

**Verkenning naar de gevolgen van
klimaatverandering en
klimaatadaptatiemaatregelen op
KRW en Natura 2000 maatregelen en
doelen**

Leon van Kouwen
Maaïke Maarse

1200212-005

Titel

Verkenning naar de gevolgen van klimaatverandering en klimaatadaptatiemaatregelen op KRW en Natura 2000 maatregelen en doelen

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Waterdienst	1200212-005	1200212-005-ZWS-0002	38

Samenvatting

Deze studie is een verkenning naar de mogelijke gevolgen van klimaatverandering en klimaatadaptatiemaatregelen voor het behalen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) doelen voor rijkswateren. Ook is er wat aandacht aan Natura2000 besteed maar de focus in deze studie ligt op de KRW. Om de gevolgen van klimaatverandering en klimaatadaptatiemaatregelen op de KRW in kaart te brengen is een inventarisatie gedaan naar lopende en pas afgelopen projecten en (internationale) literatuur omtrent klimaatverandering en klimaatadaptatiemaatregelen in zoetwatersystemen. Met klimaatadaptatiemaatregelen worden in deze studie maatregelen bedoeld die getroffen worden om de veranderingen van klimaat tegen te gaan ten behoeve van maatschappelijke functies zoals drinkwater en veiligheid. De effecten van die maatregelen op ecologie, natuur en haalbaarheid KRW-doelen zijn onderwerp van deze studie. Naast effecten van klimaatverandering is er ook apart gekeken naar de effecten van exoten (al dan niet als gevolg van klimaatverandering).

In het algemeen zullen de effecten van klimaatverandering een negatief effect hebben op de KRW maatlatten indien er geen maatregelen getroffen zullen worden. De effectiviteit van maatregelen neemt overigens niet sterk af ten gevolge van klimaatverandering. Dit betekent dat het zinvol is om maatregelen ten behoeve van de KRW in te zetten om doelen van de KRW te behalen.

De effecten van klimaatadaptatiemaatregelen op de KRW-maatlatten en doelen zijn in veel gevallen onvoldoende bestudeerd. Voor een aantal maatregelen werden zowel positieve als negatieve effecten gevonden. Zo heeft een afsluitbaar open Rijnmond waarschijnlijk een positief effect op planten en vissen en heeft peilopzet in het IJsselmeer vooral negatieve consequenties voor de ecologie.

Klimaatverandering zal in het algemeen negatieve effecten hebben op Natura2000 doelen. Dit komt doordat soorten verdreven kunnen worden naar noordelijkere gebieden en concurrentie met exoten zal leiden tot verlies van areaal en voedselbeschikbaarheid. Wat betreft de effecten van klimaatadaptatiemaatregelen op Natura2000 is enkel informatie beschikbaar voor het IJsselmeer. Dit zijn veelal negatieve gevolgen (peilopzet leidt tot verlies in areaal (voedselgronden) en habitatgeschiktheid van soorten).

Aanbevolen wordt om studies naar effecten van klimaatverandering op aquatische ecosystemen uit te voeren op een meer holistische wijze in plaats van slechts een deel van de voedselketen. KRW gaat tenslotte uit van het principe "*one out, al out*" (indien 1 maatlat slecht scoort scoort het hele waterlichaam slecht). De effecten van klimaatadaptatiemaatregelen op de ecologie en KRW doelen van rijkswateren is veelal onbekend. Alvorens deze maatregelen geïmplementeerd worden zou er onderzoek moeten plaatsvinden naar hun effecten om zodoende de maatregelen te verfijnen. Bij onderzoek hiernaar kan gedacht worden aan modelstudies op ecosysteemniveau of experimenten in een afgescheiden gedeelte van een waterlichaam.

Titel

Verkenning naar de gevolgen van
klimaatverandering en
klimaatadaptatiemaatregelen op KRW en Natura
2000 maatregelen en doelen

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Waterdienst	1200212-005	1200212-005-ZWS-0002	38

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	dec. 2009	Leon van Kouwen		Miguel Dionisio Pires		Toon Segeren	
		Maaïke Maarse					

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Klimaatverandering - KNMI scenario's	1
1.3 Maatregelen Deltacommissie	2
1.4 Onderzoeksvragen	3
1.5 Werkwijze en methode	3
1.6 Afbakening	3
1.7 Resultaat	4
1.8 Leeswijzer	4
2 Te verwachten effecten van klimaatverandering op oppervlaktewateren	4
3 Inventarisatie projecten	5
3.1 KRW	5
3.2 Natura 2000	13
4 Klimaatverandering – KRW & Natura 2000	15
4.1 KRW-maatlatten	15
4.2 KRW-maatregelen	21
4.3 Natura 2000	21
5 Exoten	22
5.1 KRW-maatlatten	23
5.2 KRW-maatregelen	27
5.3 Natura 2000	27
6 Klimaatadaptatie	28
6.1 Zandsuppletie Noordzeekust en het waddengebied	28
6.2 Herstellen zoet/zoutovergang Krammer-Volkerak Zoommeer	29
6.3 Uitvoering Ruimte voor de Rivier en Maaswerken	30
6.4 Afsluitbaar open Rijnmond	31
6.5 Peilverhoging IJsselmeer	31
7 Discussie	32
7.1 Klimaatverandering	32
7.2 Exoten	33
7.3 Maatregelen Deltacommissie	33
8 Conclusies	34
8.1 KRW	34
8.2 Natura 2000	35
8.3 Aanbevelingen	35
9 Literatuur	36

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Kaderrichtlijn Water (KRW; European Commission 2000) is in 2000 in werking getreden en beoogt de bescherming en verbetering van oppervlakte- en grondwaterlichamen op het gebied van chemie, ecologie en hydromorfologie. Het is hierbij de bedoeling dat voor alle waterlichamen in 2015 (met uitloop naar 2027) Goede Ecologische Toestand (GET) in natuurlijke wateren of Goed Ecologisch Potentiëel (GEP) hebben bereikt in kunstmatige of sterk veranderde wateren.

Deze doelstellingen (GET en GEP) worden bepaald aan de hand van de afwijking van de referentiesituatie. De afleiding van ecologische doelstellingen met betrekking tot de KRW voor rijkswateren heeft plaatsgevonden op basis van de huidige toestand en de huidige kennis over het effect van herstelmaatregelen. Hierbij is in de sterk veranderde en kunstmatige waterlichamen het doelbereik verlaagd. De referentie is een vastgesteld beeld aan de hand van historische waarden, modelstudies en expert judgement die doorgaans gebaseerd is op soortenlijsten en daaraan toegekende waarden. Bij zowel de herstelmaatregelen als het vaststellen van de referentie is geen rekening gehouden met eventuele gevolgen van klimaatverandering of klimaatadaptatiemaatregelen. Beide kunnen invloed hebben op de haalbaarheid van doelen, omdat deze op processen ingrijpen, maar ook omdat ze de referentiesituatie kunnen wijzigen.

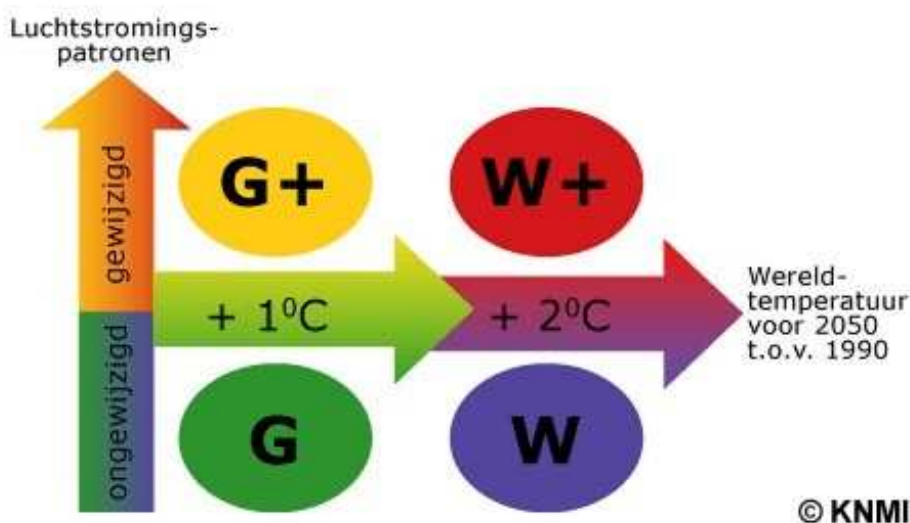
Hetzelfde geldt voor Natura 2000 (Habitat- en Vogelrichtlijn en de EHS¹). Ook hier kunnen klimaatverandering en adaptatiemaatregelen leiden tot verschuivingen in de verspreiding van soorten. Special Areas of Conservation (SAC's; Habitatrichtlijn) en Special Protection Areas (SPA's; Vogelrichtlijn) zijn vaak toegekend op basis van de aanwezigheid van habitats van bedreigde of belangrijke soorten.

In dit rapport worden voorspelde effecten van klimaatverandering en maatregelen in het kader van het advies van de Deltacommissie (Deltacommissie 2008) op de KRW-doelen toegelicht. Ter volledigheid wordt waar mogelijk ook de invloed op Natura 2000 doelstellingen meegenomen. In de volgende paragrafen worden klimaatverandering en de maatregelen van de Deltacommissie toegelicht.

1.2 Klimaatverandering - KNMI scenario's

Het KNMI heeft in 2006 een viertal klimaatscenario's opgesteld (KNMI 2006; update KNMI 2009). Deze zijn weergegeven in Figuur 1.1. Ze zijn bedoeld als hulpmiddel bij klimateffectstudies en geven een beeld van klimaatverandering in Nederland rond 2050 en 2100 (ten opzichte van de periode 1976-2005). Deze vier scenario's beschrijven samen de meest waarschijnlijke veranderingen met bijbehorende onzekerheden voor belangrijke klimaatvariabelen, zoals temperatuur, neerslag, wind en zeeniveau. De scenario's verschillen in de mate waarin de mondiale temperatuur stijgt en de mate waarin de luchtstromingspatronen boven Nederland veranderen.

¹ EHS: Ecologische Hoofdstructuur.



Figuur 1.1. KNMI klimaatscenario's (KNMI 2006).

De W en W+ scenario's gaan uit van een sterke toename van de wereldgemiddelde temperatuur, terwijl die in G en G+ gematigd is. In de G+ en W+ scenario's zorgt een verandering in de luchtstroming boven de Atlantische oceaan en West-Europa voor extra warme en natte winters, terwijl de zomers extra warm en droog zijn. In de G en W scenario's zijn de veranderingen in de luchtstroming ongewijzigd. Het KNMI gaat uit van een zeespiegelstijging van 35 tot 85 cm in 2100, exclusief 10 cm bodemdaling.

1.3 Maatregelen Deltacommissie

De Deltacommissie kreeg de opdracht advies uit te brengen over de bescherming van Nederland tegen de gevolgen van klimaatverandering. De vraag was hoe Nederland zo ingericht kan worden dat het ook op de zeer lange termijn klimaatbestendig is, veilig tegen overstromingen en een aantrekkelijke plaats is en blijft om te leven, wonen, werken, recreëren en investeren (Deltacommissie 2008).

De Deltacommissie gaat uit van een zeespiegelstijging van 0,65 tot 1,30 meter in 2100 en van 2 tot 4 meter in 2200, dit is relatief en dus inclusief de bodemdaling. Voor de Rijn wordt er uitgegaan van afnemende zomerafvoeren en toenemende winterafvoeren. Er wordt rekening gehouden met een maximale afvoer van 18.000 m³/s in 2100 voor de Rijn en voor de Maas met 4.600 m³/s.

Het advies bestaat uit 12 aanbevelingen, een aantal daarvan zijn ingrepen in het watersysteem, zoals het herstellen van de zoet-zout gradiënt in het Krammer-Volkerak Zoommeer, versnelde uitvoering van de Ruimte voor de Rivier maatregelen en een peilverhoging van maximaal 1,5 meter in het IJsselmeergebied.

De KRW wordt enkele malen genoemd in het advies van de Deltacommissie. Zo wordt gesteld dat de KRW-maatregelen waterkwaliteitsproblemen die optreden door hogere temperaturen kunnen verminderen. Daarnaast wordt verondersteld dat invulling wordt gegeven aan de KRW-doelstellingen in de Oosterschelde door een zoet-zoutgradient toe te staan die de waterkwaliteitsproblemen daar deels zullen oplossen. Retentie van water, ten behoeve van het tegengaan van droogval, wordt ook genoemd als een KRW-maatregel die

belangrijk is voor klimaatadaptatie. Voor Natura 2000 wordt slechts genoemd dat een aantal gebieden waar maatregelen worden genomen onder dit netwerk vallen.

De invloed op ecosystemen en ecologische processen wordt wel in het rapport genoemd, aangezien de “nadruk op het kunnen mee-ontwikkelen met klimaatverandering en andere ecologische processen” ligt. Ook wil men ecologische waarden bewaren. Het effect op ecosystemen en processen wordt echter niet gekwantificeerd. In de maatregelen met betrekking tot de Noorzeekust wordt bijvoorbeeld genoemd dat op korte termijn onderzoek worden gedaan naar de ecologisch, economisch en energetisch meest efficiënte methode van suppletie en voor het Krammer-Volkerak Zoommeer worden ‘ecologische kansen’ genoemd. Daarnaast zou peilstijging nadelig kunnen zijn voor de waterkwaliteit van het IJsselmeer.

1.4 Onderzoeksvragen

Er is behoefte aan inzicht in de effecten van klimaatverandering op de KRW-maatlatten en Natura 2000 doelen enerzijds, en anderzijds in de effecten die klimaatadaptatiemaatregelen hierop hebben. In het kader hiervan zijn de volgende onderzoeksvragen afgeleid.

KRW:

1. Wat zijn de effecten van klimaatverandering op de KRW-maatlatten en doelen? Wordt het moeilijker om doelen te halen en/of moeten maatlatten opnieuw gedefinieerd worden?
2. Welke rol spelen exoten (toename als gevolg van klimaatverandering) ten opzichte van de KRW-maatlatten en doelen?
3. Wat zijn de effecten van klimaatadaptatie² zoals genoemd in het advies van de Deltacommissie op de maatlatten en doelen?

Natura 2000

1. Wat zijn de effecten van klimaatverandering op de Natura 2000 doelen?
2. Welke rol spelen exoten ten opzichte van de Natura 2000 doelen?
3. Wat zijn de effecten van klimaatadaptatiemaatregelen zoals genoemd in het advies van de Deltacommissie op deze doelen?

1.5 Werkwijze en methode

Gedurende de verkenning zijn een aantal stappen doorlopen. Er is een literatuuronderzoek gedaan naar bestaande (inter-)nationale projecten, studies en wetenschappelijke publicaties met betrekking tot klimaatverandering en de KRW/Natura 2000. Hiertoe is ook enkele experts op dit gebied binnen Nederland gevraagd naar hun kennis, mening en verdere informatie. Vervolgens zijn de huidige KNMI klimaatscenario's en de maatregelen voorgesteld door de Deltacommissie doorgenomen. Als synthese is een analyse gemaakt van effecten op de KRW/Natura 2000 doelen aan de hand van de opgedane kennis. Op basis hiervan zijn conclusies getrokken met betrekking tot de doelen en kennisbehoeften.

1.6 Afbakening

Deze verkenning heeft betrekking op de KRW-typen in rijkswateren (R7, R8, R16, M6, M7, M14, M20, M21, M30, M32, O2, K1, K3). Regionale wateren zijn hierbij niet meegenomen. Wanneer gerefereerd wordt aan klimaatverandering en klimaatscenario's, gaat het om de definities en effecten die genoemd zijn in de KNMI rapporten (KNMI 2006; KNMI 2009). Met

² Met klimaatadaptatie wordt hier bedoeld adaptatiemaatregelen die getroffen worden om de effecten van klimaatverandering tegen te gaan en niet zozeer de adaptatie van ecosystemen aan klimaatverandering.

betrekking tot klimaatadaptatie gaat het om de maatregelen voorgesteld door de Deltacommissie (2008).

1.7 Resultaat

Het resultaat is een notitie waarin:

- Effecten van klimaatverandering en klimaatadaptatiemaatregelen op KRW en Natura 2000 doelen worden beschreven.
- Kennishiaten met betrekking tot deze effecten zijn geformuleerd.

1.8 Leeswijzer

Dit document bestaat uit negen hoofdstukken. Hoofdstuk 1 bestaat uit een inleiding. Vervolgens worden in Hoofdstuk 2 kort de te verwachten effecten van klimaatverandering op oppervlaktewateren geschetst, waarna Hoofdstuk 3 ingaat op relevante projecten die deze effecten bestuderen in het licht van de KRW en Natura 2000. Hoofdstuk 4 behandelt vervolgens de effecten van klimaatverandering op de KRW- en Natura 2000 doelen in Nederland en de beschikbaarheid van informatie hierover. Daarna wordt in Hoofdstuk 5 ingegaan op exoten en hun invloed. Hoofdstuk 6 belicht de doelen aan de hand van klimaatadaptatiemaatregelen zoals genoemd in het rapport van de Deltacommissie (2008). Hoofdstuk 7 bestaat uit een discussie waarin de gevonden informatie en indicaties worden besproken. Conclusies worden hieruit getrokken in Hoofdstuk 8 en gebruikte literatuur is te vinden in Hoofdstuk 9.

