

Klimaatgedreven verzilting: betekenis voor natuur en mogelijkheden voor klimaatbuffers

Handreiking voor terreinclusters van Natuurmonumenten



Gevoeligheid van natuurgebieden voor interne verzilting op basis van aanwezige natuurtypen

Alterra-rapport 2161
ISSN 1566-7197

M.P.C.P. Paulissen, S.A.M. van Rooij, J.W.J. van der Gaast, G.H.P. Arts, H.Th.L. Massop en P.A. Slim



ALTERRA
WAGENINGEN UR

Klimaatgedreven verzilting: betekenis voor natuur
en mogelijkheden voor klimaatbuffers

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Vereniging Natuurmonumenten
Projectcode 5237610-01

Klimaatgedreven verzilting: betekenis voor natuur en mogelijkheden voor klimaatbuffers

Handreiking voor terreinclusters van Natuurmonumenten

M.P.C.P. Paulissen
S.A.M. van Rooij
J.W.J. van der Gaast
G.H.P. Arts
H.Th.L. Massop
P.A. Slim

Alterra-rapport 2161

Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Wageningen, 2011

Referaat

M.P.C.P. Paulissen et al., 2011. *Klimaatgedreven verzilting: betekenis voor natuur en mogelijkheden voor klimaatbuffers; Handreiking voor terreinclusters van Natuurmonumenten*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2161. 54 blz.; 10 fig.; 4 tab.; 22 ref.

Natuurmonumenten heeft Alterra gevraagd ruimtelijk in beeld te brengen in hoeverre haar natuurgebieden in laag Nederland nu en in de toekomst risico lopen door klimaatgedreven verzilting. Om deze vraag te kunnen beantwoorden is een generiek stroomschema ontwikkeld, waarmee kansen op, gevoeligheden voor en (daaruit voortvloeiend) risico's van interne en externe verzilting op een eenduidige manier konden worden vastgesteld voor natuurgebieden in laag Nederland. Na ruimtelijke vaststelling van de risico's van verzilting is per beschouwd natuurgebied nagegaan wat het versterkend of dempend effect van twee mogelijke toekomstige zoetwatervoorzieningsstrategieën ('technische aanpassingen aan het hoofdwatersysteem' en 'regionale zelfvoorziening zoetwatervraag') op deze risico's zou kunnen zijn. Tenslotte is nagegaan via welke adaptatiestrategieën op gebiedsniveau op deze risico's kan worden ingespeeld. In het bijzonder is hierbij gedacht aan mogelijkheden voor de ontwikkeling van zogenaamde zilte klimaatbuffers.

Trefwoorden: verzilting, natuur, klimaatverandering, adaptatiestrategie, klimaatbuffer, Natuurmonumenten, laag Nederland, zoute kwel, brakke kwel, oppervlaktewater, zoetwatervoorziening

Foto's omslag: Ruut Wegman

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2011 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2161
Wageningen, maart 2011

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Effecten van klimaatverandering	11
1.2 Verzilting: oorzaken en verschijningsvormen	11
1.2.1 Klimaatgedreven verzilting	12
1.2.2 Autonome verzilting en verzilting als gevolg van aanpassingen in het waterbeleid	13
1.3 Gevolgen van verzilting voor natuur en landbouw	14
1.4 Risico op verzilting in twee situaties: nu en later	14
1.5 Adaptatie aan verzilting	14
1.6 Projectdoelstelling en leeswijzer	15
2 Methodiek	17
2.1 Selectie beschouwde natuurgebieden	17
2.2 Bepaling risico verzilting van natuurterreinen	17
2.2.1 Kans interne verzilting wortelzone	19
2.2.2 Kans op externe verzilting	20
2.2.3 Effect van verzilting op natuurterreinen	20
2.2.4 Risico van verzilting voor natuurterreinen	20
2.3 Effect wateradaptatiestrategieën op verziltingsrisico	21
2.4 Perspectieven voor adaptatie	21
2.5 Identificeren van kansen voor klimaatbuffers	21
3 In hoeverre vormt verzilting een risico voor natuurterreinen van Natuurmonumenten?	23
3.1 Kans op interne verzilting van wortelzone en watergangen	23
3.2 Kans op externe verzilting	26
3.3 Gevoeligheid van natuurterreinen voor verzilting	26
3.4 Risico van verzilting voor natuurterreinen	27
4 Effect van mogelijke strategieën voor zoetwatervoorziening in een veranderend klimaat en perspectieven voor adaptatie	37
4.1 Effect toekomstige strategieën voor zoetwatervoorziening	37
4.1.1 Technische aanpassingen aan het hoofdwatersysteem	37
4.1.2 Regionale zelfvoorziening zoetwatervraag	38
4.2 Perspectieven voor adaptatie, waaronder klimaatbuffers	40
4.2.1 Adaptatiemogelijkheden binnen eigen natuurgebieden	40
4.2.2 Adaptatiemogelijkheden buiten eigen natuurgebieden	40
4.2.3 Adaptatie voor zoet-zoutverandering niet nodig	45
5 Conclusies en aanbevelingen	47
5.1 Risico van verzilting, nu en in 2050	47
5.2 Adaptatiestrategieën en aanbevelingen voor beleid	47

