

Water als bron van energie

Omgevingseffecten van energie uit water

Rapport
Delft, juni 2010

Opgesteld door:
B.L. (Benno) Schepers
F. (Frits) Spaans
A. (Anneke) Sleeswijk
J.H.B. (Jos) Benner



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

B.L. (Benno) Schepers, F. (Frits) Spaans, A. (Anneke) Sleswijk, J.H.B. (Jos) Benner
Water als bron van energie
Omgevingseffecten van energie uit water
Delft, CE Delft, juni 2010

Energietechniek / Water / Locaties / Effecten / LCA

Publicatienummer: 10.3089.46

Opdrachtgever: Deltares.

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

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider B.L. (Benno) Schepers.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft
Committed to the Environment

CE Delft is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.



Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding	7
1.2	Opzet onderzoek	7
2	Analysekader	9
2.1	Analyse LCAs	9
2.2	Omgevingseffecten	9
3	Analyse LCAs	13
3.1	Inleiding	13
3.2	LCA-studies	13
3.3	Conformiteit met de ISO-richtlijnen	15
3.4	Structuur en interne consistentie van de rapportage	18
3.5	Kwaliteit, wetenschappelijke onderbouwing en documentatie	19
3.6	Conclusies en aanbevelingen	21
4	Analyse omgevingseffecten	23
4.1	Inleiding	23
4.2	Overzicht resultaten Ecofys	23
4.3	Selectie en aanvulling CE Delft	28
4.4	Mitigatie van omgevingseffecten	32
4.5	Analyse resultaten en mitigatiemogelijkheden	55
5	Betekenis voor de watersector	59
5.1	Faciliterende rol	59
5.2	Zelf ondernemen	60
5.3	Afnemen van duurzame energie	61
6	Conclusie	63
	Literatuurlijst	65
Bijlage A	Omgevingseffecten per optie	69
A.1	Effecten uit Ecofys-studie	69
A.2	Aanvulling en selectie effecten	76





Samenvatting

De watersector wil een actieve bijdrage leveren aan de verduurzaming van de samenleving en aan de reductie van de uitstoot van broeikasgassen. Om vat te krijgen op de mogelijkheden en beperkingen van 'wateropties' heeft Deltares de afgelopen jaren diverse inventariserende onderzoeken uit laten voeren. Een recent voorbeeld daarvan is de studie 'Water als bron van duurzame energie'¹.

Deltares hecht grote waarde aan dat de overzichten van de mogelijke stappen volledig en juist zijn, zodat een solide basis ontstaat voor het vervolg en nare verassingen zoveel mogelijk worden voorkomen. Om deze reden heeft Deltares CE Delft gevraagd de uitkomsten van het genoemde onderzoek te valideren, om deze op enkele punten aan te vullen en om aanbevelingen te doen voor vervolgacties.

In de studie 'Water als bron van duurzame energie' wordt, in beginsel aan de hand van de levenscyclusanalyses (LCA), de energierugverdiertijd (ETVT) bepaald van de energietechnologieën golfenergie, getijdenenergie (stroming en hoogteverschil), osmose-energie, warmte/koudeopslag (zonder en met regeneratie), aquatische biomassa en gestuwde waterkracht. Verder is gekeken naar de omgevingseffecten.

In de voorliggende rapportage worden de LCAs gevalideerd door een expert van CE Delft. Daarbij is gelet op de conformiteit met de ISO-richtlijnen, op de structuur en interne consistentie en op de algemene kwaliteit, wetenschappelijke onderbouwing en documentatie. Conclusie is dat de analyses niet conform de ISO-richtlijnen uitgevoerd zijn en dat de beschouwde omgevingseffecten per optie anders gestructureerd en ingevuld zijn. De onderlinge vergelijkbaarheid is daardoor beperkt. Hoewel niet 100% zeker, lijken de energierugverdiertijden wel op een consistente manier te zijn berekend en betrouwbare waarden op te leveren.

De omgevingseffecten worden in dit rapport geherstructureerd en aangevuld. Daarbij wordt voor alle opties een uniforme aanpak gehanteerd, waarin langs twee invalshoeken wordt gestreefd naar volledige dekking. De invalshoeken zijn: 'People-Planet-Profit' en 'Zender-Boodschap-Ontvanger', waarbij de laatste ook kan worden getypeerd als 'Veroorzaker-Effect-Getroffene', over de gehele levenscyclus van de betreffende maatregelen.

De omgevingseffecten kunnen zowel positief als negatief zijn. Niet alle effecten zijn bij alle opties van toepassing en soms zijn effecten simpelweg nog onbekend, omdat het nieuwe technieken betreft. Bij negatieve effecten wordt aangegeven of mitigatie dan wel adaptatie mogelijk is en wat de gevolgen hiervan zijn (o.a. voor de kosteneffectiviteit). Voor positieve effecten wordt aangegeven hoe deze mogelijk verder kunnen worden versterkt. De resultaten zijn samengevat in matrixachtige overzichten met kleurencodes, zodat snel een compleet beeld per optie ontstaat.

Binnen het gehele spectrum van mogelijkheden tonen de opties warmte/koudeopslag en aquatische biomassa het gunstigste totaalbeeld; er zijn daar

¹ 'Water als bron van duurzame energie' (Ecofys, 2009a) en 'Water als bron van energie - Aanbevelingen en 3 aanvullende technologieën' (Ecofys, 2009b).



nauwelijks of geen negatieve effecten waarbij geen mitigatie of adaptatie mogelijk is. De benutting van osmose-energie en gestuwde waterkracht hebben ook een vrij goed totaalbeeld, maar hier is er bij beide opties wel geluidhinder, bij de osmoseoptie lokale invloed op zoet-/zoutconcentraties en bij de gestuwde waterkracht hinder voor vissen en scheepvaart. Bij golfenergie zijn meer relevante negatieve effecten, als geluid, trillingen, de invloed van bewegende delen en de invloed op golf- en zeewaterstromen. De optie heeft overigens ook potentiële voordelen in de sfeer van veiligheid en bescherming van vogels en vissen. Voor getijdenenergie gelden grotendeels dezelfde knelpunten en voordelen als bij golfenergie.

Tenslotte wordt ingegaan op de betekenis van de projectuitkomsten voor de watersector in Nederland. Daarbij is onderscheid gemaakt naar de betekenis voor de drinkwaterbedrijven, de waterschappen en Rijkswaterstaat. Qua mogelijke rollen is gedifferentieerd naar: faciliterend (randvoorwaarden stellen), ondernemend (participeren) en benuttend (afnemen van energie).

Wat betreft het faciliteren wordt geconstateerd dat een opbouwende opstelling vanuit de sector een groot verschil kan maken in de realisatie-praktijk. Een goede reden voor een dergelijke opstelling ligt in de energie- en milieubaten die met elk van de opties worden bereikt. Uiteraard zal zorgvuldig moeten worden omgegaan met de kansen en knelpunten. De matrixoverzichten uit dit rapport geven daarbij houvast, ook voor het versterken van kansen en voor het mitigeren en adapteren op probleempunten.

De sector kan desgewenst zelf ondernemen in de opties of dit samen doen met andere partijen. In de markt spreekt het aan wanneer de watersector zelf het voortouw neemt en het goede voorbeeld geeft. Dat geeft naar verwachting ook extra zekerheid voor subsidieverstrekking en financiers, waardoor gunstigere financieringsvoorwaarden en betere projectresultaten mogelijk zijn. Een gevoelig punt kan liggen in de objectiviteit van de betrokken partij(en) omdat deze immers soms ook zelf de randvoorwaarden moeten stellen.

Een aantal opties is potentieel van betekenis voor de energievoorziening van de watersector zelf; gebouwen en bedrijfsvoeringprocessen. De sector kan een deel van de (duurzame!) energie dus zelf benutten. Wanneer zij niet zelf investeert kan de energie worden afgenomen van de initiatiefnemer.



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De watersector wil een actieve bijdrage leveren aan de verduurzaming van de samenleving en aan de reductie van de uitstoot van broeikasgassen. Zij onderzoekt de mogelijkheden daartoe, ondermeer via het waterinnovatieprogramma WINN. Binnen het thema 'Water en Energie' van dit programma zijn al diverse mogelijkheden in kaart gebracht en in enig detail onderzocht.

Deltares wil de uitkomsten van deze onderzoeken benutten bij het invullen van de vervolgacties voor komende jaren. Daarbij wil zij er zeker van zijn dat de gegevens - die veelal door derden zijn verzameld - voldoende betrouwbaar zijn. Verder wil Deltares de data aanvullen om haar afwegingen te maken en conclusies te trekken vanuit een zo compleet mogelijk inzicht.

Recent heeft Deltares het onderzoek 'Water als bron van duurzame energie' laten uitvoeren door Ecofys (2009)². CE Delft is gevraagd bij te dragen aan het valideren van de gegevens uit dit onderzoek, deze aan te vullen tot het gewenste niveau en aanbevelingen te doen voor de vervolgacties.

1.2 Opzet onderzoek

Het uitgangspunt van deze studie is een tweetal rapportages (zie voetnoot 2) van Ecofys waarin energierterugverdientijden (ETVT) van verschillende energie-technologieën worden bepaald. Het betreft:

- Golfenergie (maart 2009);
- Getijdenenergie; stroming (maart 2009);
- Osmose-energie (maart 2009);
- Warmte/koudeopslag; zonder regeneratie (maart 2009);
- Aquatische biomassa (maart 2009);
- Gestuwde waterkracht (november 2009, concept);
- Warmte/koudeopslag; met regeneratie (november 2009, concept);
- Getijdenenergie; hoogteverschil (november 2009, concept).

Daarnaast wordt in de studie van Ecofys de uitkomsten van de ETVTs vergeleken met die van windenergie en zonne-energie.

In deze rapportage wordt eerst een globale analyse gegeven van de wijze waarop de ETVTs zijn bepaald aan de hand van de levenscyclusanalyses (LCA) van Ecofys. Op basis van deze analyse kan een inschatting worden gegeven van de bandbreedte en de vergelijkbaarheid van de gepresenteerde ETVTs. De focus in de rapportages van Ecofys ligt op het bepalen van de ETVT, echter voor Deltares zijn ook de omgevingseffecten van belang. Deze zijn deels beschreven door Ecofys, maar krijgen op verzoek van Deltares een nadere herstructurering en aanvulling.

Tot slot wordt beschreven wat de uitkomsten van de LCAs en omgevings-effecten voor gevolgen hebben voor de watersector in Nederland en de mogelijkheden van energieconversie met behulp van water in Nederland.

² 'Water als bron van duurzame energie' (Ecofys, 2009a) en 'Water als bron van energie - Aanbevelingen en 3 aanvullende technologieën' (Ecofys, 2009b).



De analyse van de energieopties is gebaseerd op twee documenten van Ecofys. Eén van deze documenten bevindt zich op het moment van schrijven nog in de conceptfase (technologieën van november 2009). Het doel van dit onderzoek is het valideren en aanvullen van de resultaten van Ecofys. Hierbij is tevens feedback geleverd op de conceptversie van het document uit november.

Op het moment van opstellen van deze rapportage is het onbekend in hoeverre de commentaren uit de feedback zijn verwerkt. Het kan daarmee voorkomen dat de niet alle commentaren op de drie technologieën nog overeenkomen met de uiteindelijke rapportage van Ecofys. De analyse van Ecofys van de vijf overige technologieën is onveranderd gebleven.



2 Analysekamer

Het onderzoek naar de energieopties uit water is tweeledig. Het eerste deel bestaat uit een validatie van de levenscyclusanalyses (LCA) op basis waarvan de energierugverdiertijden (ETVT) zijn bepaald. Daarnaast worden de maatschappelijke en omgevingseffecten die horen bij de energietechnologieën gestructureerd en aangevuld, daar waar nodig.

2.1 Analyse LCAs

Voor Deltares is het van belang dat gegevens die zij gebruikt bij de beleidsbepaling volledig en juist zijn. In dit onderzoek zal daartoe een onafhankelijk oordeel over de uitgevoerde LCAs voor de energieopties, die zijn beschreven in de rapportage 'Water als bron van duurzame energie' van Ecofys (2009a/b) worden gegeven.

De diverse LCAs worden gecontroleerd op de eenduidigheid van de aanpak (een consistente aanpak is cruciaal bij LCAs). Er wordt zowel gekeken naar de toegepaste rekenmethodiek als naar de beschouwde aspecten³.

De LCAs zijn bekeken en gewogen door een expert van CE Delft op het gebied van LCA-studies. Echter, omdat er geen beschikking was over de achterliggende berekeningen van de LCAs, is vooral gekeken naar de overall lijn van de studies.

2.2 Omgevingseffecten

Om een volledig en consistent beeld te krijgen van de omgevingseffecten van de verschillende energietechnologieën is een eenvoudig raamwerk opgesteld waarmee de opties worden bekeken. De kern van dit raamwerk is een conceptuele, tweeledige aanpak van zowel People-Planet-Profit als Zender-Boodschap-Ontvanger. Deze tweedeling vormt de opspanning van het raamwerk.

2.2.1 People-Planet-Profit

Het People-Planet-Profit concept, ofwel de drie P's, is een veelgebruikte onderverdeling voor het in kaart brengen van duurzame ontwikkeling. Het staat voor de drie elementen, people (mensen), planet (planeet/milieu) en profit (opbrengst/winst), die in een harmonieuze wijze gecombineerd dienen te worden.

Voor het raamwerk wordt deze onderverdeling gebruikt om inzichtelijk te maken op welke elementen de verschillende omgevingseffecten van invloed zijn. Hiermee worden niet alleen de negatieve effecten op bijvoorbeeld de natuur zichtbaar, maar ook de gunstige effecten zoals de conversie van duurzame energie.

In Tabel 1 staat een overzicht van de elementen die onderdeel zijn van de gekozen drie P-benadering.

³ Een LCA is primair een vergelijkingsmethodiek om de milieubelasting van verschillende producten te bepalen. Het is dan ook niet zo zeer de absolute uitkomst die relevant is, maar de relatieve uitkomst ten opzichte van andere producten. Om LCAs met elkaar te vergelijken is het dan ook noodzakelijk dat de aannames en de reikwijdte van de LCAs overeenkomen.



Tabel 1 Raamwerk analyse omgevingseffecten - People, Planet, Profit

Categorie	Onderwerp	Toelichting
People	Gezondheid	
	Veiligheid	
	Recreatie	
	Landschap	De 'waarde' die mensen onttrekken aan het landschap
	Beleid	
Planet	(Zee)zoogdieren	
	Vissen	
	Vogels	
	Benthos	
	Bodem	
	Water	
	Klimaat (CO ₂)	Uitstoot van CO ₂ (eq.)
Profit	Visserij	
	Toerisme	
	Scheepvaart	
	Potentieel	De productie van duurzame energie (warmte of elektriciteit)
	Synergie	Synergie voordelen met andere opties

2.2.2 Zender-Boodschap-Ontvanger

Een pragmatische aanpak voor het analyseren van communicatie is de Zender-Boodschap-Ontvanger systematiek. Hierbij wordt uitgegaan van een interactie tussen de zender en ontvanger via een informatiestroom, de boodschap. Deze lineaire benadering is aangepast om toepasbaar te kunnen zijn op de analyse van omgevingseffecten:

- *Zender*: De drie primaire onderdelen van de levenscyclus van een object (voorbereiding/constructie, operatie/onderhoud, ontmanteling) en incidentele gebeurtenissen.
- *Boodschap*: De boodschap is de gebeurtenis of het effect dat zich voor kan doen bij de zender. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om het produceren van geluid tijdens de productiefase, het veranderen van fysieke eigenschappen van de bodem, een vaarverbod of temperatuurverschillen.
- *Ontvanger*: De ontvanger van de boodschap of het effect is de categorie uit de People-Planet-Profit. Zo zijn de vissen de *ontvangers* van de *boodschap* geluid van de *zender* operatie/onderhoud.

In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven van alle onderdelen van de Zender-Boodschap-Ontvanger indeling.



Tabel 2 Raamwerk analyse omgevingseffecten - Zender, Boodschap, Ontvanger

Categorie	Onderwerp	Toelichting
Zender	Vorbereiding/constructie	
	Operatie/onderhoud	
	Ontmanteling	
	Incidenten	
Boodschap	Geluid	
	Trilling	
	Turbulentie	
	Verandering fysieke eigenschappen	
	Elektromagnetische straling	
	(in werking zijnde) Onderdelen	
	Visuele aspecten	
	Vis- en/of vaarverbod	
	Verandering golf- en (zee)waterstromen	
	Emissie van chemicaliën	
	Afsluiting van waterwegen	
	Verandering zoet-/zoutwaterconcentraties	
	Verandering nutriëntenhuishouding	
	Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen	
	Heen en weer pompen grondwater	
	Temperatuurverschillen	
	Emissie overig	
	Energie	Het gaat hierbij uitsluitend om de duurzame energieproductie. De energieaspecten van de bouw (materialen, etc.), ontmanteling en recycling zijn onderdeel van de ETVT-berekeningen (2009a/b).
Ontvanger	De ontvangers van de boodschap bevinden zich in de categorieën binnen de insteek People-Planet-Profit. Bijvoorbeeld: de Zender bij gestuwde waterkracht is de installatie die in bedrijf is. Eén van de Boodschappen is dan het 'afsluiten van een waterweg'. Ontvangers daarbij zijn de scheepvaart (Profit) en vissen (Planet).	

2.2.3 Raamwerk

Alle beschouwde energietechnologieën worden aan de hand van het uniform raamwerk geanalyseerd. Daardoor ontstaat een consistent beeld rond de omgevingseffecten van de verschillende opties. Figuur 1 illustreert de opzet van dit raamwerk schematisch.

Vanuit dit raamwerk, zijn vier stappen uitgevoerd:

1. Als eerste zijn de uitkomsten van de onderzoeken van Ecofys in het raamwerk geplaatst. Het tweede deel van het onderzoek van Ecofys (2009b) bevat geen analyse van de omgevingseffecten. Voor deze opties wordt deze stap dan ook overgeslagen.
In deze stap wordt aangegeven of het effect positief (+), negatief (-) of onbekend (?) is.
2. Uiteraard zijn niet alle effecten bij alle opties van toepassing (een WKO-systeem op land heeft bijvoorbeeld geen invloed op zeezoogdieren) en zijn dus veel aspecten niet ingevuld. Daarom is gekeken naar welke aspecten überhaupt een rol spelen bij welke technologie. Door de niet-relevante aspecten weg te strepen ontstaat een beeld van welke effecten nog niet zijn opgenomen in de analyse, maar wel relevant zijn ('lege velden').
De niet-relevante effecten zijn gearceerd.
3. De 'lege velden' zijn ingevuld op basis van de beschikbare kennis uit de literatuur en andere bronnen. Veel technologieën bevinden zich echter nog



in de experimentele fase, dus wordt ook gebruik gemaakt van effecten die te verwachten zijn bij soortgelijke technologieën.

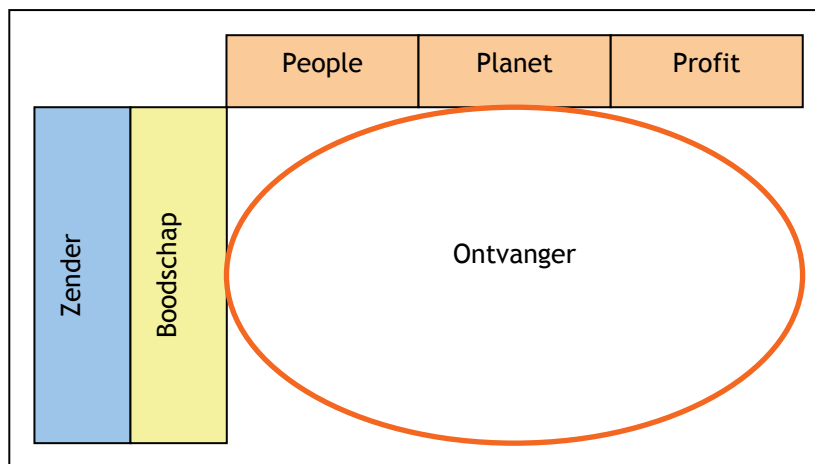
In deze stap is aangegeven of het effect positief (+), negatief (-) of onbekend (?) is.

4. Met een volledig ingevuld overzicht van de positieve en negatieve omgevingseffecten van de energietechnologieën, is als laatste de vertaalslag gemaakt naar de mitigatie- en adaptatiemogelijkheden voor deze effecten. Zo kan voor een deel van de effecten met eenvoudige maatregelen de gevolgen worden geminimaliseerd (bijvoorbeeld door het vermijden van werkzaamheden tijdens een broedseizoen). En het ene effect is het andere niet, dus wordt kwalitatief gekeken in hoeverre het effect nou daadwerkelijk een zwaarwegend, tijdelijk of ingrijpend effect is.

Middels kleuren wordt aangegeven of het effect te mitigeren/voorkomen (groen), adapteren/minimaliseren (geel) of niet te vermijden (rood) is. Van de positieve effecten wordt aangegeven of zij te versterken zijn (blauw) of gelijk blijven (wit).

De uitkomst van deze stappen is een overzicht van (omgevings)effecten van de energietechnologieën en de waarde die aan deze effecten gegeven kan worden. Aan de hand van dit overzicht wordt in Hoofdstuk 5 ingegaan op wat de rol van de watersector in Nederland kan zijn. Hiervoor wordt in dit hoofdstuk tot slot een korte uitwerking gegeven van de effecten waarvoor nauwelijks of geen mitigatie- of adaptatiemaatregelen beschikbaar zijn en die groot schadelijk effect kunnen hebben.