2 Te verwachten effecten van klimaatverandering op oppervlaktewateren

De effecten van klimaatverandering op de waterkwaliteit en ecologische toestand van watersystemen zijn onder te verdelen in een aantal categorieën. Tabel 2.1 en Tabel 2.2 geven een overzicht van de directe fysische en indirecte (fysisch-) chemische effecten op de oppervlakte wateren (Royal Haskoning 2007, uit: Portielje 2009):

Tabel 2.1. Directe (fysische) effecten als gevolg van klimaatverandering (Portielje 2009).

Directe (fysische) effecten
Zeespiegelstijging (met als gevolg hogere waterpeilen en een hogere kweldruk in laaggelegen delen)
Hogere watertemperaturen
Verminderde ijsbedekking in de winter
Grotere variaties in afvoeren, waterpeilen en verblijftijden
Verandering arealen van voor organismen geschikte habitats met eventuele gevolgen voor bereikbaarheid van geschikte habitats

Tabel 2.2. (Fysich-) Chemische effecten van klimaatverandering (Portielje 2009).

(Fysich-)Chemische effecten	Beschrijving
Verzilting	Als gevolg van de zeespiegelstijging en verminderde rivierafvoer tijdens droogte neemt zoutindringing via riviermondingen en de kweldruk in laaggelegen delen toe, waardoor verdergaande verzilting van zoetwater zal optreden
Eutrofiering	Een door toenemende piekafvoeren grotere af- en uitspoeling van nutriënten (fosfor en stikstof) vanaf landbouwgronden richting de watersystemen
Vrijkomen van (persistente)	Uit sedimenten ten gevolge van piekafvoeren optredende erosie

microverontreinigingen	van waterbodems
Verlaging pH	Met name in mariene ecosystemen, door hogere CO ₂ -gehalten in de atmosfeer en hierdoor een verschuiving van chemische koolstofevenwichten in het oppervlaktewater
Verlaagde zuurstofconcentraties	Ten gevolge van hogere temperaturen en verhoogde zuurstofopname door biologische processen.

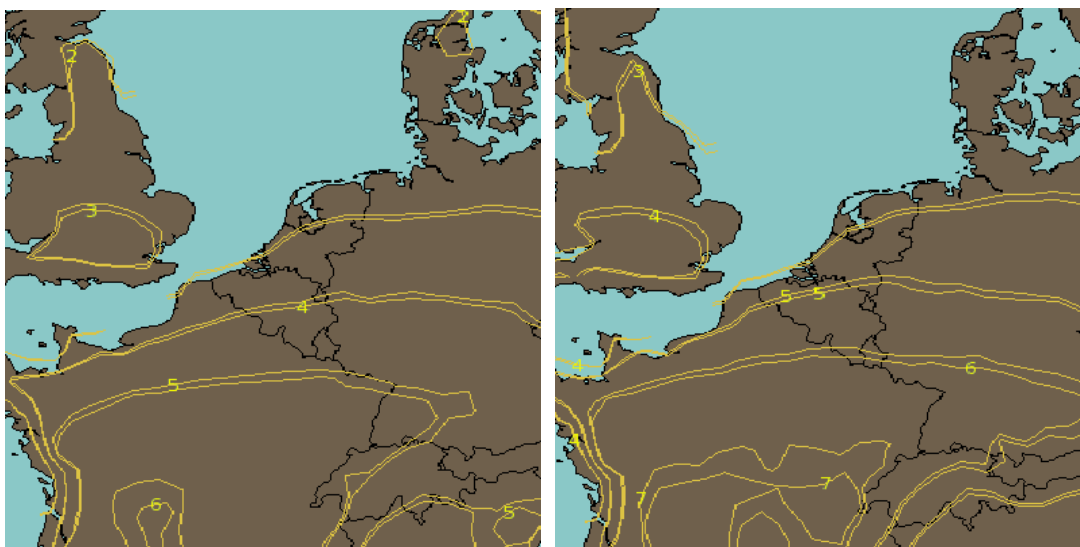
3 Inventarisatie projecten

3.1 KRW

Er bestaan verscheidene Europese studies waarin de relatie tussen klimaatverandering en de KRW wordt bestudeerd. CLIME en Eurolimpacs zijn afgerond en richtten zich vooral op zoetwatersystemen. REFRESH richt zich eveneens op zoetwatersystemen. WISER focust op rivieren en neemt ook kust- en overgangswateren mee. Ook is binnen de CIS working group on Climate Change and Water, AquaTerra en IWRM-NET voor de KRW aandacht besteed aan klimaatverandering. Deze projecten zijn hieronder kort toegelicht.

3.1.1 CLIME: Climate and Lake Impacts in Europe

Van januari tot december 2005 is er in het kader van EU-project CLIME (<http://clime.tkk.fi/>) onderzoek gedaan naar klimaatverandering met betrekking tot meren. Het doel hiervan was het ontwikkelen van een aantal methoden en modellen die gebruikt kunnen worden voor het beheer van stroomgebieden en meren in het licht van klimaatverandering. Implementatie van de KRW is hierbij als uitgangspunt genomen. Producten hieruit zijn kaarten die de effecten van temperatuursverhoging op meren (zowel diep als ondiep) tonen.



Figuur 3.1. Voorbeelden van kaarten van resultaten uit CLIME (<http://clime.tkk.fi/jrc/>) met betrekking tot de opwarming van kleine diepe meren in de zomer onder de B2 (links) en A2 (rechts) scenario's van de IPCC (2007).

In Figuur 3.1 zijn de resultaten te zien van de voorspelde temperatuurstijging van het oppervlaktewater onder het B2³ en A2⁴-scenario. Hierin is te zien dat onder het B2 scenario de stijging van de oppervlaktewatertemperatuur in de zomer ruwweg 1 °C lager zal zijn (3 – 4 °C tegen 4 – 5 °C).

3.1.2 CIS working group on Climate Change and Water

De CIS⁵ working group on Climate Change and Water (<http://ecologic.eu/2584>) is gestart omdat door waterbeheerders op dit moment al KRW-maatregelen worden gepland en uitgevoerd. Gezien de invloed van klimaatverandering op het succes van deze maatregelen, is het van belang dat waterbeheerders ook een handvat wordt geboden om hiermee om te gaan. Deze invloed kan op verschillende niveaus plaatsvinden. Zoals uit Jeppesen et al. (2009) blijkt kan er bijvoorbeeld invloed zijn op de doelen voor het GEP. De werkgroep stelt zich tot doel bepalen wat gedaan moet worden in de planning van de komende SGBP's met betrekking tot klimaatverandering. Hiertoe heeft men twee acties ondernomen:

- Er is een lijst opgesteld dat alle onderdelen van een SGBP beschrijft waar klimaatverandering in mee moet worden genomen
- Er is een rapport opgesteld dat over de invloed van klimaatverandering op SGBP's verhandelt: Dworak & Leipprand (2007).

De checklist uit het rapport is weergegeven in Tabel 3.1. Hierbij gaat het dus niet alleen om maatregelen die moeten worden genomen, maar ook om het socio-economische karakter. Een verdere rapportage moet hier nog uit voortkomen.

Tabel 3.1. Checklist voor het meenemen van klimaatverandering binnen SGBP's (Dworak & Leipprand (2007).

WFD implementation step	Checklist	WFD legal basis
Defining good status	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Will climate change influence the definition of reference conditions? ➤ Will climate change influence the typology of a water body? 	Art. 4
Setting environmental objectives	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Are measures for adaptation to climate change impacts being implemented that could be classified as new modifications (Art. 4.7) lowering the objectives? ➤ How does climate change affect Art 4.6 to 4.8 of the WFD 	Art. 4
Status assessment: characterisation	<ul style="list-style-type: none"> ➤ What information is available on climate change impacts in the river basin? What changes in water quantity and water quality are to be expected? ➤ Could climate change affect the rate of recharge of groundwater bodies? 	Art. 5 Annex II 1.3 (surface water) Annex II 2.2 (groundwater)
Status assessment (Art. 5): environmental impact of human activity	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Could climate change impacts interact with pressures on water quantity or/and quality? For instance, will water abstraction by different sectoral users be changed? Could demand for groundwater abstraction increase? ➤ Could climate change directly influence pollution? (e.g. Increased erosion and diffuse pollution, more frequent flushing of combined sewer outflows) ➤ Could climate change impacts indirectly influence pollution sources (e.g. changes in land use or agricultural activities?) 	Art. 5 Annex II 1.4
Status assessment: risk assessment	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Could the achievement of objectives be compromised by climate change? Could climate change impacts affect the likelihood of achieving the environmental objectives? 	Art. 5 Annex II 1.5
Status assessment (Art. 5): Economic analysis (Art. 9)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Could climate change impacts affect the baseline scenario for the river basin? Are they taken into account in long-term forecasts of supply and demand for water in the RBD? ➤ Are estimates of relevant investments and their potential costs still valid under changing climate conditions and under different climate scenarios? 	Art. 5, Art. 9 Annex III/

³ B2-scenario. Volgens dit scenario worden maatregelen genomen om de effecten van klimaatverandering te beperken, stijgt de temperatuur met ± 2,4°C en de zeespiegel met 20 tot 43 cm in 2100 ten opzichte van 1990;

⁴ A2-scenario. Volgens dit scenario worden géén maatregelen genomen om de effecten van klimaatverandering te beperken, stijgt de temperatuur met ± 3,4°C en de zeespiegel met 23 tot 51 cm in 2100 ten opzichte van 1990;

⁵ CIS: Common Implementation Strategy.

	➤ Do climate change impacts influence the costs of water services and the level of cost recovery?	
Monitoring	➤ Are monitoring systems able to capture long-term changes in natural conditions due to climate change? Will they capture climate-induced changes in anthropogenic pressures?	Art. 8
Programmes of Measures	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Could climate change impacts affect the cost-effectiveness of measures? ➤ Consider climate change in options appraisal, e.g. assess effectiveness under changing climate in the long term. ➤ Are there specific measures for climate change adaptation? If yes, how do they interact with other measures to achieve WFD objectives ➤ Could climate change impacts influence technical feasibility? ➤ Are measures climate-proof, i.e. is it ensured that they will support adaptation to climate change or at least not run counter to adaptation? ➤ Are potential adaptation measures in different sectors sufficiently integrated to ensure that synergies are exploited and conflicts avoided? ➤ Is priority given to no-regret measures which are viable under different climate change scenarios and reduce vulnerability to climate change impacts or climate-induced risks (e.g. flood risk management)? 	Art. 11
Programmes of Measures: protected areas	➤ Are particular measures needed for protected areas due to climate change?	Art. 11, Art. 6
Public participation	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Climate change impacts and their relevance for river basin management planning could be an issue in stakeholder consultation processes. Adequate information on potential climate change impacts including uncertainties could be made available to the public. ➤ Find out if national or regional stakeholder processes on adaptation exist (e.g. sectoral adaptation initiatives, regional or national projects or strategies), explore scope for linking activities and co-operation with such processes. 	Art. 14

3.1.3 AquaTerra

AquaTerra (<http://www.eu-aquaterra.de/>) is een afgerond EU project dat probeert een wetenschappelijke basis te leggen voor beter watermanagement op stroomgebiedsniveau. Hierbij gaat het vooral om de interactie tussen rivier, sediment, bodem en grondwater, wat betekent dat behalve natuur ook socio-economische aspecten mee worden genomen. Het accent ligt op de impact van zware metalen, verontreinigende stoffen zoals pesticiden (DDT, lindane, PCP), PCB's en organische verontreiniging. Deze stoffen zijn de afgelopen decennia in grote hoeveelheden gebruikt en verbruikt, waarbij geen rekening werd gehouden met de mogelijke impact van deze vaak zeer traag/niet afbreekbare stoffen op bijvoorbeeld het voedselweb. Enkele van deze stoffen zullen ook een rol gaan spelen bij klimaatverandering.

AquaTerra stelt zich tot doel het voorkomen van een aantal van deze stoffen in beeld te brengen. Daarnaast kijkt men ook naar de impact van deze stoffen op systemen. Men probeert de cycli die ze doormaken te begrijpen om op deze manier ook hun aanwezigheid en activiteit in de toekomst te kunnen voorspellen.

Binnen het project bestaat het deelproject HYDRO dat zich richt op de invloed van klimaatverandering op watercycli op stroomgebiedsniveau. Hierbij gaat het zowel om stroommodellen als om verdamping en neerslag. Hierin wordt onder andere gekeken naar de beschikbaarheid van data om klimaatmodellen toe te passen op de rivieren Gallego (Italië), Brévilles en de Dommel (Fowler et al. 2005). Binnen dit project is de KRW niet meegenomen. Aangezien grondwater ook invloed kan hebben op de oppervlaktewaterkwaliteit en de KRW zich ook op grondwaterkwaliteit en –kwantiteit richt is dit project hier opgenomen.

3.1.4 Eurolimpacs

Eurolimpacs (<http://www.eurolimpacs.ucl.ac.uk/>) is een EU project dat gelopen heeft van februari 2004 tot januari 2009. Het stelde zich als doel de effecten van globale veranderingen (waaronder klimaatverandering) op zoetwaterecosystemen in kaart te brengen. Het richtte

zich vooral op de KRW, maar ook zijdelings op Natura 2000. Gecoördineerd door het ECRC⁶ en de University College London had het in totaal 36 partners.

Het project is onder andere in het leven geroepen vanwege de bevindingen gebundeld in EEA (2007), waarin de opwarming en temperatuursveranderingen van de aarde, de verandering van neerslagpatronen en in het algemeen de vermeerdering hiervan worden genoemd. Daarnaast wordt hierin gesproken over de mogelijke effecten hiervan, waaronder verzuring, eutrofiëring (zowel intern als extern), snellere erosie, meer ultra-violette straling, de introductie van exoten, de veranderde verspreiding van inheemse soorten en het omleiden/indammen van rivieren ten behoeve van overstromingspreventie.

In Eurolimpacs is de interactie tussen klimaatverandering en de hieruit resulterende drijfveren voor verandering binnen ecosystemen bekeken, zoals landgebruik, nutriënten, zuurdepositie en toxische stoffen. Ook is onderzocht wat er nu al bestaat aan gegevens en zijn experimenten uitgevoerd om de respons van het aquatische ecosysteem op die drijfveren te meten. Het project is in vier componenten opgedeeld (Tabel 3.2).

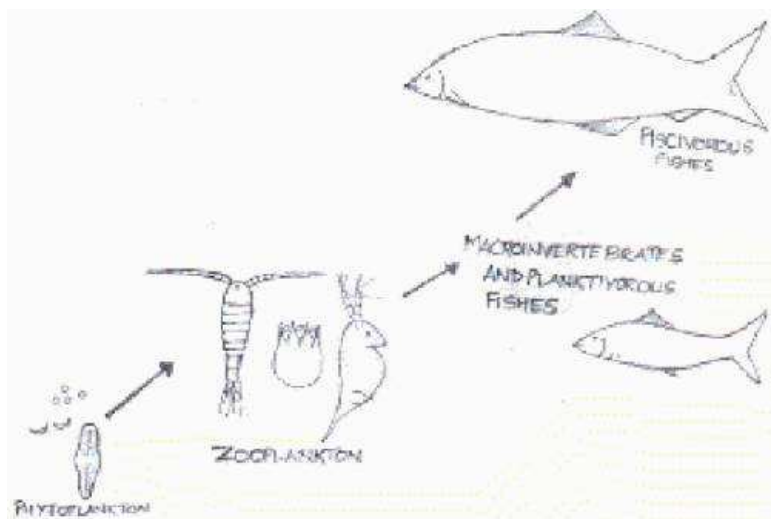
Tabel 3.2. Een samenvatting van de 4 projectonderdelen van Eurolimpacs.

Onderdeel	Onderwerpen/producten
Stressoren klimaatverandering	Directe invloed en interactie met landgebruik, nutriënten, verzuring en toxische stoffen
Temporele schaal	<ul style="list-style-type: none"> - Uren/dagen: veranderingen in grote en frequentie van extremen - Seizoenen: veranderingen in ecosysteem-functie en life-cycle strategieën - Jaren/decennia: ecologische respons op drukken (herstel en stressreductie)
Management van ecosystemen	<ul style="list-style-type: none"> - Sleutelindicatoren binnen het ecosysteem die klimaatverandering indiceren, - Nieuwe methoden voor het definiëren van referenties en maatregelen waarbij klimaatverandering wordt meegenomen, - Hulp aan watermanagers om klimaatverandering en de interacties met andere processen te begrijpen
Diverse thema's	<ul style="list-style-type: none"> - Bestuderen van grote, diepe meren en hun stroomgebieden - Achterhalen van processen die de concentratie DOC in zoete oppervlaktewateren beïnvloeden, waaronder klimaatverandering

⁶ ECRC: Environmental Change Research Centre.