5.3	Quickscan kansen voor klimaatbuffers	48
5.4	Onzekerheden en aanbevelingen voor nader onderzoek	49
	Literatuur	51
	Colofon	53

Woord vooraf

Het klimaat verandert. Nattere winters, heftiger buien in de zomer, maar waarschijnlijk ook structureel droger. Voor de natuur een relevante ontwikkeling. Veel bedreigde soorten komen onder nog grotere druk te staan, bijvoorbeeld omdat verdroging zich sterker zal manifesteren en de gevolgen van vermesting, zoals algenbloei, bij hogere temperaturen vaker en ernstiger zullen optreden dan nu al het geval is. Grotere gebieden, meer en betere ecologische verbindingzones en een betere waterkwaliteit zijn nodig. Natuurmonumenten betreurt dat een dergelijk toekomstgericht natuurbeleid op dit moment politiek niet haalbaar is, maar zal er alles aan doen om het op de eigen terreinen zoveel mogelijk gestalte te blijven geven.

Ook het zouter worden van ons grond- en oppervlaktewater dreigt als ontegenzeggelijk gevolg van de combinatie van de netto zeespiegelstijging en drogere zomers. Natuurmonumenten wil graag weten waar deze verzilting kan gaan optreden in de komende decennia en of het 'zoete' natuur in gevaar brengt. En wat daar aan te doen zou zijn. Maar aan de andere kant: door het afsluiten van de zee en de aloude strategie van 'zoetspoelen' was ook nog maar weinig over van de voor onze delta karakteristieke brakwaternatuur. Wellicht biedt verzilting daarvoor juist kansen. En: misschien kan natuur ook behulpzaam zijn voor andere gebruikers van zoetwater bij het bufferen van dit specifieke gevolg van klimaatverandering.

We hebben Alterra, onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre), gevraagd dit voor ons uit te zoeken. Heel concreet, voor elk natuurgebied dat geconfronteerd zou kunnen worden met 'klimaatgedreven verzilting' heeft het kennisinstituut de kansen en bedreigingen in kaart gebracht. Met een bijbehorend advies hoe hier mee om te gaan: oplossingen zoeken binnen het gebied, oplossingen aan de randen, samen met functies die ook meer zout op zich af zien komen, of durven nadenken over andere natuurdoelen. Brakkere bijvoorbeeld, waardoor we het zout gewoon omarmen in plaats van bestrijden en brakke natuur een zetje geven, zodat kostbaar zoetwater gebruikt kan worden voor andere gebieden en andere gebruiksfuncties. Dit levert nieuw inspiratiemateriaal op voor 'zilte klimaatbuffers', waardoor het meebewegen met verzilting zoetwatervoorziening, veiligheid, natuurontwikkeling en landbouw hand in hand kunnen gaan.

Dit project heeft Alterra geïnspireerd om een onderzoeksmethode uit te bouwen waarmee ook buiten de gebieden van Natuurmonumenten kansen en bedreigingen van verzilting kunnen worden opgespoord. En wij hebben materiaal in handen gekregen om Deltacommissaris Wim Kuijken te inspireren in zijn deelprogramma Zoetwatervoorziening: laat dat zout maar komen, zorg dat het zoete water van onberispelijke kwaliteit is en houd het zo lang mogelijk vast in de gebieden waar het valt. Dat is duurzaam zoetwaterbeheer!

Paul Vertegaal
Adviseur waterbeleid bij Natuurmonumenten

Samenvatting

Natuurmonumenten heeft Alterra gevraagd ruimtelijk in beeld te brengen in hoeverre haar natuurgebieden in laag Nederland risico lopen door klimaatgedreven verzilting en wat het versterkend of dempend effect hierop zou kunnen zijn van twee mogelijke toekomstige zoetwatervoorzieningsstrategieën. Deze twee strategieën zijn 'technische aanpassingen aan het hoofdwatersysteem' en 'regionale zelfvoorziening zoetwatervraag'. Tenslotte is de vraag gesteld via welke adaptatiestrategieën op gebiedsniveau op deze risico's zou kunnen worden ingespeeld. In het bijzonder is hierbij gedacht aan mogelijkheden voor de ontwikkeling van zogenaamde zilte klimaatbuffers.