Figuur 1 Schematische weergave raamwerk



In de studies van Ecofys worden per optie vaak meerdere technologische mogelijkheden benoemd. Deze kunnen sterk wisselen in hun uitvoering en daarmee dus ook in de effecten die zij hebben. In deze studie is er dan ook voor gekozen om enkel naar de effecten te kijken van de technologische mogelijkheid die ook is gebruikt voor het bepalen van de ETVT.

In de komende paragrafen worden alle technologieën behandeld. Hierbij wordt hoofdzakelijk tekstueel ingegaan op de analyse. De ingevulde raamwerken zijn vanwege hun omvang en veelheid terug te vinden in de bijlagen.

3 Analyse LCAs

3.1 Inleiding

In opdracht van Deltares heeft Ecofys een achttal systemen voor de omzetting van energie met behulp van water geanalyseerd met betrekking tot de energiebalans en in het bijzonder de energierugverdiendtijd (ETVT), gerekend over de levenscyclus van het systeem. Voor een aantal systemen is tevens gekeken naar de uitstoot van broeikasgassen. De resultaten van de analyses zijn beschreven in een tweetal rapporten (Ecofys, 2009a/b).

Volgens de rapportages is voor het analyseren van de energiebalans en de uitstoot van broeikasgassen gebruik gemaakt van de methodiek voor levenscyclusanalyse van producten (LCA), zoals die procedureel is vastgelegd in een rapport van de International Organization for Standardization (ISO, 2006). In de komende paragrafen wordt een review op hoofdlijnen gegeven met betrekking tot de kwaliteit van de door Ecofys uitgevoerde LCA-studies.

De LCA-studies zijn beoordeeld op de volgende drie hoofdpunten:

1. Conformiteit met de ISO-richtlijnen.
2. Structuur en interne consistentie van de rapportage.
3. Kwaliteit, wetenschappelijke onderbouwing en documentatie.

3.2 LCA-studies

3.2.1 Onderwerp van de review

Deze review heeft betrekking op de volgende rapporten:

- Water als bron van duurzame energie; energiebalans en omgevingseffecten van energietechnologieën met water (Ecofys, 2009a);
- Water als duurzame energiebron; onderzoek naar energierugverdiendtijden (Ecofys, 2009b).

In de beide rapporten worden analyses beschreven van de milieueffecten van een achttal systemen voor de omzetting van energie met behulp van water. Voor deze analyses wordt onder andere gebruik gemaakt van de zogenaamde *levenscyclusanalyse* (LCA). De hier beschreven review heeft specifiek betrekking op de wijze waarop de LCA hierbij is toegepast. Een beschrijving van de gewenste structuur en opzet van een LCA-studie en de regels waaraan een dergelijke studie moet voldoen zijn vastgelegd in een rapport van de International Organization for Standardization (ISO, 2006). In de beide gereviewde rapporten wordt expliciet naar de ISO-standaard verwezen.

3.2.2 Definitie van LCA

Bij het uitvoeren van studies die betrekking hebben op de levenscyclus van producten, materialen of diensten moet onderscheid worden gemaakt tussen twee typen ketenanalyses:

1. Ketenanalyses in algemene zin.
2. Ketenanalyses op basis van LCA.

Iedere analyse waarbij de milieuaspecten van de levenscyclus van een product, materiaal of dienst in beschouwing worden genomen valt in principe onder het begrip 'ketenanalyse'. Er wordt in dit verband ook wel gesproken



van *life cycle thinking*. LCA is daarentegen een zorgvuldig omschreven techniek. Alleen studies die in grote lijnen zijn opgezet volgens de algemeen geldende richtlijnen voor LCA - zoals omschreven in het bovengenoemde ISO-rapport - kunnen met de term 'LCA' worden aangeduid.

3.2.3 Algemene structuur van LCA

Een LCA-studie omvat de volgende stappen:

1. Doel- en reikwijdtebepaling.
2. Inventarisatie (*life cycle inventory analysis; LCI*).
3. Effectbeoordeling (*life cycle impact assessment; LCIA*).
4. Interpretatie van de resultaten.

Van deze stappen worden de volgende onderdelen hier beschouwd als onmisbaar voor iedere LCA-studie:

1. Doel en reikwijdtebepaling

- beschrijving van de reden waarom de LCA-studie wordt uitgevoerd;
- beschrijving van de functionele eenheid;
- beschrijving van het productsysteem;
- beschrijving van de gekozen systeemgrenzen en onderbouwing van de gemaakte keuzes;
- beschrijving van de procedures voor toerekening;
- beschrijving van de effectcategorieën die in beschouwing zijn genomen;
- beschrijving van de toegepaste methode voor de effectbeoordeling (LCIA).

2. Inventarisatie

- beschrijving van de eenheidsprocessen waaruit de levenscyclus is opgebouwd;
- beschrijving van de wijze waarop de eenheidsprocessen via in- en outputs met elkaar in verband staan;
- onderbouwing van de gekozen toerekeningsprocedure;
- beschrijving van de gebruikte data;
- beschrijving van aannames;
- referenties naar de gebruikte literatuurbronnen;
- documentatie van de gebruikte berekeningen.

3. Effectbeoordeling

- beschrijving van de effectscores van de verschillende productalternatieven voor elk van de gekozen effectcategorieën.

3.2.4 Strekking van de te beoordelen LCA-studies

In de beide rapporten wordt een achttal energietechnologieën beschreven en beoordeeld. Het gaat om alternatieven voor het gebruik van fossiele brandstoffen bij het opwekken van elektriciteit en warmte of koude. Bij elk van deze systemen wordt gebruik gemaakt van water. Het gaat per rapport om de volgende energiebronnen:

Rapport 1: Water als bron van duurzame energie (Ecofys, 2009a)

1. Golfenergie.
2. Getijdenenergie.
3. Osmose-energie.
4. Warmte/koudeopslag.
5. Aquatische biomassa.



Rapport 2: Water als duurzame energiebron (Ecofys, 2009b)

6. Gestuwde waterkracht (Linne).
7. Thermische energie uit oppervlaktewater in WKO.
8. Getijdenverschillen (verval bij het Grevelingenmeer).

De vraag die in *Rapport 1* wordt beantwoord is tweeledig:

1. Hoe lang moet de technologie, waarmee energie uit water wordt opgewekt, energie leveren om hun eigen productie terug te verdienen in de Nederlandse situatie?
2. Welke omgevingseffecten kunnen deze nieuwe technologieën hebben?

In *Rapport 2* wordt alleen de eerste vraag beantwoord. De omgevingseffecten zijn in dit rapport buiten beschouwing gelaten.

3.3 Conformiteit met de ISO-richtlijnen

3.3.1 Het gebruik van LCA in relatie tot de doelstellingen van de studie

Volgens de rapportage is voor de analyse van de energiebalans en de energierugverdiensijd (ETVT) gebruik gemaakt van LCA. Voor wat betreft de analyse van de energiebalans kan LCA inderdaad worden toegepast. LCA kan echter niet worden gebruikt voor het berekenen van de ETVT.

Het begrip ETVT komt niet voor in de ISO-richtlijnen voor LCA (ISO, 2006). Ook kan de ETVT niet in verband worden gebracht met het basisbegrip 'functionele eenheid' waarop de beoordeling in een LCA-studie is gestoeld. De ETVT heeft echter wel betrekking op de levenscyclus van de te beoordelen energietechnologieën. De berekening van de ETVT kan daarmee worden beschouwd als een specifieke vorm van ketenanalyse die los staat van de LCA-methodiek.

In de rapporten van Ecofys wordt aangegeven dat de basis van de berekeningen wordt gevormd door een energiebalans. In tegenstelling tot de ETVT als zodanig, kan een energiebalans in beginsel wel met behulp van LCA worden opgesteld. Omdat in de rapporten nadrukkelijk gesproken wordt over een LCA-studie, uitgevoerd volgens de ISO-richtlijnen zijn de energiebalansen aan de belangrijkste van deze richtlijnen getoetst.

3.3.2 Toetsing aan belangrijkste ISO-richtlijnen

Doel en reikwijdtebepaling

Beschrijving van de reden waarom de LCA-studie wordt uitgevoerd

In beide rapporten wordt het doel van de studie als geheel beschreven in Paragraaf 1.1. Als centraal doel wordt genoemd dat het voor een duurzame energievoorziening van belang is dat er opties worden gekozen die een positieve energiebalans hebben. Een positieve energiebalans wordt vervolgens direct in verband gebracht met de ETVT over de levenscyclus van de energietechnologieën. Vragen die onbeantwoord blijven zijn:

- Hoe wordt de energiebalans in kwantitatieve zin beoordeeld?
- Wat is de relatie tussen de ETVT en de energiebalans?
- Welke rol wordt aan LCA toebedeeld bij de analyse van de energiebalans?

De reden waarom gekozen is voor een levenscyclusperspectief is duidelijk: de ETVT heeft betrekking op de levenscyclus als geheel. Zoals beschreven in Paragraaf 2.1 van deze review gaat LCA echter veel verder dan het kiezen van een levenscyclusperspectief. Een beschrijving van de reden waarom specifiek is gekozen voor LCA volgens de ISO-richtlijnen ontbreekt.



Beschrijving van de functionele eenheid

In de rapporten wordt geen gebruik gemaakt van een functionele eenheid. Voor sommige opties worden de milieueffecten gekwantificeerd voor de installatie als geheel, terwijl voor andere opties de milieueffecten per component worden weergegeven. Hiermee ontbreekt een zeer centraal en essentieel kenmerk van LCA.

Wel zou een functionele eenheid van bijvoorbeeld 1 kWh gemakkelijke kunnen worden ingevoerd door de milieueffecten voor iedere installatie te delen door de jaarlijkse energieopbrengst van de installatie.

Beschrijving van het productsysteem

De materiaalstromen tussen de eenheidsprocessen zijn niet expliciet in kaart gebracht.

Beschrijving van de gekozen systeemgrenzen en onderbouwing van de gemaakte keuzes

Op een enkele uitzondering na worden de systeemgrenzen niet expliciet aangegeven. Zo wordt nergens genoemd of kapitaalgoederen wel of niet in de berekeningen zijn betrokken, of transport van basismaterialen is meegenomen en dergelijke.

Beschrijving van de procedures voor toerekening

Voor toerekening (allocatie) bij recycling wordt een vaste procedure gehanteerd. Deze is beschreven in de inleiding van beide rapporten.

Beschrijving van de effectcategorieën die in beschouwing zijn genomen

In het eerste rapport wordt in de inleiding gesteld dat er twee effectcategorieën ('impact categorieën') in beschouwing zijn genomen: 'energie- en CO₂-prestaties'. Volgens de gebruikelijke terminologie gaat het hierbij om respectievelijk de uitputting van (fossiele) brandstoffen en klimaatverandering. In het tweede rapport wordt alleen het energiegebruik meegenomen. Als reden wordt het feit genoemd dat CO₂-emissies sterk samenhangen met het energiegebruik. Van andere impactcategorieën, zoals eutrofiëring en ecotoxiciteit, wordt gesteld dat deze niet worden meegenomen omdat ze buiten de scope van het onderzoek vallen. Het karakter van LCA - waarmee in het algemeen juist getracht wordt een zo volledig mogelijk beeld te schetsen van de milieueffecten van een product - komt ons inziens met een inperking tot slechts één of twee effectcategorieën wel in het geding.

Beschrijving van de toegepaste methode voor de effectbeoordeling (life cycle impact assessment - LCIA)

Een specifieke LCIA-methode wordt niet genoemd. Omdat het energiegebruik (in kWh) centraal staat, en andere effectcategorieën buiten beschouwing blijven, is van het gebruik van een specifieke LCIA-methode echter nauwelijks sprake. Alleen voor de berekening van de bijdrage aan klimaatverandering zou strikt genomen vermeld moeten worden welke GWP-versies⁴ hiervoor zijn gebruikt voor het omrekenen van de bijdragen van andere broeikasgassen dan CO₂ naar CO₂-equivalenten.

⁴ GWP is het *Global Warming Potential*, ofwel aardopwarmingsvermogen, is een aanduiding voor de mate waarin een broeikasgas kan bijdragen tot de klimaatverwarming. Het is een relatieve maat, die het aardopwarmingsvermogen van een broeikasgas aangeeft vergeleken met dat van koolstofdioxide (CO₂); meer bepaald, het opwarmingsvermogen in een periode van 100 jaar van 1 kg van het gas ten opzichte van 1 kg CO₂. Zo heeft methaan bijvoorbeeld een GWP-waarde van 25 en zwavelhexafluoride 22.800 (Wikipedia, 2010a). Er zijn echter ook GWP-versies waarbij naar een periode van 20 of 500 jaar wordt gekeken.



Inventarisatie

Beschrijving van de eenheidsprocessen waaruit de levenscyclus is opgebouwd

In Paragraaf 1.2.1 worden vier 'ketenonderdelen' genoemd waaruit het productsysteem van elk van de opties bestaat:

1. Het delven van de grondstoffen en het produceren van de verschillende componenten.
2. Assemblage en installatie.
3. Operatie en onderhoud.
4. Ontmanteling en afvalverwerking.

In feite gaat het hier om (minimaal) twee eenheidsprocessen per 'ketenonderdeel'. De eenheidsprocessen worden echter niet afzonderlijk onderscheiden. Bij een beschrijving van het productsysteem per optie zouden de afzonderlijke eenheidsprocessen verder gespecificeerd moeten worden. Dit gebeurt bij sommige opties wel voor wat betreft de grondstoffen en componenten, maar bij andere opties blijft het bij de algemene terminologie. De overige eenheidsprocessen (bijvoorbeeld onderhoud) worden niet of nauwelijks gespecificeerd.

Beschrijving van de wijze waarop de eenheidsprocessen via in- en outputs met elkaar in verband staan

Deze beschrijving ontbreekt geheel.

Onderbouwing van de gekozen toerekeningsprocedure

In de inleiding worden twee vormen van toerekening (allocatie) genoemd: een 'input methode' en een 'output methode'. Deze termen zijn ons onbekend; een referentie zou handig zijn. Deze termen worden in ieder geval niet genoemd in de ISO-richtlijnen, en evenmin in het 'Handbook on Life Cycle Assessment' van het Centrum voor Milieuwetenschappen (Guinée et al., 2002). Gebruikelijk is om bij recycling te kijken naar de economische waarde van het te recyclen product (Guinée et al., 2004). Is deze positief (hetgeen bij bijv. oud metaal vaak het geval zal zijn), dan is er strikt genomen sprake van coproductie: het proces levert naast het primaire product ook een 'grondstof'. In dit geval zou het dus kunnen gaan om de coproductie van elektriciteit en (bijvoorbeeld) oud metaal. Bij toerekening op basis van economische waarde zou dan eigenlijk een deel van de milieueffecten van het elektriciteitsproductieproces aan het oude metaal (als coproduct) moeten worden toegerekend. Vaak zal de economische waarde van het te recyclen materiaal zeer klein zijn t.o.v. de economische waarde van het hoofdproduct, en kan het aandeel van de milieueffecten dat aan het (te recyclen) coproduct wordt toegerekend in de praktijk worden verwaarloosd. De systeemgrens komt dan te liggen bij het punt van afdanking; het recyclingsproces is dus onderdeel van het volgende productsysteem. Met andere woorden: bij 'recycling' van materiaal met een (licht) positieve economische waarde worden de milieueffecten van het recyclingsproces toegerekend aan het productsysteem dat het gerecyclede materiaal als grondstof gebruikt (hiermee worden echter tegelijk de milieueffecten van de winning van nieuwe grondstoffen vermeden, zodat het gebruik van gerecyclede materiaal meestal een bonus zal opleveren). Als wij het goed begrijpen komt deze benadering overeen met de 'input methode' waarvoor in de beide rapporten is gekozen.

Beschrijving van de gebruikte data

Voor sommige materialen en componenten worden de data afzonderlijk weergegeven. Voor de meeste onderdelen van de keten worden de data echter niet per proces weergegeven, maar alleen in geaccumuleerde vorm. Omdat de functionele eenheid ontbreekt worden de data niet 'per functionele eenheid' vermeld. Er is daarom ook geen sprake van een echte LCA-inventarisatie.



Beschrijving van aannames

Omdat de data vaak in geaccumuleerde vorm worden weergegeven is niet altijd duidelijk in hoeverre er aannames in de data verwerkt zijn. Voor de ketenstappen ‘assemblage en installatie’ en ‘operatie en onderhoud’ worden in de meeste studies aannames gedaan in de vorm van een bepaald percentage van de productiekosten. Het gaat hier om grove aannames, maar dit wordt wel adequaat beschreven.

Referenties naar de gebruikte literatuurbronnen

In de tekst worden literatuurbronnen genoemd waarop data gebaseerd zijn. De literatuurbronnen staan echter vaak niet vermeld bij tabellen en figuren, en ook niet altijd bij individuele data in de tekst. Op die plaatsen zou een aanvulling welkom zijn.

Documentatie van de gebruikte berekeningen

Deze documentatie ontbreekt voor sommige studies. Andere studies vermelden de berekeningen wel. Voor ‘Warmte/koudeopslag’ wordt in bijlage 1 een mooi overzicht gegeven van componenten, materialen waaruit die componenten zijn opgebouwd en energiegebruik en CO₂-uitstoot per materiaal en per component.

Effectbeoordeling

Beschrijving van de effectscores van de verschillende productalternatieven voor elk van de gekozen effectcategorieën

Omdat er geen sprake is van een functionele eenheid kan niet worden gesproken over echte effectscores.

3.3.3 Conclusies met betrekking tot ISO-richtlijnen

Uit bovenstaande toetsing blijkt dat de studies in veel opzichten niet conform de ISO-richtlijnen zijn uitgevoerd. Omdat zelfs het basiselement van de functionele eenheid ontbreekt, gaat het hier in feite niet om LCA-studies, maar om een andere vorm van ketenanalyse. Dat zegt op zichzelf nog niets over de kwaliteit van de studies: ook andere vormen van ketenanalyse kunnen waardevol zijn. De verwijzing naar de ISO-richtlijnen lijkt dan ook niet opportuun.

3.4 Structuur en interne consistentie van de rapportage

De hoofdstukken waarin de verschillende opties worden besproken hebben een zeer soortgelijke paragraafindeling. Op zichzelf is dit erg prettig voor een rapport waarin de vergelijking van de verschillende opties centraal staat. Bij nadere beschouwing blijkt echter dat de diverse hoofdstukken ondanks de gelijke paragraafindeling zeer verschillend zijn gestructureerd en ingevuld. Voorbeeld:

Paragraaf ‘energie-input’

- Golfenergie: Tabel met voor elk van de vier ketenonderdelen de energie-input (in GJ) en de CO₂-emissie (in ton) voor de installatie gedurende de gehele levensduur.
- Getijdenenergie: Idem, maar ontmanteling en afvalverwerking niet meegenomen; tevens overzicht per basismateriaal.
- Osmose-energie: Als getijdenenergie, maar CO₂-emissie ontbreekt en ketenonderdeel ‘materialen’ is opgesplitst naar component. Tevens cirkeldiagram met procentuele bijdragen van elk van deze onderdelen.
- Warmte/koudeopslag: Tabel niet in hoofdstuk zelf maar in bijlage vermeld; omvat uitsluitend componenten en materialen, zeer uitgebreid,



maar zonder verwijzing naar de levensduur van het systeem. Tevens cirkeldiagram met procentuele bijdragen van uitsluitend componenten; bijdrage operatie en onderhoud staat los hiervan in de tekst vermeld. Assemblage en installatie onvermeld, evenals ontmanteling en afvalverwerking.

- Aquatische biomassa: Tabel voor uitsluitend materialen en onderdelen, energie en CO₂ hier niet als totalen per kg of per Euro. Cirkeldiagram als in paragraaf over warmte/koudeopslag.
- Gestuwde waterkracht: Tabel als bij golfenergie, maar ontmanteling en afvalverwerking niet meegenomen.
- Thermische energie uit oppervlaktewater bij WKO: Twee tabellen: één met energie-input per component en één met energie-input 'regeneratie'.
- Getijdenverschillen: Als bij osmose-energie, maar zonder cirkeldiagram.

Dergelijke verschillen zijn in alle paragrafen zichtbaar. Niet alleen de presentatie, maar ook de versterkte informatie verschilt sterk per hoofdstuk. Los van de ETVT is de vergelijkbaarheid van de opties daardoor niet erg groot.

Het uiteindelijke doel van de ketenanalyse is het berekenen van de ETVT. Gezien de verschillen tussen de hoofdstukken kan men zich afvragen of de ETVT-waarden uiteindelijk wel op een consistente manier zijn berekend. Ondanks de verschillen tussen de hoofdstukken zien wij niet direct aanwijzingen dat dit niet het geval zou zijn.

3.5 Kwaliteit, wetenschappelijke onderbouwing en documentatie

De kwaliteit van studies als deze hangt sterk samen met de kwaliteit en volledigheid van de gebruikte databronnen (de data moeten van goede kwaliteit zijn en aannames dienen alleen te worden gedaan als er werkelijk geen gegevens beschikbaar zijn). Dit is een aspect dat lastig te beoordelen is en dat hier dan ook buiten beschouwing wordt gelaten. Een ander belangrijk kwaliteitsaspect is de juistheid van de gemaakte keuzen en de gebruikte methodieken.