Eindprodukt

De resultaten van het project zijn deels gepubliceerd in wetenschappelijke tijdschriften waarvan de meeste te vinden zijn op <http://www.eurolimpacs.ucl.ac.uk> en deels in een 'position paper' (Battarbee et al. 2008) verschenen. Hierin worden de in Tabel 3.2 genoemde onderdelen behandeld. Enkele publicaties resulterende uit het project zijn ook bij onze studie gebruikt. De belangrijkste bevindingen komen uit Jeppesen et al. (2009), die stelt dat fosfortransport wordt beïnvloed door klimaatverandering. Er zal in meren meer mobilisatie van fosfor uit het sediment plaats vinden door de hogere temperaturen. Dit zal vervolgens leiden tot een verandering in de structuur van de vissengemeenschap. Er zal meer vis komen die op zooplankton voedt, wat betekent dat de hoeveelheid fytoplankton zal stijgen (zie Figuur 3.2). Het gevolg hiervan zijn algenbloeiën, vooral van cyanobacteriën (blauwalgen). Het feit dat temperatuurverhoging leidt tot meer fosformobilisatie uit sedimenten in Noord-Europa betekent dat de maximale fosforconcentratie voor het behalen van het GET binnen de KRW zou moeten worden bijgesteld (lager worden). Hier moeten maatregelen voor genomen worden, zoals het terugbrengen van de fosforuitstoot vanuit de landbouw (aanpassen mestbeleid).



Figuur 3.2. Illustratie van de relatie tussen vis, zooplankton en fytoplankton.

Moss (2008) kijkt naar de KRW vanuit een beleidsmatig perspectief en merkt op dat de huidige toestand van oppervlaktewater nauwelijks verbetert na invoering van de KRW: in de meeste landen wordt het GET of GEP in minder dan 40% van de waterlichamen gehaald. Daarnaast verloopt de implementatie langzaam en bestaan er teveel uitwegen om niet dat te doen waar de KRW voor bedoeld is. Daarbij gaat het met name om de term 'referentie'. Een historische referentie zonder antropogene invloed kan niet meer nagestreefd worden, maar dit moet geen reden zijn om niet meer te streven naar verbeteringen in ecologische toestand. In het licht van grotere milieuproblemen zoals klimaatverandering, armoede, bevolkingsgroei, de teruglopende oliereserves en verdere vernietiging van ecosystemen is het dus van groot belang dat de richtlijn wél wordt uitgevoerd zoals deze bedoeld is omdat het in potentie een krachtig instrument is.

In het licht van deze historische referenties beschrijven Bennion & Battarbee (2007) de kansen voor paleolimnologie om bij te dragen aan de definitie hiervan, aangezien het grootste deel van oppervlaktewateren in Europa beïnvloed is door menselijke activiteit. De aanwezigheid van fossiele indicatoren op het gebied van flora (plankton, waterplanten, pollen) en fauna (Chironomidae, Ostracoda, Cladocera, vis) bieden de mogelijkheid

referenties te ontwikkelen die verwijzen naar de toestand van aquatische ecosystemen voordat vervuiling optrad. Deze methoden moeten nog verder ontwikkeld worden, maar het belangrijkste hierbij is dat de methoden kunnen helpen bij het scheiden van effecten van klimaatcycli op een schaal van tientallen tot honderden jaren en klimaatverandering veroorzaakt door menselijke activiteit.

KRW en Natura 2000

In de position paper van Batterbee et al. (2008) worden specifieke aanbevelingen met betrekking tot de de inpassing van de KRW en de Habitatrichtlijn (onderdeel van Natura 2000) in het kader van klimaatverandering genoemd.

Voor de KRW zijn deze:

- Voldoen aan de KRW-doelen met betrekking tot waterkwaliteit in situaties waar klimaatverandering problemen met eutrofiëring en toxische stoffen verergert;
- Toestaan van de effecten van klimaatverandering op de referentietoestand en de ecologische toestand van waterlichamen. Hiermee wordt bedoeld dat beiden zullen worden beïnvloed en dit wellicht tot een herdefiniëring leidt van de referentietoestand als doel;
- Inzicht krijgen in de manier waarop klimaatverandering grenswaarden kan veranderen. Deze kleine veranderingen kunnen een sterke respons van het systeem indiceren. Dit kan leiden tot herziening van maatlatten en aanscherping van de huidige maatregelen om alsnog het GEP/GET te bereiken;
- Algemeen inzicht krijgen in hoe klimaatverandering KRW-maatregelen en SGBP's⁷ beïnvloedt.

Voor de Habitatrichtlijn:

- Nadrukkelijk erkennen van de bedreiging die klimaatverandering vormt voor de diversiteit van aquatische ecosystemen;
- Eventueel herdifiniëren van de lijst met habitats en doelsoorten, omdat de beschermingsstatus kan veranderen onder invloed van klimaatverandering;
- Aanzetten tot meer habitatbescherming en connectiviteit om migratie als gevolg van klimaatverandering mogelijk te maken.
- Begrijpen en handelen naar het verschil tussen invasie en 'normale vestiging' van exoten.

3.1.5 REFRESH

REFRESH⁸ bouwt verder op bevindingen uit Eurolimpacs en richt zich vooral op rivieren, meren en moerasgebieden. Hierbij ligt de nadruk niet op het inventariseren van veranderingen als gevolg van klimaatverandering en de wijze waarop dit kan worden gemeten, maar het gaat een stap verder. Implementatie van KRW-maatregelen moet namelijk ook worden afgestemd op klimaatverandering zodat deze hierop aangepast zijn en waar mogelijk bijdragen aan mitigatie hiervan, aangezien klimaatverandering verregaande effecten heeft op biota, zoals het verdwijnen van koud-stenotherme soorten (Jeppesen et al. 2009). Ook zullen oppervlaktewateren veranderen: kleine beken kunnen verdwijnen, grotere rivieren zullen perioden van droogten kennen en meren worden zouter.

⁷ SGBP: Stroomgebiedbeheerplan;

⁸ REFRESH: Adaptive strategies to mitigate the impacts of climate change on European freshwater ecosystems.

Aangezien er voorlopig geen eind aan de veranderingen veroorzaakt door de uitstoot van broeikasgassen lijkt te komen, is het belangrijk dat waterbeheerders kosteneffectieve maatregelen kunnen ontwikkelen die niet (deels) teniet worden gedaan door klimaatverandering. Het doel van REFRESH is dan ook het ontwikkelen van realistische strategieën voor klimaatverandering en gerelateerde processen zoals landgebruik, stikstofdepositie en watergebruik. Daarnaast wordt gezocht naar duurzame en adaptieve mitigatie- en herstelstrategieën waarbij de nadruk wordt gelegd op:

- Veranderingen in hydrologisch regime en saliniteit
- Watertemperatuur
- Het gedrag van nutriënten en organisch materiaal

Vervolgens is het de bedoeling om methoden te ontwikkelen die de effecten op de referenties en de gevoeligheid van een systeem kunnen bepalen. Hiervoor wordt gekeken naar de invloed van klimaatverandering op de distributie van soorten en het ontwikkelen en valideren van modellen die de effecten van klimaatverandering op ecosystemen inschatten. Deze informatie moet worden gebruikt om de kosteneffectiviteit van maatregelen in te schatten, waarbij het dus belangrijk is dat deze op de lange termijn duurzaam zijn en wanneer mogelijk bijdragen aan KRW/Natura 2000 doelen én mitigatie voor klimaatverandering.

3.1.6 WISER

WISER⁹ (<http://www.wiser.eu/>) is in 2009 gestart en is een consortium, dat bestaat uit van 25 partners in 16 landen (waaronder Deltares), en dat zich richt op de implementatie van de KRW. Er bestaan een aantal leemten in kennis om de KRW goed tot uitvoering te brengen. Het gaat hierbij om het in sommige lidstaten ontbreken van gevalideerde beoordelingssystemen voor meren en overgangs- en kustwateren en dan met name om de BKE's¹⁰ vis en macroalgen/angiospermen (macrofyten). Ook zijn maatlatten en indicatoren nog niet voldoende getest en getoetst op robuustheid en effectiviteit. Daarnaast ontbreekt kennis omtrent de effecten van herstelmaatregelen en klimaatverandering op de ecologische toestand. Rondom deze twee leemten zijn dan ook de volgende doelen geformuleerd (Tabel 3.3).

Tabel 3.3. De doelen die geformuleerd zijn voor WISER.

Ontbreken (kennis over) maatlatten	Effecten herstel en klimaatverandering
Testen en completeren van huidige maatlatten	De effecten van drukken op BKE's kwantificeren
Ontwikkelen van nieuwe maatlatten waar nodig	Relaties afleiden tussen restauratie en herstel
Ontwikkelen van een systeem waarin de kosten-effectiviteit van een maatlat kan worden bepaald	Modellen ontwikkelen die de respons van BKE's voorspellen op herstelmaatregelen
Ondersteunen van intercalibratie voor alle watertypen en BKE's	Inschatten welk effect klimaatverandering heeft op herstel en achteruitgang van de ecologische toestand
Beoordelen van de onzekerheid van maatlatten	

⁹ WISER: *Water bodies in Europe: Integrative Systems to assess Ecological status and Recovery*;

¹⁰ BKE's: *Biologische Kwaliteits Elementen*. Dit zijn de groepen fytoplankton, macrofyten, macrofauna en vis. Voor deze groepen wordt de afwijking van de referentietoestand bepaald. De score die hieruit voortkomt wordt samen met andere kwaliteitselementen gebruikt om te bepalen of het GET/GEP wordt behaald.

Om deze doelen te bereiken combineren de partners in totaal meer dan 90 databases. Aangezien het vooral gaat om meren, overgangs- en kustwateren, wordt daarvoor ook nog praktijkwerk uitgevoerd.

Intercalibratie en de ontwikkeling van deelmaatlatten

Voor meren en kust- en overgangswateren worden de bestaande maatlatten gevalideerd en waar nodig nieuwe maatlatten ontwikkeld voor alle relevante BKE's. Voor meren zijn dit fytoplankton, macrofyten, macrofauna en vissen en voor kust- en overgangswateren fytoplankton, macroalgen/angiospermen, macrofauna en vissen. De nieuwe maatlatten zelf zullen klimaatverandering niet zozeer meenemen, maar er wordt onderzocht wat klimaatverandering doet met het doelbereik in termen van onzekerheid en de benodigde drukverlaging. Hierbij wordt de nadruk gelegd op hydromorfologie (oeverstructuur en waterstand) en eutrofiëring. Met betrekking tot eutrofiëring gaat het vooral om het valideren van de huidige indicatoren en het afleiden van grenzen hiervan met betrekking tot de ecologische toestand. Daarnaast wordt voor kust- en overgangswateren gekeken naar toxiciteit van bijvoorbeeld zware metalen en organische vervuiling.

De ontwikkeling van nieuwe maatlatten zal zich richten op het gebruik van deelmaatlatten die significant reageren op druk en die een zo laag mogelijke onzekerheid, een zo groot mogelijke robuustheid en een zo hoog mogelijke kosteneffectiviteit met zich meebrengen. Idealiter zijn de nieuwe maatlatten toepasbaar binnen verschillende ecoregio's. Hieruit komen de volgende producten.

- Een overzicht van kosteneffectieve en geschikte deelmaatlatten voor monitoring van eutrofiëring en hydromorfologische degradatie. Voor kust- en overgangswateren ook toxische stoffen zoals metalen en organische vervuiling;
- Aanbevelingen voor kostenefficiënte monitoring;
- Aanbevelingen voor het combineren van deelmaatlatten per BKE om zo een geschikt beoordelingsstelsel op te zetten;
- Aanbevelingen met betrekking tot het verminderen van misclassificatie van kust- en overgangswateren;
- Een overzicht van de onzekerheden in deze deelmaatlatten;
- Software die deze onzekerheden en de risico's voor het verkeerd classificeren van waterlichamen kunnen bepalen.

Klimaatverandering en herstelmaatregelen

De twee belangrijkste factoren die veranderingen binnen waterlichamen in de toekomst zullen sturen zijn herstel (drukverlichting en restauratie) en klimaatverandering, dat zowel direct (bijv. door temperatuur en neerslag) als indirect (bijv. door veranderingen in landgebruik) in kan grijpen op het ecosysteem. Daarom is het binnen WISER ook de bedoeling dat hiervoor kennisregels worden afgeleid, zodat voorspellingen kunnen worden gedaan met betrekking tot het herstel van het aquatische ecosysteem. Dit is belangrijk omdat zo de effectiviteit van een maatregel kan worden ingeschat en maatlatgrenzen en herstel door klimaatverandering kunnen worden beïnvloed. Wanneer deze kennisregels binnen een model worden ingepast kan informatie verkregen worden over:

- De benodigde drukverlichting om de Goed – Matig grens te bereiken;
- De onzekerheden hierbij;
- Het effect van klimaatverandering op maatlatgrenzen waarbij het met name gaat om de Goed – Matig grens die worden gebruikt bij intercalibratie.

Eindprodukt

Het is de bedoeling dat alle verkregen informatie wordt geoptimaliseerd en geïntegreerd zodat maatregelen en management op een grotere schaal kosten-effectief worden uitgevoerd. Hierbij is het belangrijk de daadwerkelijke gebruikers hierin te betrekken, waaronder waterbeheerders, coördinatoren van GIG's¹¹, maar ook de milieupolitiek en organisaties die zich bezig houden met water-gerelateerde problematiek. De te nemen maatregelen worden dan ondersteund door voorspellingen over hoe de relevante organismen in verschillende watertypen reageren op druk en de verlichting ervan, waarbij ook rekening wordt gehouden met onzekerheden in monitoring, het verschil in respons van organismen in verschillende habitats. Daarnaast kan het uiteindelijk bereikte inzicht in de druk-impact-respons-herstel processen vergeleken worden tussen rivieren, meren en overgangs- en kustwateren.

3.1.7 IWRM-NET – ICARIM

ICARIM¹² is een project dat is ingediend bij IWRM-NET¹³. Dit is een netwerk bestaande uit internationale onderzoeksprojecten en programma's. Het doel hierbij is het faciliteren van kennisuitwisseling binnen het netwerk in de context van implementatie van de KRW, waarbij de nadruk op klimaatverandering ligt.

Onder de deelnemers vallen zes partners, waaronder Deltares. Het doel van het project is het faciliteren van implementatie van de KRW en besluitvorming in de SGBP's. Meer specifiek zijn de doelen:

- Het beoordelen en inventariseren van recentelijke en huidige onderzoeksprojecten die kijken naar de effecten van klimaatverandering op hydrologie, watertemperatuur, chemie en de gevolgen voor aquatische ecosystemen in stromende wateren;
- Analyse van de effecten van klimaatverandering en het selecteren van gebieden/systemen voor case studies;
- Evaluatie van de effecten van adaptatiemaatregelen op ecologisch, socio-economisch en milieukundig niveau;
- Het ontwikkelen en testen van concepten voor planning binnen de case studies op het gebied van klimaatverandering en adaptie, in het kader van de KRW;
- Beheerders de mogelijkheid bieden te beoordelen of vergaarde kennis voor hen relevant is
- Richtlijnen ontwikkelen die SGBP's in de toekomst klimaatbestendig maken.

Dit project bestaat uit in een **inventarisatiefase** (literatuurstudie), een **planningfase** die bestaat uit een vertaling van opgedane kennis naar nieuwe methodologiën en een **applicatiefase** waarin de daadwerkelijke richtlijnen worden ontwikkeld.

3.2 Natura 2000

¹¹ GIG: Geografische Intercalibratie Groep. Een groep experts die werkt aan de validatie aan afstemming van maatlatten binnen een bepaalde regio. Nederland is voor zoete wateren ingedeeld in de Centraal Baltische GIG (CB GIG). Voor zoute maakt Nederland deel uit van de Noord-oost Atlantische GIG (NEA GIG);

¹² ICARIM: Impact of Climate change on Aquatic systems and adaptation of River basin Management;

¹³ IWRM-net: Regional and National research programmes network on Integrated Water Resources Management. (<http://www.iwrn-net.org/>).

Ook met betrekking tot Natura 2000 zijn enkele studies uitgevoerd naar de effecten van klimaatverandering. Deze zijn hieronder weergegeven.

3.2.1 The Natura 2000 network and climate change. Addressing policy needs; learning from research

Binnen de European Environment Agency is in 2006 een expertmeeting gehouden waarin de effecten van klimaatverandering op het Natura 2000 netwerk zijn bestudeerd. Klimaatverandering kan namelijk drukken die nu heersen op het netwerk verergeren (EEA 2006). Er kan bijvoorbeeld versnippering optreden door veranderingen in landgebruik en gebieden kunnen ongeschikt raken door bijvoorbeeld temperatuurveranderingen en droogval. Aangezien Natura 2000 een statisch netwerk is van gebieden is het hier gevoelig voor. Dit statische karakter moet dus veranderen. Uit Foppen et al. (1999) blijkt bijvoorbeeld dat rietzangers in gefragmenteerde habitats gevoeliger zijn voor achteruitgang en uitsterven. Daarnaast zal in Nederland de verspreiding van soorten met een zuidelijke habitatgrens afnemen en soorten met een noordelijke grens zullen zich uitbreiden. Het is dus belangrijk het Natura 2000 netwerk internationaal af te stemmen zodat er cohesie bestaat binnen de gebieden. Daarnaast moeten bufferzones rond deze gebieden worden aangelegd.