Ten behoeve van deze studie is een generiek stroomschema ontwikkeld, waarmee kansen op, gevoeligheden voor en (daaruit voortvloeiend) risico's van interne en externe verzilting op een eenduidige manier konden worden vastgesteld voor natuurgebieden in laag Nederland (hoofdstuk 2 en digitale bijlagen). De sterke kant van de toegepaste methodiek zit in de consistente beoordeling van afzonderlijke gebieden. De gevolgde methodiek bracht noodzakelijkerwijs ook een aantal onzekerheden met zich mee (hoofdstuk 5). Het stroomschema is toegepast op twee situaties: de huidige situatie en de situatie '2050, business as usual'. In deze toekomstsituatie wordt uitgegaan van het KNMI-klimaatscenario W+, 'business as usual' in het waterbeheer en uitvoering van de beleidsvoornemens 'Kierbesluit Haringvliet' en verzilting van het Volkerak-Zoommeer. Daarnaast zijn de effecten van twee adaptatiestrategieën onderzocht (in lijn met de strategieën die worden onderzocht in het kader van het Deltaprogramma van de overheid). Dit zijn enerzijds 'technische aanpassingen aan het hoofdwatersysteem'. Een voorbeeld hiervan is zoetwatervoorziening voor een groot deel van laag Nederland vanuit het IJsselmeer waarvan het peil is verhoogd. Hier tegenover staat de tweede adaptatiestrategie, 'regionale zelfvoorziening zoetwatervraag', die uitgaat van het binnen de eigen regio oplossen van zoetwatertekorten door bijvoorbeeld in het natte seizoen water beter vast te houden.

Van de 65 onderzochte terreinen van Natuurmonumenten zijn er in deze studie zes geïdentificeerd waar verzilting momenteel een duidelijk risico vormt voor de bestaande natuurdoelen (hoofdstuk 3). Voor vijf terreinen (Aalkeetbuitenpolder, Kadelanden, Botshol, Lage Land van Texel en Nationaal Park Lauwersmeer-Bantpolder) volgt uit de toegepaste methodiek dat verzilting een matig risico vormt. Voor het Westerhizumberbos vormt verzilting een groot risico. Daarbij is risicogedefinieerd als de combinatie van de kans op optreden van verzilting in een natuurgebied en de gevoeligheid van de aanwezige natuur(doelen) ter plaatse voor zout. In de situatie '2050, business as usual' verandert er qua aantal risicogebieden weinig ten opzichte van de huidige situatie. Wel is in een aantal gevallen sprake van een toename van het risico van verzilting. Interne verzilting (brakke of zoute kwel) lijkt zowel in de huidige situatie als in de situatie '2050, business as usual' een belangrijker risico-factor dan externe verzilting (aanvoer van brak oppervlaktewater). Dit kan enerzijds worden verklaard door de geringe kans op externe verzilting in vrijwel alle natuurgebieden en anderzijds op een lagere geschatte gevoeligheid voor zout voor de aquatische delen van de beschouwde natuurgebieden in vergelijking met de terrestrische delen. In de meeste natuurgebieden waar wel sprake is van matig of zeer gevoelige aquatische natuurtypen is de kans op interne of externe verzilting zeer gering.

Wat betreft de verwachte fysische effecten van de zoetwatervoorzieningsstrategie 'technische aanpassingen aan het hoofdwatersysteem' op natuurgebieden valt op dat de terreinen waar het milieu zouter zal worden alle zijn gesitueerd in de Zuidwestelijke Delta (hoofdstuk 4). In het Groene Hart wordt het milieu in nagenoeg alle gebieden zoeter. In veel van de overige gebieden (Noord-Holland en Noord-Nederland) blijft de fysische situatie naar verwachting ongewijzigd. Wat betreft de fysische effecten van de strategie 'regionale zelfvoorziening zoetwatervraag' wordt het milieu in geen enkel natuurgebied zouter. Dit kan worden verklaard door de

uitwerking van deze strategie in deze studie als 'opzet van peilen, waardoor in droogteperioden minder en pas later uitzakking van peilen zal plaatsvinden'. Dit kan alleen leiden tot een verzoetend effect. Verder valt op dat effecten geografisch gelijkmatiger verdeeld zijn dan bij de adaptatiestrategie 'technische aanpassingen aan het hoofdwatersysteem'. Zowel qua frequentieverdeling van de fysische effecten als qua passendheid bij de huidige natuurdoelen ontlopen de twee adaptatiestrategieën elkaar niet veel. Voor vrijwel alle beschouwde natuurgebieden zijn wij van mening dat beide strategieën niet ongunstig uitpakken voor de gestelde natuurdoelen.

