de warmte/koude bron (< 1 km).
- Mogelijke ecologische effecten bij het opwarmen van oppervlaktewater.
- In combinatie met een warmtenet voor levering van warmte aan woningen, is de realisatie een complex proces.
- Warmtenetten stuiten regelmatig op weerstand van bewoners.



4.12 Biogas en WKK (optimalisatie)

Beschrijving biogas en WKK (optimalisatie)									
	Zuiveringsslib, maar ook bermgras kan in een vergistingsinstallatie vergist worden tot biogas. Een bijkomend voordeel is een reductie van de hoeveelheid zuiveringsslib dat afgevoerd en verwerkt moet worden. Het biogas kan vervolgens gebruikt worden in een WKK-installatie voor de productie van duurzame elektriciteit en warmte. Ook kan het biogas opgewerkt worden tot groengas (biogas met een gelijke samenstelling als aardgas), zodat het ingevoerd kan worden op het aardgasnet. Schematisch kunnen de opties als volgt worden weergegeven: – vergisting → ruw biogas – vergisting → ruw biogas → WKK – vergisting → ruw biogas → opwerking → groengas (gasnet) Opmerking: ook als in de huidige situatie biogas en WKK's gebruikt worden kan wellicht de productie van duurzame energie vergroot worden door het proces te optimaliseren of te investeren in een nieuwe WKK met een hoger rendement. Daarnaast kan een installatie voor slibdesintegratie als voorbehandelingstap (bijvoorbeeld via thermische drukhydrolyse), ervoor zorgen dat de biogasproductie verhoogt wordt.								
Energieopbrengst	Kosten								
De energieopbrengst hangt af van de gekozen keten en de capaciteit van de installatie. Ruw biogas We geven hier de kentallen voor een installatie van 3.1 MW ruw biogas (netto).	Ruw biogas Investeringskosten: 668 €/kW ruw biogas (netto) Vaste O&M-kosten: 54 €/kW ruw biogas (netto)/jaar Jaarkosten elektriciteit: 48.480 €/jaar (ECN, DNV GL & TNO, 2015)								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MWh/ha grondoppervlak</th><th>MWh/MW</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Niet relevant</td><td>8.000 MWh /MW</td></tr> </tbody> </table>	MWh/ha grondoppervlak	MWh/MW	Niet relevant	8.000 MWh /MW	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Vaste kosten €/MW</th><th>Productiekosten €/kWh *</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.640.069 €/MW ruw biogas (netto)</td><td>0,016 €/kWh ruw biogas netto</td></tr> </tbody> </table>	Vaste kosten €/MW	Productiekosten €/kWh *	1.640.069 €/MW ruw biogas (netto)	0,016 €/kWh ruw biogas netto
MWh/ha grondoppervlak	MWh/MW								
Niet relevant	8.000 MWh /MW								
Vaste kosten €/MW	Productiekosten €/kWh *								
1.640.069 €/MW ruw biogas (netto)	0,016 €/kWh ruw biogas netto								
Ruw biogas → WKK We geven hier de kentallen voor een installatie van 1.1 MWe.	Ruw biogas → WKK Investeringskosten: 3.3123 €/kWe Vaste O&M-kosten: 232 €/kWe/jaar Variabele O&M-kosten: 0 €/kWh (ECN, DNV GL & TNO, 2015)								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MWh/ha grondoppervlak</th><th>MWh/MW</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Niet relevant</td><td>8.000 MWh /MWe*</td></tr> </tbody> </table>	MWh/ha grondoppervlak	MWh/MW	Niet relevant	8.000 MWh /MWe*	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Vaste kosten €/MW</th><th>Productiekosten €/kWh *</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6.600.000 €/MWe</td><td>0,033 €/kWh e+th</td></tr> </tbody> </table>	Vaste kosten €/MW	Productiekosten €/kWh *	6.600.000 €/MWe	0,033 €/kWh e+th
MWh/ha grondoppervlak	MWh/MW								
Niet relevant	8.000 MWh /MWe*								
Vaste kosten €/MW	Productiekosten €/kWh *								
6.600.000 €/MWe	0,033 €/kWh e+th								
* Dit geldt voor nieuwe motoren (de huidige motoren zitten lager)	Ruw biogas → opwerking → groengas (gasnet) Investeringskosten: 954 €/kW groengas Vaste O&M-kosten: 98 €/kW groengas/jaar Jaarkosten elektriciteit: 28.125 €/jaar (ECN, DNV GL & TNO, 2015)								
Ruw biogas → opwerking → groengas (gasnet) We geven hier de kentallen voor een installatie van 3.1 MW groengas.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Vaste kosten €/MW</th><th>Productiekosten €/kWh *</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.454.782 €/MW groengas</td><td>0,028 €/kWh groengas</td></tr> </tbody> </table>	Vaste kosten €/MW	Productiekosten €/kWh *	2.454.782 €/MW groengas	0,028 €/kWh groengas				
Vaste kosten €/MW	Productiekosten €/kWh *								
2.454.782 €/MW groengas	0,028 €/kWh groengas								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MWh/ha grondoppervlak</th><th>MWh/MW</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Niet relevant</td><td>8.000 MWh /MW</td></tr> </tbody> </table>	MWh/ha grondoppervlak	MWh/MW	Niet relevant	8.000 MWh /MW					
MWh/ha grondoppervlak	MWh/MW								
Niet relevant	8.000 MWh /MW								
Huidige stand der techniek en ontwikkelingen									
Vergistingsinstallatie Fraunhofer verwacht tot 2030 geen kostenreductie in de investeringskosten van biogas (elektriciteits)installaties en veronderstelt een constante range voor de kosten (Fraunhofer ISE, 2013). Vergistingsinstallaties kunnen gezien worden als volwassen technologieën, een reductie in productiekosten kan voornamelijk bereikt worden door de opbrengst van biogas uit het slib te vergroten door voorbehandeling. In de literatuur is verder nauwelijks informatie beschikbaar over kostenreductie									

van vergisting en biogasinstallaties. Wel is er recent in Nederland een initiatief gestart door FrieslandCampina om het aantal mono-mestvergisters aanzienlijk te doen toenemen, zodat de investeringskosten van deze installaties door innovatie, leer- en schaafeffecten zullen afnemen (Rijksoverheid, 2016). Als dit initiatief succesvol is, zullen wellicht ook de investeringskosten van andere biogasinstallaties minder worden.

Installatie voor opwerking van biogas tot groengas

Zogenaamde ‘upgrading’ installaties zijn ook al vele jaren op de markt, er zijn aanzienlijke verbeteringen bereikt op het gebied van elektriciteitsverbruik en methaan verliezen. De verwachting is dat hierin ook de komende jaren nog enige verbetering is te bereiken (Viessmann Group, 2015). Samen met schaalvoordelen kan dit ertoe leiden dat de productiekosten per eenheid groengas zullen dalen. In de literatuur zijn echter geen concrete kostenontwikkelingen gevonden.

WKK's

Gasmotor WKK's is een ontwikkelde technologie die veel wordt toegepast. Hoewel de verwachting is dat het rendement van de gasmotoren in de toekomst nog iets zal toenemen, wordt er geen reductie in de investeringskosten verwacht (Energinet.dk en Energi Styrelsen, 2012).

Omgevingsfactoren

Fysieke omgevingsfactoren (ruimtebeslag)

Het ruimtebeslag is sterk afhankelijk van de benodigde verwerkingscapaciteit. “Karakteristieke afmetingen van tanks zijn voor een mestvergister 6 à 7 meter hoog en een diameter van 18-26 meter en voor een na-opslag een hoogte van 6 meter en een diameter van 30-35 meter. Ze zijn qua uiterlijk en afmetingen vergelijkbaar met mestsilo's, die in de agrarische sector veelvuldig gebruikt worden” (Johan Carels Eco & Biogas Consulting, 2016). Daarnaast is er ruimte nodig voor eventuele voorbereidingsinstallaties, WKK's, opwaarderingsinstallaties en voor nabewerking.

Invoeden is alleen mogelijk indien er op het nabijgelegen gasnet nog voldoende capaciteit ‘vrij’ is.

Beleidsmatige omgevingsfactoren

Voor het plaatsen van een vergistingsinstallatie is een omgevingsvergunning nodig (Kenniscentrum InfoMil, 2016). Er gelden eisen aan de locaties voor biogasinstallaties op basis van zones voor geluid, geur en veiligheid (risicocontouren) (Groen Gas Nederland, 2015), maar is een veelvoorkomende praktijk bij AWZI's. Indien groengas wordt ingevoerd in het gasnet gelden hiervoor ook (kwaliteits)eisen, die afhankelijk van het volume, gesteld worden door de regionale netbeheerder of Gasunie Transport Services (Groen Gas Nederland, 2016).