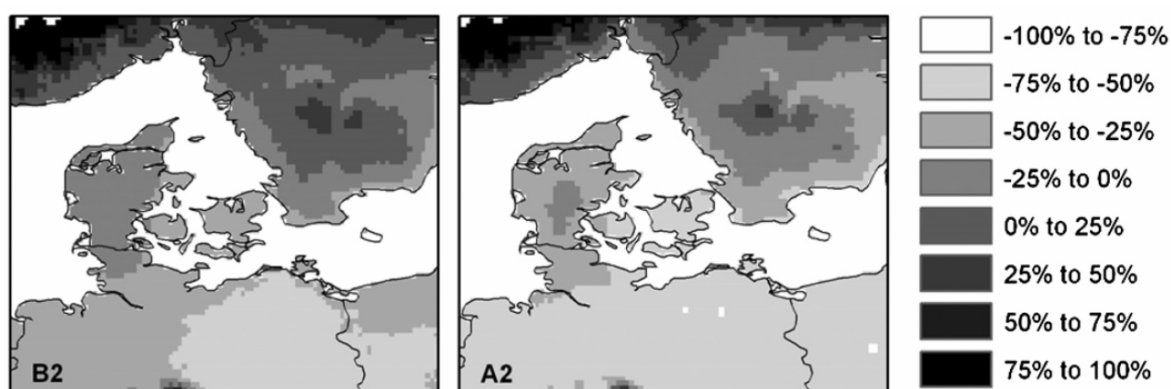
Binnen dit project zijn vier regio's aangewezen die extra risico lopen met betrekking tot klimaatverandering. Dat zijn de polen, bergen, moerassen (kust) en het Mediterrane gebied. Vervolgens zijn deze regio's in kaart gebracht en de habitats die daarin het meeste risico lopen geselecteerd. Het doel is deze regio's extra te beschermen door het creëren van bufferzones en beleid hierop af te stemmen, maar actie hiertoe is niet ondernomen.

3.2.2 Andere literatuur

Door de EC DG ENV¹⁴ (2007) is een nieuwsbrief uitgebracht waarin wordt gesproken over het uitsterven van soorten bij stijgende temperatuur en het belang van een coherent netwerk dat populaties robuuster maakt. Een andere belangrijke rol die Natura 2000 gebieden hebben is die van zogenaamde 'carbon sinks'. Zo is het nationaal park Müriz in Duitsland beschermd door het waterniveau te verhogen waardoor veen niet verder afbreekt en de uitstoot van CO₂ wordt beperkt.

Normand et al. (2006) deden hiernaast een studie naar de verandering in verspreiding van in totaal 84 plantensoorten die de habitattypen uit de Habitatrichtlijn karakteriseren aan de hand van de A2 en B2 klimaatscenario's van de IPCC (2007). Resultaten van deze modellering zijn te zien in Figuur 3.3. Hierin staan de negatieve percentages voor afname in geschiktheid van habitats voor plantensoorten die opgenomen zijn in de habitatrichtlijn. Hieruit blijkt dat onder het A2-scenario de geschiktheid sterker afneemt dan onder het B2-scenario. Onder het A2 – scenario neemt de geschiktheid zo'n 25-50% af in grote delen van Denemarken. Dit geldt echter voor zowel landplanten als waterplanten. De vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*) die is opgenomen in de KRW-maatlat voor macrofyten en op de Nederlandse rode lijst staat is bijvoorbeeld ook meegenomen.

¹⁴ EC DG ENV: European Commission Directorate General Environment.



Figuur 3.3. Effecten van klimaatverandering op habitatgeschiktheid voor Habitatrichtlijn-soorten (uit Normand et al. 2006).

Andere bevindingen zijn dat meer soorten zullen verdwijnen onder invloed van klimaatverandering en dat er grove veranderingen gaan plaatsvinden in soortensamenstelling van gemeenschappen. Er wordt dan ook aangeraden om de aanpak van de Habitatrichtlijn te wijzigen door de aanwijzing van habitats minder sterk op enkele soorten te richten. De types zoden opnieuw gedefiniëerd moeten worden. Verspreiding verandert namelijk onder andere door klimaatverandering. Daarnaast moet het netwerk meer cohesie krijgen zodat soorten kunnen migreren en minder gevoelig zijn voor uitsterving. Ook moeten veranderingen binnen ecosystemen als gevolg van klimaatverandering actief gemonitord worden.

4 Klimaatverandering – KRW & Natura 2000

Internationale studies naar de invloed van klimaatverandering op de KRW en Natura 2000 zijn toegelicht in Hoofdstuk 3. Hierbij ligt de nadruk op de KRW en gaat het om rijkswateren. Deze omvatten in hoofdzaak het zogenaamde waterhuishoudkundig hoofdsysteem. Dit zijn dus de grote rivieren, het IJsselmeer, het Amsterdam-Rijnkanaal, de Waddenzee, het Eems-Dollardestuarium en de Deltawateren. Ook de Noordzee valt onder de rijkswateren. De invloed op KRW-maatlatten en –doelen en Natura 2000 doelen worden hier toegelicht.

4.1 KRW-maatlatten

Voor het beschrijven van de gevolgen van klimaatverandering op de KRW-doelen en maatlatten zijn de watertypen in drie categorieën onderverdeeld. Voor de rijkswateren zijn dit stilstaande wateren (M6, M7, M14, M20, M21), rivieren (R7, R8 en R16) en zoute wateren (M30, M32, O2, K1 en K3).

Binnen Nederland zijn al enkele KRW-studies gedaan. Verdonschot et al. (2007) richtten zich op zoete wateren en temperatuurstijging. In Dionisio Pires (2008) zijn de effecten van klimaatverandering op oppervlaktewateren eveneens beschreven, waarbij ook de effecten op KRW-maatlatten kort zijn beschreven op het gebied van CO₂ en DOC¹⁵ concentraties in het water, neerslagdynamiek, nattere winters en drogere zomers, zeespiegelstijging, nutriënten en licht. Er wordt getracht deze processen mee te nemen in de analyse. Portielje (2009)

¹⁵ DOC: Dissolved Organic Carbon (opgeloste organische koolstof).

beschrijft eveneens de effecten op de KRW-doelen. De gevoeligheid zoals toegekend aan de watertypen in Portielje (2009) zijn weergegeven in Tabel 4.1.

Tabel 4.1. *Inschatting van de gevoeligheid van watertypen voor aan klimaatverandering gerelateerde drukken (uit Portielje 2009). xxx=vrijwel altijd gevoelig; xx=gevoelig waar dit speelt; x=gevoeligheid niet groot of sterk afhankelijk van de locale omstandigheden; o=niet noemenswaardig.*

Drukken	Stilstaande wateren (M-typen)	Rivieren (R-typen)	Kust (K-typen)	Overgangs (O-typen)
<i>Eutrofiering</i>	xxx	x	xx	xx
	xx	xx	o	o
<i>Verzilting</i>				
<i>Regulering van waterpeil(fluctuaties)</i>	xx	o	o	xx
	o	xx	o	xx
<i>Afvoerdynamiek</i>				
	x	xxx	o	xx
<i>Connectiviteit</i>				
<i>Thermische belasting</i>	x	xx	o	x

4.1.2 Stilstaande wateren

IPCC (2007) beschrijft dat opwarming kan leiden tot veranderingen in dichtheden, produktie, compositie van gemeenschappen, fenologie, verspreiding en migratie. Ook de uitspoeling van (voedings-)stoffen uit de landbouw en grotere peilvariatie kunnen een rol gaan spelen. Daarnaast bestaan er in meren vaak minder goede migratiemogelijkheden wat betekent dat het ongeschikt worden van een (deel-)gebied problemen voor de instandhouding van de populatie van een soort kan betekenen.

De stilstaande wateren zijn onder te verdelen in ondiepe meren (M6 en M14) en diepe meren (M7, M20 en M21). Diepe meren zijn echter vaak dimictisch. Dit betekent dat ze in de zomer en winter gestratificeerd zijn en dat er in de lente en herfst circulatie optreedt.

De stijgende temperaturen kunnen ervoor zorgen dat in diepe meren 's winters geen menging van de onderste en bovenste waterlaag meer plaatsvindt door geprolongeerde stratificatie. Diepe meren kunnen zo naar monomictisch toe gaan. Dit betekent dat er het gehele jaar stratificatie is, wat kan leiden tot zuurstofarme situaties in het hypolimnion. Daarbij kunnen organismen in diepe meren eventueel wel verticaal migreren over de temperatuursgradiënt. Hier is in ondiepe stilstaande wateren minder mogelijkheid toe.

Ondiepe stilstaande wateren hebben een grotere oppervlakte/diepte-verhouding, wat betekent dat stijging van de watertemperatuur sneller zal optreden dan in diepe stilstaande wateren (Mooij et al 2005). Daarentegen zal de temperatuur ook sneller dalen wanneer deze effecten zich niet voordoen doordat ze minder diep zijn en er geen stratificatie aanwezig is. De sterke temperatuurfluctuaties kunnen er op hun beurt ervoor zorgen dat koudstenotherme soorten die hier aan de zuidelijke grens van voorkomen zitten eerder verdwijnen (Verdonschot et al. 2007).

Fytoplankton

De maatlat voor fytoplankton bestaat uit de onderdelen ongewenste bloei/drijfslag van een aantal soorten en de concentratie chlorofyl-a in het zomerhalfjaar (Van der Molen & Pot 2007

De zomerbloei van blauwalgen langer en groter zijn (Wanink et al. 2008). Dit wordt versterkt doordat populatiegroei van sommige soorten zooplankton uitblijft (Verdonschot et al. 2007) en de op zooplankton prederende juveniele vis sneller uitkomt en groeit (Mooij et al. 2008). Mooij et al. (2008) richten zich op brasem, maar de resultaten van deze studie kunnen redelijkerwijs geëxtrapoleerd worden naar andere soorten. De primaire productie zal dus hoger liggen (Verdonschot et al. 2007) en de kritische waarden voor nutriënten lager, waardoor het meer eerder in troebele toestand terecht zal komen. Een grotere uitspoeling van DOC¹⁶ en nutriënten door hevigere neerslag zal ook bijdragen aan hinderlijke algenbloei (Eisenreich 2005; Portielje 2009). Dit leidt ertoe dat de scores op de maatlaten zullen dalen.

Macrophyten - Fytobenthos

De deelmaatlatscore voor fytobenthos wordt berekend aan de hand van de IPS-methode¹⁷. Deze scoort positief op de aanwezigheid van soorten. Afwezigheid scoort niet en abundantie wordt niet meegenomen, omdat hier weinig over bekend is (Van den Berg & Pot 2007). Vertroebeling door de aanwezigheid van meer fytoplankton en zuurstofdepletie leiden waarschijnlijk tot een lagere IPS-score.

Een aantal onderzoeken (Wanink et al. 2008; Mooij et al. 2008; Ter Heerd 2007; EEA 2008) onderschrijven dat bij voorspelde temperatuurstijging (uit IPCC en daarop gebaseerde KNMI scenario's) de voorjaarspiek van fytobenthos eerder zal optreden. Dit kan een probleem zijn wanneer er een mismatch met een predator (bijvoorbeeld macroinvertebraten) in het voedselweb optreedt.

Macrophyten - Waterplanten

Met betrekking tot submerse vegetatie vergeleken Rooney & Kalff (2000) een koel met een warm jaar in kleine meren en vonden in het warmere jaar een 25-170% diepere kolonisatie van de meren door macrofyten en een toename in biomassa van 45 – 1160% door een eerdere start van het groeiseizoen. Deze effecten bleken het sterkst in heldere eutrofe, ondiepe meren. Hier zijn nutriënten niet limiterend en bevindt zich een in verhouding groter begroeibaar oppervlak in vergelijking met diepe meren. Verdonschot et al. (2007) geven daarnaast aan dat sommige soorten eerder zullen starten met groeien en hogere abundanties kunnen bereiken. Het omslagpunt van de heldere naar de troebele fase bepaalt echter in sterke mate wat er met de deelmaatlat gebeurt in verband met de mogelijkheid tot fotosynthese. In de vrij eutrofe meren binnen Nederland zal deze omslag waarschijnlijk plaats vinden, waardoor vooral ondergedoken waterplanten negatieve effecten ondervinden (Portielje 2009). Ook met betrekking tot oeverbegroeiing zullen scores achteruit gaan. Door eutrofiëring kunnen ongewenste drijvende planten zoals kroos toenemen (Portielje 2009). Ook McKee et al. (2002) vonden toename van *Lemna major* en *Potamogeton natans* bij een temperatuurstijging van 3 °C. IPCC (2007) geeft aan dat in vennen sterkere waterstandsfluctuaties ervoor zullen zorgen dat houtvormende soorten gaan domineren. Dit zijn geen rijkswateren, maar wanneer deze sterke waterstandsfluctuaties ook optreden in ondiepe meren kan hier eenzelfde proces optreden. Houtvormende soorten vallen niet onder de definitie van oeverbegroeiing en dus kan de score afnemen. Over het algemeen zullen de scores achteruitgaan, behalve met betrekking tot drijvende vegetatie. Deze wordt echter niet

¹⁶ DOC: Dissolved Organic Carbon.

¹⁷ IPS-methode: Index de Polluosensitivité Spécifique. Een Franse methode voor de beoordeling van diatomeeën. Deze wordt internationaal veel toegepast.

beoordeeld bij zoete stilstaande wateren, maar zal wel het aandeel submerse vegetatie negatief beïnvloeden.

De soortensamenstelling zal ook achteruitgaan aangezien bij hogere temperaturen en eutrofiëring eerder dominantie kan optreden van enkele soorten die geen ruststadium nodig hebben (Verdonschot et al. 2007).

Macrofauna

Verdonschot et al. (2007) beschrijven een aantal studies die de effecten van koelwaterlozing op nabije macrofaunapopulaties in kaart hebben gebracht. Hieruit blijkt dat de effecten met betrekking tot soortensamenstelling verschillen. Er bestaan signalen dat soortenaantallen stijgen, maar ook dat deze dalen. Gevolgen van blauwalgenbloei, drijvende vegetatie, uitspoeling van nutriënten door regenval en daarmee samenhangende lagere zuurstofconcentratie kunnen zorgen voor een verarming van de gemeenschap, waardoor enkele groepen karakteristiek voor lage zuurstofconcentraties achterblijven. In diepe meren zal een deel van de gemeenschap naar de diepte kunnen migreren en voor M6 en M7 zal dit effect minder sterk zijn aangezien hier slechts enkele negatief kenmerkende taxa zijn aangewezen en het grootste deel van de taxa als positief wordt gezien. Ook hierbij lijken de doelen minder goed haalbaar.

Vis

In meren betekent opwarming dat soorten van kouder water zullen verdwijnen. Daarnaast zullen de effecten van eutrofiëring en waterstandsfluctuaties ervoor zorgen dat zuurstoftolerante (Verdonschot et al. 2007) en eurytope vis op kunnen komen. Mooij et al. (2008) kwamen via modelexperimenten ook uit op een sneller uitkomen, groeien en grotere overlevingskansen van brasem en wordt in Verdonschot et al. (2007) aangehaald dat de visstand bij het lozingsgebied van de Flevocentrale in de jaren '70 ruim 200 keer zo hoog was en de stand van snoekbaars zelfs 2000 keer hoger dan elders in het IJsselmeer. Wel zorgen de warmere omstandigheden voor meer parasieten en kan troebeling problemen opleveren voor op zicht jagende vis. De nadelige gevolgen voor macrofyten zullen daarnaast doorwerken op plantminnende vis. De score op de maatlat voor vis zal dus negatief beïnvloed worden door de aanwezigheid van minder plantminnende vis en meer zuurstoftolerante, eurytope vis.

Algemene fysisch-chemische kwaliteitselementen en hydromorfologie

Zoals in voorgaande paragrafen al naar voren is gekomen lijkt opwarming te leiden tot verschijnselen gelijkend op eutrofiëring die de doelen grotendeels negatief beïnvloeden. De grens waarbij dit verschijnsel optreedt wordt namelijk verlaagd door temperatuurstijging. De effecten worden daarnaast versterkt door uitspoeling van nutriënten en DOC door het wisselende neerslagregime (Petchey et al. 1999). Ook hier worden doelen dus minder goed haalbaar, vooral met betrekking tot nutriënten. Dit betekent dat grenswaarden voor nutriënten mogelijk verlaagd moeten worden om die doelen alsnog te halen (Ter Heerdt et al. 2007; Wanink et al. 2008).

4.1.3 Stromende wateren

Bij rivieren kan als gevolg van neerslagextremen en verschillen tussen zomer- en winterregime de afvoer sterk gaan wisselen, waarbij hoge piekafvoeren zullen optreden door

extremere weersomstandigheden (Graham 2005). Dit betekent dat substraat sterker zal eroderen en vaker wordt weggespoeld en organismen kunnen worden meegevoerd. Door de pieken in regenval zullen daarnaast meer nutriënten uitspoelen naar het oppervlaktewater. De temperatuur zal ook hier stijgen waardoor eutrofiëring als gevolg van snellere afbraak van organische stoffen kan optreden. Besse-Lotskaya et al. (2008) keken naar de effecten van klimaatverandering op beeksystemen, met name op het gebied van hydrologische verstoringen, temperatuurverandering en verandering in oeverzone-veek interacties. Ook al betreft dit document geen rijkswateren is het toch de moeite waard deze studie mee te nemen, aangezien beek- en riviersystemen deels hetzelfde zullen reageren op klimaatverandering. Een verschil is dat droogval hier een grotere rol speelt in de kleinere stromende wateren. Verdonschot et al. (2007) beschrijven daarnaast voor stromende wateren in het algemeen dat er een verschuiving van habitats en gemeenschappen naar stroomopwaarts en naar de diepere zones plaatsvindt, dat koud-stenotherme soorten verdwijnen en dat er snellere reproductie en emergentie plaatsvindt.