Centraal in de rapportage staat het begrip energie. Energie komt voor in vele vormen en maten. Voor ons is het niet duidelijk wat er in dit project precies onder het begrip *energie* wordt verstaan. Een voorbeeld: de onderzochte installaties produceren elektrische energie. Dit is een hoogwaardige vorm van energie. De input die binnen de levenscyclus nodig is voor het in bedrijf brengen en houden van deze installaties, is niet alleen maar elektrische energie: zo zal bij het uitsmelten van ijzererts in hoogovens waarschijnlijk direct gebruik worden gemaakt van de verbranding van steenkool. Bij het berekenen van de ETVT zal het nogal veel uitmaken hoe de energie-inhoud van de gebruikte steenkool wordt berekend: is dit bijvoorbeeld de onderste verbrandingswarmte van de steenkool, is het de hoeveelheid elektrische energie die met de gebruikte hoeveelheid steenkool opgewekt had kunnen worden (als volwaardig alternatief), de exergie, worden elektriciteit en steenkool beide uitgedrukt op basis van warmteproductie, of gaat het op een andere manier?

Een tweede voorbeeld: bij golfenergie wordt elektriciteit opgewekt op zee, terwijl bij het voorbeeld van de thermische energie uit oppervlaktewater in WKO (de Tasmantoren in Groningen) de energie wordt opgewekt ter plekke van de consument. Bij transport van de elektriciteit van een installatie op zee naar de consument zal energie verloren gaan; bij energieproductie bij de Tasmantoren zal van transportverliezen nauwelijks sprake zijn. Op welke plek wordt de energieopbrengst gemeten: ter plekke van de energieopwekking of



ter plekke van de consument? Het is van belang dat hier een eenduidige aanpak voor wordt gehanteerd en toegelicht. Op dit moment is het niet duidelijk of dit is gebeurd.

Een goed onderzoek begint met een heldere, goed afgebakende vraagstelling, een daaraan gekoppeld doel en een goed onderbouwd plan. Uit de inleidingen van de rapportages werd niet helemaal duidelijk wat de vraagstelling precies is: gaat het om het optimaliseren van de energiebalans en om het analyseren van de lokale milieueffecten, en dus bijvoorbeeld niet om het optimaliseren van de technieken als zodanig of om het analyseren van meer algemene milieueffecten zoals die met LCA in kaart kunnen worden gebracht, zoals de uitputting van grondstoffen? De reden waarom er binnen de geformuleerde doelstelling is gekozen voor het centraal stellen van de ETVT en niet bijvoorbeeld de energieproductieratio (EPR)⁵ is evenmin duidelijk.

In de inleiding van de rapportage wordt gesteld dat het voor een duurzame energievoorziening van belang is dat de opties die worden gekozen voor het opwekken van energie een positieve energiebalans hebben, dan wel zeggen dat de opties gedurende hun levensduur meer energie opleveren dan ze hebben gekost. De onderzoeksvraag die hieraan wordt gekoppeld is: wat is in de Nederlandse situatie de ETVT voor elk van de te onderzoeken technologieën? Vervolgens wordt gesteld dat voor het onderzoeken hiervan de LCA-methodiek is ingezet.

Zoals in het voorgaande is besproken, is het niet mogelijk de ETVT direct te koppelen aan LCA, omdat het begrip ETVT niet in verband kan worden gebracht met een functionele eenheid. Dit houdt echter niet in dat de LCA-methodiek niet bruikbaar zou kunnen zijn in het kader van onderzoek naar de energiebalans van verschillende technologieën voor de opwekking van energie. LCA is een instrument waarmee het optimaliseren van de energiebalans juist op heel eenvoudige wijze gestalte zou kunnen krijgen. Door de verschillende technologieën door middel van LCA direct met elkaar te vergelijken, met een energie-eenheid (bijvoorbeeld '1 GJ') als functionele eenheid, zou de meest energie-efficiënte optie geselecteerd kunnen worden, dat wil zeggen de optie waarvoor per GJ geproduceerde energie de minste energie-input nodig is. Daarbij zouden dezelfde data gebruikt kunnen worden als bij het berekenen van de ETVT. In feite zou een dergelijke LCA-studie op hetzelfde neerkomen als het berekenen van de energieproductieratio (EPR) per optie, wat weliswaar niet als centrale doelstelling wordt genoemd, maar wat niettemin nu al in enkele hoofdstukken is gebeurd. De vraag is of het berekenen van de EPR als centrale doelstelling vanuit het oogpunt van het optimaliseren van de energiebalans, niet een meer reële keus zou zijn geweest dan het berekenen van de ETVT. Wellicht is in deze studie bewust gekozen voor het beoordelen van opties aan de hand van de ETVT in plaats van de EPR, maar de onderbouwing van deze keuze ontbreekt.

Naast de ETVT worden ook de omgevingseffecten van de technologieën onderzocht. Wat echter niet wordt onderzocht is de hoeveelheid grondstoffen die voor iedere optie nodig is. Het is interessant te overwegen om de hoeveelheid grondstof per geproduceerde hoeveelheid energie eveneens in de beschouwing te betrekken.

⁵ De EPR is de uitkomst die je krijgt als je de energieopbrengst van een brandstof deelt door alle energie die je erin hebt gestopt om die brandstof te produceren. Bij een EPR van 1 is het nutteloos om een brandstof aan te maken; je krijgt dan evenveel energie terug als je er in geïnvesteerd hebt. En een negatieve EPR zet al helemaal geen zoden aan de dijk; je verliest dan alleen maar energie. De EPR van benzine of diesel is, afhankelijk van het winningsgebied en de zuiverheid van de ruwe olie, minimaal 30. Voor 1 eenheid geïnvesteerde energie krijg je er dus 30 terug.



In het tweede rapport (Ecofys, 2009b) wordt gesteld dat de CO₂-terugverdientijd in het vervolgonderzoek niet is meegenomen, omdat deze sterk samenhangt met de ETVT. Alhoewel dit vaak het geval zal zijn, behoeft het niet altijd op te gaan. In het geval dat er bij een bepaalde technologie bijvoorbeeld veel cement is verwerkt (zoals in betonnen onderdelen, bijvoorbeeld de caissons bij de optie ‘getijdenverschillen’) zou de CO₂-terugverdientijd wellicht beduidend hoger kunnen uitkomen. Het lijkt daarom van belang een keuze als deze beter te onderbouwen.

De wetenschappelijke onderbouwing en documentatie van de data ziet er in grote lijnen goed uit. De documenten bevatten veel literatuurverwijzingen. De bronverwijzingen staan echter niet altijd bij tabellen, figuren en individuele data vermeld. Dit is een aandachtspunt.

3.6 Conclusies en aanbevelingen

Op dit moment hinkt het onderzoek ons inziens op twee benen: enerzijds de LCA volgens ISO die nagestreefd wordt maar waarvan in de huidige vorm geen sprake is, anderzijds een specifieke ketenanalyse, gekoppeld aan de ETVT. Wij denken dat er een keus gemaakt moet worden: óf voor een echte LCA, met een energie-eenheid als functionele eenheid, waarmee de energiebalans geoptimaliseerd kan worden, óf voor een berekening van de ETVT m.b.v. ketenanalyse, maar zonder directe koppeling aan LCA. Uiteraard kunnen beide typen analyse ook naast elkaar worden uitgevoerd. Voor wat betreft de LCA zouden wij aanbevelen te overwegen het onderzoek wat breder te trekken door niet alleen het energieverbruik te analyseren, maar ook de effect-categorie klimaatverandering voor alle opties mee te nemen, en daarnaast ook het gebruik van grondstoffen te beoordelen. De belangrijkste ISO-richtlijnen zouden als uitgangspunt moeten dienen voor zowel het onderzoek als de rapportage.

De structuur van de hoofdstukken is nog verre van eenduidig. Het zou een goed idee zijn een format te maken voor wat betreft de informatie die per paragraaf wordt gegeven, de tabellen (inclusief indeling) en de figuren. Elementen uit individuele hoofdstukken die waardevol zijn, en die als basis zouden kunnen dienen voor andere hoofdstukken, zijn:

- Golfenergie: tabel 3 (overzicht literatuurgegevens), tabel 4 (overzicht energie en emissies per ketenstap), tabel 5 (uitkomsten gevoeligheidsanalyse).
- Osmose-energie: figuur 16 (procentuele verdeling energiegebruik over componenten en ketenonderdelen); tabel 16 (berekening ETVT)
- Warmte/koudeopslag: bijlage 1 (overzicht materialen, componenten, energie en CO₂).

De rapportage zou helderder kunnen voor wat betreft de definitie van de vraagstelling en het precieze doel van de studie, de keuze van de te gebruiken onderzoeksmethoden en -technieken, en wellicht ook de definitie van het begrip ‘energie’, zoals dat in de berekeningen wordt gebruikt. Voor wat betreft de documentatie zou het goed zijn als de literatuurverwijzingen niet alleen in de tekst worden aangeduid, maar ook bij tabellen en figuren worden vermeld.





4 Analyse omgevingseffecten

4.1 Inleiding

Naast het berekenen van de ETVTs van de verschillende energietechnologieën bevatten de onderzoeken van Ecofys ook een opsomming en inschatting van de omgevingseffecten van de genoemde opties. De reikwijdte van de opsomming wisselt sterk per optie en in het tweede deel van de studie van Ecofys (2009b) is deze analyse volledig achterwege gelaten.

Voor het verkrijgen van een volledig, consistent beeld van de maatschappelijke en omgevingseffecten van de beschouwde energietechnologieën, wordt in dit hoofdstuk op een gestructureerde en pragmatische wijze invulling gegeven aan een kader waarbinnen de effecten kunnen worden geplaatst. In overleg met Deltares is hiervoor een raamwerk opgezet waarbinnen de effecten worden opgesomd. Dit raamwerk is toegelicht in Hoofdstuk 2. In de komende paragrafen worden respectievelijk de volgende stappen genomen: invulling van het raamwerk met de uitkomsten van Ecofys, invulling van de ontbrekende effecten en een analyse van de adaptatie- en mitigatiemogelijkheden van de verschillende effecten.

4.2 Overzicht resultaten Ecofys

In het onderzoek van Ecofys is gekeken naar een achttal energietechnologieën:

1. Golfenergie.
2. Getijdenenergie (stroming).
3. Osrose-energie.
4. Warmte/koudeopslag (bodem).
5. Aquatische biomassa.
6. Gestuwde waterkracht.
7. Warmte/koudeopslag (oppervlaktewater).
8. Getijdenenergie (verval).

Uitgebreide beschrijvingen van deze opties zijn terug te vinden in de twee rapportages van Ecofys.

Bij de eerste vijf opties is wel een analyse gemaakt van de omgevingseffecten. Deze zijn uitvoerig beschreven in de rapportage van Ecofys (2009a).

In Bijlage A zijn de resultaten uitgewerkt, zoals deze passen in het uniforme raamwerk. De laatste drie opties zijn niet geanalyseerd op hun effecten (Ecofys, 2009b).

In de onderstaande paragrafen worden de hoofdlijnen van de analyses van Ecofys beschreven.

4.2.1 Golfenergie

Als gevolg van de opwarming van lucht door zonnestraling, ontstaan windvelden. Deze windvelden zorgen voor golven in wateroppervlakten. Hierbij wordt dus zonne-energie omgezet in windenergie en vervolgens in golfenergie. Het is mogelijk deze golfenergie te oogsten middels een variëteit aan technologieën, zoals de Archimedes Waveswing, de Wave Rotor of de Pelamis. Iedere techniek heeft zo zijn voor- en nadelen.

In de studie van Ecofys is uitgegaan van Pelamis: een scharnierende slang van 120 meter, die op de golven drijft. De bewegingen tussen de scharnieren



worden omgezet in elektriciteit. Per eenheid hebben ze een vermogen van 0,75 MW (Ecofys, 2009a).

Vorbereiding/constructie

De meeste effecten van de constructiefase zijn tijdelijk van aard en hebben betrekking op geluid, trillingen en turbulentie. Deze effecten hebben een negatieve invloed en *ontvangers* uit de Planet-categorie: zeezoogdieren, vissen, vogels, benthos en bodem.

Met een zorgvuldige planning en uitvoering kunnen deze effecten geminimaliseerd worden⁶.

Operatie/onderhoud

Ook in deze fase zijn het vooral geluid en trillingen die tot negatieve effecten op Planet-categorie van invloed is. Andere negatieve effecten kunnen de elektromagnetische straling (effecten nog niet eenduidig onderzocht) en het veranderen van de golf- of zeestromen zijn.

Positieve effecten zijn het ontstaan van een visserijvrije zone, waar zeezoogdieren, vissen, vogels en benthos baat bij hebben en de onderdelen van de installatie die kunnen dienen als kunstmatige riffen of rustpunten voor vogels. Deze positieve effecten hebben dan wel weer hun keerzijde in het risico dat een visserijvrije zone negatieve effecten heeft voor de visserij of dat zeezoogdieren zich verwonden aan de (in beweging zijnde) onderdelen van de installatie.

Ontmanteling

Evenals de werkzaamheden van de constructie zijn de effecten van de ontmanteling tijdelijk van aard. Daarnaast is het voor offshore windmolens wettelijk vastgelegd dat de locatie in oorspronkelijke staat teruggebracht moet worden. Er wordt aangenomen dat dit ook het geval is voor systemen als Pelamis.

Incidenten

De belangrijkste effecten van incidenten (zoals een kabelbreuk of aanvaring met een schip) zijn emissies van oliën die afkomstig zijn van schepen die betrokken zijn bij het incident.

4.2.2 Getijdenenergie (stroming)

De aantrekkingskracht van de maan en de zon zorgt er voor dat er op de aarde getijden ontstaan. In combinatie met draaiing van de aarde levert dit een voorspelbare afwisseling van hoog en laag water. Tweemaal per etmaal is het hoog water en laag water. Het verschil tussen hoog en laag kan oplopen van 0,5 meter (op de meeste locaties) tot 10 meter (op specifieke locaties).

De getijdenstroming die ontstaat kan oplopen tot 5 m/s in kustzones.

In haar studie identificeert Ecofys twee manieren om energie te halen uit de getijden: energie uit de stroming en energie uit het hoogteverschil. In deze paragraaf wordt de eerste manier behandeld en dan specifiek de toepassing van de Wave Rotor⁷.

Vorbereiding/constructie

De meeste effecten in de constructie fase zijn tijdelijk. Met een zorgvuldige planning en uitvoering kunnen deze effecten worden geminimaliseerd.

⁶ Geen werkzaamheden in het broedseizoen of in broedgebieden.

⁷ Deze kan ook ingezet worden voor golfenergie (zie voorgaande paragraaf).



Aandacht moet worden besteed aan locatie- en ontwerpkeuze (effect op waterverkeer; migratieroute of verblijfplaats vissen).

Daarnaast wordt het grootste negatieve effect verwacht op de benthische flora en fauna. Dit zijn over het algemeen soorten die zich het minst snel verplaatsen en aangezien de constructies en de bekabeling verankerd moeten worden in de bodem, zullen vooral deze soorten nadelige effecten onder- vinden.

Operatie/onderhoud

Het hele concept van getijdenenergie is dat energie uit de stroming van water wordt gehaald. Er worden dan ook negatieve effecten verwacht op het vlak van het verstoren van getijdenhoogte, -snelheid en -tijd. Bij grootschalige toepassing in bijvoorbeeld het kust- en waddengebied zou kunnen leiden tot afname van het voedselaanbod voor met name vogels (kleinere omvang schorren en platen) en verandering in sedimentvorming en -afzetting door afname getijdensnelheid. Bij kleinschalige toepassing worden deze effecten niet verwacht.

Er is nog onzekerheid over de effecten van de bewegende onderdelen voor vissen en zeezoogdieren.

Een deel van de negatieve effecten is goed te voorkomen door passende maatregelen te treffen, zoals het onder het wateroppervlak plaatsen van de installaties, om hiermee de hinder voor scheepvaart te minimaliseren.

Ontmanteling

Geen effecten benoemd.

Incidenten

Mogelijke incidenten zijn lekkages van smeermiddelen, verf of coatings die kunnen leiden tot waterverontreiniging.

4.2.3 Osmose-energie

Door gebruik te maken van verschillen in zoutconcentratie tussen zout- en zoetwater wordt door middel van osmose elektriciteit opgewekt. Hiervoor zijn twee manieren beschikbaar: Pressure Retarded Osmosis (PRO) en Reverse Electro Dialysis (RED).

De analyse van Ecofys gaat over de RED-optie, waarbij ionen via een membraam tussen het zoute en het zoete water stromen en daarmee elektriciteit opwekken. De RED-opstelling bevindt zich in een centrale welke op een plek staat nabij een zout- en zoetwaterbron. Een afscheiding als de Afsluitdijk met de zoute Waddenzee en het zoete IJsselmeer zou een uitstekende locatie kunnen zijn voor een RED-centrale.

Vorbereiding/constructie

Bij de bouw van de centrale zal de omgeving tot op zekere hoogte worden aangetast. Vooral de werken die onder water worden geplaatst zullen (waarschijnlijk tijdelijk) schade leveren aan de bodem, benthos en vissen.

Operatie/onderhoud

De belangrijkste negatieve effecten worden verwacht op het vlak van waterverontreiniging. Voor het schoonhouden van de membranen dient het water dat er langs stroomt goed gezuiverd te worden. Hier zijn verschillende methoden voor beschikbaar die deels gebruik maken van grote hoeveelheden chemicaliën.

Daarnaast kan er een verstoring van de nutriëntenhuishouding plaatsvinden. Als gevolg van de PRO-installatie stroomt nutriëntrijk water terug in de zoetwaterbron en nutriëntarm (brak) water in de zoutwaterbron. De exacte



effecten hiervan zijn nog niet bekend, maar overmatige algengroei aan de zoetwaterkant wordt als één van de mogelijkheden gezien. Het afsluiten van de waterweg kan een probleem opleveren voor zowel de scheepvaart en vissen. Dit effect is echter relatief eenvoudig op te lossen door gebruik te maken van sluisen en/of vispassages. De bovengrondse centrale kan gevolgen hebben voor de landschappelijke inpassing.

Ontmanteling

Geen effecten benoemd.

Incidenten

Geen effecten benoemd.

4.2.4 Warmte/koudeopslag (bodem)

Bij een warmte/koudeopslagsysteem (WKO) wordt gebruik gemaakt van grondwater (in een aquifer) voor het opslaan en onttrekken van warmte en koude. In de winter wordt warmte onttrokken en koude toegevoegd, in de zomer precies andersom. Door middel van een warmtepomp wordt het water vervolgens tot de gewenste temperatuur gebracht.

Een WKO-systeem gaat uit van een thermisch evenwicht in het grondwater: er moet evenveel warmte in als uit gaan. In de woningbouw is de vraag naar warmte vaak vele malen hoger dan de vraag naar koude. Het is dan ook noodzakelijk additionele maatregelen te treffen om dit evenwicht te behouden. Dit kan bijvoorbeeld worden gedaan door de bodem te regenereren met behulp van (droge) koeltorens of met oppervlaktewater. Ecofys is in haar analyse uitgegaan van een open WKO-systeem dat gebruik maakt van een aquifer en is voorzien van een koeltoren.

Vorbereiding/constructie

Voor een WKO-systeem met een open bron (aquifer) moet een vergunning worden aangevraagd in het kader van de Grondwaterwet. Hiermee is 'gegarandeerd' dat het systeem geen negatieve invloed zal hebben op de bestaande, natuurlijke situatie in de ondergrond. Echter bij de aanleg van een dergelijk systeem worden wel slecht doorlatende lagen in de ondergrond doorboord, waardoor lekkage van grondwater tussen verschillende aquifers kan ontstaan. Hiertoe zijn inmiddels wel richtlijnen opgesteld om de kans hierop te minimaliseren.

Operatie/onderhoud

Als gevolg van het verplaatsen van het grondwater, kunnen mogelijke verontreinigingen binnen de aquifer verspreid worden en kunnen de natuurlijke waterstromen in de aquifer verstoord worden. Tevens kan een WKO-systeem van invloed zijn op de grondwatertemperatuur. Dit verschil is echter zo klein dat dit geen effect op de biologie en/of chemie in de ondergrond heeft.

Indien als regeneratie niet gebruik wordt gemaakt van koeltorens, maar van oppervlaktewater, zal dat zowel positieve als negatieve effecten hebben. Een verlaging van de temperatuur in de zomer leidt tot grotere zuurstofopname via het wateroppervlak. Het nadelige effect van een lagere temperatuur is het vertragen van het paargedrag van vissen in het voorjaar en het ontkiemingsmoment van waterplanten.

Daarnaast kan er uiteraard schade aan vissen, planten en benthos ontstaan door het heen en weer pompen van water (zie ook Paragraaf 4.4).



Ontmanteling

Geen effecten benoemd.

Incidenten

Geen effecten benoemd.

4.2.5 Aquatische biomassa

Onder aquatische biomassa wordt in dit specifieke geval het gebruik van algen voor energiedoeleinden. In algen wordt middels fotosynthese zonlicht omgezet in onder andere bruikbare oliën. Zij kunnen dit doen met zeer gunstige eigenschappen.

Algen zijn onder te verdelen in twee soorten: micro- en macroalgen. Beide soorten zijn er in zeer veel vormen en maten. De microalgen zijn erg divers en relatief eenvoudig te kweken in afgesloten, beheersbare situaties, maar zijn erg klein van formaat, wat het oogsten complexer maakt. De macroalgen (wieren) zijn minder divers en er zijn minder soorten die zich goed lenen voor kweek. Hiertegenover staat echter wel het voordeel dat zij aanzienlijk makkelijker te oogsten en direct op open zee te kweken zijn.