Situatie Hoogheemraadschap van Rijnland

Ekwadraat heeft in 2012 een studie gedaan naar betere benutting van de vier WKK's van het Hoogheemraadschap (Ekwadraat, 2012). Zo zou de restwarmte kunnen worden benut (van zowel het WKK als de warmte uit het ontwaterde slib) in combinatie met effluentwarmte (zie ook de businesscase voor AWZI Leiden-Zuid van DWA (DWA, 2016)). Ook kan de overcapaciteit van de vergisters aangevuld worden met een cosubstraat zoals vet, het is echter onduidelijk wat de huidige overcapaciteit is en welke potentiële extra productie van hernieuwbare energie hieruit volgt. Rijnland overweegt de optimalisatie/renovatie van de gisting op AWZI Haarlem Waarderpolder om het nog niet vergiste slib binnen Rijnland (12 AWZI's) centraal te gaan vergisten op Haarlem. De potentiële opbrengst is geschat op 60 tot 70 TJ/j.

De voordelen

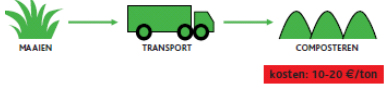
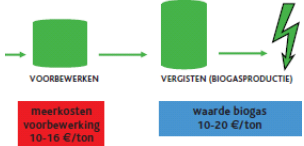
- Reductie van de hoeveelheid af te voeren zuiveringsslib.
- Vergist slib is gemakkelijker en beter te ontwateren.
- Zelfvoorziening in warmte en elektriciteit op de RWZI.

De nadelen

- Afhankelijk van invoedingsmogelijkheden op het aardgasnet.
- Kosten zeer afhankelijk van de aanleg van een eventuele leiding voor biogas dan wel groengas tot afnemer.



4.13 Maaisel en gewassen

Beschrijving maaisel en gewassen	
	Maaisel van begroeiing of gewassen langs water of op waterbergingen kunnen gebruikt worden voor energiewinning. Het gaat dan met name om grassen en eventueel slootvuil uit watergangen. Van dit soort natte biomassa kan net als van rioolslib via vergisting biogas geproduceerd worden (nadat het maaisel voorberekt is), maar er zijn ook innovatieve alternatieven (zie onder technische ontwikkelingen). Dit biogas kan nuttig gebruikt worden door het te gebruiken in een WKK of te upgraden naar groengas (gas van aardgaskwaliteit) dat ingevoerd kan worden op het aardgasnet. Grassen langs water of op waterbergingen wordt over het algemeen twee keer per jaar gemaaid, ook van slootvuil is geen continue aanvoer. Dit betekent dat de verwerking tot energie alleen continu kan plaatsvinden als de biomassa wordt opgeslagen (inkuilen). Het digestaat dat resteert kan nog onvergiste zaden bevatten en is daarom niet geschikt om voor de landbouw uitgereden te worden, het moet hiervoor eerst gecomposteerd worden. Covergisting van rioolslib met maaisel en gewassen is vanwege de specifieke inrichting van de installaties op slib niet erg interessant, bovendien leidt het tot meer slibdigestaat dat tegen hoge kosten verwerkt moet worden (Brinkmann, 2014). Dit betekent dat er voor het vergisten van maaisel en gewassen een aanvullende vergistingsinstallatie geplaatst moet worden. In een studie van Brinkmann Consultancy (Brinkmann, 2014) wordt het covergisten van maaisel met mest en GFT als meest kansrijk aangemerkt (voor het Hoogheemraadschap betekent dit waarschijnlijk dat het maaisel extern vergist wordt).
Energieopbrengst	Kosten
Hiervoor is geen eenduidige antwoord te geven. De energieopbrengst per ton biomassa verschilt per type gewas. Voor grassen variëren de literatuurwaarden tussen 40 en 300 m³ biogas/ton; bij GFT-vergisters resulteerden proeven met grassen in een productie van 75-100 m³ biogas/ton (Brinkmann, 2014). Voor bermmaaisel wordt in een studie van Alterra (Alterra, 2010) uitgegaan van 70 m³ gas/ton bermmaaisel en een productie van 3,5-4 ton_{ds} bermmaaisel per hectare berm. <i>In de SDE+ wordt voor een vergister de volgende kentallen gegeven:</i> <i>Ruw biogas</i> We geven hier de kentallen voor een installatie van 3.1 MW ruw biogas (netto).	Of biogasproductie uit maaisel financieel rendabel is, is afhankelijk van de biogasopbrengst die verkregen kan worden uit het gras en de vermeden kosten voor compostering. Daarnaast vraagt het om een iets andere manier van maaien om een goed substraat voor vergisting te krijgen en moet het gras ingekuild en voorberekt worden. In de studie van Brinkmann (Brinkmann, 2014) wordt het volgende indicatieve kostenplaatje gegeven: REGULIERE KETEN: MAAIEN - INZAMELEN - COMPOSTEREN  KETEN VOOR GRASVERGISTING   <i>In de SDE+ wordt voor een vergister de volgende kentallen gegeven:</i> <i>Ruw biogas</i> Investeringskosten: 668 €/kW ruw biogas (netto) Vaste O&M-kosten: 54 €/kW ruw biogas (netto)/jaar

		Jaarkosten elektriciteit: 48.480 €/jaar (ECN, DNV GL & TNO, 2015)	
MWh/ha grondoppervlak	MWh/MW	Vaste kosten €/MW	Productiekosten €/kWh *
Niet relevant	8.000 MWh /MW	1.640.069 €/MW ruw biogas (netto)	0.016 €/kWh ruw biogas netto
Huidige stand der techniek en ontwikkelingen			
Ontwikkelingsfase van de techniek en perspectief op toekomstige ontwikkeling Fraunhofer verwacht tot 2030 geen kostenreductie in de investeringskosten van biogas (elektriciteits)installaties en veronderstelt een constante range voor de kosten (Fraunhofer ISE, 2013). Vergistingsinstallaties kunnen gezien worden als volwassen technologieën, een reductie in productiekosten kan voornamelijk bereikt worden door de opbrengst van biogas uit het slib te vergroten door voorbehandeling. In de literatuur is verder nauwelijks informatie beschikbaar over kostenreductie van vergisting en biogasinstallaties. Wel is er recent in Nederland een initiatief gestart door FrieslandCampina om het aantal mono-mestvergisters aanzienlijk te doen toenemen, zodat de investeringskosten van deze installaties door innovatie, leer- en schaafeffecten zullen afnemen (Rijksoverheid, 2016). Als dit initiatief succesvol is, zullen wellicht ook de investeringskosten van andere biogasinstallaties minder worden. Naast vergisting zijn er op het gebied van productie van biogas wel andere veelbelovende innovaties die nu gedemonstreerd worden. Een voorbeeld is superkritisch vergassen waarbij onder hoge druk en temperatuur natte biomassa vrijwel volledig omgezet wordt naar gas en mineralen, waardoor de biogasproductie veel hoger is dan bij normale vergisting en er geen digestaat overblijft. Een ander voorbeeld is grasraffinage waarbij eiwitten en vezels onttrokken worden uit het gras en een nuttige toepassing kunnen krijgen (bijv. veevoer en papierproductie), het graswater dat hierbij overblijft bevat veel suikers die vergist kunnen worden tot biogas (potentieel in de bestaande slibvergisting). Barrières en uitdagingen De belangrijkste uitdagingen zitten niet op het gebied van de technologie, maar hebben betrekking op het verkrijgen van geschikt substraat uit het maaisel. Het vraagt om een andere manier van maaien om een goed substraat voor vergisting te krijgen. Bij het maaien moet zo min mogelijk water (maaien bij droog weer), grond en zand terecht komen in het maaisel. Hakselen of kneuzen zorgt er bovendien voor dat inkuilen en vergisten beter verloopt Potentieel win-win-perspectieven voor het Hoogheemraadschap Energie uit maaisel kan bijdragen aan de productie van duurzame energie tegen beperkte extra kosten. Synergie met slibvergisting is niet mogelijk.			
Omgevingsfactoren			
Fysieke omgevingsfactoren (ruimtebeslag) Het ruimtebeslag is sterk afhankelijk van de benodigde verwerkingscapaciteit. Zo moet er op locatie of extern ruimte gevonden worden om het gras in te kuilen. “Karakteristieke afmetingen van tanks zijn voor een mestvergister 6 à 7 meter hoog en een diameter van 18-26 meter en voor een na-opslag een hoogte van 6 meter en een diameter van 30-35 meter. Ze zijn qua uiterlijk en afmetingen vergelijkbaar met mestsilo's, die in de agrarische sector veelvuldig gebruikt worden” (Johan Carels Eco & Biogas Consulting, 2016). Daarnaast is er ruimte nodig voor eventuele voorbereidingsinstallaties, WKK's, opwaarderingsinstallaties en voor nabewerking. Invoeden is alleen mogelijk indien er op het nabijgelegen gasnet nog voldoende capaciteit 'vrij' is. Beleidsmatige omgevingsfactoren Voor het plaatsen van een vergistingsinstallatie is een omgevingsvergunning nodig (Kenniscentrum InfoMil, 2016). Er gelden eisen aan de locaties voor biogasinstallaties op basis van zones voor geluid, geur en veiligheid (risicocontouren) (Groen Gas Nederland, 2015), maar is een veelvoorkomende praktijk bij AWZI's. Indien groengas wordt ingevoerd in het gasnet gelden hiervoor ook (kwaliteits)eisen, die afhankelijk van het volume, gesteld worden door de regionale netbeheerder of Gasunie Transport Services (Groen Gas Nederland, 2016). Maatschappelijke en sociale omgevingsfactoren Geen algemene negatieve aspecten verwacht als vergisting plaatsvindt op een RWZI.			