Uit deze studie blijkt dat in een groot deel van de onderzochte natuurterreinen in laag Nederland adaptatiemaatregelen gericht op het tegengaan van ongewenste veranderingen in de zoet-zouthuishouding niet nodig zijn. Dit omdat er geen noemenswaardig risico van verzilting is voor de aanwezige natuur (doordat ofwel de kans op verzilting, ofwel de gevoeligheid van de aanwezige natuur daarvoor, gering is). Waar toch adaptatiemaatregelen voor verzilting nodig zijn, adviseren we doorgaans om de natuurdoelen bij te stellen. Dit is een manier om met relatief weinig kosten en weinig technisch-hydrologische ingrepen mee te bewegen met langjarige abiotische trends. Deze strategie is geadviseerd voor terreinen die volgens de gebruikte invoergegevens nog grotendeels zoete natuurdoelen hadden, terwijl er goede mogelijkheden zijn voor de ontwikkeling van brakke waarden. Daarbij moet worden bedacht dat er sinds het begin van de twintigste eeuw veel areaal binnendijkse zilte natuur verloren is gegaan in Nederland.

In een aantal natuurgebieden zal Natuurmonumenten wellicht zoete natuurdoelen willen handhaven tegen een verziltende trend in en eventueel slechts in specifieke terreindelen. Daarnaast geldt voor een aantal kustnabije natuurgebieden dat op de lange termijn, door zeespiegelstijging, brakke graslanden zouden kunnen 'verdrinken'. In beide situaties kunnen hydrologische ingrepen voorkomen dat bestaande natuurdoelen moeten worden opgegeven. Voor een beperkt aantal natuurgebieden wordt voorgesteld hydrologische maatregelen buiten het gebied te nemen om de gewenste zoet/zout-toestand in het natuurgebied te bereiken.

Voor twee van de beschouwde natuurterreinen van Natuurmonumenten zien we concrete mogelijkheden voor het realiseren van klimaatbuffers binnen het terrein: Inlaag 1887 (langs de Westerschelde) en aan Zuidkust van Schouwen. In twee discussiesessies met Natuurmonumenten zijn tevens mogelijkheden voor klimaatbuffers buiten de huidige natuurterreinen verkend.

De studie heeft zich beperkt tot terreinen van Natuurmonumenten. Dat geldt dus ook voor de conclusies. Het is goed denkbaar dat voor andere natuurgebieden in laag Nederland andere conclusies gelden over de gevolgen van klimaatgedreven verzilting.

1 Inleiding

1.1 Effecten van klimaatverandering

Wereldwijd verandert het klimaat. Aangetoond is dat de uitstoot van broeikasgassen hierbij een belangrijke rol speelt. In 2006 formuleerde het KNMI vier mogelijke klimaatscenario's voor de toekomst tot 2050 (KNMI, 2006). Inmiddels gaat het KNMI ervan uit dat de twee gematigde scenario's (G en G+; 1 °C temperatuurstijging in 2050 ten opzichte van 1990) niet langer realistisch zijn. Men verwacht nu dat de klimaatverandering meer in de lijn van de warme scenario's W en W+ (2 °C temperatuurstijging in 2050 ten opzichte van 1990) zal liggen. Daarbij staat de + voor het optreden van meer weersextremen als gevolg van circulatieveranderingen in luchtstromen. Zomers zullen warmer en droger worden door meer oostenwind, terwijl in de winter meer westenwind zal optreden die de winters milder en natter zal maken. Of deze circulatieveranderingen zullen optreden is nog niet zeker. Het KNMI raadt gebruikers van de scenario's daarom aan het scenario te kiezen dat het beste bij hun vraagstelling aansluit.

In deze studie kijken we primair naar de verwachte gevolgen van klimaatgedreven verzilting voor terreinen van Natuurmonumenten in laag Nederland. Het optreden van klimaatgedreven verzilting hangt sterk samen met (extreem) droge perioden. Juist het W+ scenario houdt sterk rekening met het optreden van extremen. Daarom zijn wij in deze studie uitgegaan van het W+ scenario voor de verwachte situatie in 2050.

De KNMI-scenario's houden rekening met een zeespiegelstijging tussen de 35 en 85 cm tot 2100. In combinatie met extreem droge perioden en lage rivierafvoeren zal dit leiden tot het vaker en verder indringen van zouttongen in het benedenrivieren-gebied, vooral vanuit de Nieuwe Waterweg.