Macrofyten – Fytobenthos

Verder lijkt er weinig bekend in de literatuur over de temperatuurtolerantie van fytobenthos in beken (Besse-Lotskaya et al. 2007). Hier zijn inderdaad weinig bronnen voor beschikbaar. Wel blijken ze vrij gevoelig te zijn voor nutriëntenconcentraties en gifstoffen die vrijkomen door overstroming, opwerveling en hevige regenval (Besse-Lotskaya et al. 2007). Hier gaat het echter over beken. De IPS-score zal waarschijnlijk afnemen, maar om dit vast te stellen is meer informatie nodig.

Macrofyten – Waterplanten

De reactie van waterplanten op klimaatverandering hangt af van de mate van eutrofiëring en de verschillen in debiet. Stijgende temperaturen, hogere nutriëntenconcentraties en daarmee samenhangende eerdere ontkieming en langere groei kunnen ervoor zorgen dat het aandeel vegetatie stijgt. Dit geldt zeker voor afgedamde rivierdelen en zal dan ook eerder een rol spelen bij wateren met een lage stroomsnelheid (R7, R8). Extremen in neerslag en overstromingen kunnen echter ook betekenen dat een deel van de vegetatie wordt weggespoeld (Graham 2004). Het is dus onbekend hoe de maatlat hierop reageert.

Macrofauna

Ook macrofauna kan worden weggespoeld door piekafvoeren. Hierdoor zullen alleen robuuste soorten achterblijven. Daarnaast zal temperatuurstijging ertoe leiden dat koudeminnende doelgroepen als Plecoptera verdwijnen. Daufresne et al. (2003) zagen dit gebeuren in de Rhône. Ook Nijboer & Verdonschot (2004) zagen EPT¹⁸-taxa vervangen worden door groepen als Chironomidae en Hirudinae. De maatlat zal dus waarschijnlijk lager scoren.

Vis

De maatlat voor vis in grote rivieren kijkt expliciet naar inheemse soorten. Daarbij gaat het het aantal soorten in de gilden diadroom, rheofiel en limnofiel en de abundantie van rheofiel en limnofiel. Met name koudeminnende trekvisen zoals zalm zullen problemen krijgen door de hogere watertemperatuur (Portielje 2009). Bij hogere temperaturen zal vis ook meer last

¹⁸ EPT: Ephemeroptera, Plecoptera en Trichoptera.

krijgen van parasieten (Verdonschot et al. 2007). Over het algemeen lijken verschuivingen in de gemeenschap negatief uit te pakken voor maatlatscores

4.1.4 Kust- en overgangswateren

Kustwateren zullen vooral beïnvloed worden door het stijgende waterpeil, ernstigere stormen en eutrofiëring en een lagere pH door de opname van CO₂. Bij estuaria spelen deze ook een rol. Daarnaast zal in overgangswateren meer sediment door rivieren worden aangevoerd wat ook effect kan hebben op de organismen. Ook zal hier een verschuiving optreden van koudeminnende naar warmteminnende soorten. Een voorbeeld hiervan is de goudbrasem (Dorade; *Sparus aurata*), een vis die voorheen vooral in het mediterrane gebied voorkwam, maar nu ook regelmatig rond de Nederlandse kust gevonden. Daarnaast kunnen in de diepe zone van de laagdynamische zoute meren anoxische omstandigheden optreden door stratificatie.

Fytoplankton

Door schommelingen in saliniteit worden zowel de bloei als chlorofyl-a beïnvloed. Ook zwevend stof kan hier invloed op hebben. In de Eems-Dollard zorgt baggeren aan Duitse zijde bijvoorbeeld voor minder doorzicht en dus lagere bloeifrequentie en chlorofyl-a concentraties waardoor de maatlat niet goed functioneert (Van Kouwen et al. 2009). De uitspoeling van sediment door extreme debieten kan de maatlat voor overgangswateren eveneens op deze manier beïnvloeden. Struyf et al. (2004) beschrijven hiernaast een verschuiving van de zoet-zout gradient naar stroomafwaarts onder extreme debieten in de Schelde tussen 1996 en 2000. De nutriëntenbelasting steeg, maar de concentratie was onder extreme debieten lager. Opwelling van nutriënten kan invloed hebben op fytoplankton in alle zoute wateren, met name in ondiepe delen. De effecten lijken het sterkst in overgangswateren.

Macroalgen en angiospermen

Voor wateren van het type K1 worden macroalgen en angiospermen niet beoordeeld aangezien er nauwelijks groeimogelijkheden zijn (Van der Molen & Pot 2007). Met betrekking tot kwelders kan klimaatverandering een zowel positieve als negatieve rol spelen: veel kwelders bevinden zich in het eindstadium van verlanding. Zeespiegelstijging en stormen kunnen ervoor zorgen dat verlanding vertraagd wordt (RIKZ 2001). Het kan er echter ook voor zorgen dat 'gezonde' kwelders verdwijnen.

Met betrekking tot zeegras vonden Palacios & Zimmerman (2007) een positieve relatie tussen groei (van *Zostera marina*) en CO₂ concentraties in het water. Vertroebelen van het water, algenbloei en zeespiegelstijging zullen echter een negatief effect hebben omdat fotosynthese wordt beperkt. Hierdoor zullen scores op de maatlat lager worden.

Macrobenthos

Macrobenthos wordt beoordeeld middels de BEQI-maatlat¹⁹. Deze bestaat uit drie niveaus. Niveau 1 beschrijft het evenwicht in het ecosysteem aan de hand van de relatie tussen biomassa en primaire productie. Niveau 2 beschrijft de diversiteit aan leefgebieden aan de hand van de indicatoren slikken, platen, ondiep water en mosselbanken. Niveau 3 beschrijft de gemeenschappen binnen een van deze leefgebieden (Van der Molen & Pot 2007).

¹⁹ BEQI-maatlat: *Benthic Ecosystem Quality Index*.

Macrobenthos zal worden beïnvloed door de daling van de pH als gevolg van het oplossen van CO₂ in het water. Dit zorgt er namelijk voor dat de omstandigheden minder geschikt worden voor mollusken (Harley et al. 2006). Daarnaast kan uitspoeling van sediment en daarmee samenhangende vertroebeling groei en ontwikkeling van macrobenthos in overgangswateren belemmeren. Stratificatie in weinig dynamische zoute wateren (meren zoals Grevelingen) kan daarnaast leiden tot anoxia en sterfte (Ysebaert et al. 2008). Ook de stijgende zeespiegel kan ervoor zorgen dat intergetijdengebieden worden beïnvloed.

Op niveau 1 zal de ratio biomassa / primaire productie dalen, aangezien mollusken een groot deel uitmaken van de biomassa (Ysebaert et al. 2008), een fenomeen dat nu al optreedt in het Grevelingenmeer (M32). Op niveau 2 speelt eenzelfde probleem: het aandeel littorale mosselbanken zal afnemen. Ook ondiep water zal afnemen door zeespiegelstijging. Dit zal invloed hebben op de aanwezigheid van slikken en platen, vooral in de kust- en overgangswateren. Op niveau 3 zullen habitats ook worden beïnvloed. De biomassa en dichtheid zullen afnemen door het ongunstige klimaat voor mollusken (Ysebaert et al. 2008). Dit zal de similariteitsindex en het aantal soorten eveneens doen dalen. Effecten op deze maatlat lijken vooral negatief.

Vis

Vertroebeling van het water in overgangswateren kan vis belemmeren. Daarnaast kunnen de veranderingen in zoetwaterafvoer en dynamiek effect hebben op anadrome vis (Kranenbarg & Jager 2008). In de estuaria en kustwateren kan vis bij ongunstige omstandigheden migreren zoals Spiering in de Elbe doet. Dit is echter niet mogelijk in zoute meren (Tom Buijse, pers. comm.). Effecten zullen dus verschillen per watertype maar zullen het sterkst zijn in zoute meren vanwege een gebrek aan connectiviteit en stratificatie die kan leiden tot zuurstofloosheid in de diepere delen.

4.2 KRW-maatregelen

In Portielje (2009) wordt ook de klimaatrobustheid van KRW-maatregelen beschreven. Dit zijn maatregelen met die te maken hebben met eutrofiëring, verzilting, regulering van het waterpeil, het afvlakken van de afvoerdynamiek en connectiviteit. Hierin wordt aangegeven dat van vrijwel geen enkele maatregel de effectiviteit sterk afneemt. De meeste maatregelen blijken neutraal of zelfs positief te scoren. Maatregelen die negatief scoren zijn diegene die zich richten op specifieke habitats die gevoelig zijn voor effecten van klimaatverandering. Naast de maatregelen en klimaatverandering spelen ook autonome ontwikkelingen die ingezet zijn voor andere beleidsdoelen een rol bij het bereiken van het GET/GEP (2015 met uitloop naar 2027).

4.3 Natura 2000

Zoals in Normand et al. (2006) wordt beschreven kunnen habitats negatief beïnvloed worden door klimaatverandering doordat er veranderingen in soortensamenstelling plaatsvinden. Bij meren speelt dit het meest aangezien een populatie vaak niet kan migreren naar een ander waterlichaam. Voor sommige vliegende insecten of vogels geldt dit in mindere mate.

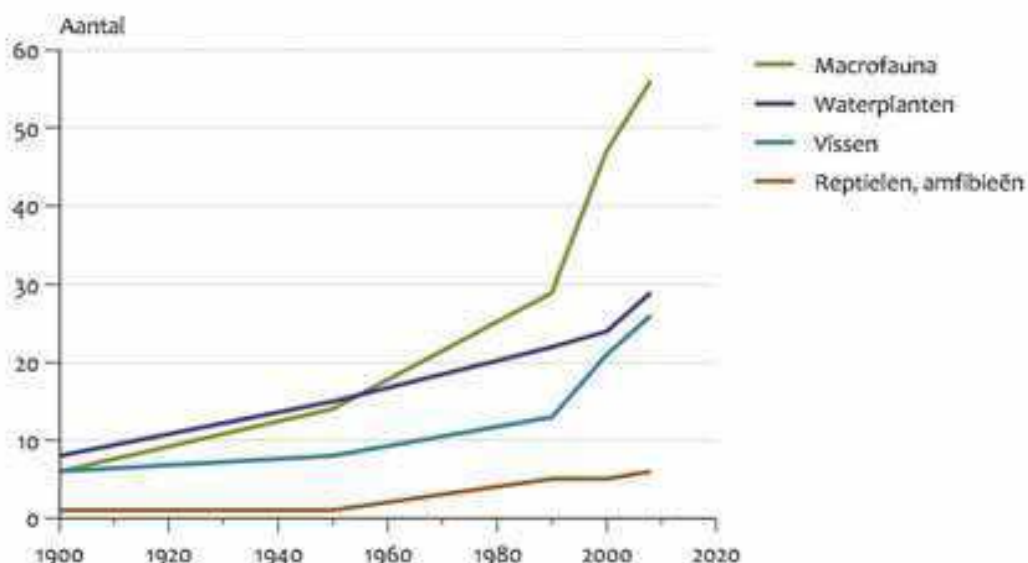
Dit is bijvoorbeeld het geval voor spiering bij het IJsselmeer. Opwarming van het water zorgt ervoor dat het IJsselmeer ongeschikt kan raken voor spiering. Aangezien het een afgesloten waterlichaam betreft is migratie naar andere wateren waarschijnlijk niet meer mogelijk en kan

spiering uit het IJsselmeer verdwijnen. Spiering is geen Natura 2000 soort, maar het IJsselmeer is wel aangemerkt als een SPA in het kader van de Vogelrichtlijn. Een aantal trekvogels die in de richtlijn zijn opgenomen zijn sterk afhankelijk van spiering als voedselbron. Dit zijn bijvoorbeeld grote zaagbek, nonnetje, fuut, zwarte stern en dwergmeeuw (De Leeuw 2007).

5 Exoten

Een van de veranderingen die zich in Nederland voordoen als gevolg van klimaatverandering is de invloed van exoten. Leeuwis & Grittenberger (2007) beschrijven exoten als soorten die van nature niet in ons land of in onze ecozone voorkomen en die ons land vanuit het natuurlijke verspreidingsgebied uitsluitend kan bereiken door menselijk handelen. Ze vestigen zich vaak in systemen die te maken hebben (gehad) met veel antropogene druk (EEA 2007). Invasief gedrag is hierbij het meest verstorend. Dit betekent dat de exoot in korte tijd een grote invloed op het systeem krijgt.

Het kan gaan om soorten die ons land binnendringen via het Rijn-Main-Donaukanaal zoals het geval is bij Kaspische killervlokreeft (*Dikergammarus villosus*), maar ook om soorten die meekomen met ballastwater, soorten die uit aquaria/tuincentra ontsnappen en soorten die zijn geïntroduceerd (tuinplanten, vis ten behoeve van de visserij). Ook Goudbrasem is wanneer men deze definitie hanteert een exoot, aangezien klimaatverandering voortkomt uit menselijk handelen en daarom migratie van de soort naar onze kustwateren mogelijk maakt of vergemakkelijkt. Stromende wateren en kust- en overgangswateren zullen in de meeste gevallen gevoeliger zijn voor de invloed van exoten omdat deze verbonden zijn met andere waterlichamen. De aanleg van kanalen heeft er de afgelopen jaren nog eens voor gezorgd dat het achterland van de Rijn met een factor 21,6 is vergroot en daarmee nog kwetsbaarder is geworden (Leuven et al. 2009). Meren zijn meer geïsoleerd. De toename in vestiging van exoten in de afgelopen 110 jaar in zoete wateren is te zien in Figuur 5.1.



Figuur 5.1. Periode van vestiging van exoten in Nederlandse zoete wateren (Van Puijenbroek et al. 2009)

Klimaatverandering zal er dus ook toe leiden dat exoten gemakkelijker hun plek kunnen vinden in Nederlandse watersystemen. Aangezien sommige exoten een grote impact op het ecosysteem kunnen hebben is het van belang voor de KRW dat elke nieuwe exoot zo snel

mogelijk wordt beoordeeld op zijn mogelijke impact (Leewis & Grittenberger 2009). Als de impact groot is, is het verplicht de soort mee te nemen in de maatlatten voor het waterlichaam. Daarnaast beoordeelt de maatlat het functioneren van het ecosysteem en moet veranderingen dus kunnen detecteren.

Aangezien de maatlatten en referenties bestaan uit gefixeerde beelden met soortenlijsten zal een nieuw geïntroduceerde exoot in eerste instantie niet meetellen op soortenmaatlatten, maar eventueel wel op die van abundantie. Een exoot kan ook andere soorten wegconcurreren en abundanties van inheemse soorten beïnvloeden. In dat geval zal de afstand tot een referentie groter zal worden en zullen de doelen zoals deze geformuleerd zijn mogelijk niet meer gehaald worden. Van der Molen & Pot (2007) beschrijven daarnaast dat een soort als 'ingeburgerd' wordt beschouwd en opgenomen mag worden in de referentielijst als:

- De soort zich voor 1900 heeft gevestigd (met of zonder hulp van de mens) en nu nog steeds aanwezig is;
- De soort is vanaf 1900 tenminste 10 jaar in Nederland zonder hulp van de mens aanwezig geweest.

In onderstaande paragrafen wordt de invloed van exoten op de maatlatten en Natura 2000 beschreven.

5.1 KRW-maatlatten

5.1.1 Zoete wateren

Stromende en stilstaande wateren worden in het geval van exoten samen behandeld aangezien maatlatten grotendeels overeenkomen, al is er wel verschil in het aandeel van exoten. De maatlatten voor vis verschillen daarentegen wel en worden apart behandeld. Zoals gezegd zijn met name de grote rivieren gevoelig voor exoten door habitatdegradatie en vergroting van het achterland. Momenteel is het aandeel van exoten onder macroinvertebraten in de Rijn 11,3 %, waarvan de meesten uit het Ponto-Kaspisch gebied komen (Leuven et al. 2009). Vooral de invloed van macroinvertebraten lijkt dus substantieel. Wat ze met de maatlatten doen hangt af van de opzet van de maatlat, de aanwezigheid in de soortenlijst en de invloed op het systeem. In stilstaande wateren is de invloed van exoten minder groot, maar ook hier spelen ze een rol, zoals de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) die in het IJsselmeer belangrijk is als voedselbron voor watervogels.

Fytoplankton

Fytoplankton wordt alleen beoordeeld in stilstaande wateren en is een maatlat die zich richt op de trofiegraad. Met betrekking tot exoten en fytoplankton is er weinig bekend uit literatuur. De deelmaatlat voor chlorofyl-a zal niet tot nauwelijks reageren op de invloed van nieuwe exoten, tenzij er grote verschuivingen in het voedselweb optreden door het sterk toe- of afnemen van predatoren, of door invasieve macrofyten die het wateroppervlak bedekken in meren. Hetzelfde geldt voor de deelmaatlat bloei. Het is onbekend of er nieuwe soorten met hinderlijke bloei zullen worden geïntroduceerd, maar mocht dit gebeuren, dan zullen deze niet op de soortenlijst voorkomen en dus geen invloed hebben op de scores.

Exoten lijken dus niet/nauwelijks van invloed te zijn op de deelmaatlat fytoplankton. Dit is een druk die de deelmaatlat ook niet hoeft te meten: deze richt zich op de trofiegraad.