Situatie Hoogheemraadschap van Rijnland

Onbekend.

De voordelen

- Optimaal gebruik van grondstoffen.
- CO₂-besparing.

De nadelen

- In combinatie met slibvergisting neemt de af te voeren slibvracht toe en stijgen de slibverwerkingskosten.
- Synergie met slibvergisting is niet mogelijk, nieuwe vergistingsinstallatie nodig of, wat meer voor de hand ligt, het extern vergisten van maaisel.



5 Conclusies en aanbevelingen

Dit onderzoek heeft zicht tot doel gesteld het in beeld brengen van het speelveld rond energieneutraliteit, de huidige situatie wat betreft energiegebruik en hernieuwbare opwek en het duiden van de opgave om energie-neutraal te worden. Tevens zijn de soorten opties geschetst waarmee aan de opgave invulling gegeven kan worden.

5.1 Conclusies

Hier volgende belangrijkste conclusies op deze onderwerpen.

Beleidscontext energieneutraal

- De Nederlandse Energietransitie in het kader van klimaatbeleid is een zeer grote opgave, alle opties zullen nodig zijn.
- Gezien de opgave is snelheid in de transitie van belang, landelijke ambities werken ook sectoraal en regionaal door.
- Ruimte is een knellend vraagstuk, dat is al te zien aan het ruimtelijke ordeningsbeleid van provincies, maar dat zal in de toekomst nog sterker worden.
- Er zal intensief moeten worden samengewerkt om opties te realiseren, zowel tussen overheden onderling als met burgers, bedrijven en andere instellingen.
- Voor het Hoogheemraadschap van Rijnland:
 - Bestaat er thans geen verplichting of wettelijke taak om energie- of klimaatneutraal te worden.
 - Wel zijn er convenantafspraken-verplichtingen tot het uitvoeren van het Energie-Efficiency Plan (EEP).
 - Daarnaast is er een wettelijke verplichting (Wet milieubeheer, omgevingsvergunning: om een goede energiezorg te betrachten en rendabele energiebesparende maatregelen treffen (terugverdientijd <5 jaar).

Ontwikkeling energieverbruik en energieproductie

- Rijnland heeft een energiebesparing van 63 TJ gerealiseerd tussen 2005 en 2016, onder andere door het treffen van diverse grotere en minder grote maatregelen waaronder beluchters ('laaghangend fruit') andere maatregelen.
- Na 2020 zal het energiegebruik stabiliseren op ~540 TJ, waarbij er onzekerheden zijn t.a.v. het zuiveringsproces (vierde trap, opkomende stoffen, effecten groei en klimaatverandering).
- De eigen opwek van HHR laat bescheiden historische groei zien van ~50 TJ in 2005 tot 65 TJ in 2016.
- Als de maatregelen uit het EEP (TEA, TEO en zonneweides) genomen worden kan de eigen opwek toenemen tot 104 TJ in 2020.
- De duurzame energie opwek door HVC levert een grote bijdrage, die tot 242 TJ/j in 2020 stijgt.
- Als opgave om energieneutraal te worden resteert ongeveer 195 TJ, die met een combinatie van maatregelen (besparen en duurzaam opwekken) zou kunnen worden ingevuld.



Mogelijke maatregelen naar energieneutraal

- Energiebesparing levert naar verwachting slechts een geringe bijdrage in het invullen van de opgave naar energieneutraal.
- Er zijn veel opties die naast elkaar kunnen worden toegepast, zowel op gronden van HHR als daarbuiten.
- Er zijn factsheets opgesteld voor zon-PV, windenergie, waterkracht, blue energy, WKO, warmte uit afvalwater (TEA), warmte uit oppervlaktewater (TEO)/Smart polder, biogas en WKK (optimalisatie), maaisel en gewassen.
- Zon-PV is de optie met de laagste omgevings-complexiteit, en het ruimtebeslag van de gronden van HHR is voldoende om een (significant deel) van de energieneutraal opgave in te vullen. De kosten van zon-PV dalen sterk.
- Uitbreiding van de vergisting kan ook een significante bijdrage leveren (60-70 TJ).
- Windenergie is kosteneffectief op nationale kosten schaal, maar het huidige regelgevende kader stelt beperkingen waardoor de terreinen en assets hier nu niet voor gebruikt kunnen worden.
- Opties met warmte kunnen met ketenpartners worden verkend.

5.2 Aanbevelingen

Omdat dit onderzoek is uitgevoerd in de beeldvormende fase is een inhoudelijk advies nu niet op zijn plaats. Het is aan het Bestuur om zich een oordeel te vormen over het aangereikte materiaal.

Wellicht zal het hierbij behulpzaam zijn om een aantal alternatieve pakketten van mogelijke maatregelen te definiëren en hierbij de effecten op een aantal verschillende criteria in beeld te brengen. Voor de criteria kan gedacht worden aan financieel rendement; complexiteit voor de organisatie; gebruik van ruimte; bijdrage aan de energietransitie of het oplossen van het klimaatvraagstuk, et cetera. Op deze wijze kan het bestuur een rationele keuze maken waarbij ook zeer verschillende zaken kunnen worden gewogen.

5.3 Tot slot

Wij hopen met dit rapport het geschikte feitenmateriaal ten behoeve van de beeldvormende fase te hebben vastgelegd. Het is nu aan het algemeen bestuur om een wijs besluit te nemen. Om dit rapport te maken is gebruik gemaakt van veel informatie en deskundigheid bij het Hoogheemraadschap. Wij danken allen die aan dit rapport hebben bijgedragen voor de medewerking.

Bibliografie

Acuña Mora, D. & de Rijck, A., 2015. *Blue Energy : Salinity Gradient Power in Practice*. [Online]

Available at:

<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5734Blue%20Energy.pdf>

[Geopend 2017].

Agentschap NL, 2011. *Energiezuinig koelen met warmte- en koudeopslag*. [Online]

Available at:

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Energiezuinig%20koelen%20met%20warmte%20en%20koudeopslag.pdf>

[Geopend 2017].

Alterra, 2010. *Biogas uit bermmaaisel : Duurzaam en haalbaar?*, Wageningen: Alterra Wageningen UR.

Arizona State University, 2014. *Hydroelectricity Feasibility Study, Haarlemmermeer*, Phoenix: Arizona State University.

Baumgärtel, J., 2017. *Business case zonneweide AWZI Zwaanshoek*, sl: Hoogheemraadschap van Rijnland.

BBC, 2015. *Blue energy : How mixing water can create electricity*. [Online]

Available at: <http://www.bbc.com/future/story/20150610-blue-energy-how-mixing-water-can-create-electricity>

[Geopend 2017].

Berenschot, 2014. *Juridische handreiking Duurzame Energie en Grondstoffen*, Utrecht: UvW.

Bosma, A., Pragt, G. & Sukkar, R., 2011. Vivace: waterkracht uit langzaam stromend water. *H2O*, pp. 12-13.

Brinkmann, 2014. *Biogas uit gras : een onderbenut potentieel*, Hoevelaken: Brinkmann/RVO.

CE Delft en ECN, 2016. *Maatschappelijke Kosteneffectiviteitsanalyse zon-PV en wind op land. Vergelijking kosten en maatschappelijke effecten*, CE Delft: sn

CMAG, 2015. *Warmterivier voor Nieuwveen*, Nieuwkoop: Gemeente Nieuwkoop/CMAG.

De Ingenieur, 2016. *Oppervlaktewater is een prachtige energiebron*. [Online]

Available at: <https://www.deingenieur.nl/artikel/oppervlaktewater-is-een-prachtige-energiebron>

deafsluitdijk.nl, 2017. *Blue Energy*. [Online]

Available at: <https://www.deafsluitdijk.nl/projecten/blue-energy/hoe-werkt-het/>

[Geopend 2017].



Deltares, 2008. *Water als bron van duurzame energie*, Delft: Deltares.

DWA, 2016. *Restwarmtebenutting AWZI en ijshal voor Combibad De Vliet te Leiden*, Bodegraven: DWA.

ECN, DNV GL & TNO, 2015. *SDE+ 2016*. [Online]

Available at:

https://www.ecn.nl/fileadmin/ecn/units/bs/SDE/SDE_2106/SDE2016_webversie.xlsx

ECN, DNV GL, TNO, 2016. *SDE+2017 (conceptadvies)*. [Online]

Available at:

https://www.ecn.nl/fileadmin/ecn/units/bs/SDE/SDE_2017/SDE2017_conceptadvies_webversie.xlsx

ECN, 2016. *Voorlopige correctiebedragen 2017 (SDE+)*, Petten: ECN.