Gezien dit grote verschil heeft Ecofys beide vormen onderworpen aan een analyse.

Vorbereiding/constructie - microalgen

Geen effecten benoemd.

Vorbereiding/constructie - macroalgen

Geen effecten benoemd.

Operatie/onderhoud - microalgen

Het kweken van microalgen kan plaatsvinden in verschillende installaties: open kweeksystemen (vijvers, reservoirs, raceway ponds) of gesloten installaties (buizen, ook wel reactors genoemd). Kenmerkend voor beide is dat ze landgebaseerd zijn. En aangezien de installaties geen gebruik maken van de grond als zodanig, kunnen zij geplaatst worden op laagwaardige locaties (zowel economisch als ecologisch). Op globale schaal zijn deze locaties in grote mate voorhanden (zoals woestijnachtige gebieden), maar binnen Nederland zijn ze schaars.

Positieve effecten van microalgen zijn te verwachten bij het gebruik van verbrandingsgassen van fossiele brandstoffen als voedingsbron voor de algen. Algen zijn in staat om uit de verbrandingsgassen CO₂, NO_x en SO₂ te verwijderen. Daarnaast kunnen algen worden gebruikt om waardevolle nutriënten uit mest en afval te halen, waarmee kunstmest vermeden kan worden.

Een nadelig effect is de benodigde hoeveelheid water. Er zijn relatief grote hoeveelheden zoutwater (ofwel zeewater ofwel zoetwater met zout) nodig voor de kweek en het resulterende afvalwater kan niet geloosd worden op het riool.

Operatie/onderhoud - macroalgen

Macroalgen worden gekweekt op open zee. Het potentieel beschikbare areaal wordt hiermee enorm. Er valt synergie te behalen door de kweeklocaties te combineren met offshore windparken. Wel valt concurrentie te verwachten met andere ruimtelijke functies van de zee.

Voor het vervolg van deze studie wordt er vanuit gegaan dat de uitvoering inderdaad gecombineerd wordt met een offshore windpark. Dat betekent dus dat voor de kweek van macroalgen geen aanvullende installaties geplaatst



hoeven te worden en gebruik maken van de infrastructuur van het offshore windpark.

Net als microalgen nemen ook macroalgen rookgassen als CO₂ op. Daarnaast produceren macroalgen gedurende de dag zuurstof, waardoor de micro-biologische uitstoot van methaan en lachgas wordt verminderd. In het donker speelt een tegenovergesteld proces zich af. Het netto resultaat is nog niet bekend.

De macroalgen nemen nutriënten op uit het water. Door logische plaatsing van de kweekvelden in de Noordzee kunnen nutriënten worden teruggewonnen die door de rivieren worden meegenomen en geloosd in zee.

De effecten van de kweeksystemen op open zee zijn nog niet (of gebrekkig) onderzocht. De effecten van deze systemen op zeezoogdieren zijn dan ook onbekend, evenals de effecten op (golf)stromen en kustvorming. Positieve effecten worden verwacht op vlak van vissen, omdat de systemen bescherming en voedsel bieden.

Ontmanteling - microalgen

Geen effecten benoemd.

Ontmanteling - macroalgen

Geen effecten benoemd.

Incidenten - microalgen

Geen effecten benoemd.

Incidenten - macroalgen

Geen effecten benoemd.

4.3 Selectie en aanvulling CE Delft

Het uniforme raamwerk heeft als doel om een compleet overzicht te geven van de omgevingseffecten van de opties. Door toepassing van dit raamwerk, wordt zichtbaar welke effecten wel en niet zijn meegenomen in de analyses van Ecofys. Uit de tabellen in de bijlage blijkt dat er nog grote 'witte vlekken' zijn. Dit komt grotendeels doordat vele effecten niet relevant zijn voor de betreffende opties, maar ook doordat een aantal effecten onvoldoende wordt benoemd.

In deze paragraaf zullen stappen 2 (wegstrepen niet-relevante opties) en 3 (aanvullende analyse relevante opties) worden uitgevoerd. In de bijlage is hiervan het resultaat te zien. In de tekst zullen enkel de hoofdpunten benoemd worden. De drie opties uit het tweede deel van de rapportage (Ecofys, 2009b) die niet zijn beoordeeld op hun effecten worden uitvoeriger besproken.

4.3.1 Gestuwde waterkracht

In Nederland zijn de hoogteverschillen in de rivieren zeer beperkt. De toepassing van gestuwde waterkracht komt dan ook enkel op zeer kleine schaal voor. Op dit moment zijn er vier 'grotere' waterkrachtcentrales, waarvan de uitvoering in de Maas bij Linne (11,5 MW) is gebruikt voor de analyse van de ETVT.

De waterkrachtcentrale bestaat uit een betonnen bak, met daarin vier horizontale Kaplan-turbines, met een schroevenrad van vier meter doorsnede, die de elektriciteit opwekken. Het verval dat hiervoor nodig is, wordt geregeld met de stuw naar de centrale. De centrale wordt volautomatisch gestuurd vanuit de nabijgelegen Clauscentrale van Essent (Ecofys, 2009b).



Vorbereiding/constructie

De meeste effecten in de constructiefase zijn tijdelijk. Het gaat hierbij dan vooral om de effecten van de bouwwerkzaamheden, zoals trillingen, geluid, aantasting van het sediment in de rivier. Deze effecten hebben gevolgen voor de Planet-aspecten (vissen, benthos, bodem en water) en People-aspecten wanneer de geluidsoverlast bijvoorbeeld te groot wordt. Aandacht moet daarnaast worden besteed aan de locatie- en ontwerpkeuze (effect op waterverkeer; migratieroute of verblijfplaats vissen).

Daarnaast dienen meerdere infrastructurele aanpassingen worden gemaakt, waarbij aantasting van het landschap en de recreatieve waarde van het landschap plaats kan vinden.

Aspecten die niet relevant zijn voor gestuwde waterkracht zijn onder andere: aantasting ondergrond, zeezoogdieren, vogels, visserij en toerisme.

Operatie/onderhoud

De belangrijkste effecten van deze optie zijn de productie van duurzame elektriciteit (positief), geluid, bewegende onderdelen en afsluiting van waterwegen (negatief). Het geluid kan zowel problemen leveren voor het leven in het water (vissen en benthos) als voor omwonenden en recreatie. De grote turbines in de installatie zijn onneembare obstakels voor vissen. Het is dan ook noodzakelijk dat hier passende maatregelen voor genomen worden. En de hele installatie sluit de waterweg af, wat consequenties kan hebben voor de scheepvaart.

Ontmanteling

Bij het ontmantelen van de waterkrachtcentrale dient de situatie weer in oorspronkelijke staat teruggebracht te worden. Als het goed is zijn daarmee de effecten van het ontmantelen van tijdelijke aard. Deze effecten betreffen vooral de ontvangers uit de Planet-categorie (vissen, benthos, bodem en water). De verwijdering leidt tot verstoring; ontmanteling dient daarom niet in kwetsbare seizoenen plaats te vinden.

Incidenten

Twee typen incidenten worden mogelijk geacht. Incidenten waarbij de waterkrachtcentrale vervuilende emissies veroorzaakt door bijvoorbeeld een calamiteit (brand, lekkages, etc.) en incidenten waarbij van buitenaf invloed op de centrale wordt uitgeoefend (bijvoorbeeld een aanvaring met een schip).

4.3.2 Warmte/koudeopslag (oppervlaktewater)

In de voorgaande paragraaf is reeds de optie van WKO met gebruik van een aquifer en droge koeling aan de orde gekomen. Een tweede mogelijkheid voor WKO is het gebruik maken van thermische energie uit oppervlaktewater voor het regenereren van de aquifer. Hierbij wordt oppervlaktewater langs een warmtewisselaar gepompt om hieruit warmte te onttrekken en deze in de aquifer op te slaan. Dit vervangt dus enkel de functie van de droge koeltorens, de rest van het systeem blijft gelijk (aquifer, warmtepomp, etc.).

Omdat deze optie veel gelijkenis heeft met de eerder genoemde WKO-optie, worden hieronder alleen de effecten genoemd die verschillen vanwege het gebruik van oppervlaktewater als bron voor regeneratie. Het gaat dus vooral om de effecten van de extra *loop* van water die wordt aangebracht.

Vorbereiding/constructie

Voor het onttrekken van warmte en koude aan oppervlaktewater dient een buizensysteem te worden geïnstalleerd dat loopt van het oppervlaktewater tot aan de locatie. Afhankelijke van de lokale situatie, kan de aanleg effecten hebben op verschillende aspecten, zoals landschap (openen van de ondergrond



voor de aanleg) of de benthos, vissen en bodem (aanleg en verankering buizenstelsel in oppervlaktewater). Al deze effecten zijn naar verwachting tijdelijk en, mits goed gepland, leveren zij minimale effecten voor de genoemde Ontvangers.

Een belangrijk voordeel van het gebruik van oppervlaktewater is dat hierdoor een kleinere bronputten (het opslagvolume) nodig zijn (De Ingenieur, 2008). In de voorbereidende fase is het van belang goed te kijken naar de andere functies van de bodem. Het kan voorkomen dat er meerdere belangen spelen bij het gebruik van de bodem, zoals ondergronds vervoer, parkeergarages, etc. Deze kunnen conflicteren met een WKO-systeem (SenterNovem, 2008a).

Operatie/onderhoud

Bij het gebruik van oppervlaktewater als regeneratiebron kunnen zowel positieve als negatieve effecten optreden. Door in de zomer warmte aan het oppervlaktewater te onttrekken, kan de temperatuur van het oppervlaktewater afnemen. Een verlaging van de temperatuur in de zomer leidt tot grotere zuurstofopname via het wateroppervlak. Het nadelige effect van een lagere temperatuur is het vertragen van het paargedrag van vissen in het voorjaar en het ontkiemingsmoment van waterplanten.

Daarnaast kan er uiteraard schade aan vissen, planten en benthos ontstaan door het heen en weer pompen van water.

De genoemde effecten zijn uiteraard sterk afhankelijk van de gebruikte regeneratiebron. Bij gebruik van warmte/water uit een stromende rivier zullen andere effecten optreden dan bij gebruik van warmte/water uit een vijver of meer.

Evenals bij de constructie heeft het gebruik van oppervlaktewater ook voordelen ten opzichte van koeltorens op het operationele vlak. Doordat in de herfst het oppervlaktewater gebruikt kan worden (zolang dat warmer is dan de warmtebron van de aquifer) hoeft de aquifer niet aangesproken te worden. Hierdoor heeft de warmtepomp een lager opgenomen vermogen en wordt energie bespaard (De Ingenieur, 2008).

Er worden geen effecten verwacht voor andere economische activiteiten op het oppervlaktewater (zoals visserij, toerisme of scheepvaart).

Ontmanteling

De ontmanteling van de installatie heeft soortgelijke effecten als de voorbereiding en de constructie. Ook van deze effecten mag worden verwacht dat zij tijdelijk zijn.

Incidenten

Eén van de mogelijke incidenten die zich voor kan doen is een defect in het systeem waardoor het grond- en oppervlaktewater zich kunnen vermengen en/of vervuilen. Hoewel het grond- en oppervlaktewater zich in gescheiden circuits bevinden, kunnen deze bij een incident, zoals een defect in de warmtewisselaar, waardoor de bronnen zouden kunnen mengen.

4.3.3 Getijdenenergie (verval)

Sinds 1966 is in Frankrijk in de rivier de Rance een getijdenenergiecentrale actief. De centrale maakt geen gebruik van de stroming van het tij, maar juist van het hoogteverschil van het tij. Bij vloed stijgt het water in het estuarium van de rivier en wordt dit door een dam 'vastgehouden' op het hoogste punt. Bij eb wordt dit water door de dam gelaten waarbij het langs turbines stroomt en daarmee elektriciteit opwekt. Ook bij het volstromen wordt elektriciteit opgewekt door de turbines.

Inmiddels wordt jaarlijks door deze centrale ongeveer 600 GWh geproduceerd, wat genoeg zou zijn voor meer dan 170.000 Nederlandse huishoudens. Hiervoor



wordt echter wel gebruik gemaakt van een gemiddeld getijdenverschil van acht meter. Dit komt in Nederland echter niet voor. Ecofys is in haar studie uitgegaan van een getijdencentrale in het Grevelingenmeer met een verval van 0,7 meter. Hiervoor is gebruik gemaakt van een verkennende studie die door de TU Delft is uitgevoerd in opdracht van energiebedrijf Delta N.V. (Rijkswaterstaat Zeeland, 2009).

Vorbereiding/constructie

Er zijn in Nederland niet veel plekken die zich goed lenen voor het plaatsen van een getijdencentrale op basis van verval. Eén van de mogelijke opties is in de Brouwersdam bij het Grevelingenmeer in Zeeland. Hier is al een dam, als onderdeel van de Deltawerken, aanwezig en lopen initiatieven voor het terugbrengen van de getijden in het Grevelingenmeer.

Omdat de getijdencentrale onderdeel zal uitmaken van een reeds bestaande constructie, is de verwachting dat er zeer geringe effecten zijn bij de constructie van de installatie. De effecten die zich mogelijk zullen voordoen zijn hoogstwaarschijnlijk van tijdelijke aard en door het goed plannen van de werkzaamheden zijn deze tot een minimum te beperken. Zo lijkt het bijvoorbeeld op voorhand niet verstandig de installatie in de Brouwerdam aan te leggen wanneer de kans op stormen en hoogwater groot is, omdat de dam dan tijdelijk verzwakt is en misschien onvoldoende bestand is tegen de zee.

Operatie/onderhoud

Er zijn wereldwijd nog maar weinig gerealiseerde getijcentrales. De effecten op de ecologie als gevolg van de draaiende turbines is dan ook maar beperkt onderzocht. Uit de studie van Rijkswaterstaat Zeeland (2009) blijkt dat uit ervaringen met waterkrachtcentrales in riviersystemen er vooral problemen op kunnen treden met sterfte van dieren die door de turbines heen zwemmen of worden gezogen (met name vis). Echter, de turbines in de uitgewerkte getijdencentrale draaien langzaam (type horizontale bulb-turbines) in vergelijking met andere typen turbines. Het is daardoor aannemelijk dat de sterftetekans van vissen die een langzaam draaiende turbine passeren beperkt is, in ieder geval kleiner dan bij andere typen waterkrachtturbines. Deze sterftetekans is, voor zover bekend, nog niet daadwerkelijk in voldoende mate gemeten. Een effectief visgeleidingssysteem kan de beschadiging en sterfte verder terugdringen. In het Grevelingenmeer lopen al meerdere initiatieven om de waterkwaliteit te verbeteren. Deze initiatieven lopen reeds, omdat de waterhuishouding van het meer de laatste decennia sterk achteruit is gegaan. Het herintroduceren van het getij moet daar verandering in brengen. Het toevoegen van de getijdencentrale staat echter los van deze herintroductie, dus de positieve effecten hiervan zijn niet toe te schrijven aan de getijdencentrale. Wel draagt de centrale bij aan de productie van duurzame elektriciteit. Er is berekend dat de centrale bij een gemiddeld getijdenverschil van 0,7 meter jaarlijks maximaal 220 GWh produceert. Dat is genoeg voor meer dan 60.000 huishoudens.

Ontmanteling

De ontmanteling van de installatie heeft soortgelijke effecten als de voorbereiding en de constructie en ook mag worden verwacht dat deze tijdelijk zijn.

Incidenten

Mogelijke incidenten zijn lekkages van smeermiddelen, verf of coatings die kunnen leiden tot waterverontreiniging. Daarnaast zal naar verwachting een redelijke hoeveelheid pleziervaart plaats gaan vinden in het Grevelingenmeer en zal een schutsluis in de Brouwersdam worden geplaatst. Als gevolg hiervan



is er de mogelijkheid dat (pleziervaart)schepen in de buurt komen van de getijdencentrale, waardoor aanvaringen tot de risico's behoren.

4.3.4 Overige opties

De resultaten van het aanvullen van relevante en verwijderen van niet-relevante effecten bij de overige vijf opties zijn terug te vinden in Bijlage A. Er is geen duidelijke lijn te trekken in het type effecten dat wel of niet is meegenomen in de analyse van Ecofys. Door gebruik te maken van het raamwerk wordt inzichtelijk gemaakt waar de omissies zich bevinden en waar aanvulling nodig is.

Uit deze stap blijkt dat een groot deel van de effecten specifiek van toepassing is op bepaalde opties en niet op anderen. Als gevolg hiervan is dus ook een groot deel niet relevant.

4.4 Mitigatie van omgevingseffecten

Met het nemen van de stappen in de voorgaande paragrafen is een overzicht ontstaan van alle effecten die optreden bij de verschillende energietechnologieën. Zoals bij het behandelen van de opties al zijdelings is besproken zijn voor vele effecten mogelijkheden om ze te verminderen, verbeteren, vermijden of er op in te spelen.

In de komende paragrafen zullen alle opties worden behandeld en inschatting worden gegeven van de mitigatie- en adaptatiemogelijkheden van de effecten. Hierbij zal een kwalitatieve inschatting worden gegeven van de mogelijkheden:

- de effecten zijn positief en kunnen eventueel verbeterd worden (blauw);
- de effecten zijn positief, maar kunnen niet verbeterd worden (wit);
- de effecten zijn negatief en kunnen volledig worden voorkomen (groen); ofwel door mitigatie, dan wel door adaptatie;
- de effecten zijn negatief en kunnen worden geminimaliseerd (geel); ofwel door mitigatie, dan wel door adaptatie;
- de effecten zijn negatief en zijn niet te mitigeren of adapteren (rood);
- de effecten kunnen zowel positief als negatief zijn (oranje).

Onderstaand zullen alle opties de revue passeren, waarbij telkens eerst het ingevulde raamwerk wordt gepresenteerd en vervolgens een toelichting op de omgevingseffecten, zoals die zijn geïdentificeerd.



Tabel 3 Omgevingseffecten Golfenergie

Golfenergie Effect als gevolg van	People					Planet							Profit			Opm.		
	Gezondheid	Veiligheid	Recreatie	Landschap	Beleid	Zeezoogdieren	Vissen	Vogels	Benthos	Bodem	Water	Klimaat (CO ₂)	Visserij	Toerisme	Scheepvaart		Potentieel (TWh)	Synergie
Vorbereiding/Constructie																		
- Geluid			Yellow			Yellow	Yellow	Yellow										1
- Trilling						Yellow	Yellow											2
- Turbulentie							Yellow			Yellow	Yellow							3
- Verandering fysieke eigenschappen				Yellow						Yellow			Yellow		Orange			4
Operatie/Onderhoud																		
- Energie					Blue							Blue				1,5		5
- Geluid			Green			Red	Red	Green	Red									6
- Trilling						Red	Red		Red									7
- Turbulentie																		
- Elektromagnetische straling							Green		Green									8
- (in werking zijnde) Onderdelen						Red	Orange	Blue	Blue									9
- Visuele aspecten		Blue	Red	Red										Red	Blue			10
- Vis- en/of vaarverbod						Blue	Blue	Blue	Blue				Green		Green			11
- Verandering golf- en (zee)waterstromen		Orange				Red	Red	Red	Red	Red								12
- Emissie van chemicaliën		Yellow	Yellow	Yellow		Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow			Yellow	Yellow	Yellow			13
- Afsluiting van waterwegen													Green		Green			14
- Verandering zoet-/zoutwaterconcentraties																		
- Verandering nutriëntenhuishouding																		
- Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
- Heen en weer pompen grondwater																		
- Temperatuurverschillen																		
- Emissie overig																		
Ontmanteling																		
<i>Zie Vorbereiding/Constructie</i>						Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow								15
- Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten					Green													16
Incidenten																		
- Emissie (kabelbreuk)		Yellow	Yellow	Yellow		Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow			Yellow	Yellow	Yellow			17
- Emissie (botsing met schip/helikopter)		Yellow	Yellow	Yellow		Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow			Yellow	Yellow	Yellow			18

4.4.1 Golfenergie

Als toelichting op de uitkomsten van de analyse:

Vorbereiding/constructie: Meeste effecten in de constructiefase zijn tijdelijk. Met een zorgvuldige planning en uitvoering kunnen deze effecten worden geminimaliseerd: niet in broed- of paarseizoenen en niet in broed- of paargebieden.

1. Indien het geluid van de constructiewerkzaamheden hoorbaar zijn vanaf het land, zal dit kunnen leiden tot verlaagde recreatie langs de kust. Het onderwatergeluid zal van invloed kunnen zijn op de Planet-aspecten. De negatieve effecten van beide kunnen geminimaliseerd worden via de keuze van apparatuur, werkwijze en timing. Er is nog maar weinig bekend over de effecten van onderwatergeluid, de meest effectieve mitigatiemaatregelen lijken geografische en seizoensmatige restricties te zijn (OSPAR, 2009).
2. Trillingen tijdens de bouw kunnen invloed hebben op de navigatiemogelijkheden (sonar) en de leefomgeving van fauna en flora.
3. De werkzaamheden op de bodem leiden tot turbulentie van het water, wat invloed heeft op het bodemleven en vissen.
4. Daar waar de elektriciteitskabels aan land komen zal enig landschapseffect ontstaan. Het verankeren van de installaties aan de bodem leidt tot verandering. Er wordt een deel van de zee afgesloten voor visserij en scheepvaart. Een positief effect voor de scheepvaart is dat wel automatisch wordt aangegeven waar ondiep water is.