Klimaatverandering zal naar verwachting een reeks van effecten op natuur hebben (Vos et al., 2009). Groei- en afbraakprocessen in ecosystemen verlopen sneller als gevolg van de verhoogde CO₂-concentratie en temperatuurstijging. Veranderingen in de fenologie van soorten (bijvoorbeeld vervroeging van de ontwikkeling van insecten) kunnen leiden tot mismatches in voedselketens. Wanneer geschikte klimaatzones poolwaarts verschuiven, kunnen soorten hun arealen in deze richting uitbereiden, terwijl aan de (te) warme kant van de klimaatzone areaal verdwijnt. Weersextremen leiden tot een toename van aantalsfluctuaties van soorten, waardoor de kans op lokaal uitsterven toeneemt.

Naast effecten op soorten heeft klimaatverandering ook invloed op de abiotische omstandigheden in ecosystemen. Veranderingen treden op in de water-, zuurstof-, warmte- en nutriëntenhuishouding van ecosystemen. Deze effecten zijn ongunstig wanneer ze een versterking van al bestaande drukfactoren tot gevolg hebben, zoals extra eutrofiëring en verdroging.

1.2 Verzilting: oorzaken en verschijningsvormen

We spreken van verzilting wanneer het zoutgehalte van bodem of water toeneemt. De term verzilting wordt in het bijzonder gebruikt wanneer de zoutconcentratie hoger wordt dan wenselijk voor een bepaalde gebruiksfunctie, bijvoorbeeld landbouw of drinkwaterwinning. Omdat chloride bij verzilting het dominante ion is, wordt de chlorideconcentratie (of vracht) vaak als maat voor verzilting gehanteerd. Wanneer verzilting optreedt door de invloed van brakke of zoute kwel spreken we van 'interne verzilting'. Wanneer zout wordt aangevoerd met oppervlaktewater spreken we van 'externe verzilting' (Ter Voorde en

Velstra, 2009). Dit zout is afkomstig uit (periodiek) brakke buitenwateren van waaruit water wordt ingelaten naar boezem- en poldergebieden. Van een bijzondere vorm van externe verzilting, hier ‘passieve externe verzilting’ genoemd, is sprake wanneer brak of zout oppervlaktewater verzilt door de invloed van zoute kwel elders. Omdat in het kader van deze verkenning geen volledig ruimtelijk beeld kon worden gegeven van ‘passieve externe verzilting’ is deze factor verder buiten beschouwing gelaten¹.

1.2.1 Klimaatgedreven verzilting

Eén van de vormen waarin abiotische veranderingen door klimaatverandering tot uiting kunnen komen is een periodieke toename van de verziltingsdruk. Als deze samenhangt met het indringen van zouttongen in het benedenrivierengebied, kan dit leiden tot externe verzilting met problemen voor de functies drinkwater, landbouw en natuur. Dit verschijnsel treedt nu al incidenteel op wanneer hoge waterstanden op zee samenvallen met lage rivierafvoeren. Zouttongen dringen dan vanuit de Nieuwe Waterweg door tot onder andere het Haringvliet en het Hollands Diep. Dit wordt wel ‘achterwaartse verzilting’ genoemd (Van Spijk, 2006; zie ook figuur 1.1). We verwachten dat bij klimaatverandering in het W+ scenario lage rivierafvoeren vaker optreden. In combinatie met een stijging van de zeespiegel zal dit leiden tot vaker en verder indringen van zouttongen in het benedenrivierengebied en aangrenzende poldergebieden.



Figuur 1.1
 Binnendringen van zeewater in het benedenrivierengebied vanuit de Nieuwe Waterweg in 1991. Inzet: schematische voorstelling zouttong (rood) die door dichtheidsverschil onder het zoete water zakt. Bron: Rijkswaterstaat.

Ook het optreden van interne verzilting is gekoppeld aan het weer en aan klimaatverandering. In veel gebieden met brakke kwel worden polders door de waterbeheerder ‘zoetgespoeld’, waardoor onder normale omstandigheden niet of nauwelijks sprake is van interne verzilting (ter plekke van de brakke kwel) of passieve externe verzilting (‘stroomafwaarts’ van de zone met brakke kwel). Echter, in zeer droge zomers (bijvoorbeeld 2003) zien we dat er tekorten ontstaan aan zoetwater van voldoende kwaliteit. Bij klimaatverandering zal de kans op het optreden van zoetwatertekorten alleen maar toenemen. In dergelijke gevallen zullen interne verzilting en passieve externe verzilting zich duidelijk gaan manifesteren in waterlopen in poldergebieden.