Ecofys en P2, 2015. *Handreiking wind en zon waterschappen*, Den Haag: Unie van Waterschappen.

Ekwadraat, 2012. *Omgevingsanalyse van vier RWZI's van het Hoogheemraadschap Rijnland*, Leeuwarden: Ekwadraat.

Energinet.dk en Energi Styrelsen, 2012. *Technology data for energy plants*. [Online]

Available at:

https://www.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/Forskning/Technology_data_for_energy_plants.pdf

[Geopend 2017].

ENSOC, 2016. *Oppervlaktewater als derde duurzame energiebron*. [Online]

Available at:

<https://www.ensoc.nl/nieuwsarchief/branchenieuws/oppervlaktewater-als-derde-duurzame-energiebron/>

[Geopend 2017].

ENSOC, 2017. Lessen voor optimale duurzame koeling. *Ensoc Magazine*, 14 september.2017(9 juni).

Fraunhofer ISE, 2013. *Levelized cost of electricity renewable energy technologies*, Freiburg: Fraunhofer ISE.

Gemeente Alphen a/d Rijn, 2015. *Van A naar D : Alphen aan den Rijn op weg naar duurzaamheid 2014 - 2020*. [Online]

Available at: [http://www.vrhl-](http://www.vrhl-websites.com/2015/bladermodules/aadr/duurzaam/beleid/#5/z)

[websites.com/2015/bladermodules/aadr/duurzaam/beleid/#5/z](http://www.vrhl-websites.com/2015/bladermodules/aadr/duurzaam/beleid/#5/z)

[Geopend 2017].

Gemeente Gouda, 2016. *Uitvoeringsprogramma duurzaamheid 2016-2019*,

<https://www.gouda.nl/dsresource?objectid=0b5e9fc3-efcb-4ea8-81c6-21ba6f809457&type=pdf&&>: Gemeente Gouda.

Gemeente Haarlem, 2017. *Kadernota 2017: Het tij gekeerd*. [Online]

Available at: <https://www.haarlem.nl/nieuws/kadernota-2017-het-tij-gekeerd/>

[Geopend 2017].



Gemeente Leiden, 2016. *We pakken door! Duurzaamheidsagenda 2016-2020*. [Online]
Available at: https://gemeente.leiden.nl/fileadmin/files/Duurzaam2030/beleidsstukken/W_e_pakken_door_Brochure_Duurzaamheidsagenda_2016-2020_januari_2016_.pdf
[Geopend 2017].

Gemeente Zoetermeer, 2017. *Ambities CO2-reductie*. [Online]
Available at: https://www.zoetermeer.nl/inwoners/duurzaam-zoetermeer_46746/item/ambities-co2-reductie_66539.html
[Geopend 2017].

Groen Gas Nederland, 2015. *Verplichte vergunningen voor biogasproductie-installaties*, Utrecht: Groen Gas Nederland.

Groen Gas Nederland, 2016. *Fase 1 Oriëntatie*. [Online]
Available at: <https://groengas.nl/groengas-productie/alles-over-de-productie-van-groen-gas/productie-fase-1/#juridisch>

GroenBlauw, 2017. *Warmte uit oppervlaktewater*. [Online]
Available at: <http://www.groenblauwenetwerken.com/measures/ambient-heat/heat-from-surface-water/>
[Geopend 2017].

Hartman, E. & Bloemendal, M., 2016. Warm rioolwater: thermische energie met potentie. *TVVL Magazine*, pp. 18-19.

IF Technology, 2012. *Energie uit oppervlaktewater : Presentatie Water in zijn element*. [Online]
Available at: <https://www.slideshare.net/IFTTechnology/energie-uit-oppervlaktewater>

IF Technology, 2016. *Landelijke verkenning warmte en koude uit het watersysteem*, Den Haag: Unie van Waterschappen.

Ingreenious, 2012. *Resultaten testveld kleine windturbines Schoondijke*. [Online]
Available at: <https://www.zeeland.nl/digitaalarchief/zee1300980>
[Geopend 2017].

IPO, UvW, VNG, 2017. *Naar een duurzaam Nederland. Gezamenlijke investeringsagenda van gemeenten, provincies en waterschappen voor de kabinetsformatie 2017*, sl: IPO, UvW, VNG.

IRENA & IEA-ETSAP, 2013. *Heat Pumps : Technology Brief*, sl: IRENA & IEA-ETSAP.

IRENA, 2012. *Hydropower cost analysis*, Bonn: IRENA.

IRENA, 2016. *The power to change: solar and wind cost reduction potential to 2025*, Bonn: IRENA.

Johan Carels Eco & Biogas Consulting, 2016. *Hoe ziet een biogasinstallatie eruit?*. [Online]
Available at: http://www.jcarels.be/index_biogasinstallatie.htm



Kenniscentrum Infomil, 2016. *Is warmte/koudeopslag een vergunningplichtige activiteit?*. [Online]
Available at: <http://www.infomil.nl/onderwerpen/integrale/activiteitenbesluit/toelichting-bor/onderdeel-inrichting/vergunningplicht-1/bijlage-bor/warmte-koudeopslag/>

Kenniscentrum InfoMil, 2016. *Wanneer zijn rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) vergunningplichtig?*. [Online]
Available at: [http://www.infomil.nl/onderwerpen/integrale/activiteitenbesluit/toelichting-bor/onderdeel-inrichting/vergunningplicht-1/bijlage-bor/wanneer-\(rwzi/](http://www.infomil.nl/onderwerpen/integrale/activiteitenbesluit/toelichting-bor/onderdeel-inrichting/vergunningplicht-1/bijlage-bor/wanneer-(rwzi/)

Kiep, M., 2014. *Warmtestation Harnaschpolder*. [Online]
Available at: <http://www.biowkk.eu/wp-content/uploads/2015/02/download-21.pdf>
[Geopend 2017].

KNMI, 2016. *Klimaatatlas*. [Online]
Available at: <http://www.klimaatatlas.nl/klimaatatlas.php?wel=zon&ws=kaart&wom=Gemiddelde%20globale%20straling>

KNMI, 2017. *Gemiddelde windsnelheid*. [Online]
Available at: <http://www.klimaatatlas.nl/klimaatatlas.php>
[Geopend 2017].

KNN & MD, 2013. *Energie en Ruimte : Verkenning van de ruimte voor grondgebonden duurzame energieopwekking*, Groningen: Provincie Groningen.

Milieu Centraal, 2016. *Kunnen zonnepanelen op mijn dak?*. [Online]
Available at: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/zonnepanelen-kopen/kunnen-zonnepanelen-op-mijn-dak/>

Min. BZK, 2012. *Folder Zonnecollectoren en zonnepanelen*. [Online]
Available at: <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/brochures/2010/07/20/zonnecollectoren-en-zonnepanelen/zonnecollectoren-en-zonnepanelen-20november2012.pdf>

Motivaction, 2016. *Publieksonderzoek energievoorziening 2015-2050*, Amsterdam: Motivaction/EZ.

Neervoort, 2015. *Effluentwater, de warmtebron van de toekomst?*, Leiden: Hoogheemraadschap van Rijnland.

PBL, 2012. *Naar een duurzame warmtevoorziening van de gebouwde omgeving in 2050*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Platform Geothermie, 2016a. [Online]
Available at: <https://geothermie.nl/>

Platform Geothermie, 2016b. *Geothermie en seismische activiteit*. [Online]
Available at: https://geothermie.nl/images/bestanden/161114_factsheet_geothermie_en_seismiciteit.pdf



POSAD, 2017. *Energiestrategie Midden-Holland*, Den Haag: POSAD Spatial Strategies.

Provincie Noord-Holland, 2017. *Aanvragen windparken*. [Online]
Available at: https://www.noord-holland.nl/Onderwerpen/Duurzaamheid_Milieu/Projecten/Wind_op_land/Aanvragen_windparken

Provincie Zuid-Holland, 2016. *Verordening ruimte 2014 Actualisering 2016*, Den Haag: Provincie Zuid-Holland.

Rijksoverheid, 2016. *Minister Kamp: €150 miljoen beschikbaar voor inzet van mest voor hernieuwbare energie*. [Online]
Available at: <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2016/10/04/minister-kamp-%E2%82%AC150-miljoen-beschikbaar-voor-inzet-van-mest-voor-hernieuwbare-energie>

Rijnbach, M. v., 2014. Koeling uit het IJ. *Installatie en sanitair*, pp. 10-12.

RVO, 2014a. *Windkaart van Nederland*. [Online]
Available at: <http://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/01/Windkaartvan%20Nederland%20%282014%29.pdf>

RVO, 2014b. *Deel 2 Informatiepakket Windturbines v2.pdf*. [Online]
Available at: <http://www.rvo.nl/sites/default/files/2014/11/Deel%20%20Informatiepakket%20Windturbines%20v2.pdf>

RVO, 2014c. *Handboek Risicozonering Windturbines*, Utrecht: RVO.