Onderhoud/operatie: Er zijn geen studies bekend naar de biologische effecten van specifieke golfenergie; de omgevingsaspecten zijn ontleend aan studies naar de effecten van offshore windenergie. Overigens kan een combinatie van deze twee opties interessante synergievoordelen opleveren (ook in de sfeer van de omgevingseffecten).

5. Duurzame energie draagt positief bij aan het overheidsbeleid en de klimaatdoelstellingen.
 6. Verstoring habitat: onderwatergeluid hoorbaar voor zeezoogdieren tot 2.000 meter. Geluid kan broedvogels verstoren; voor golfenergie speelt dit minder omdat belangrijke vogelgebieden meestal in ondiepe wateren liggen met lage golven. Publieke acceptatie zal afnemen als geluid hoorbaar is voor mensen aan de wal. Verder zie 1.
 7. Aantasting sonarsysteem van zeezoogdieren bemoeilijkt het vinden van voedsel.
 8. Geen effect verwacht als kabels goed ingegraven zijn (> 1 meter).
 9. Klein risico omdat meeste zeezoogdieren gevaarlijke objecten onder water mijden. Constructies op zeebodem kunnen fungeren als natuurlijke riffen.
 10. Locatiegebonden; markeringslichten voor ondiepe plaatsen; bovengrondse elektriciteitskabels; installaties op land. Gedeeltelijke mitigatie door kabels onder de grond te leggen.
 11. Geen beroeps- en sportvisserij in het gebied van de centrale. Mogelijke toename van voedselaanbod; leefgebied als broed- en verblijfplaats verbetert.
 12. Afname golfenergie kan invloed hebben op oevers en ondiepe getijdenstroming; effecten op zeestroming alleen bij grootschalige projecten; effecten kunnen zowel positief (minder kusterosie) als negatief zijn.
 13. Weglekken minerale olie. Mitigatie door ingraven van kabels en monitoring druk binnen kabels.
 14. Inspelen op de nieuw ontstane situatie.
- Ontmanteling:**
15. Verwijdering leidt tot verstoring; ontmanteling dient daarom niet in kwetsbare seizoenen plaats te vinden; meeste effecten zullen van tijdelijke aard zijn.



16. Terugbrengen in 'oorspronkelijke' toestand wettelijk vereist; gedeeltelijke verwijdering is niet toegestaan.

Incidenten: Oorzaak: verankering; zinkend schip; sleepnet. Risico: klein.

Mitigatie: duidelijke markering; ingraven kabels en monitor druk binnen kabel; verbod (sleepnet) visserij; ontwikkel procedures voor noodgevallen.

17. Weglekken minerale olie. Mitigatie door ingraven van kabels en monitoring druk binnen kabels.

18. Lekkage toxische stoffen.



Tabel 4 Omgevingseffecten Getijdenenergie (stroming)

Getijdenenergie (stroming) Effect als gevolg van	People					Planet							Profit				Opm.	
	Gezondheid	Veiligheid	Recreatie	Landschap	Beleid	Zeezoogdieren	Vissen	Vogels	Benthos	Bodem	Water	Klimaat (CO ₂)	Visserij	Toerisme	Scheepvaart	Potentieel (TWh)		Synergie
Voorbereiding/Constructie																		
- Geluid			Yellow			Yellow	Yellow	Yellow	Yellow									
- Trilling						Yellow	Yellow		Yellow									
- Turbulentie							Yellow			Yellow								
- Verandering fysieke eigenschappen				Yellow						Yellow			Yellow		Orange			
Operatie/Onderhoud																		
- Energie					Blue							Blue				0,8		Blue
- Geluid			Green			Red	Red	Green	Red									
- Trilling						Red	Red		Red									
- Turbulentie																		
- Elektromagnetische straling						Green	Green		Green									
- (in werking zijnde) Onderdelen						Green	Blue	Blue	Blue									
- Visuele aspecten		Blue	Red	Red										Orange	Blue			
- Vis- en/of vaarverbod						Blue	Blue	Blue	Blue				Green		Green			
- Verandering golf- en (zee)waterstromen							Red	Red	Red						Green			
- Emissie van chemicaliën		Yellow	Yellow	Yellow		Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow			Yellow	Yellow	Yellow			
- Afsluiting van waterwegen			Green										Green	Green	Green			
- Verandering zoet- /zoutwaterconcentraties																		
- Verandering nutriëntenhuishouding																		
- Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
- Heen en weer pompen grondwater																		
- Temperatuurverschillen																		
- Emissie overig																		
Ontmanteling																		
<i>Zie Voorbereiding/ Constructie</i>						Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow							
- Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten						Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow								
Incidenten																		
- Emissie (kabelbreuk/ lekkages)		Yellow	Yellow	Yellow		Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow			Yellow	Yellow	Yellow			
- Emissie (botsing met schip)		Yellow	Yellow	Yellow		Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow			Yellow	Yellow	Yellow			

4.4.2 Getijdenenergie (stroming)

Als toelichting op de uitkomsten van de analyse:

Vorbereiding/constructie: Meeste effecten in de constructiefase zijn tijdelijk. Met een zorgvuldige planning en uitvoering kunnen deze effecten worden geminimaliseerd. Aandacht moet worden besteed aan locatie- en ontwerpkeuze (effect op waterverkeer; migratieroute of verblijfplaats vissen).

1. Indien het geluid van de constructiewerkzaamheden hoorbaar is vanaf het land, zal dit kunnen leiden tot verlaagde recreatie langs de kust. Het onderwatergeluid zal van invloed kunnen zijn op de Planet-aspecten. De negatieve effecten van beide kunnen geminimaliseerd worden. Er is verder nog maar weinig bekend over de effecten van onderwatergeluid, de meest effectieve mitigatiemaatregelen lijken geografische en seizoensmatige restricties te zijn (OSPAR, 2009).
2. Trillingen tijdens de bouw kunnen invloed hebben op de navigatiemogelijkheden (sonar) en de leefomgeving van fauna en flora.
3. De werkzaamheden op de bodem leiden tot turbulentie van het water, wat invloed heeft op het bodemleven en vissen.
4. Ergens moeten de elektriciteitskabels aan land komen. Hierdoor zal enig landschappelijk effect ontstaan. Het verankeren van de installaties aan de bodem leidt tot verandering. Er wordt een deel van de zee afgesloten voor visserij en scheepvaart. Een positief effect voor de scheepvaart is dat wel automatisch wordt aangegeven waar ondiep water is.

Operatie/onderhoud: Er zijn zeer weinig studies bekend naar de biologische effecten van getijdenenergie; de omgevingsaspecten zijn ontleend aan studies naar de effecten van offshore windenergie.

5. Duurzame energie draagt positief bij aan het overheidsbeleid en de klimaatdoelstellingen.
6. Verstoring habitat: onderwatergeluid hoorbaar voor zeezoogdieren tot 2.000 meter. Geluid kan broedvogels verstoren; voor golfenergie speelt dit minder omdat belangrijke vogelgebieden meestal in ondiepe wateren liggen met lage golven. Publieke acceptatie zal afnemen als geluid hoorbaar is voor mensen aan de wal. Verder zie 1.
7. Aantasting sonarsysteem van zeezoogdieren bemoeilijkt het vinden van voedsel.
8. Geen effect verwacht als kabels goed ingegraven zijn (> 1 meter).
9. Onzekerheid omtrent gedrag vissen met betrekking tot het mijden van de turbinebladen. Centrales uitgerust met schermen die verhinderen dat vissen en zeezoogdieren de centrales in zwemmen, genieten de voorkeur (mitigatie). Klein risico omdat meeste zeezoogdieren gevaarlijke objecten onder water mijden. De sterftekans is in sterke mate afhankelijk van de draaisnelheid van de turbines (Rijkswaterstaat Zeeland, 2009). Constructies op zeebodem kunnen fungeren als natuurlijke riffen. Converters kunnen worden gebruikt om uit te rusten.
10. Locatiegebonden; markeringslichten voor ondiepe plaatsen; bovengrondse elektriciteitskabels; installaties op land. Gedeeltelijke mitigatie door kabels onder de grond te leggen. De zichtbaarheid heeft invloed op de recreatieve waarde en daarmee op het toerisme. Er kan ook toerisme ontstaan juist door de zichtbaarheid van de mogelijk bijzondere installatie (Fraenkel, 2006).
11. Geen beroeps- en sportvisserij in het gebied van de centrale. Mogelijke toename van voedselaanbod; leefgebied als broed- en verblijfplaats verbetert.
12. Effect op kustgebied en wadden bij grootschalige energiecentrales. Beïnvloeding eb- en vloedregime. Afname voedselaanbod voor met name vogels (kleinere omvang schorren en platen). Verandering in sediment-



- vorming en -afzetting door afname getijdensnelheid. Dichtslibben van vaargeulen door verandering sedimentafzetting (mitigatie: baggeren).
13. Lekkages met smeermiddelen en verf of coatings die worden gebruikt voor oppervlaktebehandeling om excessieve groei van waterorganismen te voorkomen. Bij voorkeur biologische stoffen gebruiken. Uit de reeds bekende ervaring blijkt dat lekkages echter minimaal tot niet voorkomen (Fraenkel, 2006).
 14. Door de centrale onder water te bouwen kan hinder voor waterverkeer worden voorkomen. Mitigatie effect visserij en scheepvaart door adaptatie.

Ontmanteling:

15. Verwijdering leidt tot verstoring; ontmanteling dient daarom niet in kwetsbare seizoenen plaats te vinden; meeste effecten zullen van tijdelijke aard zijn.
16. Terugbrengen in 'oorspronkelijke' toestand wettelijk vereist; gedeeltelijke verwijdering is niet toegestaan.

Incidenten: Oorzaak: verankering; zinkend schip; sleepnet. Risico: klein. Mitigatie: duidelijke markering; verbod (sleepnet) visserij; toegangsverbod voor schepen; ontwikkel procedures voor noodgevallen.

17. Lekkages met smeermiddelen en verf of coatings die worden gebruikt voor oppervlaktebehandeling om excessieve groei van waterorganismen te voorkomen. Bij voorkeur biologische stoffen gebruiken. Weglekken minerale olie. Mitigatie door ingraven van kabels en monitoring druk binnen kabels.
18. Lekkage toxische stoffen. Door de centrale onder water te bouwen kan dit effect deels geneutraliseerd worden. Mogelijke aantasting recreatie/ kustlijn/toerisme als gevolg van olie lekkages.



Tabel 5 Omgevingseffecten Osmose-energie

Osmose-energie (RED) Effect als gevolg van	People					Planet							Profit				Opm.	
	Gezondheid	Veiligheid	Recreatie	Landschap	Beleid	Zeezoogdieren	Vissen	Vogels	Benthos	Bodem	Water	Klimaat (CO ₂)	Visserij	Toerisme	Scheepvaart	Potentieel (TWh)		Synergie
Voorbereiding/Constructie																		
- Geluid			Yellow			Yellow	Yellow	Yellow	Yellow									
- Trilling						Yellow	Yellow		Yellow									
- Turbulentie							Yellow			Yellow	Yellow							
- Verandering fysieke eigenschappen				Yellow											Green			
Operatie/Onderhoud																		
- Energie					Blue							Blue				6,0		
- Geluid			Yellow			Red	Red	Red	Red					Yellow				
- Trilling																		
- Turbulentie							Yellow		Yellow	Yellow	Yellow							
- Elektromagnetische straling																		
- (in werking zijnde) Onderdelen						Green	Green		Green									
- Visuele aspecten			Green	Green										Green				
- Vis- en/of vaarverbod																		
- Verandering golf- en (zee)waterstromen																		
- Emissie van chemicaliën	Green					Green	Green	Green	Green		Green		Green					
- Afsluiting van waterwegen							Green								Green			
- Verandering zoet- /zoutwaterconcentraties						Red	Red		Red									
- Verandering nutriëntenhuishouding																		
- Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
- Heen en weer pompen grondwater																		
- Temperatuurverschillen																		
- Emissie overig																		
Ontmanteling																		
<i>Zie Voorbereiding/ Constructie</i>						Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow							
- Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten					Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow								
Incidenten																		
- Emissie (lekkages)	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Grey	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Grey	Yellow	Yellow	Grey	Grey	Grey	Grey

4.4.3 Osmose-energie

Als toelichting op de uitkomsten van de analyse:

Vorbereiding/constructie: Meeste effecten in de constructiefase zijn tijdelijk. Met een zorgvuldige planning en uitvoering kunnen deze effecten worden geminimaliseerd: niet in broedseizoen en niet in broedgebieden.

1. Indien het geluid van de constructiewerkzaamheden hoorbaar is vanaf bewoonde of recreatielocaties, zal dit kunnen leiden tot verlaagde recreatie in de omgeving. Het onderwatergeluid zal van invloed kunnen zijn op de Planet-aspecten. De negatieve effecten van beide zullen sowieso minimaal zijn, maar kunnen ook nog verder geminimaliseerd worden. De meest effectieve mitigatiemaatregelen lijken geografische en seizoensmatige restricties te zijn.
2. Trillingen tijdens de bouw kunnen invloed hebben op de navigatiemogelijkheden (sonar) en de leefomgeving van Planet-aspecten.
3. De werkzaamheden op de bodem leiden tot turbulentie van het water, wat invloed heeft op het bodemleven en vissen.
4. De centrale en aanverwante installaties zullen invloed hebben op het landschap. Dit kan geminimaliseerd worden. Door de gewenste strikte scheiding van zout- en zoetwater, kan het zijn dat vaarroutes worden onderbroken. Door adequate maatregelen (zoals een sluis) kan dit effect opgeheven worden.

Operatie/onderhoud: Het belangrijkste effect is de verandering van de zoet/zoutwaterovergang. Dit effect zal nader onderzocht moeten worden met behulp van simulatiemodellen. Hiermee kan de verspreiding van het brakke water bepaald worden en de invloed van een verhoging of verlaging van de nutriëntenhuishouding.

5. Duurzame energie draagt positief bij aan de overheidsbeleid en klimaatdoelstellingen. Het maximale potentieel voor Nederland is aanzienlijk. De geschatte 6 TWh is ongeveer 3% van de totale elektriciteitsvraag.
6. Verstoring habitat: onderwatergeluid (pompen) hoorbaar voor zeezoogdieren tot 2.000 meter. Geluid kan broedvogels verstoren. Publieke acceptatie zal afnemen als geluid hoorbaar is voor mensen aan de wal.
7. Het brakke water wordt gespuid, hierbij zal een turbulente stroming ontstaan die van invloed is op verschillende Planet-aspecten.
8. Grote hoeveelheden water worden verpompt. Dit levert een risico voor flora en fauna bij de inlaat van de buizen. Dit is door adequate maatregelen te minimaliseren (is niet veel anders dan de waterinlaat voor koelwater van een conventionele energiecentrale).
9. Plaatsing boven de grond van pijpleidingen en installatie is makkelijker qua onderhoud en lager in kosten. De unieke waarde van het landschap wordt minder aangetast bij ondergrondse pijpleidingen en installaties.
10. Voorreinigen van zoet- en zoutwater, en reinigen van membranen met chemicaliën (chloor bij PRO). Mitigatie: zuiveren van water voor lozing (er wordt aan een milieuvriendelijke manier van reinigen gewerkt).
11. Door het aanbrengen van een strikte scheiding tussen zout en zoet, kunnen bestaande waterwegen afgesloten worden. Dit heeft effecten voor vissen en scheepvaart. Adequate maatregelen zijn te nemen (vispassage, sluisen).
12. Negatieve gevolgen onbekend, maar ook zonder installatie ontstaat brak water waar de rivier in zee uitmondt.
13. Overmatige algengroei door hogere nutriëntenconcentratie in geval van PRO aan invoerkant. Lagere productie van bijv. mosselen door lagere nutriëntenconcentratie aan afvoerkant. In geval van RED worden nutriënten gewoon door het membraan heen gelaten.



Ontmanteling:

14. Verwijdering leidt tot verstoring; ontmanteling dient daarom niet in kwetsbare seizoenen plaats te vinden; meeste effecten zullen van tijdelijke aard zijn.
15. Terugbrengen in 'oorspronkelijke' toestand wettelijk vereist; gedeeltelijke verwijdering is niet toegestaan.

Incidenten:

16. Lekkages van reinigingsmiddelen, smeermiddelen en verf of coatings die worden gebruikt voor oppervlaktebehandeling om excessieve groei van waterorganismen te voorkomen. Bij voorkeur biologische stoffen gebruiken.



4.4.4 Warmte/koudeopslag (bodem)

Als toelichting op de uitkomsten van de analyse:

Vorbereiding/constructie: Voor een WKO-systeem met open bronnen (aquifer) moet in het kader van de Grondwaterwet een vergunning worden aangevraagd. Een WKO-systeem met open bronnen mag geen negatieve invloed hebben op de (bestaande natuurlijke) situatie in de ondergrond.

1. Doorboring slecht doorlatende lagen. Lekkage van grondwater tussen verschillende aquifers. Hiervoor zijn richtlijnen opgesteld door de NVOE (NVOE, 2009).

Operatie/onderhoud: Een WKO-systeem wordt geplaatst in de gebouwde omgeving. De omgevingseffecten van een dergelijk systeem zijn dan ook zeer verschillend ten opzichte van de opties die in zee of 'afgelegen' gebieden worden geplaatst.

2. Een WKO-systeem wekt geen energie op, maar bespaart energie ten opzichte van een referentiesituatie.
3. Droge koelinstallaties voor de regeneratie staan over het algemeen buiten, hierdoor kunnen ze geluidsoverlast veroorzaken voor omwonenden.
4. Doordat de koelinstallaties buiten de gebouwen staan kan het 'stads-aangezicht' worden aangetast. Dit wordt over het algemeen geminimaliseerd door de installatie op een niet-zichtbare plaats te zetten, zoals het dak.
5. Verplaatsing van verontreinigingen; beïnvloeding grondwaterstroming; menging van grondwater; in de vergunningaanvraag moet worden aangetoond dat een nieuwe WKO bestaande verontreinigingen niet beïnvloedt en dat bestaande onttrekkingen niet nadelig worden beïnvloed.
6. Als het onttrekken van warmte en koude niet in balans is, kan dit gevolgen hebben voor de bron. In de vergunningaanvraag moet worden aangetoond dat het gehele systeem in balans is, anders wordt de vergunning niet verkregen.

Ontmanteling:

7. Bij de ontmanteling moet zorg gedragen worden dat er geen verontreiniging van de aquifer optreedt of lekkage van grondwater tussen verschillende aquifers.

Incidenten:

8. Indien toch lekkages ontstaan tussen aquifers of verontreinigingen in aquifers verspreiden, zal dit effecten hebben op het grondwater. Dit heeft op termijn weer effecten voor gezondheid, landschap, etc. Het risico op deze incidenten kan geminimaliseerd worden.
9. Indien in het WKO-systeem gebruik wordt gemaakt van een koelmiddel is er een risico dat er lekkages met dit koelmiddel ontstaan. Deze lekkages kunnen zowel effecten hebben op het grondwater als de gebruikers van het betreffende perceel.



Tabel 8 Omgevingseffecten Aquatische biomassa (microalgen)

Aquatische biomassa (microalgen)	People					Planet							Profit				Opm.	
	Gezondheid	Veiligheid	Recreatie	Landschap	Beleid	Zeezoogdieren	Vissen	Vogels	Benthos	Bodem	Water	Klimaat (CO ₂)	Visserij	Toerisme	Scheepvaart	Potentieel (TWh)		Synergie
Effect als gevolg van																		
Voorbereiding/Constructie																		
– Geluid																		
– Trilling																		
– Turbulentie																		
– Verandering fysieke eigenschappen																		9
Operatie/Onderhoud																		
– Energie																?		10
– Geluid																		
– Trilling																		
– Turbulentie																		
– Elektromagnetische straling																		
– (in werking zijnde) Onderdelen																		
– Visuele aspecten																		11
– Vis- en/of vaarverbod																		
– Verandering golf- en (zee)waterstromen																		
– Emissie van chemicaliën																		
– Afsluiting van waterwegen																		12
– Verandering zoet-/zoutwaterconcentraties																		13
– Verandering nutriëntenhuishouding																		14
– Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
– Heen en weer pompen grondwater																		
– Temperatuurverschillen																		
– Emissie overig																		15
Ontmanteling																		
<i>Zie Voorbereiding/Constructie</i>																		16
– Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
Incidenten																		
– Emissie (lekkage zoutwatervoorraad)																		17

4.4.5 Aquatische biomassa

Macroalgen

Als toelichting op de uitkomsten van de analyse:

Vorbereiding/constructie: Bij de het kweekstelsel van macroalgen wordt uitgegaan van een installatie die aansluit op reeds bestaande installaties van bijvoorbeeld een offshore windpark. Hierdoor is het aantal handelingen dat moet worden uitgevoerd in de constructiefase gelimiteerd.

1. Aantasting landschap, naar verwachting minimaal. De algenteelt kan in combinatie met windmolens. Hierbij zullen de windmolens het meeste van zicht ontnemen. De teelt zelf zal onder of beperkt boven het zeeoppervlak plaatsvinden.

Operatie/onderhoud: Het is nog onduidelijk of grootschalige zeewierteelt-systemen een impact hebben op de migratie van zeezoogdieren en op golfpatronen en kustvorming, lokale klimaateffecten en op visserij en recreatie.