¹ Aangetekend wordt dat ‘passieve externe verzilting’ in de droge zomer van 2003 op diverse plaatsen in de boezem van Rijnland een belangrijk knelpunt vormde voor zoete poldersloten (N. Straathof, pers. med.; vgl. Runhaar, 2006)

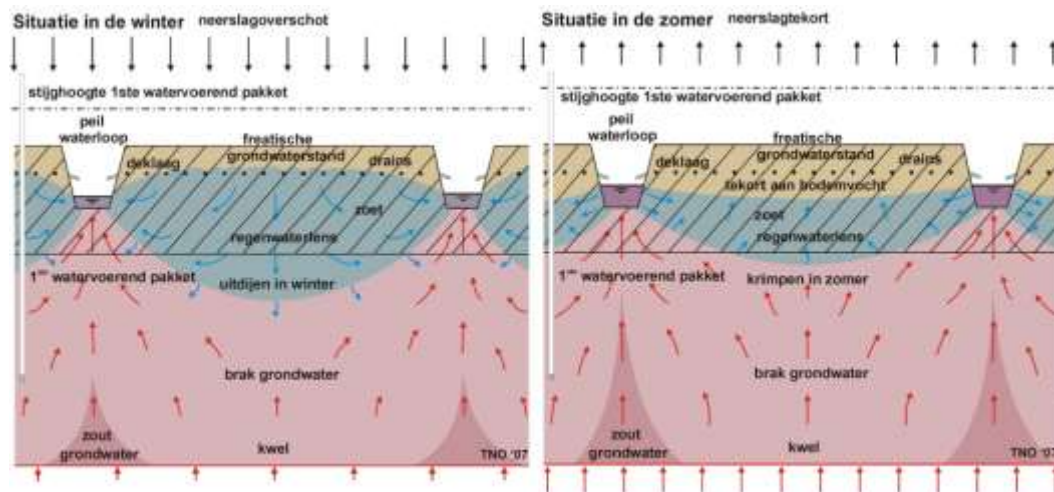
Wanneer in droge perioden brak water wordt ingelaten in polders vanuit buitenwateren is daarnaast sprake van 'actieve' externe verzilting.

1.2.2 Autonome verzilting en verzilting als gevolg van aanpassingen in het waterbeleid

Naast klimaatverandering zijn er in Nederland belangrijke andere oorzaken van verzilting, die te maken hebben met geologische processen, menselijke ingrepen in de waterhuishouding of een combinatie van beide. Zo komt ondiep in de ondergrond van laag Nederland op grote schaal zout grondwater voor. Dit dateert uit de tijd dat de Nederlandse kustvlakte bestond uit een groot waddensysteem. Afgezien van tectonische daling is de bodem van laag Nederland vooral aanzienlijk gedaald door klink als gevolg van inpolderingen sinds de Middeleeuwen. Bovendien wordt het zoute water in de ondergrond door het bemalen van polders en droogmakerijen continu omhoog getrokken. In de toekomst zal deze vorm van autonome verzilting in veel gevallen nog toenemen.

Overigens heeft de afsluiting van de Zuiderzee en van andere zeearmen in de twintigste eeuw juist geleid tot grootschalige verzoeting van gebieden die voorheen brak of zout waren. Dit heeft geleid tot verlies van een groot areaal binnen- en buitendijkse zilte habitats. Bekende voorbeelden van verzoetende gebieden zijn het Hollands Noorderkwartier en delen van de Zuidwestelijke Delta (als gevolg van de Deltawerken). De zoete natuur die zich in de afgesloten zeearmen en aangrenzende gebieden ontwikkelde, kampt met allerlei problemen zoals zandhonger, oevererosie (buitendijkse natuur) en waterkwaliteitsproblemen (buitendijkse én binnendijkse natuur).

Recent zijn beleidsopties ontwikkeld om de ecologie en waterkwaliteit van een aantal voormalige zeearmen te verbeteren. Hierbij moet worden gedacht aan het 'Kierbesluit' voor het Haringvliet en het mogelijk weer zilt maken van het Volkerak-Zoommeer. Dit zijn voorbeelden van voorgenomen aanpassingen in het waterbeleid die tot verzilting zullen leiden.



Figuur 1.2

Schematische weergave van de seizoensdynamiek in een neerslaglens onder een perceel tussen twee sloten. Figuur overgenomen uit Van Baaren et al. (2009).