RVO, 2016a. *Bodemenergie/Aardwarmte*. [Online]
Available at: <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/bodemenergie/aardwarmte>

RVO, 2016b. *Windenergie op land*. [Online]
Available at: <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/windenergie-op-land> [Geopend 2017].

RVO, 2016. *Eerste coöperatieve waterkrachtcentrale in november van start*. [Online]
Available at: <http://www.rvo.nl/actueel/praktijkverhalen/eerste-co%C3%B6peratieve-waterkrachtcentrale-november-van-start>

RVO, 2016. *Geothermie voor de industrie*. [Online]
Available at: http://www.rvo.nl/sites/default/files/2016/05/140220-01%20RVO_Geothermie%20voor%20de%20industrie_05.pdf

RVO, 2016. *Innovatieve boortechneik gebruikt bij aardwarmtewinning*. [Online]
Available at: <http://www.rvo.nl/actueel/praktijkverhalen/innovatieve-boortechneik-gebruikt-bij-aardwarmtewinning>

RVO, 2016. *Opbrengst windenergie op land*. [Online]
Available at: <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam->



ondernemen/duurzame-energie-opwekken/windenergie-op-land/techniek/opbrengst

RVO, 2017. *Monitor Wind op Land 2016*, Utrecht: RVO.

SodM, 2016. *Aardwarmte*. [Online]
Available at: <https://www.sodm.nl/onderwerpen/aardwarmte>
[Geopend 2017].

Statkraft, 2013. *Statkraft halts osmotic power investments*. [Online]
Available at: <https://www.statkraft.com/media/news/News-archive/2013/Statkraft-halts-osmotic-power-investments>

Stichting H2O, 2014. Op pad met Barry Scholten. *H2O, Maandblad voor waterprofessionals*, 47(6), pp. 30-31.

STOWA, 2016. *Thermische energie*. [Online]
Available at:
http://waterenenergie.stowa.nl/Achtergronden/Thermische_energie.aspx

Sukkar, R. & Van Amelrooij, M., 2013. Duurzame warmte door riothermie. *VV+*, Issue september, pp. 18-21.

Trouw, 2017. *Rutte III legt klimaatdoel in wet vast*. [Online]
Available at: <https://www.trouw.nl/democratie/rutte-iii-legt-klimaatdoel-in-wet-vast-afd051da/?>
[Geopend 6 10 2017].

Unie van Waterschappen, 2010. *Klimaatakkoord Unie en Rijk 2010-2020*. [Online]
Available at: <https://www.uvw.nl/wp-content/uploads/2010/07/Klimaatakkoord-Unie-en-Rijk-2010-2020.pdf>
[Geopend 2017].

Viessmann Group, 2015. *Latest Development of Biogas Upgrading to Biomethane, presentation at the EBA Workshop, Brussels, September 3rd, 2015*. [Online]
Available at: http://european-biogas.eu/wp-content/uploads/2015/09/3_Schulte-_150826_Presentation-Biomethane-Workshop_Version_7-SSB.pdf
[Geopend 2017].

Visser, L. R., 2014. *Case Study : Blue Energy Centrale Katwijk, BSc thesis*, Leiden: Hoogheemraadschap van Rijnland ; Vrije Universiteit Amsterdam.

Vogelbescherming Nederland, 2009. *De nationale windmolenrisicokaart voor vogels*, sl: Vogelbescherming Nederland.



Bijlage A Omrekenfactoren

	Eenheid	Primaire energie
Elektriciteit	1 kWh	0,009 GJ/kWh
Aardgas	1 m ³	0,03165 GJ/m ³
Biogas	1 m ³	0,0233 GJ/m ³
Warmte	1 GJ	1,11 GJp/GJ
Gas- /dieselolie	1 liter	0,0357 GJ/liter

1 kiloJoule (kJ) = 1.000 Joule
1 MegaJoule (MJ) = 1.000.000 Joule
1 GigaJoule (GJ) = 1.000.000.000 Joule
1 TeraJoule (TJ) = 1.000.000.000.000 Joule
1 PetaJoule (PJ) = 1.000.000.000.000.000 Joule

De rapportage is in termen van primaire energie. Primaire energie is de energiewaarde van de energiegrondstoffen die gebruikt zijn voor vóór enige technische omzetting. Dit is bijvoorbeeld de energiewaarde van steenkool, bruinkool, aardolie, aardgas, uranium, water, zonnestraling of biogas.



Bijlage B Definities

B.1 Energie-efficiency

Het Hoogheemraadschap van Rijnland gebruikt een eigen definitie van het begrip energie-efficiency. Het begrip is ingevuld om het procentuele verschil in de inkoop van energie in een bepaald jaar te relateren aan het jaar 2005. Hierbij wordt gekeken naar de verschillen tussen het energiegebruik en opwek in een bepaald jaar, vergeleken met het energiegebruik en de energieinkoop in het jaar 2005.

In formulevorm ziet het er als volgt uit (η = energie-efficiency; t = een bepaald jaar; E =energiegebruik, O = energie-opwek):

$$\eta_t = \frac{E_{2005} - E_t + O_t - O_{2005}}{E_{2005}} \times 100\%$$

Een paar voorbeelden:

1. In 2005 was het energiegebruik 652 en de opwek 51 PJ.
De teller komt voor dit jaar op 0 uit, dus was de efficiency t.o.v. 2005 nul.
2. In 2014 was het energiegebruik 585 en de opwekking 74 (inclusief HVC), waardoor de efficiency kwam op 14%:

$$\eta_{2014} = \frac{652 - 585 + 74 - 51}{652} \times 100\% = 14\%$$

3. In 2016 was het energiegebruik 590 en het totaal opwekking inclusief HVC 201, waarmee de efficiency gestegen was tot 33%:

$$\eta_{2016} = \frac{652 - 590 + 201 - 51}{652} \times 100\% = 33\%$$

Advies aanpassing formule

Als het energiegebruik kan worden gereduceerd tot (rekenvoorbeeld) 500 PJ en er kan een identieke hoeveelheid energie worden opgewekt (Rijnland is energieneutraal) dan zou bij de huidige formule de efficiency bedragen:

$$\eta_{\text{energie neutraal}} = \frac{652 - 500 + 500 - 51}{652} \times 100\% = 92\%$$

Men zou echter kunnen verwachten dat bij energieneutraal de efficiency zoals hierboven gedefinieerd op 100% zou zijn, omdat de energie-inkoop nihil is geworden.

Daarom is het aan te bevelen een formule voor efficiency te hanteren, die bij energieneutraal ook op 100% uit zou komen. Dit kan bijvoorbeeld zijn: de ratio van de netto-inkoop in een jaar gedeeld door de netto energiebehoefte in 2005. In formule ziet dit er als volgt uit:

$$\eta_t = \left(1 - \frac{E_t - O_t}{E_{2005} - O_{2005}} \right) \times 100\%$$

Tot op heden is het verschil niet groot, maar naar de toekomst toe kan het wel wat uitmaken en is het logischer de aangepaste formule te gebruiken. Positief is dat de energie efficiency dan nog beter uitkomt.

Uiteraard kan ook een geheel andere beschouwing van efficiency gedaan worden. Een mogelijkheid is om efficiency te relateren aan de eenheden van productie (transport afvalwater in m³; zuiveren afvalwater in verwijderde v.e.; slibontwatering in ton d.s.). Als men een efficiencydefinitie hanteert waarbij dit is inbesloten wordt de berekening wel ingewikkelder maar jaarlijkse fluctuaties in de bovenstaande parameters beïnvloeden het efficiency-percentage dan minder. Hiertoe zou alleen na overleg met adviseurs van RVO moeten worden overgegaan die ervaringen hebben met hoe in andere sectoren dan waterschappen de efficiency wordt gemeten.

B.2 Soorten van maatregelen in de MJA/EEP

In een EEP (Energie Efficiency Plan) worden maatregelen opgenomen op de thema's procesefficiëntie, ketenefficiëntie en duurzame energie. Deze maatregelen kunnen worden geclassificeerd als 'zeker', 'voorwaardelijk' of 'onzeker'. Het totaal aan zekere en onzekere maatregelen moet optellen tot minimaal 8% efficiencyverbetering in de EEP-perioden (2% per jaar). Hieronder is beschreven wat deze classificaties behelzen.