Macrofyten – Fytobenthos

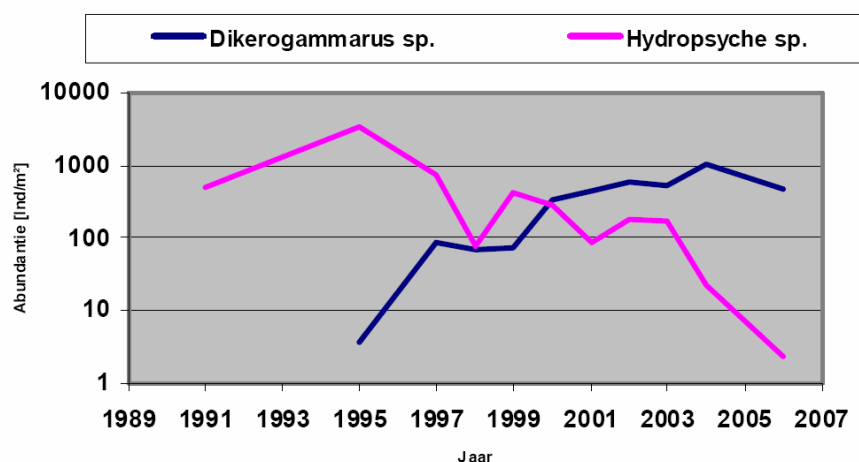
Ook over fytobenthos is er weinig bekend. De invloed van uitheemse diatomeeën kan negatief zijn wanneer deze de aanwezige verdrijven waardoor het referentiebeeld onhaalbaar wordt. Een voorspelbaardere invloed zijn verschuivingen in het voedselweb waardoor diatomeeën worden beïnvloed zoals een grotere hoeveelheid schrapers, maar ook de invloed van drijvende invasieve vegetatie waardoor de lichtinval verminderd kunnen van invloed zijn. De invloed zal sterker zijn in rivieren, maar lijkt beperkt en vooral via exoten in andere groepen plaats te vinden.

Macrofyten – Waterplanten

Enkele exoten die in Nederland als problematisch worden ervaren zijn de Grote Waternavel (*Hydrocotyle ranunculoides*) en Waterteunisbloem (*Ludwigia Grandiflora*) en Parelvederkruid (*Myriophyllum aquaticum*). McKee et al. (2002) noemen de meer noordwaartse verspreiding van planten een belangrijke invloed van klimaatverandering. De meeste van de onderzoeken die de invloed van exoten op waterplanten noemen richt zich op stilstaande wateren (McKee et al. 2002; Roovers et al. 2005). Roovers et al. (2005) beschrijven de invloed van een zevental plaagsoorten binnen waterschap de Brabantse Delta. Hiervan worden er zes omschreven als drijfbladplant. Ze komen meestal voor in eutroof, zwak stromend tot stilstaand water. De invloed lijkt daarom het grootst in stilstaande wateren maar ook in stromende wateren kunnen deze effecten optreden. Een laag (woekerende) drijvende vegetatie kan vervolgens invloed hebben op alle BKE's. Hierdoor worden de soortensamenstelling (dominantie) en abundantie (verminderen submerse vegetatie) beïnvloed. De invloed van exoten kan ook de oevervegetatie veranderen. Exoten zullen dus over het algemeen een negatief effect hebben, vooral in stilstaande wateren.

Macrofauna

In de maatlat voor macrofauna zijn enkele exoten opgenomen (e.g. *Dreissena polymorpha*, *Jaera istri*) Naast Leuven et al. (2009) noemt ook het syntheserapport van het Rijn-Meetprogramma Biologie 2006/2007 (ICBR 2009) de sterke invloed van exoten op macroinvertebraten in de Rijn. In Figuur 5.2 is de toename van de dichtheid van de Kaspische killervlokreeft in de Middenrijn uitgezet tegen die van de kokerjuffer *Hydropsyche* sp. Kokerjuffers worden in de maatlat voor macrofauna in rivieren onder EPT-taxa meegenomen voor correctie van de score. Als het aantal families lager ligt, wordt de score naar beneden bijgesteld. Van Plecoptera is daarnaast bekend dat deze een voorkeur voor relatief koud water hebben en gevoelig zijn voor verstoringen (DeWalt 2009).



Figuur 5.2 Populatie-dichtheid van de rovende Pontokaspische vlokreeft *Dikerogammarus sp.*, die is binnengebracht vanuit het Zwarte Meer, en van de inheemse schietmot *Hydropsyche sp.* in de Middenrijn (ICBR 2009)

Exoten spelen dus zeker een rol in grote rivieren, zowel als gevolg van connectiviteit als van klimaatverandering. Klimaatverandering zal een meer noordwaartse distributie vergemakkelijken. De invloed op de KRW-maatlatten in grote rivieren kan negatief zijn door het verdwijnen van EPT-taxa en het teruglopen van abundanties en soortenrijkdom van kenmerkende en dominant positieve soorten.

Een exoot kan echter ook een negatief indicerende soort vervangen en op die manier een positief effect hebben doordat deze niet meetelt op de maatlat. Daarnaast zijn de meeste exoten Mollusken en Crustacea (*Gammaridae*). In het geval van R7 en R16 zijn de *Gammaridae* aangemerkt als positief dominante groep. In dit geval kunnen exoten uit die groepen als positief dominant mee gaan tellen.

Ook in meren spelen exoten op eenzelfde manier een rol, maar connectiviteit zorgt ervoor dat hier de invloed kleiner is. Via de in voorgaande paragraaf woekerende macrofyten kan de maatlat voor macrofauna ook nog negatief beïnvloed worden.

Over het algemeen zal de score negatief beïnvloed worden. Er zijn enkele voorbeelden te bedenken waarbij dit niet direct het geval is, zoals bij de *Gammaridae*. De negatieve invloed die de Kaspische killervlokreeft bijvoorbeeld heeft zal echter ook van invloed zijn op de kenmerkende en positief dominante soorten.

Vis

De maatlatten voor vis zijn expliciet bedoeld voor inheemse soorten. In het geval van de stilstaande wateren is bestaat er een gildenindeling. Hier zijn de soorten in ingedeeld. Introductie van Blauwband (*Pseudorasbora parva*) kan leiden tot sterfte en een voortplantingsstop onder Vetjes (*Leucaspis delineatus*) (Carpentier et al. 2007). Britton et al. (2006) zagen de Blauwband snel dominant worden in Britse meren. Dit kan komen door parasieten, maar ook door concurrentie. In ieder geval zal de druk van exoten een negatief effect hebben op de vissen-maatlat in meren.

De maatlat voor rivieren kijkt expliciet naar inheemse soorten (Van der Molen & Pot 2007). Concurrentie met exoten kan abundanties en aantallen soorten doen afnemen en op die manier de maatlatscores negatief beïnvloeden. Parasieten kunnen de inheemse gemeenschap ook verstoren.



Figuur 5.3 Twee exoten in Nederlandse wateren: Blauwband (*Pseudorasbora parva*; zoet) en Japanse oester (*Crassostrea gigas*; zout).

5.1.2 Zoute wateren

Binnen kust- en overgangswateren en zoute meren geldt ook dat exoten een minder grote rol spelen in de geïsoleerde wateren (meren). Binnen de maatlatten worden al de nodige discussie gevoerd, vooral op het gebied van macroinvertebraten. Bijvoorbeeld over de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) (e.g. Ysebaert et al. 2008; Twisk 2009). In zoute wateren geldt ook dat opwarming van het oppervlaktewater migratie van exoten kan vergemakkelijken.

Fytoplankton

Hier ook is fytoplankton met name een indicator voor trofische omstandigheden. Nehring (1998) beschrijft de vestiging van tien thermofiele fytoplankton soorten sinds het begin van de 20^e eeuw. Voor het onderdeel chlorofyl-a zal de introductie van exoten niet uitmaken, maar het kan zo zijn dat de bloei van een nieuwe exoot gemist wordt. Ook verschuivingen in het voedselweb kunnen een rol spelen. De Japanse oester (*Crassostrea gigas*) is bijvoorbeeld een filterfeeder die in zeer hoge dichtheden kan voorkomen en op die manier de primaire productie kan beïnvloeden (Ysebaert et al. 2008). Dit kan de maatlatscores doen stijgen, aangezien een hogere concentratie chlorofyl-a negatief wordt beoordeeld. Hetzelfde geldt voor de bloei van *Phaeocystis*: meer predatie van filterfeeders kan zorgen voor minder bloei.

Macroalgen en angiospermen

In zowel de maatlatten voor natuurlijke wateren (Van der Molen & Pot 2007) als het achtergronddocument (De Jong 2007) worden exoten niet genoemd. Het bruinwier Wakamé (*Undaria pinnatifida*) wordt gezien als een serieuze bedreiging voor de biodiversiteit (Leewis & Grittenberger 2009). Deze soort zou andere wieren kunnen overschaduwen en wegconcurreren en de deelmaatlat voor zeegras (kwaliteit/kwantiteit) negatief kunnen beïnvloeden. De exoot Engels slijkgras (*Spartina anglica*) wordt door Dijkema et al. (2007) genoemd als een soort die zeer belangrijk is voor het behoud van kwelders. Dit is namelijk een belangrijke component bij de vorming hiervan.

De invloed van exoten op de deelmaatlat voor macroalgen en angiospermen lijkt dus negatief voor zeegras. Met betrekking tot kwelders heeft het genoemde voorbeeld een positieve invloed. Dit hoeft echter niet voor iedere exoot te gelden.

Macrobenthos

In het achtergronddocument voor macrobenthos (zout) (Ysebaert et al. 2008) wordt de invloed van exoten beschreven. Zoals eerder is genoemd bestaat de maatlat uit drie niveaus: niveau 1 (leefgemeenschap), niveau 2 (diversiteit aan leefgebieden) en niveau 3 (gemeenschappen binnen de leefgebieden).

De impact van een exoot hangt af van zijn ecologische eigenschappen, maar in ieder geval zal het negatieve invloed hebben op het onderdeel 'similariteit' op niveau 3, aangezien er een soort bijkomt die niet in de referentietoestand aanwezig is. Daarnaast kan de soort invloed hebben op andere soorten en zo niveau 2 beïnvloeden, waardoor het effect groter wordt. Bij de Japanse oester is dit effect nog groter, aangezien deze concurreert met inheemse mosselen, wat de EKR verlaagt op niveau 2. Op niveau 3 heeft deze soort invloed op de similariteit, dichtheid en biomassa. Op niveau 1 kan de totale biomassa groter worden en de primaire productie onderdrukt worden (Ysebaert et al. 2008). Voor de Amerikaanse Zwaardschede (*Ensis directus*) wordt eveneens beschreven dat deze een negatief effect heeft op niveau 1 en 3.

De invloed van exoten op de macrobenthos-maatlat in zoute wateren lijkt dus vooral negatief te zijn. Wanneer het evenwicht wordt verstoord zal dit zelfs op niveau 1 en 2 te zien zijn, maar op niveau 3 zal het sowieso te zien zijn.

Vis

Vis wordt alleen beoordeeld in overgangswateren en zoute meren. Ook hier geldt dat exoten en eventuele parasieten de inheemse gemeenschap kunnen beconcurreren en bedreigen (Kranenbarg & Jager 2008). Hierdoor kunnen maatlatcores dalen.

5.2 KRW-maatregelen

De meeste maatregelen lijken een positieve invloed te hebben en de vestiging van exoten tegen te gaan. Zo zal de reductie van eutrofiëring de vestiging van eurytherme en opportunistische soorten tegengaan. Daarnaast zal de reductie van thermische belasting zorgen voor minder goede omstandigheden voor migranten vanuit het zuiden.

Alleen het vergroten van de connectiviteit kan een negatief effect hebben: dit kan ervoor zorgen dat exoten (met name vissen en parasieten hiervan) sneller stroomopwaarts kunnen migreren en, wanneer deze verbonden zijn, ook sneller meren kunnen koloniseren.

5.3 Natura 2000

De invloed van exoten op Natura 2000 gebieden zal vooral negatief zijn. Enerzijds kunnen door exoten waardevolle voedselbronnen verdwijnen. De Japanse oester is bijvoorbeeld niet eetbaar voor watervogels, terwijl de mosselen die hierdoor verdwijnen dat wel zijn (Ysebaert et al. 2008). Dit kan dus een bedreiging vormen. Ook directe concurrentie met exoten kan negatief werken. Engels slijkgras kan echter een positief effect hebben door de positieve invloed die het heeft met betrekking tot het ontstaan van schorren.

Een ander belangrijk punt hierbij is dat de EHS exoten kan helpen: door de aanleg van een verbindingzone kan migratie naar andere gebieden vergemakkelijkt worden.

6 Klimaatadaptatie

De effecten van een aantal klimaatadaptatiemaatregelen op de KRW-doelen en Natura 2000 zoals die door de Deltacommissie (2008) zijn aanbevolen zullen in dit hoofdstuk worden beschreven per maatregel. De maatregelen op bestuurlijk niveau of zonder concrete (mogelijke) gevolgen voor de ecologie en KRW-maatlatten worden buiten beschouwing gelaten.

6.1 Zandsuppletie Noordzeekust en het waddengebied

De Noordzeekust omvat de eilandkoppen van de Zuidwestelijke delta, de Hollandse kust en het Waddengebied. De maatregel heeft dus betrekking op alle K0, K1, K2 en K3 wateren. Het doel van deze maatregel is het meegroeien met de zeespiegelstijging én het uitbreiden van de kust tot 1 kilometer de Noordzee over 100 jaar. Doordat dit op geleidelijke wijze gebeurt wordt rekening gehouden met ecologische processen (Deltacommissie 2008). Daarnaast creëert dit een grotere en dynamische kust met meer ruimte zoals die bijvoorbeeld 100 jaar geleden heeft bestaan. Dit leidt tot twee belangrijke drukken met betrekking tot de ecologische toestand:

- Zandsuppleties leiden veelal tot sterfte van macrobenthos, zelfs op de schaal waarop dit nu gebeurt (Ysebaert et al. 2008);
- Zandwinning in de Noordzee levert ook problemen op door troebeling van water. Een voorbeeld hiervan is de zandwinning in de Eems-Dollard (O2) aan Duitse zijde (Van Kouwen et al. 2009). Er moeten nog winlocaties gereserveerd worden (Deltacommissie 2008).

Effecten van zandsuppleties zullen zodoende zichtbaar zijn op de meeste maatlatten. Met betrekking tot fytoplankton kan de troebeling door activiteiten aanvankelijk positief werken op de maatlatscores doordat *Phaeocystis*-bloei minder snel op zal treden als gevolg minder lichtinval. Ook de deelmaatlat chlorofyl-a kan positief worden beïnvloed aangezien troebeling minder primaire productie zal opleveren.

Op de maatlat voor macroalgen en angiospermen zal de invloed negatief zijn. Het areaal zeegras zal aanvankelijk afnemen door troebeling. Het is onbekend wat er met kwelders en schorren gebeurt: door zeespiegelstijging zullen ze waarschijnlijk afnemen maar dit heeft niets met deze maatregel te maken. Ysebaert et al. (2008) beschrijft het effect van huidige zandwinningactiviteiten op de BEQI-maatlat voor zoute wateren. Hiertoe moet namelijk bodemmateriaal met bodemdieren worden verwijderd en wordt bodemfauna begraven op plaatsen waar suppletie plaatsvindt. Dit betekent in beide gevallen een achteruitgang van de score. De gemeenschapsverandering worden opgepikt op niveau 3 en massale sterfte zelfs op ecosysteemniveau (niveau 1) aangezien dit gevolgen kan hebben voor de ratio biomassa/primaire productie. De maatlat voor vis wordt alleen gebruikt voor O2 wateren. Voor de Eems-Dollard is opgemerkt dat zandwinning aan Duitse zijde problemen oplevert voor jagende vis. Ook in het achtergronddocument voor de maatlat vis in zoute wateren (Kranenbarg & Jager 2008) wordt aangegeven dat verhoging van de troebelheid verlies van zichtjagers met zich meebrengt en verlies van substraat met biota en bodemvoedsel zorgt

voor een verminderde productie van benthivore vis. Ook de maatlat vis zal dus worden beïnvloed.

In de Waddenzee gelden dezelfde suppleties. Hier wordt echter aan toegevoegd dat het voortbestaan van de Waddenzee niet vanzelfsprekend is doordat het fysisch onmogelijk is dusdanig veel zand te importeren voor de aanwezigheid van grote oppervlakken intergetijdengebied. Ook dit zal invloed hebben op de KRW doelen en maatlaten, aangezien kwelders/schorren en andere waardevolle habitats kunnen verdwijnen. RIKZ (2001) geeft hierbij wel aan dat bij het grote aantal kunstmatige kwelders in het eindstadium van verlanding dat op dit moment bestaat klimaatverandering eventueel een positief effect kan hebben door het tegengaan van verlanding.

Het is onbekend of de frequentie en de omvang van geplande suppleties voldoende ruimte geven voor ecologisch herstel en in welke mate de KRW maatlaten worden beïnvloed. Het lijkt erop dat dit in ieder geval negatief zal zijn. Hetzelfde wordt verwacht met betrekking tot de Natura 2000 doelen: sterfte onder macrozoobenthos en het verdwijnen van vis kan leiden tot voedseltekort voor trekvogels opgenomen in de Vogelrichtlijn.