1.3 Gevolgen van verzilting voor natuur en landbouw

Het zal duidelijk zijn dat verzilting een potentiële bedreiging vormt voor zoetwaterafhankelijke sectoren zoals de landbouw. Dit geldt in beginsel ook voor natuurgebieden in laag Nederland waar de natuurdoelen op zoete situaties zijn afgestemd. Echter, onder normale omstandigheden zorgt een aantal factoren ervoor dat de wortelzone van percelen met een landbouw- of natuurfunctie niet of nauwelijks in contact komt met brakwater. Enerzijds is dit het reeds genoemde 'zoetspoelen' van poldergebieden door waterbeheerders. Anderzijds is er dankzij het neerslagoverschot sprake van 'neerslaglenzen' in de ondiepe bodem van zowel natuur- als landbouwgebieden (figuur 1.2). In droge perioden neemt de dikte en het volume van deze lenzen af. Momenteel wordt studie verricht naar het gedrag van neerslaglenzen in ruimte en tijd in samenhang met weers- en klimaatverandering. We weten op dit moment echter nog onvoldoende over de condities waarbij deze lenzen verdwijnen en brakke kwel tot in de wortelzone kan doordringen. Het lijkt erop dat zoutschade aan landbouw- of natuurpercelen een nog zeldzaam verschijnsel is. Voor natuur is te verwachten dat aquatische systemen eerder te maken krijgen met verzilting dan terrestrische systemen. Dit heeft te maken met de afschermende neerslaglenzen die ontbreekt onder sloten (figuur 1.2) en grotere waterlichamen. Los van de daadwerkelijke kans op blootstelling is bekend dat zowel landbouwgewassen als natuurtypen sterk kunnen verschillen in zouttolerantie (Paulissen et al., 2007; Van Dam et al., 2007).

1.4 Risico op verzilting in twee situaties: nu en later

In deze studie beoordelen we het risico's voor natuur als gevolg van verzilting in twee situaties:

1) Huidige situatie

2) Situatie 2050, business as usual

Voor deze situatie is in overleg met Natuurmonumenten uitgegaan van de volgende ontwikkelingen:

- de verwachte effecten van klimaatverandering in 2050 onder het W+ KNMI-scenario
- geen verhoging van het IJsselmeerpeil
- het openblijven van de Nieuwe Waterweg
- een zouter Volkerak-Zoommeer (De Vries et al., 2009)
- het uitvoeren van het Kierbesluit Haringvliet (De Vries et al., 2009).

1.5 Adaptatie aan verzilting

Bij adaptatie aan verzilting kunnen globaal gezien twee oplossingsrichtingen worden onderscheiden:

1. het veiligstellen van zoetwaterbeschikbaarheid
2. meebewegen met het zout.

Bij de eerste oplossingsrichting wordt de zoetwaterbeschikbaarheid voor natuur- of landbouwgebieden veiliggesteld voor de toekomst. Het advies van de Commissie Veerman (Deltacommissie, 2008) volgt in belangrijke mate deze lijn, bijvoorbeeld door voor te stellen het IJsselmeerpeil met 1-1,5 m te verhogen waardoor een grote zoetwatervoorraad ontstaat die het grootste deel van laag Nederland in de toekomst van zoetwater kan blijven voorzien. Maar ook regionale zelfvoorziening waar het gaat om de zoetwatervraag kan gezien worden als onderdeel van deze oplossingsrichting. Een voorbeeld van dergelijke zelfvoorziening is het opzetten van peilen in natuurgebieden in de winter (wat tevens beter overeenkomt met de natuurlijke situatie) om in het zomerhalfjaar langer gebruik te kunnen maken van het lokale neerslagoverschot.

Bij de tweede oplossingsrichting, 'meebewegen met het zout', kan worden gedacht aan het niet langer onderdrukken of afvoeren van zoute kwel door middel van peilbeheer en zoet doorspoelen, maar aan het staken van zoetspoelen of zelfs het loslaten van peilen in natuurgebieden. Dit zal betekenen dat in de winter hoge peilen zullen optreden, waarbij eventuele brakke kwel in sterkere mate onderdrukt wordt dan bij het traditionele peilbeheer. In de zomer echter zakken de peilen dieper uit, waarbij eventuele brakke kwel juist meer ruimte krijgt. Het loslaten van peilen in natuurgebieden is een zeer effectieve manier om op inlaat van water van buiten te besparen. Tegelijkertijd zijn de mogelijkheden daartoe in de grote laagveengebieden zeer beperkt door de sterke verweving met wonen en infrastructuur die nauwelijks peilfluctuaties verdragen. Ontmengen van de functies is zeer kostbaar en zal daardoor vaak op onvoldoende maatschappelijk draagvlak kunnen rekenen². Bij 'meebewegen met zout' kan verder worden gedacht aan aanpassing van teelten in de landbouw en van natuurdoelen in natuurterreinen. Binnen traditionele landbouwgewassen zitten al duidelijke verschillen in de zouttolerantie. Zo zijn suikerbieten en gerst relatief zouttolerant (Van Dam et al., 2007). Ook vee-soorten verschillen in 'tolerantie' van zout. Zo mag de chlorideconcentratie in drinkwater voor schapen wat hoger oplopen dan in drinkwater voor rundvee. Echter, bij de oplossingsrichting 'meebewegen met zout' is het denkbaar dat zoutconcentraties in de wortelzone periodiek zo hoog worden dat conventionele teelten niet langer mogelijk zijn. Dan kan gedacht worden aan zouttolerante gewassen als zeekraal of zeeaster. Echter, de markt voor deze gewassen is vooralsnog beperkt van omvang (Luiten, 2004).