Tabel 10 Classificaties van EEP maatregelen

Classificatie	Omschrijving
Zeker	In principe neemt de onderneming alle rendabele maatregelen als 'zeker' op in het EEP en is verplicht deze tijdens de looptijd uit te voeren. Zonder een <i>zekere</i> maatregel in het Energie Efficiëntie Plan kan in principe geen positief advies worden gegeven door RVO. Voor de <i>zekere</i> of <i>voorwaardelijke</i> maatregelen moet de energiebesparing bepaald worden, inclusief een onderbouwing hiervan. Nadat het EEP is geaccordeerd, is de organisatie verplicht om de zekere maatregelen te treffen. Indien een zekere maatregel niet wordt getroffen dan moet een alternatieve maatregel getroffen worden die minimaal dezelfde efficiencyverbetering bewerkstelligt.
Voorwaardelijk	Een maatregel krijgt de stempel <i>voorwaardelijk</i> als er een belemmering (technisch, bedrijfseconomisch of organisatorisch) is om de maatregel als zeker op te nemen. De energiebesparing moet bepaald worden, inclusief een onderbouwing hiervan. De onderneming is gehouden om te onderzoeken hoe de hindernissen weggenomen kunnen worden zodat de maatregel geïmplementeerd kan worden. De aangevoerde belemmering moet onderbouwd worden en wordt getoetst. Het niet beschikbaar hebben van het benodigde budget in het geplande jaar van uitvoering wordt niet gezien als valide argument om een maatregel als 'voorwaardelijk' op te nemen. Als de maatregel niet genomen wordt, moeten er alternatieve maatregelen getroffen worden die dezelfde efficiencyverbetering opleveren.
Onzeker	Dit zijn maatregelen die interessant lijken, maar waarvan de mate van energiebesparing, en dus de rentabiliteit, niet duidelijk zijn. Ook maatregelen die pas ná 2020 genomen zullen worden, en dus na de EEP-periode 2017-2020, worden ook als <i>onzeker</i> gekwalificeerd.

Bijlage C Ambities omliggende waterschappen

Tabel 11 toont de ambities van enige omliggende waterschappen, die zijn getoond in de figuur in Hoofdstuk 2.

De tabel bevat ook een indicatie van de financiële kaders. Dit is niet uitputtend, er is gezocht naar een duiding van de investeringsomvang. De investeringsomvang betreft de initiële investering maar dit hoeven niet kosten te zijn die voor rekening komen van de ingezetenen. Als maatregelen budgetneutraal worden getroffen betekent dit dat, rekening houdend met de interne rente/discontovoet, de maatregel zich binnen de technische levensduur terug heeft verdiend. Er zijn ook maatregelen mogelijk die, bijvoorbeeld dankzij subsidie, een positief rendement laten zien.

Tabel 11 Ambities van andere hoogheemraadschappen en waterschappen

Waterschap	Energie-ambitie	Indicatie financiële kaders
Amstel, Gooi en Vecht	WS AGV energieneutraal in 2020.	Budgetneutraal. ¹⁶ € 1,77 miljoen innovatiebudget, waarvan b.v. 0,5 mln voor 'klimaatneutraal door circulair handelen'
Brabantse Delta	Wil in 2025 energieneutraal zijn door zelf het energiegebruik geheel op te wekken. ¹⁷	Investeren in vier windmolens op en/of naast eigen terreinen bij Bath en Waalwijk. Ruimte bieden aan omwonenden voor participeren in zon-PV.
Hollands Noorderkwartier	Uitgangspunt behalen klimaat-energie doelstellingen uit het klimaatakkoord Unie-Rijk Algemeen bestuur heeft op 17 mei gekozen voor hoogsteambitieniveau C: gegarandeerd 100% energie- en klimaatneutraal in 2025.	Investering van € 59 miljoen verspreid over 5 jaar (van 2017 tot en met 2022). Ambitieniveaus zouden o.a. met behulp van SDE+ behaald worden.
Vallei en Veluwe	– In 2025 energieneutraal	Te realiseren via diverse energiefabrieken en andere projecten, in het verleden al investeringen voor gedaan.
Schieland en Krimpenerwaard	– Committeren aan Klimaatakkoord waterschappen – Energieneutraal 2025 – 2020 40% eigen energie	Er zijn nog geen financiële middelen gereserveerd.

¹⁶ <http://edepot.wur.nl/417403>
<https://www.waternet.nl/siteassets/actueel/jaarplan-onderzoek-en-innovatie-2017-web.pdf>

¹⁷ <https://www.brabantsedelta.nl/nieuws/2017/06/waterschap-brabantse-delta-zet-extra-stappen-voor-duurzaamheid.html>



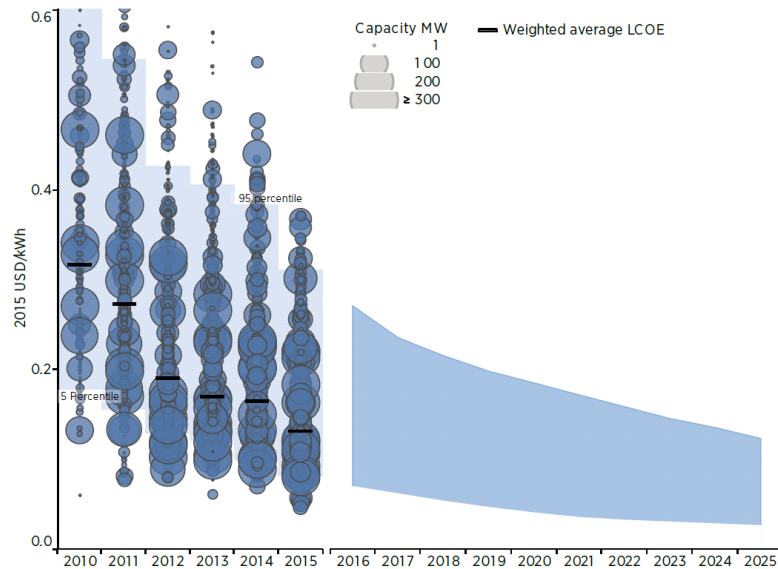
Waterschap	Energie-ambitie	Indicatie financiële kaders
Rijn en IJssel	Er wordt maximaal ingezet op het bereiken van energieneutraliteit in 2025.	Met windenergie kan 55-75% van de energieneutraliteit bereikt worden, de investering hiervoor bedraagt €15mln. Er is in totaal € 35,5 mln nodig.
Rivierenland	– In 2030 energieneutraal. – In 2020 40% van het energiegebruik duurzaam opwekken. – Verbetering van de energie-efficiency met 30% en een broeikasgasreductie van eveneens 30%.	€ 3,7 mln tot 2020. Lange termijn (2020-2030) € 12,7 mln.
Friesland	– In 2020 40% van energie zelf duurzaam opwekken. – 2030 klimaatneutraal. – 8% meer energie-efficiency in 2020 t.o.v. 2015.	€ 50 mln. (budgetneutraal) (€ 15 mln voor 40.000 zonnepanelen; € 35 mln energiefabriek en slibontwateringsinstallatie).
Zuiderzeeland	– Energie besparen: 30% energie-efficiency in 2020 ten opzichte van 2005. – Zelfvoorzienendheid: 35-45% zelfvoorzienend (energie-neutraal) in 2030. – Klimaatneutraal in 2050: volledig energieneutraal uiterlijk in 2050.	2016-2020 € 22,1 mln (budgetneutraal) 2020-2030 € 10-18 mln.



Bijlage D Zon-PV

D.1 Kostenontwikkeling

FIGURE 14: GLOBAL UTILITY-SCALE SOLAR PV LCOE RANGE, 2010-2025



Source: IRENA Renewable Cost Database and IRENA analysis.

Bron: (IRENA, 2016).

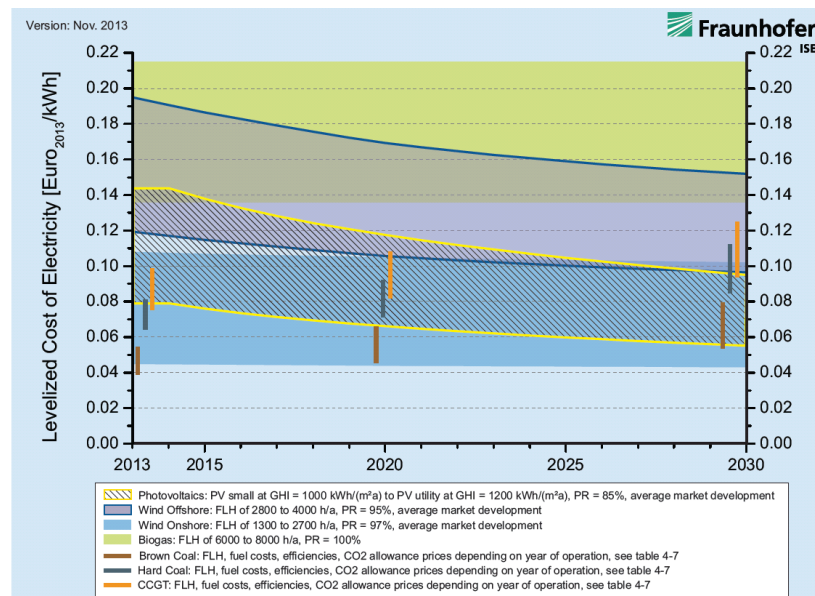
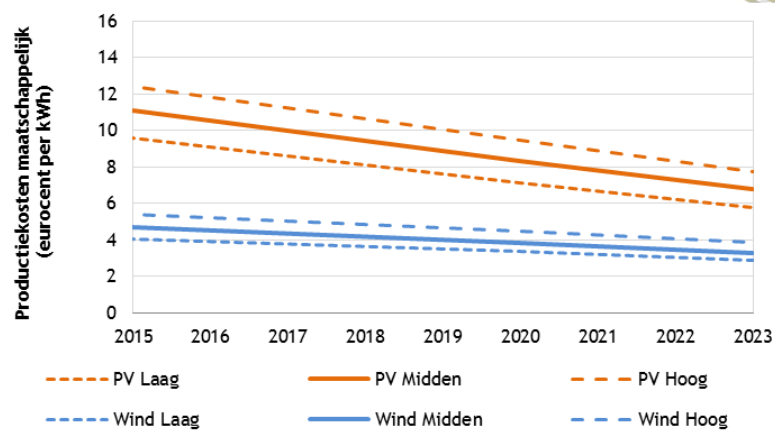