2. Duurzame energie draagt positief bij aan het overheidsbeleid en de klimaatdoelstellingen. Het plaatsen van kweeksystemen in offshore windturbineparken en getijdenenergiesystemen kan synergievoordelen hebben.
3. Bij het oogsten van de macroalgen wordt gebruik gemaakt van mechanische oogstmethoden. Dieren die zich in of nabij de zeewieren bevinden kunnen ongewild worden 'meegeogst'.
4. Geen beroeps- en sportvisserij in het gebied van de centrale. Sterke toename van voedselaanbod; leefgebied als broed- en verblijfplaats verbetert. Doordat de kweeksystemen in reeds bestaande installaties worden geplaatst waarvoor al een vis- en vaarverbod gold, heeft het kweekstelsel als zodanig geen effect op de visserij en scheepvaart.
5. Positief: nutriënten uit het rivierwater worden door de algen opgenomen en kunnen via de algen ook weer worden teruggewonnen. Met name het terugwinnen van fosfaat lijkt veel potentieel te hebben. Negatief: toevoeging van meststoffen kan de nutriëntenhuishouding van de zee aantasten en leiden tot eutrofiëring, dit moet dan ook zo veel mogelijk vermeden worden.
6. Netto broeikas-effect is nog onduidelijk (o.a. door het effect van nachtelijke zuurstofopname op de uitstoot van methaan en lachgas).

Ontmanteling: Bij het ontmantelen van de kweekinstallaties worden geen effecten verwacht, met uitzondering van het tenietdoen van de positieve effecten van de operatie/onderhoud van het stelsel.

Incidenten:

7. Het is mogelijk dat de kweeksystemen in slecht weer beschadigd raken en dat zeewierkolonies loslaten en verspreiden. Dit kan gevolgen hebben voor meerdere aspecten. Zo kunnen grote drijvende wierkolonies de scheepvaart hinderen of indien zij bijvoorbeeld in grote mate aanspoelen op het strand, heeft dit gevolgen voor de recreatie. Door bij het ontwerp rekening te houden met weersomstandigheden kan dit risico tot een minimum worden gereduceerd.
8. In het geval van een aanvaring met een schip kan het risico bestaan dat er lekkages van bijvoorbeeld de brandstof van het schip in het water komt.

Microalgen

Als toelichting op de uitkomsten van de analyse:

Vorbereiding/constructie:

9. Door het bouwen van grote hoeveelheden kassen wordt de waterbergende capaciteit van de ondergrond verminderd; problemen als in Westland zullen echter niet verwacht worden, mits hier vooraf rekening mee wordt gehouden (Hoogheemraadschap Delfland, 2009). De bouw van groot-



schalige kassencomplexen wordt door velen gezien als landschapsvervuiling.

Operatie/onderhoud: Algenkweek wordt op verschillende plaatsen in Nederland commercieel toegepast, maar niet voor energieproductie. Ook wereldwijd zijn er zeer weinig voorbeelden van commerciële productie van bio-energie uit algen.

10. Duurzame energie draagt positief bij aan het overheidsbeleid en klimaatdoelstellingen. Het mogelijke potentieel van deze optie is onbekend.
11. Kassencomplexen hebben een grote visuele impact op het landschap. Op dit moment wordt op meerdere locaties in Nederland actie gevoerd tegen uitbreiding van het areaal. Indien de kassen ook belicht gaan worden, dan zal de overlast nog groter zijn (hoewel dit enigszins in te perken is, d.m.v. afscherming). In het Bestuurlijk Afsprakenkader herstructurering glastuinbouw wordt de herstructurering van de Nederlandse glastuinbouw besproken. Als de plannen hierin passen, is er geen probleem (LNV, 2009; Tweede Kamer, 2000).
12. Kassencomplexen beperken de waterberging van de bodem en kunnen de waterwegen beïnvloeden. Door een goede waterinfrastructuur te plannen kan dit geminimaliseerd worden.
13. Bij de productie van algen op land worden relatief grote hoeveelheden zoutwater geproduceerd. Dit water dient ook afgevoerd te worden. Dit water kan niet zomaar op het riool worden geloosd.
14. Het kweken van algen kan in combinatie met andere activiteiten in de glastuinbouw zeer grote synergievoordelen hebben. Het afvalwater dat de glastuinbouw produceert bevat zouten en voedingsstoffen die bij lozing een belasting op de watersystemen geven, wat lozingsheffingen met zich meebrengt en waardoor tevens waardevolle nutriënten verloren gaan. Door dit afvalwater te gebruiken bij de algenteelt kunnen deze waardevolle reststromen worden teruggewonnen en het water worden gezuiverd. In hoeverre dit in de praktijk werkt wordt nu onderzocht (H2Organic en Imares, 2009).
15. Voor de grote hoeveelheden geproduceerd zoutwater dient een oplossing gevonden te worden. De algen kunnen echter ook gebruikt worden voor het filteren van afvalgasen van fossiele energiecentrales, hiermee worden emissies van CO₂, NO_x en SO₂ verwijderd. Hier ontstaan dus synergievoordelen met toepassing van bijvoorbeeld WKKs in de glastuinbouw.
16. Na de ontmanteling neemt de 'landschapswaarde' en de waterberging weer toe.
17. Op de locatie zijn grote hoeveelheden zoutwater aanwezig. In het geval van een lekkage kan dit gevolgen hebben voor de omgeving, zoals het verzilten van de ondergrond of oppervlaktewater in de omgeving. Met adequate maatregelen kan dit risico tot een minimum beperkt worden.



Tabel 9 Omgevingseffecten Gestuwde waterkracht

Gestuwde waterkracht Effect als gevolg van	People					Planet							Profit			Opm.			
	Gezondheid	Veiligheid	Recreatie	Landschap	Beleid	Zeezoogdieren	Vissen	Vogels	Benthos	Bodem	Water	Klimaat (CO ₂)	Visserij	Toerisme	Scheepvaart		Potentieel (TWh)	Synergie	
Vorbereiding/Constructie																			
– Geluid			■				■		■										1
– Trilling							■		■										2
– Turbulentie							■		■	■	■								3
– Verandering fysieke eigenschappen				■											■				4
Operatie/Onderhoud																			
– Energie					■							■				0,3			5
– Geluid			■				■		■										6
– Trilling																			
– Turbulentie																			
– Elektromagnetische straling																			
– (in werking zijnde) Onderdelen							■												7
– Visuele aspecten			■	■										■					8
– Vis- en/of vaarverbod																			
– Verandering golf- en (zee)waterstromen																			
– Emissie van chemicaliën		■	■	■			■	■	■	■	■		■	■	■				9
– Afsluiting van waterwegen			■				■						■	■	■				10
– Verandering zoet-/zoutwaterconcentraties																			
– Verandering nutriëntenhuishouding																			
– Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																			
– Heen en weer pompen grondwater																			
– Temperatuurverschillen																			
– Emissie overig																			
Ontmanteling																			
<i>Zie Vorbereiding/Constructie</i>							■		■	■	■								11
– Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten							■		■	■	■								12
Incidenten																			
– Emissie (lekkage)		■	■	■			■		■	■	■		■	■	■				13
– Emissie (aanvaring met schip)		■	■	■			■		■	■	■		■	■	■				14

4.4.6 Gestuwde waterkracht

Als toelichting op de uitkomsten van de analyse:

Vorbereiding/constructie: Meeste effecten in de constructiefase zijn tijdelijk. Met een zorgvuldige planning en uitvoering kunnen deze effecten worden geminimaliseerd. Aandacht moet worden besteed aan locatie- en ontwerpkeuze (effect op waterverkeer; migratieroute of verblijfplaats vissen).

1. Het geluid van de constructiewerkzaamheden kan leiden tot overlast bij omwonenden of bij recreatie. Het onderwatergeluid zal van invloed kunnen zijn op de Planet-aspecten. De negatieve effecten van beide kunnen geminimaliseerd worden. Er is verder nog maar weinig bekend over de effecten van onderwatergeluid, de meest effectieve mitigatiemaatregelen lijken geografische en seizoensmatige restricties te zijn (OSPAR, 2009).
2. Trillingen tijdens de bouw kunnen invloed hebben op de leefomgeving van Planet-aspecten.
3. De werkzaamheden op de bodem leiden tot turbulentie van het water, wat invloed heeft op het bodemleven en vissen. Er treedt een tijdelijke vermindering van waterkwaliteit op.
4. Tijdens de constructiefase wordt het landschap aangetast omdat meerdere werken uitgevoerd moeten worden, zoals het leggen van kabels in de ondergrond. Daarnaast wordt de vaarroute afgesloten.

Operatie/onderhoud:

5. Duurzame energie draagt positief bij aan het overheidsbeleid en de klimaatdoelstellingen.
6. Verstoring habitat: onderwatergeluid hoorbaar voor tot 2.000 meter. Geluid kan broedvogels verstoren. Publieke acceptatie zal afnemen als geluid hoorbaar is voor omwonenden; de ervaring leert echter dat hier geen sprake van is. Verder zie 1.
7. Onzekerheid omtrent gedrag vissen met betrekking tot het mijden van de turbinebladen. Centrales uitgerust met schermen die verhinderen dat vissen de centrales in zwemmen, genieten de voorkeur.
8. Bovengrondse elektriciteitskabels en installatie. Mitigatie door ingraven kabels en installaties, of andere ruimtelijke oplossingen.
9. Lekkages met smeermiddelen en verf of coatings die worden gebruikt voor oppervlaktebehandeling om excessieve groei van waterorganismen te voorkomen. Bij voorkeur biologische stoffen gebruiken.
10. De dam die de centrale behuist sluit de waterweg af. Dit heeft effecten voor vissen en scheepvaart. Adequate maatregelen zijn te nemen (vispassage, sluisen).

Ontmanteling: Er wordt aangenomen dat de locatie in 'oorspronkelijke' toestand teruggebracht moet worden; gedeeltelijke verwijdering is niet toegestaan.

11. Verwijdering leidt tot verstoring; ontmanteling dient daarom niet in kwetsbare seizoenen plaats te vinden; meeste effecten zullen van tijdelijke aard zijn.
12. Terugbrengen in 'oorspronkelijke' toestand wettelijk vereist; gedeeltelijke verwijdering is niet toegestaan.

Incidenten: Het merendeel van de incidenten is te vermijden door goede procedures op te stellen voor noodgevallen.

13. Lekkages met smeermiddelen en verf of coatings die worden gebruikt voor oppervlaktebehandeling om excessieve groei van waterorganismen te voorkomen. Bij voorkeur biologische stoffen gebruiken.
14. Lekkage toxische stoffen. Door de centrale goed te markeren kan dit effect goed geminimaliseerd worden.



4.4.7 Warmte/koudeopslag (oppervlaktewater)

Als toelichting op de uitkomsten van de analyse:

Vorbereiding/constructie: De constructie van deze optie verschilt van de andere WKO-optie, in die zin dat hierbij ook werkzaamheden in het oppervlaktewater plaats zullen vinden. Voor een WKO-systeem met open bronnen (aquifer) moet in het kader van de Grondwaterwet een vergunning worden aangevraagd. Een WKO-systeem met open bronnen mag geen negatieve invloed hebben op de (bestaande natuurlijke) situatie in de ondergrond.

1. Als gevolg van de werkzaamheden in het oppervlaktewater kan er geluids-overlast ontstaan. Het onderwatergeluid zal van invloed kunnen zijn op de Planet-aspecten. De negatieve effecten van beide kunnen geminimaliseerd worden. Er is verder nog maar weinig bekend over de effecten van onderwatergeluid, de meest effectieve mitigatiemaatregelen lijken geografische en seizoensmatige restricties te zijn (OSPAR, 2009).
2. Doorboring slecht doorlatende lagen. Lekkage van grondwater tussen verschillende aquifers. Hiervoor zijn richtlijnen opgesteld door de NVOE (NVOE, 2009).

Operatie/onderhoud: Een WKO-systeem wordt geplaatst in de gebouwde omgeving. De omgevingseffecten van een dergelijk systeem zijn dan ook zeer verschillend ten opzichte van de opties die in zee of 'afgelegen' gebieden worden geplaatst.

3. Een WKO-systeem wekt geen energie op, maar bespaart energie ten opzichte van een referentiesituatie. Door gebruik te maken van de regeneratie met oppervlaktewater kan een hogere besparing worden behaald (De Ingenieur, 2008).
4. Het verpompen van grote hoeveelheden water kan onderwatergeluid creëren. De effecten hiervan voor vissen en benthos zullen echter minimaal zijn.
5. Installeer pompen die minimale schade opleveren voor vislarven en dergelijke en die afgeschermd zijn voor de afzetting van mosselen en algen (beperking onderhoud).
6. Verplaatsing van verontreinigingen; beïnvloeding grondwaterstroming; menging van grondwater; in de vergunningaanvraag moet worden aangetoond dat een nieuwe WKO bestaande verontreinigingen niet beïnvloedt en dat bestaande onttrekkingen niet nadelig worden beïnvloed.
7. Als het onttrekken van warmte en koude niet in balans is, kan dit gevolgen hebben voor de bron. In de vergunningaanvraag moet worden aangetoond dat het gehele systeem in balans is, anders wordt de vergunning niet verkregen. Een verlaging van de temperatuur van het oppervlaktewater leidt tot grotere zuurstofopname via het wateroppervlak (positief in zomer en herfst). Een lagere watertemperatuur in het voorjaar leidt tot vertraging van het paargedrag van vissen en het ontkiemingsmoment van primaire plantensoorten.

Ontmanteling:

8. Bij de ontmanteling moet zorg gedragen worden dat er geen verontreiniging van de aquifer optreedt of lekkage van grondwater tussen verschillende aquifers. Overlast aan het oppervlaktewater moet geminimaliseerd worden.

Incidenten:

9. Indien toch lekkages ontstaan tussen aquifers of verontreinigingen in aquifers verspreiden, zal dit effecten hebben op het grondwater. Dit heeft op termijn weer effecten voor gezondheid, landschap, etc. Het risico op deze incidenten kan geminimaliseerd worden.
10. Verontreiniging van grond- met oppervlaktewater (en vice versa) als gevolg van defecten in het systeem, kan door zorgvuldig onderhoud en monitoring geminimaliseerd worden.



11. Indien in het WKO-systeem gebruik wordt gemaakt van een koelmiddel is er een risico dat er lekkages met dit koelmiddel ontstaan. Deze lekkages kunnen zowel effecten hebben op het grondwater als de gebruikers van het betreffende perceel.



Tabel 11 Omgevingseffecten Getijdenenergie (verval)

Getijdenenergie (verval) Effect als gevolg van	People					Planet							Profit			Opm.		
	Gezondheid	Veiligheid	Recreatie	Landschap	Beleid	Zeezoogdieren	Vissen	Vogels	Benthos	Bodem	Water	Klimaat (CO ₂)	Visserij	Toerisme	Scheepvaart		Potentieel (TWh)	Synergie
Vorbereiding/Constructie																		
– Geluid			Yellow			Yellow	Yellow		Yellow									1
– Trilling						Yellow	Yellow		Yellow									2
– Turbulentie						Yellow	Yellow		Yellow		Yellow							3
– Verandering fysieke eigenschappen				Yellow						Light Green								4
Operatie/Onderhoud																		
– Energie					Blue							Blue				0,5		5
– Geluid			Light Green			Red	Red		Red									6
– Trilling						Red	Red		Red									7
– Turbulentie																		
– Elektromagnetische straling																		
– (in werking zijnde) Onderdelen						Light Green	Light Green											8
– Visuele aspecten			Light Green	Light Green										Light Green				9
– Vis- en/of vaarverbod																		
– Verandering golf- en (zee)waterstromen			Blue	Blue		Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue			Blue	Light Green			10
– Emissie van chemicaliën		Yellow	Yellow	Yellow		Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow		Yellow	Yellow	Yellow			11
– Afsluiting van waterwegen			Light Green				Light Green						Light Green	Light Green	Light Green			12
– Verandering zoet-/zoutwaterconcentraties			Blue	Blue			Blue	Blue	Blue	Blue	Blue			Blue				13
– Verandering nutriëntenhuishouding			Blue	Blue			Blue	Blue	Blue	Blue	Blue			Blue				14
– Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
– Heen en weer pompen grondwater																		
– Temperatuurverschillen																		
– Emissie overig																		
Ontmanteling																		
<i>Zie Vorbereiding/Constructie</i>						Yellow	Yellow		Yellow	Yellow	Yellow							15
– Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten					Light Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow							16
Incidenten																		
– Emissie (lekkages)		Yellow	Yellow	Yellow		Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow		Yellow	Yellow	Yellow			17
– Emissie (botsing met schip)		Yellow	Yellow	Yellow		Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow		Yellow	Yellow	Yellow			18

4.4.8 Getijdenenergie (verval)

Als toelichting op de uitkomsten van de analyse:

Vorbereiding/constructie: Meeste effecten in de constructiefase zijn tijdelijk. Met een zorgvuldige planning en uitvoering kunnen deze effecten worden geminimaliseerd. Aandacht moet worden besteed aan locatie- en ontwerpkeuze (effect op migratieroute of verblijfplaats vissen).

Eén van de weinige mogelijkheden in Nederland om deze optie toe te passen is in de Brouwersdam bij het Grevelingenmeer. Hier ligt al een dam (als onderdeel van de Deltawerken), waardoor de werkzaamheden voor het aanbrengen van een getijdencentrale met verval relatief beperkt blijven.

1. Indien het geluid van de constructiewerkzaamheden hoorbaar is in de omgeving, kan dit leiden tot verlaagde recreatie langs de kust. Het onderwatergeluid zal van invloed kunnen zijn op de Planet-aspecten. De negatieve effecten van beide kunnen geminimaliseerd worden. Er is verder nog maar weinig bekend over de effecten van onderwatergeluid, de meest effectieve mitigatiemaatregelen lijken geografische en seizoensmatige restricties te zijn (OSPAR, 2009).
2. Trillingen tijdens de bouw kunnen invloed hebben op de leefomgeving van Planet-aspecten.
3. De werkzaamheden op de bodem leiden tot turbulentie van het water, wat invloed heeft op het bodemleven en de vissen.
4. De bouw van de centrale in de dam heeft tijdelijke consequenties voor het landschap, maar deze kunnen geminimaliseerd worden. De bodem wordt mogelijk wel aangetast voor het verankeren van de fundamenteën en de turbines, maar dit zal minimaal zijn in relatie tot de Ausgangssituatie van de dam.

Operatie/onderhoud:

5. Duurzame energie draagt positief bij aan het overheidsbeleid en de klimaatdoelstellingen.
6. De getijdencentrale zal geluid maken. Het bovengrondse geluid wordt door adequate maatregelen tot een minimum beperkt. Het onderwatergeluid heeft effecten op de fauna in de omgeving van de centrale. Zie verder 1.
7. De getijdencentrale zal trillingen voortbrengen. Deze trillingen hebben effect op de leefomgeving van verschillende Planet-aspecten. Hoe groot deze effecten zijn, is onbekend.
8. Onzekerheid omtrent gedrag vissen en zeezoogdieren met betrekking tot het midden van de turbinebladen. Centrales uitgerust met schermen die verhinderen dat vissen en zeezoogdieren de centrales in zwemmen, genieten de voorkeur.
9. Bovengrondse elektriciteitskabels en installatie. Mitigatie door ingraven kabels en installaties. Daarnaast kan de centrale goed worden ingepast als integraal onderdeel van de Brouwersdam.
10. Door het aanbrengen van de getijdencentrale komt de eb- en vloedwerking terug in het Grevelingenmeer. Hier verbetert de waterkwaliteit en alle positieve effecten van dien.
11. Lekkages met smeermiddelen en verf of coatings die worden gebruikt voor oppervlaktebehandeling om excessieve groei van waterorganismen te voorkomen. Bij voorkeur biologische stoffen gebruiken.
12. De mogelijke afsluiting van de waterwegen is relatief eenvoudig te mitigeren door het aanbrengen van sluizen en vispassages.
13. Door het herintroduceren van de eb en vloed in het Grevelingenmeer met een 'open' verbinding met de zee, wordt de vermenging van het zout- en zoetwater beter en stijgt de waterkwaliteit.
14. Idem als 13.



Ontmanteling: Omdat de centrale een integraal onderdeel van de Brouwersdam vormt, dient bij de ontmanteling de dam weer in 'oorspronkelijke' staat teruggebracht te worden om niet haar functie te verliezen.

15. Verwijdering leidt tot verstoring; ontmanteling dient daarom niet in kwetsbare seizoenen plaats te vinden; meeste effecten zullen van tijdelijke aard zijn.

16. Een zorgvuldige werkwijze voorkomt het uitstoten of achterlaten van schadelijke materialen.

Incidenten: Incidenten zijn niet altijd te voorkomen, echter door procedures voor noodgevallen te ontwikkelen worden de effecten tot een minimum beperkt.

17. Lekkages met smeermiddelen en verf of coatings die worden gebruikt voor oppervlaktebehandeling om excessieve groei van waterorganismen te voorkomen. Bij voorkeur biologische stoffen gebruiken.

18. Het risico van een aanvaring met een (plezier)vaartuig kan sterk verminderd worden door duidelijk signalering in de omgeving van de centrale en locatie van de waterinname. Dit vermindert de kans dat er vervuilingen optreden door bijvoorbeeld brandstoflekkages uit de schepen.