6.2 Herstellen zoet/zoutovergang Krammer-Volkerak Zoommeer

Momenteel is de Oosterschelde een K2-water, “kustwater, beschut en polyhalien”. De waterlichamen Volkerak en Zoommeer/Eendracht worden getypeerd als “Matig grote diepe gebufferde meren” (zie Figuur 6.1). Het Volkerak en het Zoommeer hebben last van blauwalgen en zijn daardoor niet het hele jaar beschikbaar voor drinkwaterwinning. Gezien problemen met de afvoer van rivierwater bij hoge Rijnafvoer in combinatie met stormvloed heeft de Deltacommissie (2008) een advies uitgebracht om de zoet/zoutgradient te herstellen zodat water kan worden afgevoerd via de Oosterschelde. Dit moet tevens een oplossing zijn voor het waterkwaliteitsprobleem met betrekking tot blauwalgen die sinds de afsluiting van de Oosterschelde heersen. Dit komt door mobilisatie van voedingstoffen uit de bodem en aanvoer van nutriënten uit de rivieren.

Typering van de wateren zal mogelijk veranderen, bijvoorbeeld naar een “Estuarium met matig getijverschil” (O2) of een “groot zout tot brak meer” (M32). De laatste variant is Haasnoot & van de Wolfshaar (2007) onderzocht. Dit betekent dat hier andere maatlaten op van toepassing zullen raken waarvoor eventueel nieuwe referenties ontwikkeld moeten worden. Zowel het Krammer-Volkerak als het Zoommeer scoren momenteel matig tot slecht voor alle BKE's. Alleen voor vis scoort het Zoommeer goed.

Herstel van de zoet/zoutovergang zal leiden tot verminderde eutrofiëring. Daarnaast zullen de connectiviteit en minder harde overgang van zoet naar zout ervoor zorgen dat migrerende vis toegang heeft tot de meren. Dit zal waarschijnlijk een positieve invloed hebben op de uiteindelijke maatlatscores al lijkt een hertypering en herstelperiode nodig. Haasnoot & van de Wolfshaar (2007) beschrijven betere condities voor zeegras en een mogelijke stijging van de score voor vis. Er blijft echter een reële kans bestaan op blauwalgenbloei

De meren maken ook onderdeel uit van het Natura 2000 netwerk en zijn opgenomen in de Vogelrichtlijn. Het herstel van de zoet-zoutgradiënt zal invloed hebben op de verschillende habitats en soortensamenstelling in het gebied (Lammers 2009). De doelstellingen van de Habitatrichtlijn gaan daarnaast uit van een heterogeen gebied met slikken en schorren onder invloed van zout water en ruigtes, die horen bij zoetwatergetijdengebied. De maatregel lijkt dus te voldoen aan Natura 2000 eisen (Haasnoot & van de Wolfshaar 2007).



Figuur 6.1. De Oosterschelde, het Krammer-Volkerak en het Zoommeer.

6.3 Uitvoering Ruimte voor de Rivier en Maaswerken

De programma's RvR²⁰ en Maaswerken moeten snel worden uitgevoerd. Daar waar dit kosteneffectief is, moeten nu al maatregelen worden genomen voor afvoeren van 18.000 m³/s voor de Rijn en 4.600 m³/s voor de Maas in 2100. Hierbij is samenwerking met buurlanden belangrijk.

Rijkswaterstaat RIZA (2007) heeft een studie gedaan naar de mogelijkheid voor synergie tussen KRW- en RvR-maatregelen. Hierin komt naar voren dat dit goed te bereiken is, vooral met betrekking tot de aanleg en aantakking van kleine plassen en nevengeulen. Dit kan namelijk interessant zijn voor KRW-doelsoorten: kleine plassen en nevengeulen bieden een diversiteit aan habitats met stromingsluwe zones die mogelijkheden bieden voor waterplanten, vis en macrofauna.

Er is weinig informatie beschikbaar over synergie tussen de Maaswerken in de Grensmaas en Zandmaas en de KRW. De Grensmaas en Zandmaas scoren momenteel alleen voor

²⁰ RvR: Ruimte voor de Rivier.

macrofauna goed. Met betrekking tot macrofyten scoren ze matig en voor vis zelfs ontoereikend. In zowel het stroomgebiedbeheerplan voor de Maas (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2008) als de 16^e voortgangsrapportage Zandmaas en Grensmaas (RWS 2009) wordt dit niet genoemd. Voor de Zandmaas wordt wel genoemd dat er tot 2015 'bepaalde natuurontwikkeling' wordt gerealiseerd. Voor de Grensmaas gaat het om de ontwikkeling van tenminste 1000 ha natuur, gekoppeld aan ecologisch herstel. Daarnaast worden er maatregelen genomen met betrekking tot rivierverruiming, de aanleg van nevengeulen en retentiegebieden, zandwinning en andere hoogwateraanpassingen.

Aanpassingen kunnen in eerste instantie het systeem verstoren en op die wijze zowel de Natura 2000 doelen als de maatlatten negatief beïnvloeden. Wanneer deze goed afgestemd worden op KRW-behoefte en gefaseerd plaatsvinden kan er wellicht eenzelfde synergie bereikt worden.

6.4 Afsluitbaar open Rijnmond

Een 'afsluitbaar open' Rijnmond biedt goede vooruitzichten voor de combinatie van de functies veiligheid, zoetwatervoorziening, stedelijke ontwikkeling en natuur. De extreme afvoeren van de Rijn en Maas moeten dan via de Zuidwestelijke delta worden afgevoerd. De Haringvlietsluizen zullen alleen bij hoogwater sluiten, waardoor de zoet-zoutgradiënt hier terugkeert. Om verzilting in Zuid-Holland te voorkomen zal zoet water uit het IJsselmeer worden aangevoerd naar de Nieuwe Waterweg.

De effecten van de inlaat van water uit het IJsselmeer in de Nieuwe Waterweg (O2-water) hangen af van de kwaliteit van het water in het IJsselmeer. Herstelen van de zoet-zoutgradiënt in de Haringvliet (R8/O2) kan ook invloed op de ecologische toestand en typologie. Voor de Haringvliet Oost/Hollands Diep (R8; tevens Natura 2000 gebied) is momenteel GET bereikt voor fytoplankton, macrofauna en vis. Het is waarschijnlijk dat een ingreep als deze in eerste instantie verstoring met zich mee zal brengen, maar de mate van deze invloed en herstel is onduidelijk. Beumer et al. (2009) hebben een studie gedaan naar de gevolgen van een 'afsluitbaar open' Rijnmond op de verschillende ecotopen in het benedenrivieren gebied en de gevolgen voor de KRW maatlatten. Hierin lijken de effecten over het algemeen positief voor zowel waterplanten als vis.

6.5 Peilverhoging IJsselmeer

Om in de toekomstige zoetwatervraag te voorzien en om het onder vrij verval spuien bij een stijgende zeespiegel mogelijk te maken, stelt de Deltacommissie voor om het IJsselmeerpeil mee te laten stijgen met de zeespiegel. Het zou dan gaan om een stijging van 150 cm (130 cm meestijgen en nog 20 cm extra voor zoetwatervoorziening). Uit een verkennende studie (Harezlak & Maarse 2009) blijkt dat bij peilverhoging (tot +70 en +110 cm NAP) een groot deel van de bestaande ondieptes en oeverzones verdwijnt. Deze ondieptes zijn van belang voor de doel- en sleutelsoorten voor Natura 2000 en de KRW. Ook neemt de diversiteit aan verschillende habitats sterk af. Daarbij wordt het meer door een toenemende waterdiepte op sommige plaatsen ongunstiger voor driehoeksmosselen. Diepere mosselbanken hebben een negatief effect op de voedselvoorraad voor vogels omdat die de mosselen niet kunnen bereiken.

Wanneer het IJsselmeer in droge jaren ook daadwerkelijk zoetwater gaat leveren, dan veroorzaakt droogval van arealen door (sporadisch) veel wateronttrekking een afname in

kwantiteit en kwaliteit van de habitats van waterplanten. Deze afname vertaalt zich door in de voedselbeschikbaarheid van waterplantetende vogels. Voor bodemfauna-etende soorten kan het voedsel juist beter bereikbaar worden, doordat bijvoorbeeld driehoeksmosselen op minder grote diepte liggen. Toenemende microstratificatie in het IJsselmeer, als gevolg van hogere temperatuur, kan leiden tot meer blauwalgenbloei (Miguel Dionisio Pires, pers. comm.).

Al met al kan gesteld worden dat zonder compenserende maatregelen een peilverhoging zal leiden tot lagere maatlatscores. Er verdwijnt namelijk areaal voor waterplanten en ook driehoeksmossel (aangemerkt als positief dominant en een belangrijke voedselbron voor watervogels) en de kleine modderkruiper (eurytoop en plantminnend) zullen achteruit gaan. Dit heeft ook invloed op het IJsselmeer als Natura 2000 gebied omdat als gevolg hiervan geschikt areaal voor waterplanten en bodemfauna-etende vogels zal afnemen

7 Discussie

In de voorgaande hoofdstukken is getracht een beschrijving te maken van de invloed van klimaatverandering (met speciale aandacht voor exoten) en klimaatadaptatiemaatregelen op de KRW en Natura 2000. Om van de effecten van klimaatverandering en de klimaatadaptatiemaatregelen op de KRW een overzicht te krijgen zijn deze weergegeven in Tabel 7.1 t/m Tabel 7.3. In onderstaande paragrafen worden de effecten doorgenomen.

7.1 Klimaatverandering

Tabel 7.1 Effecten van klimaatverandering op KRW-maatlatten. Rood = negatief; Groen = positief; Grijs = BKE wordt niet beoordeeld in watertype; Wit = onvoldoende of onduidelijke informatie beschikbaar.

Maatlat	Meren	Rivieren	Kust- en overgangswateren/zoute meren	
Fytoplankton				
Macrofyten – Fytobenthos				
Macrofyten – Waterplanten			Kwelders	Zeegras
Macrofauna				
Vis				

In de meeste gevallen lijkt klimaatverandering een negatief effect te hebben. Dit effect is het sterkst in meren, wat vooral komt door eutrofiëring. In het geval van macrofyten in rivieren is het echter onzeker. Er wordt gesproken van zowel een toename van macrofyten door de hogere temperaturen en trofiegraad (vooral in langzaam stromende delen) als een negatief effect door wegspoeling bij piekdebieten. In welke mate deze processen bijdragen aan veranderingen in scores is niet bekend. Over fyto-benthos is onvoldoende informatie aanwezig, al lijkt het effect vooral negatief.

Bij kust- en overgangswateren en zoute meren zal de maatlat fytoplankton negatief worden als gevolg van klimaatverandering. Hogere nutriëntenconcentraties (uitspoeling en opwelling, vooral in ondiepere delen en overgangswateren) en hogere temperaturen kunnen negatief werken op de maatlat.

Ook aan de reactie van het aandeel kwelders zitten haken en ogen: aan de ene kant kunnen ze verdwijnen door stormen en zeespiegelstijging, aan de andere kant kan verlandings tegengegaan worden.

Portielje (2009) beschrijft dat de maatregelen van de Stroomgebiedbeheerplannen voldoende klimaatrobust zullen zijn. De Natura 2000 doelen worden echter moeilijker haalbaar door verschuiving van leefgebieden en veranderingen in soortensamenstelling.

7.2 Exoten

Ook exoten (al dan niet als gevolg van klimaatverandering) zullen ervoor zorgen dat doelen minder snel gehaald worden (zie Tabel 7.2).

Tabel 7.2 Effecten van exoten op KRW-maatlatten. Rood = negatief; Groen = positief; Grijs = BKE wordt niet beoordeeld in watertype; Wit = onvoldoende of onduidelijke informatie beschikbaar.

Maatlat	Zoet	Zout
Fytoplankton		
Macrofyten – Fytobenthos		
Macrofyten - Waterplanten		Kwelders Zeegras
Macrofauna		
Vis		

Bij zoete wateren lijkt de invloed vooral negatief, al is voor fytoplankton en fyto­benthos te weinig informatie beschikbaar om hierover te oordelen. In het geval van fytoplankton wordt verwacht dat er nauwelijks effect is, in het geval van fyto­benthos dat het effect veelal negatief is.

Alleen voor fytoplankton in zoute wateren kunnen exoten eventueel een positief effect hebben. Dit kan bijvoorbeeld komen door de introductie van prederende macrobenthos (zoals het geval is bij de Japanse oester). Van kwelders is een voorbeeld (Engels slijkgras) genoemd dat positief zou kunnen werken op de maatlat fytoplankton. Meerdere voorbeelden waren echter niet beschikbaar.

Over het algemeen lijken exoten de haalbaarheid van zowel de KRW- als Natura 2000 doelen negatief te beïnvloeden. In het geval van Natura 2000 kunnen exoten-soorten opgenomen in de richtlijnen concurreren met andere soorten en eventueel voedselbronnen doen verdwijnen. Daarnaast kan de EHS migratie van exoten ook vergemakkelijken. Dit geldt ook voor de KRW-maatregelen: bijna alle zullen positief werken (dus tegen exoten), maar het vergroten van connectiviteit kan migratie van exoten stimuleren.

7.3 Maatregelen Deltacommissie

Een overzicht van de potentiële effecten van de maatregelen van de Deltacommissie (2008) op de KRW maatlatten zijn weergegeven in Tabel 7.3. Er is informatie beschikbaar over het Krammer-Volkerak Zoommeer (Haasnoot & van de Wolfshaar 2007), de ophoging van het IJsselmeerpeil (Harezlak & Maarse 2009) en zandsuppletie (Ysebaert et al. 2008).

Met betrekking tot het verhogen van het IJsselmeerpeil en het gebruik van water hieruit voor de zoetwatervoorziening kan aan de hand van Harezlak & Maarse (2009) gezegd worden dat deze grotendeels een negatief effect hebben op zowel KRW- als Natura 2000 doelen. Zandsuppletie heeft eveneens een grotendeels negatief effect. De effecten op het Krammer-Volkerak Zoommeer zijn niet positief genoemd met betrekking tot blauwalgenbloei terwijl macrofyten (zeegras) vooruitgaan en vis misschien.

Tabel 7.3 Effecten van maatregelen van de Deltacommissie (2008) op KRW maatlatten. Rood = negatief; Groen = positief; Geel = onduidelijk; Grijs = BKE wordt niet beoordeeld in watertype; Wit = onvoldoende informatie beschikbaar.

Maatlat	Zandsuppletie	Krammer-Volkerak Zoommeer	RvR en Maaswerken	Rijnmond	IJsselmeerpeil
Fytoplankton	Geel	Rood	Wit	Wit	Rood
Macrofyten	Rood	Geel	Wit	Geel	Rood
Macrofauna	Rood	Wit	Wit	Wit	Rood
Vis	Rood	Geel	Wit	Geel	Wit

8 Conclusies

In dit onderdeel worden de onderzoeksvragen, zoals gesteld in Hoofdstuk 1.4 behandeld. Ook worden aanbevelingen gedaan voor toekomstig onderzoek.

8.1 KRW

8.1.1 De effecten van klimaatverandering en exoten op de KRW (vraag 1 en 2)

De effecten van klimaatverandering en exoten op de KRW-maatlatten lijken veelal negatief, indien geen maatregelen getroffen worden. Of maatlatten opnieuw gedefiniëerd of opgesteld moeten worden is vooralsnog onduidelijk. ZGET²¹ is in de KRW gedefiniëerd als geen of slechts zeer geringe antropogene wijzigingen in de waarden van de fysisch-chemische en hydromorfologische en biologische kwaliteitselementen. Dit zou dus betekenen dat aanpassing van de referentiecondities leidt tot het niet voldoen aan de KRW-eisen. Probleem hierbij is dat ZGET niet meer haalbaar zal zijn doordat klimaatverandering onomkeerbaar is. Er kan hierbij een keuze gemaakt worden uit twee opties:

- Het hanteren van de (verplichte) referentieconditie waardoor scores lager worden maar wel de afstand tot de historische referentie worden gemeten.
- Het aanpassen van de referentieconditie zodat deze haalbaar wordt, door rekening te houden met de effecten van klimaatverandering (bijvoorbeeld door het verlagen van de maximale nutriëntenconcentratie) en met exoten.

In sommige gevallen (bijvoorbeeld in de deelmaatlat macrofauna voor zoete wateren) wordt optie 2 al toegepast, waarin te zien is dat de soortenlijsten exoten bevatten. In de praktijk lijkt dit ook de beste optie, niet alleen omdat het GET/GEP anders niet meer gehaald wordt, maar ook omdat zeker in het geval van nutriënten de eisen mogelijk strenger zullen moeten worden om een goede water- en ecologische kwaliteit te garanderen. Daarnaast geldt dat het niet toevoegen van exoten aan de maatlat ook kan betekenen dat ze niet voldoende worden gemonitord. Ook zou de referentie een dynamisch beeld moeten geven omdat deze in de tijd zal veranderen, zelfs wanneer klimaatverandering en exoten door menselijke activiteit geen rol zouden spelen (Verdonschot 2009).

²¹ ZGET: Zeer Goede Ecologische Toestand. Dit is de hoogst haalbare en toestand die dicht bij de referentie ligt.