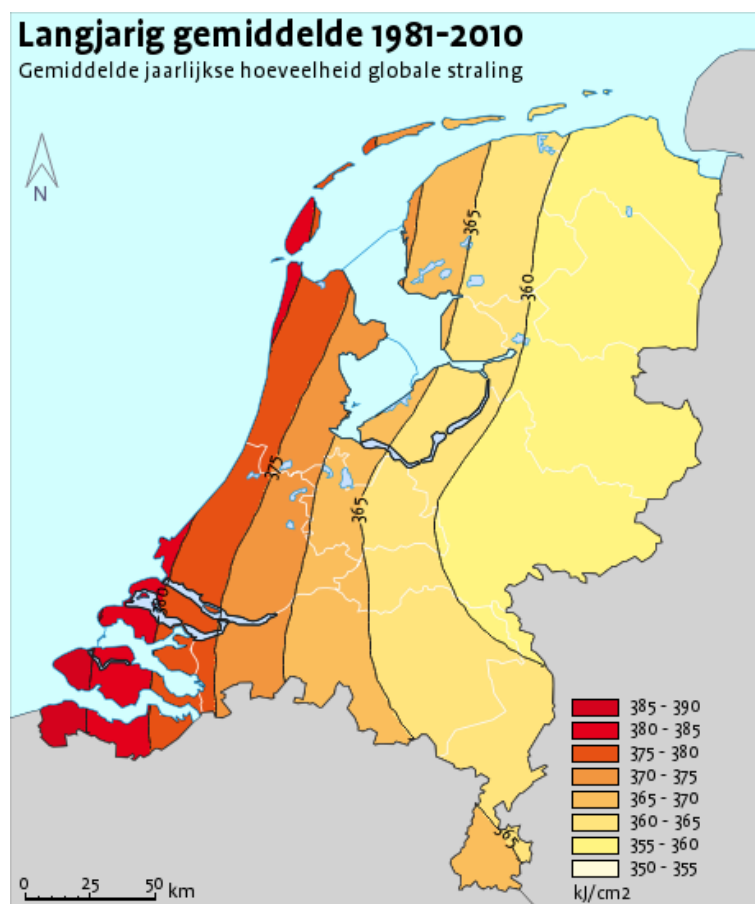
Figure 2: Learning-curve based predictions of the LCOE of renewable energy technologies and conventional power plants in Germany by 2030. Calculation parameters in Tables 1 to 7.

Bron: (Fraunhofer ISE, 2013).



Bron (CE Delft en ECN, 2016).

D.2 Zonopbrengst

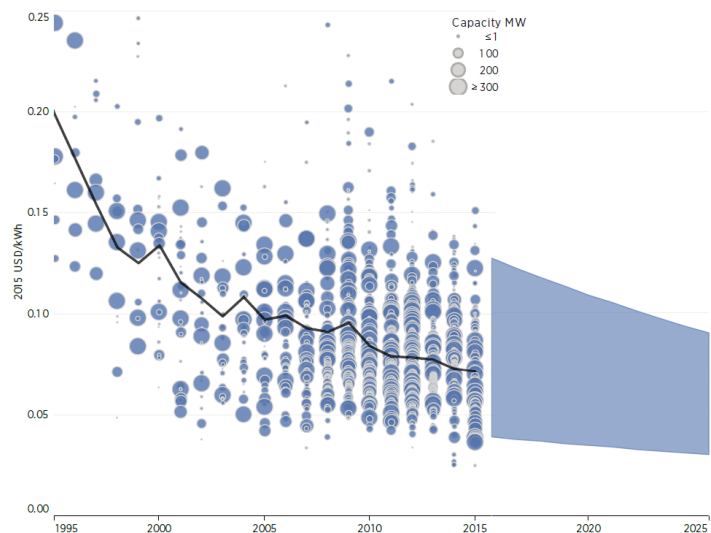


Bron: (KNMI, 2016).

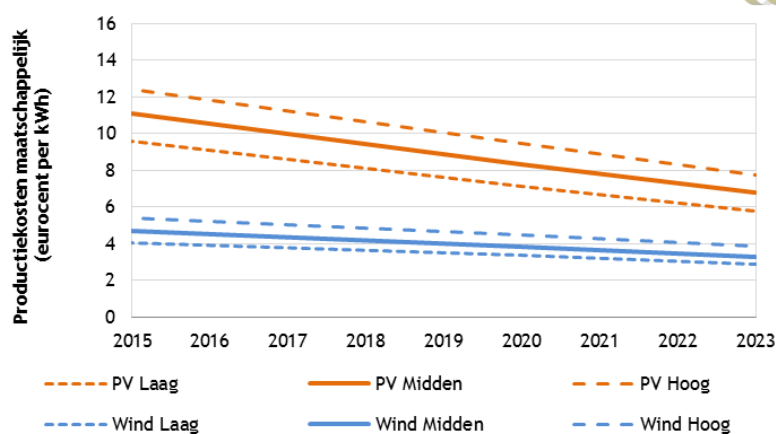
Bijlage E Wind

E.1 Kostenontwikkeling

FIGURE 29: LEVELISED COST OF ELECTRICITY OF ONSHORE WIND, 1983-2025



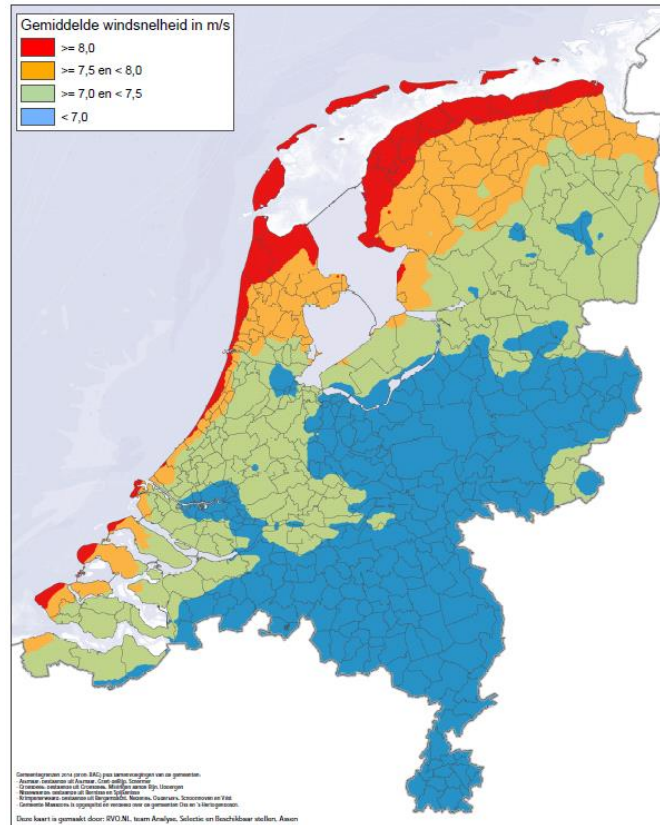
Bron: (IRENA, 2016).



Bron (CE Delft en ECN, 2016).