4.5 Analyse resultaten en mitigatiemogelijkheden

In de voorgaande paragraaf is een overzicht gegeven de omgevingseffecten van alle opties. Hierbij is tevens aangegeven of voor deze effecten mitigatie- of adaptatiemaatregelen te treffen zijn. Hieruit blijkt dat bij vele opties niet te mitigeren of te adapteren effecten zijn.

Ondanks dat er dus omgevingseffecten zijn waar weinig tot niets aan te doen is, is dat niet in alle gevallen een kwalijke zaak. Immers, niet alle omgevings-effecten zijn even zwaar of niet te accepteren. In sommige instanties is het prima te accepteren dat er negatieve effecten zijn, omdat bijvoorbeeld de positieve effecten hiertegen opwegen. In de volgende overzichtstabel wordt daarom een overzicht per optie gegeven van de positieve en negatieve effecten die niet te mitigeren of te adapteren zijn.

In het volgende hoofdstuk wordt nader ingegaan op wat deze effecten nou daadwerkelijk voor betekenis hebben voor de watersector in Nederland. Daarbij wordt de afweging van de 'zwaartes' van de effecten meegenomen.

Omdat alle opties positieve effecten van energie hebben op beleid (ze dragen immers allemaal bij aan de overheidsdoelstellingen), klimaat (reductie van CO₂-uitstoot) en potentieel, worden deze ten behoeve van het overzicht niet telkens genoemd.



Tabel 12 Overzichtstabel omgevingseffecten

Optie	Potentieel (TWh/jaar)	Effect	Toelichting
Golfenergie	1,5	Energie - Synergie	Golfenergie heeft mogelijke synergetisch voordelen met offshore wind.
		(in werking zijnde) Onderdelen - Vogels	De onderdelen van de centrale dienen als rust- en foerageerplaats voor vogels.
		(in werking zijnde) Onderdelen - Benthos	De funderingen kunnen dienen als kunstmatige riffen.
		Visuele aspecten - allen	De installaties staan in ondiep water, de markeringslichten geven daarmee aan waar het ondiep is.
		Vis- en/of vaarverbod - allen	Door een locatie uit te zonderen van visserij, is er een mogelijke toename van voedselaanbod; zowel leefgebied als broed- en verblijfplaats verbetert.
		Geluid - allen	Het onderwatergeluid kan weliswaar op een laag niveau worden gehouden, maar zal altijd aanwezig blijven. Er is weinig bekend over de effecten van het onderwatergeluid op zeezoogdieren, vissen en benthos. De mitigerende maatregelen berusten vooral op geografische en seizoensgebonden maatregelen. Dit werpt ernstige restricties op voor deze optie. Aanvullend onderzoek naar de gevolgen van deze effecten is noodzakelijk.
		Trilling - allen	Trillingen hebben onderwater waarschijnlijk dezelfde effecten als geluid (dit is immers een trilling). Ook hiervoor geldt dat er weinig kennis is en dat aanvullend onderzoek nodig is.
		(in werking zijnde) Onderdelen - Zeezoogdieren	Er bevinden zich veel scharnierende delen in deze optie. Hier kunnen dieren klem tussen komen. Klein risico omdat de meeste zeezoogdieren gevaarlijke objecten onder water mijden. Gezien de hoeveelheid bewegende onderdelen die zich ook nu al op zee bevinden, lijkt dit effect niet onoverkomelijk.
		Visuele aspecten - allen	Indien de installaties zichtbaar zijn dan heeft dit een negatieve invloed voor recreatie, landschap en toerisme (vergelijk met de offshore windparken die zo ver uit de kust worden geplaatst dat ze vanaf het land niet of nauwelijks zichtbaar zijn). Op het land zal ergens de elektriciteitskabel aan moeten komen en zullen dus ook constructies nodig zijn. Beide effecten worden niet als onoverkomelijk ingeschat.
Getijdenenergie (stroming)	0,8	Verandering golf- en (zee)waterstromen - allen	Afname golfenergie kan invloed hebben op oevers en ondiepe getijdenstroming; effecten op zeestroming worden alleen bij grootschalige projecten verwacht; effecten kunnen zowel positief (minder kusterosie) als negatief zijn. Het is nu nog onbekend hoe deze effecten uit kunnen pakken.
		Energie - Synergie	Getijdenenergie heeft mogelijke synergetisch voordelen met offshore wind.
		(in werking zijnde) Onderdelen - allen	Constructies op zeebodem kunnen fungeren als kunstmatige riffen. De converters kunnen worden gebruikt om uit te rusten (vogels).
		Visuele aspecten - allen	De installaties staan in ondiep water, de markeringslichten geven daarmee aan waar het ondiep is.
		Vis- en/of vaarverbod - allen	Door een locatie uit te zonderen van visserij, is er een mogelijke toename van voedselaanbod; zowel leefgebied als broed- en verblijfplaats verbetert.



Optie	Potentieel (TWh/jaar)	Effect	Toelichting
		Geluid - allen	Het onderwatergeluid kan weliswaar op een laag niveau worden gehouden, maar zal altijd aanwezig blijven. Er is weinig bekend over de effecten van het onderwatergeluid op zeezoogdieren, vissen en benthos. De mitigerende maatregelen berusten vooral op geografische en seizoensgebonden maatregelen. Dit werpt ernstige restricties op voor deze optie. Aanvullend onderzoek naar de gevolgen van deze effecten is noodzakelijk.
		Trilling - allen	Trillingen hebben onderwater waarschijnlijk dezelfde effecten als geluid (dit is immers een trilling). Ook hiervoor geldt dat er weinig kennis is en dat aanvullend onderzoek nodig is.
		Verandering golf- en (zee)waterstromen - allen	Afname golfenergie kan invloed hebben op oevers en ondiepe getijdenstroming; effecten op zeestroming worden alleen bij grootschalige projecten verwacht; effecten kunnen zowel positief (minder kusterosie) als negatief zijn. Het is nu nog onbekend hoe deze effecten uit kunnen pakken.
Osmose energie (RED)	6,0	Geluid - allen	Het onderwatergeluid kan weliswaar op een laag niveau worden gehouden, maar zal altijd aanwezig blijven. Er is weinig bekend over de effecten van het onderwatergeluid op zeezoogdieren, vissen en benthos. De mitigerende maatregelen berusten vooral op geografische en seizoensgebonden maatregelen. Dit werpt ernstige restricties op voor deze optie. Aanvullend onderzoek naar de gevolgen van deze effecten is noodzakelijk.
		Zout-/zoetconcentraties - allen	Het spuien van grote hoeveelheden brak water heeft gevolgen voor zeezoogdieren, vissen en benthos. Bij riviermondingen in zee gebeurt dit nu ook op een natuurlijke manier. Het is dan ook de verwachting dat dit effect geen grote gevolgen heeft.
WKO (bodem)	80,0	Geen negatieve effecten die niet met mitigatie- of adaptatiemaatregelen opgelost kunnen worden.	
Aquatische biomassa (macro)	2,0	Energie - Synergie	Zeewierkweek heeft mogelijke synergetisch voordelen met offshore wind.
		Vis- en/of vaarverbod - allen	Door een locatie uit te zonderen van visserij, is er een mogelijke toename van voedselaanbod; zowel leefgebied als broed- en verblijfplaats verbeterd.
		Nutriëntenhuishouding - water	Positief: nutriënten uit het rivierwater worden door de algen opgenomen en kunnen via de algen ook weer worden teruggewonnen. Met name het terugwinnen van fosfaat lijkt veel potentieel te hebben.
		Emissie overig - Klimaat	Positief: macroalgen nemen bij de groei CO ₂ op uit de atmosfeer
Aquatische biomassa (macro)	n.b.	Nutriëntenhuishouding - Synergie	Microalgen kunnen worden gebruikt om nutriënten terug te winnen uit afvalwater van de glastuinbouw.
		Emissie overig - allen	Microalgen kunnen de CO ₂ in rookgassen van fossiele energiecentrales gebruiken als groeimiddel.
		Verandering fysieke eigenschappen - Landschap	De bouw van kassencomplexen heeft invloed op de waarde die aan een landschap wordt gegeven. Het is afhankelijk van de locatie of dit wel of niet een onoverkomelijk probleem is.
		Visuele aspecten - Landschap	Kassencomplexen hebben grote visuele aspecten, zeker als deze ook nog belicht worden. Het is afhankelijk van de locatie of dit wel of niet een onoverkomelijk probleem is.
		Emissie overig - Water	Er worden grote hoeveelheden zoutwater geproduceerd. Dit mag niet geloosd worden op het riool. Zeker als deze optie grootschalig wordt toegepast, dient hier een adequate oplossing voor gevonden te worden.



Optie	Potentieel (TWh/jaar)	Effect	Toelichting
Gestuwde waterkracht	0,3	Geluid - allen	Het onderwatergeluid kan weliswaar op een laag niveau worden gehouden, maar zal altijd aanwezig blijven. Er is weinig bekend over de effecten van het onderwatergeluid op vissen en benthos. Gezien de grootschalige toepassing van waterkrachtcentrales in de wereld, lijkt het effect van geluid op vissen en benthos niet een ernstig probleem.
WKO (oppervlaktewater)	80	Energie - Synergie	Het gebruik van oppervlaktewater voor regeneratie bij WKO biedt synergievoordelen door hogere energiebesparingen.
		Temperatuurverschillen - allen	Positief: een verlaging van de temperatuur van het oppervlaktewater leidt tot grotere zuurstofopname via het wateroppervlak (positief in zomer en herfst). Negatief: een lagere watertemperatuur in het voorjaar leidt tot vertraging van het paargedrag van vissen en het ontkiemingmoment van primaire plantensoorten.
Getijdenenergie (verval)	0,5	Verandering golf- en (zee)waterstromen - allen	Voor deze specifieke locatie/toepassing heeft het herintroduceren van getijden zeer positief effecten op vele aspecten.
		Zout-/zoetconcentraties - allen	Voor deze specifieke locatie/toepassing heeft het veranderen van de zout-/zoetconcentraties zeer positief effecten op vele aspecten.
		Nutriëntenhuishouding - allen	Voor deze specifieke locatie/toepassing heeft het veranderen van de nutriëntenhuishouding zeer positieve effecten op vele aspecten.
		Geluid - allen	De turbines van centrale genereren geluid. Het onderwatergeluid kan weliswaar op een laag niveau worden gehouden, maar zal altijd aanwezig blijven. Er is weinig bekend over de effecten van het onderwatergeluid op zeezoogdieren, vissen en benthos. De mitigerende maatregelen berusten vooral op geografische en seizoensgebonden maatregelen. Dit werpt ernstige restricties op voor deze optie. Aanvullend onderzoek naar de gevolgen van deze effecten is noodzakelijk.
		Trilling - allen	De getijdencentrale genereert trillingen in de omgeving. Dit heeft mogelijk effecten op zeezoogdieren, vissen en benthos. Trillingen hebben onderwater waarschijnlijk dezelfde effecten als geluid (dit is immers een trilling). Ook hiervoor geldt dat er weinig kennis is en dat aanvullend onderzoek nodig is.

Opmerking: De potentiëlen komen uit Water als bron van duurzame energie (Deltares, 2008).



5 Betekenis voor de watersector

In dit hoofdstuk gaan we in op de betekenis van de uitkomsten van de analyses en inventarisaties voor de watersector. We maken daarbij een onderscheid tussen de drinkwaterbedrijven, de waterschappen, incl. rioolwaterzuivering en Rijkswaterstaat. Qua rollen maken we een onderscheid naar een faciliterende rol (initiatieven van derden), een ondernemende rol (participatie in projecten) en een benuttende rol (inzet voor eigen gebruik). De relevantie van de beschouwde opties is daarbij globaal als volgt verdeeld over de diverse segmenten.

	Drinkwater-sector	Waterschappen	Rijks-waterstaat
Faciliterend	WKO* Acq. biomassa	Waterkracht Acq. biomassa	Osmose-energie Getijde-energie golfenergie
Ondernemend	WKO* Acq. biomassa	Waterkracht Acq. biomassa	Osmose-energie Getijde-energie Golfenergie
Benuttend	WKO*	Waterkracht WKO* Acq. biomassa	Osmose-energie Getijde-energie Golfenergie

*: WKO: warmte- en koudeopslag

5.1 Faciliterende rol

De watersector kan een belangrijke rol spelen bij de benutting van duurzame wateropties door waar mogelijk medewerking te verlenen aan projecten van anderen. Daarbij kan worden gedacht aan initiatieven van energiebedrijven, projectontwikkelaars, gemeenten en woningbouwcorporaties. De watersector kan een rol spelen bij de vergunningverlening (stellen van randvoorwaarden), maar ook bij het helder krijgen van eigendomsverhoudingen, e.d. Een opbouwende opstelling vanuit de sector kan een groot verschil maken in de realisatiepraktijk. Een goede reden voor een dergelijke opstelling ligt in de energie- en milieubaten die met elk van de opties worden bereikt.

Warmte/koudeopslag in de bodem vindt in de regel plaats in zgn. aquifers op een diepte van enkele honderden meters. Met name de drinkwatersector kan - samen met de gemeenten en provincies - bepalen waar en onder welke voorwaarden (ook qua temperatuur) dit wordt toegestaan. De sector participeert momenteel al in lopend onderzoek op dit terrein.

Drinkwaterprocessen die plaatsvinden aan het oppervlak, zoals spaarbekkens, kunnen mogelijk ten dele worden gecombineerd met de inzet van aquatische biomassa (microalgen). De drinkwatersector bepaalt dan weer de spelregels daarvoor.

Het ligt echter meer voor de hand om aquatische biomassa te combineren met rioolwaterzuivering. Daar zijn potentieel synergievoordelen te behalen. Voor deze optie zijn de waterschappen de partij die de randvoorwaarden stelt voor de toepassing. Opties als gestuwde waterkracht, osmose-energie, getijden-energie en golfenergie liggen meer in het 'vaarwater' van Rijkswaterstaat.

Voor alle typen van initiatieven geven de matrixoverzichten met kleuren uit dit rapport, samen de daaraan gekoppelde beschrijvingen, houvast bij het



vaststellen van de kansen en knelpunten. Ook geeft het rapport aan waar mogelijkheden bestaan voor het versterken van kansen en voor het mitigeren en adapteren op probleempunten.

Uit de overzichten blijkt dat de opties warmte/koudeopslag en aquatische biomassa nauwelijks of geen negatieve effecten kennen, waarbij geen mitigatie of adaptatie mogelijk is. De benutting van osmose-energie en gestuwde waterkracht tonen ook een vrij goed totaalbeeld, maar hier is er bij beide opties wel geluidhinder, bij de osmoseoptie lokale invloed op zoet-/zoutconcentraties en bij de gestuwde waterkracht hinder voor vissen en scheepvaart.

Bij golfenergie en getijdenenergie zijn meer relevante negatieve effecten, als geluid, trillingen, de risico's van de bewegende delen en de invloed op golf- en zeewaterstromen. Deze opties hebben echter ook potentiële voordelen in de sfeer van veiligheid en bescherming van vogels en vissen.

5.2 Zelf ondernemen

Een aantal van de opties is potentieel van betekenis voor de energievoorziening van watersector zelf; voor de gebouwen of voor de bedrijfsvoeringprocessen. De sector kan deze opties zelf oppakken en hierin investeren of dit samen doen met andere partijen, zoals de eerdergenoemde energiebedrijven en projectontwikkelaars. Daarbij zijn grote synergievoordelen mogelijk (win-win-situatie voor de betrokken partijen). Het is daarbij een aansprekend gegeven dat de watersector zelf het voortouw neemt en het goede voorbeeld geeft. De participatie van de watersector geeft naar verwachting ook extra zekerheid aan subsidieverstrekkers en financiers, waardoor naar verwachting gunstigere financieringsvoorwaarden en betere projectresultaten mogelijk zijn dan zonder deelname van de sector.

De watersector kan uiteraard ook participeren in initiatieven van anderen die geen directe betekenis hebben voor de eigen gebouwen of de eigen bedrijfsvoering. Een reden daarvoor kan liggen in de extra invloed die hiermee wordt verkregen op de uitvoeringsvorm en op monitoringdata. Deze gegevens kunnen van belang zijn voor volgende initiatieven elders.

Veel van genoemde voordelen, o.a. in de sfeer van de financieringsvoorwaarden gaan ook op voor deze vorm van ondernemingsparticipatie door de sector.

Het zelf ondernemen en het ondernemend participeren is in beginsel mogelijk voor alle besproken opties. Het ligt wel het meest voor de hand bij de opties warmte/koudeopslag, gestuwde waterkracht, osmose-energie en getijdenenergie, gelet op de (tenminste potentiële) relatie met de eigen bedrijfsvoering. Een gevoelig punt kan liggen in de 'objectiviteit' van de betrokken partij(en) uit de sector, omdat deze in een aantal gevallen ook randvoorwaarden moeten stellen aan de projecten (zoals beschreven in Paragraaf 5.1).

De productie van warmte en elektriciteit die met de projecten wordt gerealiseerd kan veel groter zijn dan lokaal zelf kan worden benut. Er kan dan worden geleverd aan het net of aan partijen in de omgeving. Zo kan bij de optie warmte/koudeopslag de sector desgewenst zelf leverancier van warmte of koude worden. Bij de andere opties gaat het om het leveren van elektriciteit. Inmiddels staan de regels voor de elektriciteitsmarkt overigens ook toe de geproduceerde elektriciteit - via het openbare net - te transporteren naar en in te zetten op andere locaties van de sector.



5.3 Afnemen van duurzame energie

Zoals al aangegeven is een aantal opties potentieel van betekenis voor de energievoorziening van de gebouwen of de bedrijfsvoeringprocessen van de watersector. De sector kan een deel van de verkregen (duurzame!) energie zelf benutten. Zij kan daartoe zelf investeren, zij kan dit samen met anderen doen, of zij kan alleen de energie afnemen van de initiatiefnemer. Ook hier is het een aansprekend gegeven dat de watersector zelf het goede voorbeeld geeft.

De benutting van warmte/koudeopslag voor de verwarming en koeling van de eigen gebouwen of voor inzet in de eigen bedrijfsvoering is zo'n optie. Maar ook de elektriciteit uit gestuwde waterkracht, osmose centrales en getijden-centrales zal in de regel direct in de eigen lokale bedrijfsvoering kunnen worden ingezet.

Daarbij zal de sector logischerwijs vooral energie af willen nemen van opties met een redelijke tot goede kosteneffectiviteit. Dit zijn de opties die ook in de rest van de markt het eerst door zullen breken en waarbij de watersector dus weer een voorbeeld kan stellen, dat navolging zal krijgen.





6 Conclusie

Deze rapportage gaat achtereenvolgens in op de validiteit van de bevindingen in de studie 'Water als bron van duurzame energie', die Deltares in 2009 heeft laten uitvoeren, op de omgevingseffecten van een achttal specifieke opties en op de betekenis van deze zaken voor de watersector in ons land.

De levenscyclusanalyses (LCAs) uit de studie 'Water als bron van duurzame energie' zijn gevalideerd door een expert van CE Delft. Geconcludeerd wordt dat de resultaten niet 'waterdicht' zijn; de analyses zijn niet conform de ISO-richtlijnen uitgevoerd en de beschouwde omgevingseffecten zijn per optie anders gestructureerd en ingevuld. De onderlinge vergelijkbaarheid is daardoor beperkt. Hoewel niet 100% zeker, lijken de energierterugverdiertijden (ETVTs) wel op een consistente manier te zijn berekend en betrouwbare waarden op te leveren.

Met betrekking tot de omgevingseffecten wordt geconcludeerd dat een volledige dekking en uniforme benadering kan worden gerealiseerd door te werken vanuit twee invalshoeken: 'People-Planet-Profit' en 'Zender-Boodschap-Ontvanger'. Dit leidt tot matrixachtige overzichten met kleuren-codes, die een indicatie geven van de kansen en knelpunten en van de mate waarin deze respectievelijk versterkt en beperkt kunnen worden.

Geconcludeerd kan worden dat de opties warmte/koudeopslag en aquatische biomassa het gunstigste totaalbeeld tonen; er zijn daar nauwelijks of geen negatieve effecten waarbij geen mitigatie of adaptatie mogelijk is. De opties osmose-energie en gestuwde waterkracht hebben ook een vrij goed totaalbeeld. Bij beide opties is er echter wel geluidhinder, bij de osmoseoptie lokale invloed op zoet-/zoutconcentraties en bij de gestuwde waterkracht hinder voor vissen en scheepvaart.

Bij golfenergie zijn meer relevante negatieve effecten als geluid, trillingen, de invloed van bewegende delen en de invloed op golf- en zeewaterstromen. De optie heeft overigens ook potentiële voordelen in de sfeer van veiligheid en bescherming van vogels en vissen. Voor getijdenenergie gelden grotendeels dezelfde knelpunten en voordelen als bij golfenergie.

Nagegaan is welke betekenis de projectuitkomsten hebben voor de watersector in ons land. Daarbij is onderscheid gemaakt naar de betekenis voor de drinkwaterbedrijven, de waterschappen en Rijkswaterstaat. Qua mogelijke rollen is gedifferentieerd naar: faciliterend (randvoorwaarden stellen), ondernemend (participeren) en benuttend (afnemen van energie).

Wat betreft het faciliteren wordt geconstateerd dat een opbouwende opstelling vanuit de sector een groot verschil kan maken in de realisatie-praktijk. Een goede reden voor een dergelijke opstelling ligt in de energie- en milieubaten die met elk van de opties worden bereikt. Uiteraard zal zorgvuldig moeten worden omgegaan met de kansen en knelpunten. De matrixoverzichten uit dit rapport geven daarbij houvast, ook voor het versterken van kansen en voor het mitigeren en adapteren op probleempunten.