KRW-maatregelen zullen over het algemeen nog steeds goed werken onder invloed van klimaatverandering (Portielje, 2009). De meeste maatregelen zullen zelfs deels mitigeren. Dit houdt in dat het zinvol is om deze maatregelen uit te voeren. Alleen de maatregelen met betrekking tot connectiviteit moeten voorzichtig behandeld worden aangezien het verbinden van wateren ook voor kolonisatie door exoten kan zorgen.

8.1.2 De effecten van klimaatadaptatiemaatregelen zoals genoemd in het advies van de Deltacommissie (vraag 3)

De effecten van klimaatadaptatiemaatregelen op de KRW-maatlatten en doelen zijn in veel gevallen onvoldoende bestudeerd. Voor het IJsselmeer (Harezlak & Maarse 2009) en voor het afsluitbaar open Rijnmond (Beumer et al. 2009) waren wel studies beschikbaar. De ecologie in het IJsselmeer in het algemeen lijkt vooral negatieve effecten te ondervinden door het peilopzet. Het afsluitbaar open Rijnmond heeft voor planten en vissen in ieder geval positieve effecten.

Voor zandsuppletie in de Noordzee kunnen effecten worden afgeleid uit Ysebaert et al. (2008). Deze lijken vooralsnog negatief voor macrofauna en waterplanten, maar dit is afhankelijk van de frequentie en de kansen voor herstel. Op dit gebied zouden nieuwe studies kunnen worden gedaan. Voor fytoplankton zou zandsuppletie wel positief kunnen werken als gevolg van minder *Phaeocystis*-bloeien.

Voor RvR en de Maaswerken waren geen concrete studies beschikbaar. De toestand is nu vrij slecht en zou dus kunnen verbeteren. Voor RvR wordt genoemd dat er synergie met KRW-maatregelen kan worden bereikt. De mogelijkheden en effecten zullen onderzocht moeten worden om zo de beste toepassing van de maatregelen te kunnen bepalen.

8.2 Natura 2000

8.2.1 De effecten van klimaatverandering en exoten op de Natura 2000 doelen (vraag 1 en 2)

Ook in het geval van Natura 2000 lijken de effecten meestal negatief. Doelsoorten kunnen verdreven worden naar noordelijkere gebieden door klimaatverandering en concurrentie met exoten kan resulteren in het verlies van areaal en voedsel. Een voorbeeld hiervan is de opkomst van de Japanse oester die met de oorspronkelijke bivalven in het systeem concurreert om habitat en voedsel.

8.2.2 De effecten van klimaatadaptatiemaatregelen zoals genoemd in het advies van de Deltacommissie (vraag 3)

Met betrekking tot het IJsselmeer als Natura 2000 gebied lijken effecten veelal negatief. De studie van Harezlak & Maarse (2009) is echter de enige concrete bron.

8.3 Aanbevelingen

De invloed van klimaatverandering, exoten en klimaatadaptatiemaatregelen op de KRW en Natura 2000 zijn nog onduidelijk. Veel van de studies die zich op dit onderwerp richten belichten slechts een deel van die invloed. Zo ontbreken studies naar de 'totale' effecten. Door interacties in het voedselweb zijn vele factoren van invloed op de reactie van één BKE of soort. Daarom zouden de effecten in meer detail en op holistischere wijze moeten worden

bestudeerd. KRW gaat tenslotte uit van het principe “one out, al out” (indien 1 maatlat slecht scoort scoort het hele waterlichaam slecht). Op deze manier kan ook inzicht worden verkregen in de mate waarin processen bijdragen aan veranderingen in die groepen. Op dit moment is het moeilijk te bepalen welk proces ‘doorslaggevend’ is wanneer twee bronnen verschillende effecten op één groep beschrijven.

Met betrekking tot de maatregelen van de Deltacommissie blijft het gissen naar de effecten ervan op de ecologie of ecosystemen, ondanks het feit dat sommige aanbevelingen van de Deltacommissie zich richten op de natuur (Krammer-Volkerak Zoommeer). Deze effecten zouden voor uitvoering bestudeerd moeten worden om zo een zo goed mogelijk maatregelenpakket te realiseren. Bij onderzoek hiernaar kan gedacht worden aan modelstudies op ecosysteemniveau of experimenten in een afgescheiden gedeelte van een waterlichaam.

9 Literatuur

Battarbee, R., M. Kernan, D. Livingstone, B. Moss, G. George, E. Jeppesen, R. Johnson, D. Wright, D. Hering, P. Verdonschot, S. Maberly, P. Whitehead, E. Maltby, R. Skeffington, J. Catalan, J.O. Grimalt, U. Nickus, M. Forsius, T. Horlitz, M. Gessner, A. Jenkins, R. Psenner, A. Lyche-Solheim & J. Verhoeven, 2008. *Euro-Limpacs Position Paper – Impact of climate change on European freshwater ecosystems: consequences, adaptation and policy*. Euro-limpacs Deliverable No. 301, 14 pp.

Besse-Lotskaya, A., R.C.M. Verdonschot, P.F.M. Verdonschot & J. Klostermann, 2007. *Doorwerking klimaatverandering in KRW-keuzen: casus beken en beekdalen*. Alterra, Wageningen, 136 pp.

Beumer, V., R. Verminnen & H. Holzhauser, 2009. *Effecten natuurwaarden benedenrivierengebied als gevolg van klimaatmaatregelen – Met een doorvertaling naar de effecten op de biologische KRW-doelen*. Deltares, Delft, 49 pp.

Britton, J.R., G.D. Davies, M. Brazier & C. Pinder, 2006. A case study on the population ecology of a topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) population in the UK and implications for native fish communities. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems* **17**: 749-759.

Carpentier, A., R.E. Gozlan, J. Cucherousset, J.M. Pailisson & L. Marion, 2007. Is topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva* responsible for the decline in subleak *Leucaspis delineatus*? *Journal of fish biology* **71**: 274-278

Daufresne, M., M.C. Roger, H. Capra & N. Lamouroux, 2003. Long-term changes within the invertebrate and fish communities of the Upper Rhône River: effects of climatic factors. *Global Change Biology* **10**: 124-140.

De Jong, D.J., 2007. *KaderRichtlijn Water, bepaling referentiesituatie en P-REF/P-GET en opstellen maatlat voor angiospermen en macrowieren in de zoute en brakke watertypen K1, K2, K3, O2 en M32 in Nederland. Versie 6-2007*. Memo binnen RIKZ, 46 pp.

De Leeuw, J.J., 2007. *Aanbevelingen Richtlijnen Duurzame Visserij op Spiering in IJsselmeer/Markermeer*. IMARES, IJmuiden, 16 pp.

Deltacommissie, 2008. *Samen leven met water – Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst. Bevindingen van de Deltacommissie 2008*. Deltacommissie, 140 pp.

DeWalt, R.E., 2009. Stoneflies. *Encyclopedia of Inland Waters* 415-422.

Dijkema, K.S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, P.W. & van Leeuwen, 2007. *Monitoring van kwelders in de Waddenzee. Rapport in het kader van WOT programma Informatievoorziening Natuur i.o. WOT IN*. Alterra-rapport 1574. Alterra, Wageningen, 66 pp.

Dionisio Pires, M., 2008. *Betekenis van klimaatverandering voor de ecologische kwaliteit van oppervlaktewateren – Achtergrondrapport Ex-ante evaluatie KRW*. NIOO, Heteren, 67 pp.

Dworak, T. & A. Leipprand, 2007. *Climate Change and the EU Water Policy – Including Climate Change in River Basin Planning. Support to the CIS working group on Climate change and Water*. Ecologic, Vienna, 14 pp.

EC DG ENV, 2007. *Natura 2000. Biodiversity and Climate Change – The Role of the Natura 2000 Network*. Newsletter 22, 12 pp. European Commission DG ENV, Brussel, België.

EEA, 2006. *The Natura 2000 Network and Climate Change – Discussion Paper for EEA Expert Meeting, 4 Dec. 2006*. European Environmental Agency, Copenhagen, Denmark, 14 pp. <http://biodiversity-chm.eea.europa.eu/information/document/fol390108/>

EEA, 2007. *Europe's environment – The fourth assessment*. European Environmental Agency, Copenhagen, Denmark, 453 pp.

EEA, 2008. *Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment*. Joint EEA-JRC-WHO report. EEA, Copenhagen, 246 pp.

Eisenreich, S.J. (ed.), 2005. *Climate change and the European water dimension. A report to the European Water Directors*. European Commission, EUR 21553 EN, 1-253.

European Commission, 2000. *Directive 2000/60/EC of the European parliament and of the council – of 23 October 2000 – establishing a framework for Community action in the field of water policy*. Office for official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Foppen, R., C.J.F. Ter Braak, J. Verboom & R. Reijnen, 1999. Dutch Sedge Warblers *Acrocephalus Schoenobaenus* and West-African Rainfall: Empirical Data and Simulation Modelling Show Low Population Resilience in Fragmented Marshlands. *Ardea* 87 1:113-127

Fowler, H., N. Baran, C. Mouvet, A. Gutierrez, 2005. *Report detailing selection of GCM outputs and pre-processed observed rainfall and PE data for calibration of catchment models*. AquaTerra deliverable No.: HYDRO1.1, 28 pp.

Graham, L.P., 2004. Climate change effects on river flow to the Baltic sea. *Ambio* 33(4/5): 235-241.

Harezlak, V. & M. Maarse, *Verkenning effecten van peilsteiging op de natuur in*

het IJsselmeer. Deltaresrapport 2009.

Harley, C.D.G., A.R. Hughes, K.M. Hultgren, B.G. Miner, C.J.B. Sorte, C.S. Thornber, L.F. Rodriguez, L.T. & S.L. Williams, 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters* **9**(2): 228-241.

ICBR, 2009. *Rijn-Meetprogramma Biologie 2006/2007 deel A – Syntheserapport over de kwaliteitselementen fytoplankton, fytoïenthos, macrozoïenthos, vissen*. Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn, Koblenz (Duitsland), 22 pp.

IPCC, 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden & C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, UK, 976 pp.

Jeppesen, E., B. Kronvang, M. Meerhoff, M. Søndergaard, K. M. Hansen, H.E. Andersen, T.L. Lauridsen, L. Liboriussen, M.B. Beklioglu, A. Özen & J.E. Olesen, 2009. Climate Change Effects on Runoff, Catchment Phosphorus Loading and Ecological State, and Potential Adaptations. *J. Environ. Qual.* **38**: 1930-1941.

KNMI, 2006. *KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands*. KNMI Scientific Report WR 2006-01. KNMI, De Bilt, 82 pp.

KNMI, 2009. *Klimaatverandering in Nederland – Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's*. KNMI, De Bilt, 34 pp.

Kranenborg, J. & Z. Jager, 2008. *Maatlat vissen in estuaria KRW watertype O2*. Projectnummer P2008-86. Reptielen Amfibieën Vissen Onderzoek Nederland (RAVON), Nijmegen, 40 pp.

Lammers, J., 2009. *Waterberging Volkerak-Zoommeer – Startnotitie milieueffectrapportage*. Ruimte voor de Rivier, Rijkswaterstaat, Rotterdam, 37 pp.

Leewis, R.J. & A. Gittenberger, 2007. *Kwetsbaarheid van watertypen voor exoten*. TPS report nr. E001/07. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, 22 pp.

Leewis, R.J. & A. Grittenberger, 2009. *Toepasbaarheid van kennis over impact van exoten bij toestandsbeoordeling van KRW-waterlichamen – Een verkennende studie*. GiMaRIS rapport 2009.12. RWS Waterdienst, Lelystad, 29 pp.

Leuven, R.S.E.W., G. van der Velde, I. Baijens, J. Snijders, C. van der Zwart, H.J.R. Lenders & A. bij de Vaate, 2009. The river Rhine: a global highway for dispersal of aquatic invasive species. *Biol. Invasions* **11**: 1989:2008.

McKee, D., K. Hatton, J.W. Eaton, D. Atkinson, A. Atherton, I. Harvey & B. Moss, 2002. Effects of simulated climate warming on macrophytes in freshwater microcosm communities. *Aquatic Botany* **74**: 71-83.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2008. *Stroomgebiedbeheerplan Maas*, 204 pp.

Mooij, W.M. & L.N. De Senerpont Domis & S. Hülsmann, 2008. The impact of climate warming on water temperature, timing of hatching and young-of-the-year growth of fish in shallow lakes in the Netherlands. *Journal of Sea Research* **60**: 32-43.

Mooij, W.M., S. Hülsmann, L.N. De Senerpont Domis, B.A. Nolet, P.L.E. Bodelier, P.C.M. Boerd, L. Miguel Dionisio Pires, H.J. Gons, B.W. Ibelings, R. Noordhuis, R. Portielje, K. Wolfstein & E.H.R.R. Lammens, 2005. The impact of climate change on lakes in the Netherlands: a review. *Aquatic Ecology* **39(4)**: 381-400.

Nehring, S., 1998. Establishment of thermophilic phytoplankton species in the North Sea: biological indicators of climatic changes? *ICES Journal of Marine Science* **55**: 818-823.

Nijboer, R.C. & P.F.M. Verdonshot, 2004. Variable selection for modeling effects of eutrophication on stream and river ecosystems. *Ecological Modelling* **177**: 17-39.

Normand, S., J.C. Svenning & F. Skov. National and European perspectives on climate change sensitivity of the habitats directive characteristic plant species. *Journal for Nature Conservation* **15**:41-53.

Palacios, S.L. & R.C. Zimmerman, 2007. Response of eelgrass *Zostera marina* to CO₂ enrichment: possible impacts of climate change and potential for remediation of coastal habitats. *Marine Ecology Progress Series* **334**: 1-13.

Petchey, O. L., P. T. McPhearson, T. M. Casey & P. J. Morin, 1999. Environmental warming alters food-web structure and ecosystem function. *Nature* **402**: 69-72.

Portielje, R., 2009. *Check op de klimaatrobustheid van maatregelen van de Stroomgebiedbeheersplannen (2009-2015) van Europese Kaderrichtlijn Water*. Interne notitie RWS-Waterdienst, 29 pp.

Rijkswaterstaat RIZA, 2007. *Synergie Kaderrichtlijn Water en Ruimte voor de Rivier maatregelen*. Rijkswaterstaat RIZA, Lelystad, 87 pp.

RIKZ, 2001. *Zoutkrant - De effecten van klimaatveranderingen op de Waddenzee*. RIKZ, Lelystad, 14 pp.

Rooney, N. & J. Kalff, 2000. Inter-annual variation in submerged macrophyte community biomass and distribution: the influence of temperature and lake morphometry. *Aquatic Botany* **68**: 321-335.

Roovers, S., 2005. *Kroos en andere (ongewenste) waterplanten – Van beschrijving tot beheersstrategie*. Waterschap Brabantse Delta, Breda, 53 pp.

RWS, 2009. *16^e Voortgangsrapportage Zandmaas en Grensmaas. Werken aan de Maas van morgen*. Rijkswaterstaat, Lelystad, 30 pp.

Schomaker A.H.H.M., 2007. *Klimaatverandering en kwaliteit van oppervlaktewater. Een nationale verkenning. - Rapportage in opdracht van Rijkswaterstaat RIZA*. Royal Haskoning, Den Bosch, 117 pp.

Struyf, E., S. van Damme & P. Meire, 2004. Possible effects of climate change on estuarine nutrient fluxes: a case study in the highly nutrified Schelde estuary (Belgium, The Netherlands). *Estuarine, coastal and shelf science* **60(4)**: 649-661.

Ter Heerdt, G.N.J., S.A. Schep, J.H. Janse & M. Ouboter, 2007. Climate change and the EU Water Framework Directive: how to deal with indirect effects of changes in hydrology on water quality and ecology? *Water Science & Technology* **56(4)**: 19

Van den Berg, M.S. & R. Pot (red.), 2007. *Achtergronddocument referenties en maatlatten overige waterflora ten behoeve van de kaderrichtlijn water*. STOWA, 143 pp.

Van der Molen, D.T. & R. Pot (red.), 2007. *Referenties en maatlatten voor natuurlijke wateren voor de Kaderrichtlijn Water*. Utrecht, STOWA, 362 pp.

Van Kouwen, L., B. Reeze & G. van Geest, 2009. *Inventarisatie knelpunten deelmaatlatten in Rijkswateren*. Deltaresrapport 2009. Deltares, Delft, xx pp.

Van Puijenbroek, P., M. de Lange & F. Ottburg, 2009. Exoten in het zoete water in de afgelopen eeuw. *H₂O* **19**: 31-33.

Verdonschot, P.F.M., 2009. *KRW maatlatten in een veranderende wereld*. Presentatie bij de Themadag Exoten en KRW. Alterra, Wageningen.

Verdonschot, R.C.M., H.J. de Lange, P.F.M. Verdonschot & A. Besse, 2007. *Klimaatverandering en biodiversiteit. I. Literatuurstudie naar temperatuur*. Alterra-rapport 1451. Alterra, Wageningen, 128 pp.

Wanink, J., H. van Dam, F. Grijpstra & T. Claassen, 2008. Invloed van klimaatverandering op fytoplankton van de Friese meren. *H₂O* **23**: 33-40.

Ysebaert, T., I. de Mesel & P. Herman, 2008. *Kaderrichtlijn Water – Achtergronddocument Zoute Macrofauna 2008*. IMARES, Wageningen, 73 pp.