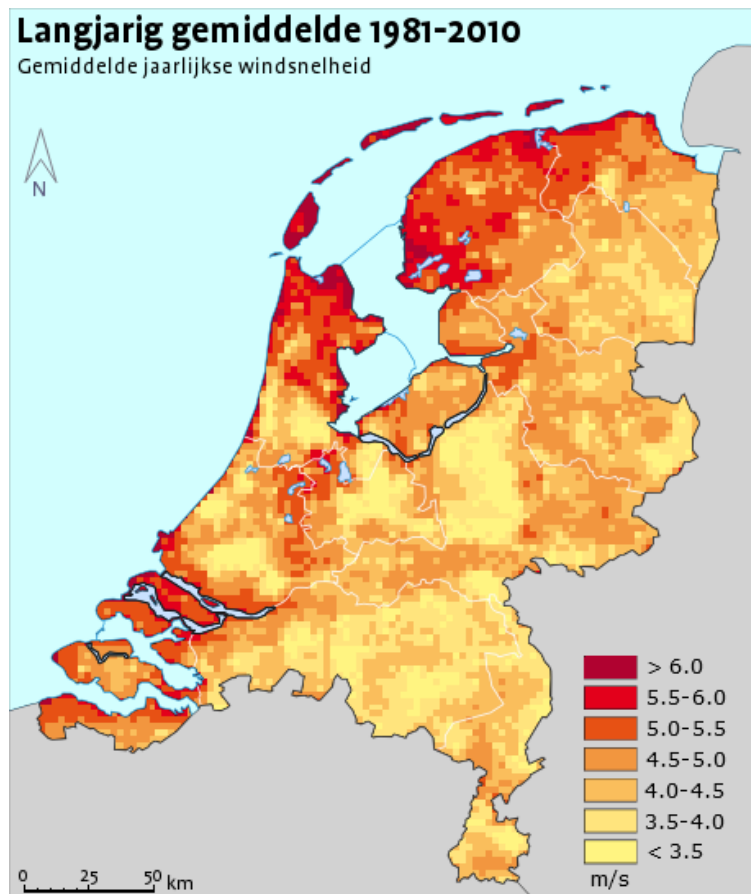
E.2 Windsnelheden op 100 meter hoogte



Bron: (RVO, 2014a)

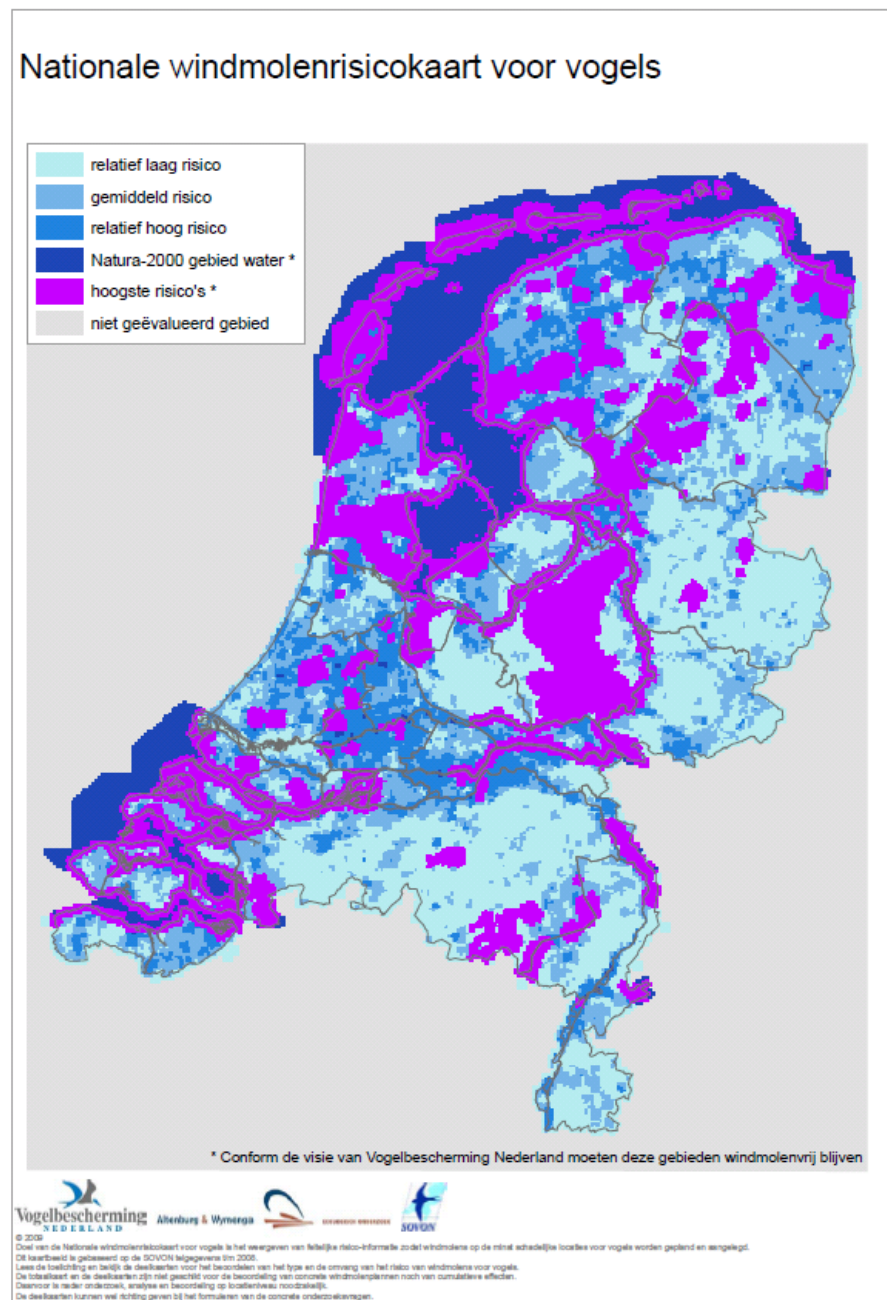
E.3 Windsnelheden op 10 meter hoogte

De daadwerkelijke windsnelheid op locatie is afhankelijk van bebouwing en objecten in de omgeving.



Bron: (KNMI, 2017).

E.4 Windmolenrisicokaart voor vogels

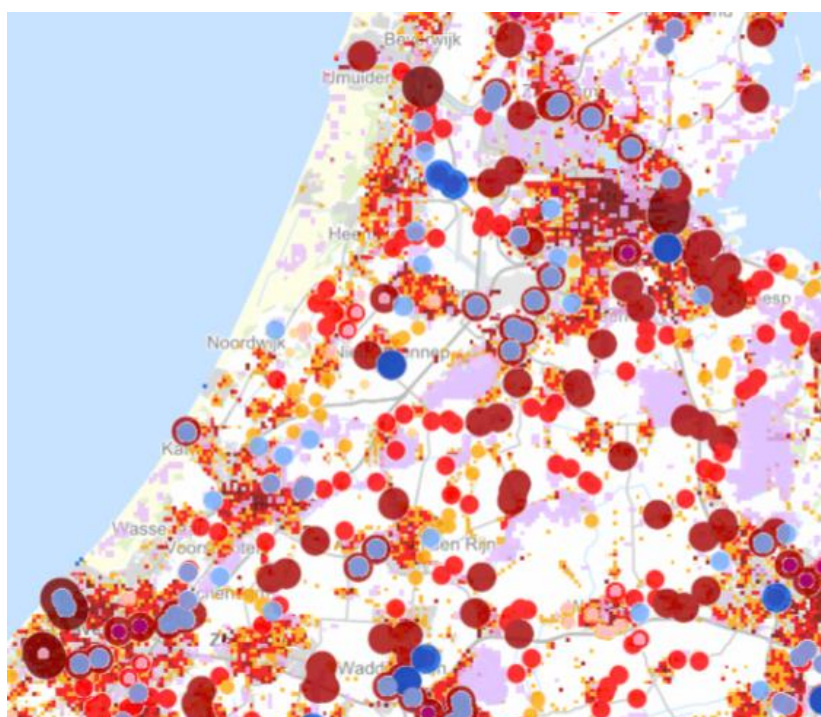


Bron: (Vogelbescherming Nederland, 2009).

Bijlage F Energie uit water

F.1 Warmte en koude uit waterlopen, (diepe) plassen en bij kunstwerken

Op www.nationaleenergieatlas.nl staat een interactieve kaart voor het economisch winbaar potentieel aan warmte en koude uit waterlopen, (diepe) plassen en water bij kunstwerken. Hieronder een weergave voor het werkgebied van Hoogheemraadschap van Rijnland. Voor het economisch winbaar potentieel is uitgegaan van een minimaal vereiste energievraag/-aanbod van 1.000 GJ met voldoende vragers in de nabijheid van het watersysteem (IF Technology, 2016).



Warmte - waterlopen en plassen Koude - waterlopen en plassen

- matig geschikt
- redelijk geschikt
- geschikt
- zeer geschikt
- uitstekend geschikt

- matig geschikt
- redelijk geschikt
- geschikt
- zeer geschikt
- uitstekend geschikt

Warmte - Kunstwerken

- matig geschikt
- redelijk geschikt
- geschikt
- zeer geschikt
- uitstekend geschikt

Koude - Kunstwerken en diepe plassen

- matig geschikt
- redelijk geschikt
- geschikt
- zeer geschikt
- uitstekend geschikt

F.2 Warmte-Koudewinning uit oppervlaktewater bij gemalen in combinatie met WKO

Schematische weergave van warmte-koudewinning uit oppervlaktewater bij gemalen in combinatie met WKO, waarbij de gemaalpomp ook wordt gebruikt voor de circulatie van het oppervlaktewater naar de bodemopslag. De situatie is geschetst voor zomer en winter.