De sector kan desgewenst zelf ondernemen in de opties of dit samen doen met andere partijen. In de markt spreekt het aan wanneer de watersector zelf het voortouw neemt en het goede voorbeeld geeft. Dat geeft naar verwachting ook



extra zekerheid voor subsidieverstrekkers en financiers, waardoor gunstigere financieringsvoorwaarden en betere projectresultaten mogelijk zijn. Een gevoelig punt kan liggen in de objectiviteit van de betrokken partij(en) omdat deze immers soms ook zelf de randvoorwaarden moeten stellen.

Een aantal opties is potentieel van betekenis voor de energievoorziening van de watersector zelf; gebouwen en bedrijfsvoeringprocessen. De sector kan een deel van de (duurzame!) energie dus zelf benutten. Wanneer zij niet zelf investeert kan de energie worden afgenomen van de initiatiefnemer.



Literatuurlijst

Baks, 2007

Mariëtte Baks
Gewoon doen: interview Ad van Wijk
In : Terra, jrg. 3, nr. 6 (2007); p. 13-15

Bedard, 2007

Roger Bedard
Power and Energy from the Ocean Energy Waves and Tides: A Primer
S.l. : Electric Power Research Institute (EPRI), 2007

Bhuyan, 2008

Gouri S. Bhuyan
Harnessing the Power of the Oceans
In : IEA Open Energy Technology Bulletin, Issue No. 52 (2008); p. 1-6
http://www.iea-oceans.org/_fich/6/Issue52GBhuyanArticle.pdf
Geraadpleegd: december 2009

Brand, 2007

Pieter van den Brand
Onderschatte bodemschat: Bewezen warmte-koudetechnologie stuit nog
steeds op drempels
In : Milieu Magazine, mei 2007; p. 16-19

Decker, 2008

Chris De Decker
Windmolens op de zeebodem
In : Lowtech Magazine, 29 februari 2008
<http://www.lowtechmagazine.be/2008/02/windkracht-uit.html>
Geraadpleegd: 10 december 2009

Deltares, 2008

Water als bron van duurzame energie, Inspiratieatlas van mogelijkheden
Delft : Deltares, 2008

Ecofys, 2008a

Proefproject Borssele
http://www.ecofys.com/nl/expertisegebieden/product_systeemontwikkeling/proefprojectborssele.htm
Geraadpleegd: 13 augustus 2008

Ecofys, 2008b

Technologie Wave Rotor
http://www.ecofys.nl/nl/expertisegebieden/product_systeemontwikkeling/technologiewaverotor.htm
Geraadpleegd: 13 augustus 2008

Ecofys, 2008c

Ontwikkeling van de Wave Rotor
http://www.ecofys.com/nl/expertisegebieden/product_systeemontwikkeling/waverotor.htm
Geraadpleegd: 13 augustus 2008



Ecofys, 2008d

C-Energy : Energie uit golven en getijden

[http://www.c-](http://www.c-energy.nl/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=8)

[energy.nl/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=8](http://www.c-energy.nl/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=8)

Geraadpleegd: 13 augustus 2008

Ecofys, 2009a

M. van den Berg, Y. de Bie, F. Geurts, S. van Iersel, A. Ritzen, N. Stolk

Water als bron van duurzame energie; energiebalans en omgevingseffecten van energietechnologieën met water

Utrecht : Ecofys, 2009

Ecofys, 2009b

N. Stolk, M. van den Berg, F. Geurts

Water als duurzame energiebron; onderzoek naar energierterugverdientijden

Utrecht : Ecofys, 2009

EEA, 2005

Marine and Coastal Environment

In : The European Environment : State and outlook 2005 - Part A: Integrated assessment

Kopenhagen : EEA, 2005

Electrabel, 2009

Eerste zeewaterwarmtecentrale geopend; 800 woningen stoken straks op zee-water

In : Energiea, mailing Electrabel 13 januari, 2009

Fraenkel, 2006

P.L. Fraenkel

Tidel Current Energy Technologies

In : Ibis, nr. 148 (2006); pp. 145-151

Guinée et al., 2002

J.B. Guinée, M. Gorrée, R. Heijungs, G. Huppes, R. Kleijn, A. de Koning,

L. van Oers, A. Wegener Sleeswijk, S. Suh, H.A. Udo de Haes, H. de Bruijn,

R. van Duin, M.A.J. Huijbregts

Handbook on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standards

Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2002

Guinée et al., 2004

J.B. Guinée, R. Heijungs, G. Huppes

Economic Allocation: Examples and Derived Decision Tree

In : International Journal of LCA 9 (1) (2004): 23-33

Hartgers, 2007

Rob Hartgers

Warmte uit zee

In : Buildinginnovation, maart (2007); p. 18-20

H2Organic en Imares

Stichting H2Organic, Imares

Algencultuur op drainwater uit de glastuinbouw, Naar een pilot algenteelt voor de glastuinbouw

Bleiswijk : Stichting Innovatie Glastuinbouw Nederland (SIGN), 2009



Hoogheemraadschap Delfland, 2009

ABCDelfland: samen werken aan water. Oktober, 2009

http://www.hhdelfland.nl/publish/pages/17142/hhd_a5_folderdef.pdf

De Ingenieur, 2005

Kachel op zeewater : warmtepompen in serie geschakeld bij project in Duindorp

In : De ingenieur, nrs. 10-11 (2005); p. 44-45

De Ingenieur, 2008

Techniplan

Rivierstroom

In : De Ingenieur, nr. 1 (2008)

<http://www.devernfteling.eu/00/vnf/nl/file/20080116013449/63/hier.html>

ISO, 2006

International Organization for Standardization (ISO)

Environmental management - Life Cycle Assessment - Requirements and Guidelines, ISO 14044:2006

Genève : ISO, 2006

Khan & Bhuyan, 2009

J. Kahn & G. Bhuyan

Ocean Energy : Global Technology Development Status, report for the IEA-OES British Columbia (Ca) : Powertech Labs Inc, 2009

LNV, 2009

Ministerie van LNV

Herstructurering Glastuinbouw, oktober 2009

http://www.minlnv.nl/portal/page?_pageid=116,1641095&_dad=portal&_schema=PORTAL&p_news_item_id=18663

MEP NSW, 2006

Project organisation MEP NSW

Overall report baseline studies Near Shore Wind Farm (NSW)

S.l. : Project organization MEP NSW, 2006

Nebbeling, 2007

Johan Nebbeling

Monitoren maar

In : Terra, jrg.3, nr. 6 (2007); p.10-11

NVOE, 2009

NVOE-Richtlijnen. Oktober 2009

<http://www.nvoe.nl/Page/ncttrue/sp5801/index.html>

OSPAR, 2009

OSPAR Commission

Assessment of the environmental impact of underwater noise

Londen : OSPAR Commission, 2009

Rijkswaterstaat Zeeland, 2009

Witteveen en Bos Verkenning Grevelingen water en getij

S.l : Projectteam Verkenning Water en Getij, 2009

http://www.zichtopdegrevelingen.nl/temp/817567507/hoofdrapport_verkennng_grevelingen_water_en_getij.pdf



Robles, 2007
Michael Robles
Noordzee als energiecentrale
In : Terra, jrg.3, nr. 6 (2007); p. 16-19

SenterNovem, 2008a
Interviewverslag ter voorbereiding op de Bestuurdersconferentie Bodem van 21 mei 2008
http://www.senternovem.nl/mmfiles/Interviews%20bestconf%20bodem_tcm24-269075.pdf

Straver, 2008
Frank Straver
Waterkracht uit open Grevelingenmeer
In : Trouw, 27 juni 2008

Tweede Kamer, 2000
Bestuurlijk afsprakenkader herstructurering glastuinbouw
Den Haag : Vaste commissie voor Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2000
<http://parlis.nl/pdf/nietdossierstukken/NDS520.pdf>

TUD, 2003
Golfenergie
In : TUDELTA, jrg.35, nr.01 (2003)

VROM, 2009
Opening zeewaterwarmtecentrale wereldprimeur in duurzame energie
Persbericht Ministerie van VROM, 12 januari 2009

Winckers, 2007
Jeroen Winckers
Natuur en Milieu pakt de handschoen op
In : Terra, jrg.3, nr. 6 (2007); p. 20-21



Bijlage A Omgevingseffecten per optie

A.1 Effecten uit Ecofys-studie



Tabel 13 Omgevingseffecten volgens Ecofys-studie - Golfenergie

Golfenergie	People					Planet							Profit					Opm.
	Gezondheid	Veiligheid	Recreatie	Landschap	Beleid	Zeezoogdieren	Vissen	Vogels	Benthos	Bodem	Water	Klimaat (CO ₂)	Visserij	Toerisme	Scheepvaart	Potentieel (TWh)	Synergie	
Effect als gevolg van																		
Vorbereiding/Constructie																		
– Geluid						-	-	-	-									
– Trilling						-	-		-									
– Turbulentie							-		-									
– Verandering fysieke eigenschappen																		
Operatie/Onderhoud																		
– Energie												+						
– Geluid			-			-	-	-	-									
– Trilling						-	-		-									
– Turbulentie																		
– Elektromagnetische straling						-	-(?)		-									
– (in werking zijnde) Onderdelen						-		+	+(?)									
– Visuele aspecten			-															
– Vis- en/of vaarverbod						+	+	+	+				-					
– Verandering golf- en (zee)waterstromen		+/-							-	-								
– Emissie van chemicaliën																		
– Afsluiting van waterwegen																		
– Verandering zoet-/zoutwaterconcentraties																		
– Verandering nutriëntenhuishouding																		
– Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
– Heen en weer pompen grondwater																		
– Temperatuurverschillen																		
– Emissie overig																		
Ontmanteling																		
<i>Zie Vorbereiding/Constructie</i>																		
– Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
Incidenten																		
– Emissie (kabelbreuk)						-	-		-		-							
– Emissie (aanvaring met schip/botsing helikopter)						-	-		-		-							

Tabel 14 Omgevingseffecten volgens Ecofys-studie - Getijdenenergie (stroming)

Getijdenenergie (stroming)	People					Planet						Profit			Opm.			
	Gezondheid	Veiligheid	Recreatie	Landschap	Beleid	Zeezoogdieren	Vissen	Vogels	Benthos	Bodem	Water	Klimaat (CO ₂)	Visserij	Toerisme		Scheepvaart	Potentieel (TWh)	Synergie
Effect als gevolg van																		
Voorbereiding/Constructie																		
– Geluid							.											
– Trilling																		
– Turbulentie									.									
– Verandering fysieke eigenschappen																		
Operatie/Onderhoud																		
– Energie												+						
– Geluid																		
– Trilling																		
– Turbulentie																		
– Elektromagnetische straling																		
– (in werking zijnde) Onderdelen						?	?											
– Visuele aspecten																		
– Vis- en/of vaarverbod													.					
– Verandering golf- en (zee)waterstromen								.	.	.								
– Emissie van chemicaliën																		
– Afsluiting van waterwegen															.			
– Verandering zoet-/zoutwaterconcentraties																		
– Verandering nutriëntenhuishouding																		
– Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
– Heen en weer pompen grondwater																		
– Temperatuurverschillen																		
– Emissie overig																		
Ontmanteling																		
<i>Zie Voorbereiding/Constructie</i>																		
– Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
Incidenten																		
– Emissie (lekkages)												

A.2 Aanvulling en selectie effecten



Tabel 19 Aanvulling en selectie effecten - Golfenergie

Golfenergie	People					Planet							Profit					Opm.
	Gezondheid	Veiligheid	Recreatie	Landschap	Beleid	Zeezoogdieren	Vissen	Vogels	Benthos	Bodem	Water	Klimaat (CO ₂)	Visserij	Toerisme	Scheepvaart	Potentieel (TWh)	Synergie	
Effect als gevolg van																		
Voorbereiding/Constructie																		
– Geluid			-			-	-	-	-									
– Trilling						-	-		-									
– Turbulentie							-		-	-								
– Verandering fysieke eigenschappen				-						-	-		-		+/-			
Operatie/Onderhoud																		
– Energie					+							+				1,5	+	
– Geluid			-			-	-	-	-									
– Trilling						-	-		-									
– Turbulentie																		
– Elektromagnetische straling						-	-(?)		-									
– (in werking zijnde) Onderdelen						-	+/-	+	+(?)									
– Visuele aspecten		+	-	-										-	+			
– Vis- en/of vaarverbod						+	+	+	+				-		-			
– Verandering golf- en (zee)waterstromen		+/-				-	-	-	-	-								
– Emissie van chemicaliën		-	-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-			
– Afsluiting van waterwegen													-		-			
– Verandering zoet-/zoutwaterconcentraties																		
– Verandering nutriëntenhuishouding																		
– Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
– Heen en weer pompen grondwater																		
– Temperatuurverschillen																		
– Emissie overig																		
Ontmanteling																		
<i>Zie Voorbereiding/Constructie</i>						-	-	-	-	-	-							
– Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten					-	-	-	-	-	-								
Incidenten																		
– Emissie (kabelbreuk)		-	-			-	-	-	-	-		-	-					
– Emissie (botsing met schip/helikopter)		-	-	-		-	-	-	-	-		-	-		-			

Tabel 20 Aanvulling en selectie effecten - Getijdenenergie (stroming)

Getijdenenergie (stroming)	People					Planet							Profit				Opm.		
Effect als gevolg van	Gezondheid	Veiligheid	Recreatie	Landschap	Beleid	Zeezoogdieren	Vissen	Vogels	Benthos	Bodem	Water	Klimaat (CO ₂)	Visserij	Toerisme	Scheepvaart	Potentieel (TWh)	Synergie		
Voorbereiding/Constructie																			
- Geluid			-			-	-	-	-										
- Trilling						-	-	-	-										
- Turbulentie							-	-	-	-	-								
- Verandering fysieke eigenschappen				-						-	-		-		+/-				
Operatie/Onderhoud																			
- Energie					+							+				0,8	+		
- Geluid			-			-	-	-	-										
- Trilling						-	-		-										
- Turbulentie																			
- Elektromagnetische straling						-	-		-										
- (in werking zijnde) Onderdelen						?	+	+	+										
- Visuele aspecten		+	-	-										+/-	+				
- Vis- en/of vaarverbod						+	+	+	+				-		-				
- Verandering golf- en (zee)waterstromen								-	-	-	-				-				
- Emissie van chemicaliën		-	-	-		-	-	-	-	-	-		-	-	-				
- Afsluiting van waterwegen			-										-	-	-				
- Verandering zoet-/zoutwaterconcentraties																			
- Verandering nutriëntenhuishouding																			
- Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																			
- Heen en weer pompen grondwater																			
- Temperatuurverschillen																			
- Emissie overig																			
Ontmanteling																			
<i>Zie Voorbereiding/Constructie</i>						-	-	-	-	-	-								
- Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten					-	-	-	-	-	-	-								
Incidenten																			
- Emissie (kabelbreuk/lekkages)		-	-			-	-	-	-	-	-		-	-					
- Emissie (botsing met schip)		-	-	-		-	-	-	-	-	-		-	-	-				

Tabel 21 Aanvulling en selectie effecten - Osmose-energie

Osmose-energie (RED) Effect als gevolg van	People					Planet							Profit				Opm.	
	Gezondheid	Veiligheid	Recreatie	Landschap	Beleid	Zeezoogdieren	Vissen	Vogels	Benthos	Bodem	Water	Klimaat (CO ₂)	Visserij	Toerisme	Scheepvaart	Potentieel (TWh)		Synergie
Voorbereiding/Constructie																		
- Geluid			-			-	-	-	-									
- Trilling						-	-	-	-									
- Turbulentie							-		-	-								
- Verandering fysieke eigenschappen				-											-			
Operatie/Onderhoud																		
- Energie					+							+				6,0		
- Geluid			-			-	-	-	-					-				
- Trilling																		
- Turbulentie							-		-	-								
- Elektromagnetische straling																		
- (in werking zijnde) Onderdelen						-	-		-									
- Visuele aspecten			-	-										-				
- Vis- en/of vaarverbod																		
- Verandering golf- en (zee)waterstromen																		
- Emissie van chemicaliën	-					-	-	-	-		-		-					
- Afsluiting van waterwegen							-								-			
- Verandering zoet-/zoutwaterconcentraties						?	?		?									
- Verandering nutriëntenhuishouding																		
- Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
- Heen en weer pompen grondwater																		
- Temperatuurverschillen																		
- Emissie overig																		
Ontmanteling																		
<i>Zie Voorbereiding/Constructie</i>						-	-	-	-	-	-							
- Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten					-	-	-	-	-	-								
Incidenten																		
- Emissie (lekkages)	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-		-	-				

Tabel 23 Aanvulling en selectie effecten - Aquatische biomassa (macroalgen)

Aquatische biomassa (macroalgen)	People					Planet							Profit			Opm.		
	Gezondheid	Veiligheid	Recreatie	Landschap	Beleid	Zeezoogdieren	Vissen	Vogels	Benthos	Bodem	Water	Klimaat (CO ₂)	Visserij	Toerisme	Scheepvaart		Potentieel (TWh)	Synergie
Effect als gevolg van																		
Voorbereiding/Constructie																		
- Geluid																		
- Trilling																		
- Turbulentie																		
- Verandering fysieke eigenschappen				-														
Operatie/Onderhoud																		
- Energie					+							+				2,0	+	
- Geluid																		
- Trilling																		
- Turbulentie																		
- Elektromagnetische straling																		
- (in werking zijnde) Onderdelen						-	-	-										
- Visuele aspecten																		
- Vis- en/of vaarverbod						+	+	+	+				-	-	-			
- Verandering golf- en (zee)waterstromen											?		?	?				
- Emissie van chemicaliën																		
- Afsluiting van waterwegen																		
- Verandering zoet-/zoutwaterconcentraties																		
- Verandering nutriëntenhuishouding											+/-							
- Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
- Heen en weer pompen grondwater																		
- Temperatuurverschillen																		
- Emissie overig												+/-						
Ontmanteling																		
<i>Zie Voorbereiding/Constructie</i>																		
- Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
Incidenten																		
- Emissie (kabelbreuk/verspreiding algen)			-	-							-		-	-	-			
- Emissie (aanvaring met schip)		-									-							

Tabel 24 Aanvulling en selectie effecten - Aquatische biomassa (microalgen)

Aquatische biomassa (microalgen) Effect als gevolg van	People					Planet						Profit				Opm.		
	Gezondheid	Veiligheid	Recreatie	Landschap	Beleid	Zeezoogdieren	Vissen	Vogels	Benthos	Bodem	Water	Klimaat (CO ₂)	Visserij	Toerisme	Scheepvaart		Potentieel (TWh)	Synergie
Voorbereiding/Constructie																		
– Geluid																		
– Trilling																		
– Turbulentie																		
– Verandering fysieke eigenschappen				-							-							
Operatie/Onderhoud																		
– Energie					+							+				?		
– Geluid																		
– Trilling																		
– Turbulentie																		
– Elektromagnetische straling																		
– (in werking zijnde) Onderdelen																		
– Visuele aspecten			-	-	-									-				
– Vis- en/of vaarverbod																		
– Verandering golf- en (zee)waterstromen																		
– Emissie van chemicaliën																		
– Afsluiting van waterwegen											-							
– Verandering zoet-/zoutwaterconcentraties											-							
– Verandering nutriëntenhuishouding																		+/-
– Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
– Heen en weer pompen grondwater																		
– Temperatuurverschillen																		
– Emissie overig											-	+						-
Ontmanteling																		
<i>Zie Voorbereiding/Constructie</i>				+							+							
– Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
Incidenten																		
– Emissie (lekkage zoutwatervoorraad)			-	-			-	-		-	-							

Tabel 25 Aanvulling en selectie effecten - Gestuwde waterkracht

Gestuwde waterkracht Effect als gevolg van	People					Planet							Profit					Opm.
	Gezondheid	Veiligheid	Recreatie	Landschap	Beleid	Zeezoogdieren	Vissen	Vogels	Benthos	Bodem	Water	Klimaat (CO ₂)	Visserij	Toerisme	Scheepvaart	Potentieel (TWh)	Synergie	
Voorbereiding/Constructie																		
- Geluid			-				-		-									
- Trilling							-		-									
- Turbulentie							-		-	-								
- Verandering fysieke eigenschappen				-											-			
Operatie/Onderhoud																		
- Energie					+							+				0,3		
- Geluid			-				-		-									
- Trilling																		
- Turbulentie																		
- Elektromagnetische straling																		
- (in werking zijnde) Onderdelen							-											
- Visuele aspecten			-	-										-				
- Vis- en/of vaarverbod																		
- Verandering golf- en (zee)waterstromen																		
- Emissie van chemicaliën		-	-	-			-	-	-	-		-	-	-				
- Afsluiting van waterwegen			-				-					-	-	-				
- Verandering zoet-/zoutwaterconcentraties																		
- Verandering nutriëntenhuishouding																		
- Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten																		
- Heen en weer pompen grondwater																		
- Temperatuurverschillen																		
- Emissie overig																		
Ontmanteling																		
<i>Zie Voorbereiding/Constructie</i>							-		-	-	-							
- Vrijkomen/achterblijven schadelijke stoffen/objecten							-		-	-	-							
Incidenten																		
- Emissie (lekkage)		-	-				-		-	-	-		-	-				
- Emissie (aanvaring met schip)		-	-	-			-		-	-	-		-	-	-			