Een interessante mogelijkheid voor adaptatie aan verzilting kan worden ontleend aan het concept 'klimaatbuffers' (www.klimaatbuffers.nl/index.asp). Klimaatbuffers zijn grootschalige ruimtelijke eenheden waar natuurlijke processen de vrije loop krijgen en het systeem zich zodoende kan meeontwikkelen met het veranderende klimaat. Klimaatbuffers beogen daartoe ontwikkeling van nieuwe natuur, steeds met een economische nevenfunctie, bijvoorbeeld wonen, recreatie of extensieve landbouw. Water speelt in klimaatbuffers een belangrijke rol. Dit maakt klimaatbuffers potentieel interessant als adaptatiestrategie met betrekking tot verzilting.

1.6 Projectdoelstelling en leeswijzer

Doelstelling van dit project is het in beeld brengen van:

- 1) Verwachte knelpunten voor natuur als gevolg van klimaatgedreven en autonome verzilting en verzilting als gevolg van (mogelijke) aanpassingen in het waterbeleid.
Hoofdstuk 2 beschrijft de methodiek van deze knelpuntanalyse voor de huidige situatie en de verwachte situatie in 2050 uitgaande van 'business as usual' in het waterbeheer en klimaatscenario W+.
Hoofdstuk 3 presenteert de resultaten in tabellen en kaartbeelden.

- 2) Effect van twee landelijke adaptatiestrategieën in het zoetwaterbeheer op de mate waarin verzilting een risico vormt voor terreinen van Natuurmonumenten:
 - Technische aanpassingen aan het hoofdwatersysteem
 - Regionale zelfvoorziening zoetwatervraag

Deze scenario's zijn in lijn met de strategieën die worden onderzocht in het kader van het Deltaprogramma van de overheid (Deltaprogramma, 2011). De resultaten van deze analyse zijn beschreven in hoofdstuk 4 (paragraaf 4.1).

² Voor het dorp Nieuwkoop zou een dergelijke ontmenging neerkomen op een investering van ca. 20 miljoen euro (N. Straathof, pers. med.).

Vervolgens worden in paragraaf 4.2 van hoofdstuk 4 kansrijke adaptatiestrategieën met betrekking tot verzilting geïdentificeerd voor die terreinen waar sprake is van een significant risico van verzilting voor de natuur ter plekke. In dit licht zal ook aandacht worden besteed aan kansen voor klimaatbuffers.

Hoofdstuk 5 geeft een overzicht van de conclusies en aanbevelingen.

2 Methodiek

De gevolgde methodiek wordt in dit hoofdstuk in hoofdlijnen beschreven. Een gedetailleerdere beschrijving is opgenomen in het digitale bijlagen-document (CD-rom) bij dit rapport. In de tekst wordt hiernaar verwezen.

De toegepaste methodiek is in dit hoofdstuk weergegeven in een stroomschema. Dit stroomschema is digitaal beschikbaar op de CD-rom. Op dit digitale stroomschema kunt u doorklikken naar de gebruikte basisgegevens, beslisregeltabellen, tussenresultaten en eindresultaten in kaart- en tabelvorm. In het hoofdrapport zijn alleen de belangrijkste resultaatkaarten opgenomen, om de leesbaarheid van het rapport te bevorderen.

2.1 Selectie beschouwde natuurgebieden

In overleg met Natuurmonumenten is een selectie gemaakt van de terreinen waarop deze studie zich richt; meegenomen zijn de natuurterreinen van Natuurmonumenten waar verzilting mogelijk een rol kan spelen. Hierna zijn aangrenzende en daardoor in veel opzichten op elkaar lijkende terreinen geclusterd. In bijlage A is beschreven op basis waarvan de terreinen zijn geselecteerd en is een overzicht opgenomen van de geselecteerde terreinen.

2.2 Bepaling risico verzilting van natuurterreinen

Bij het bepalen van het risico op verzilting van natuurterreinen is 'risico' als volgt gedefinieerd:

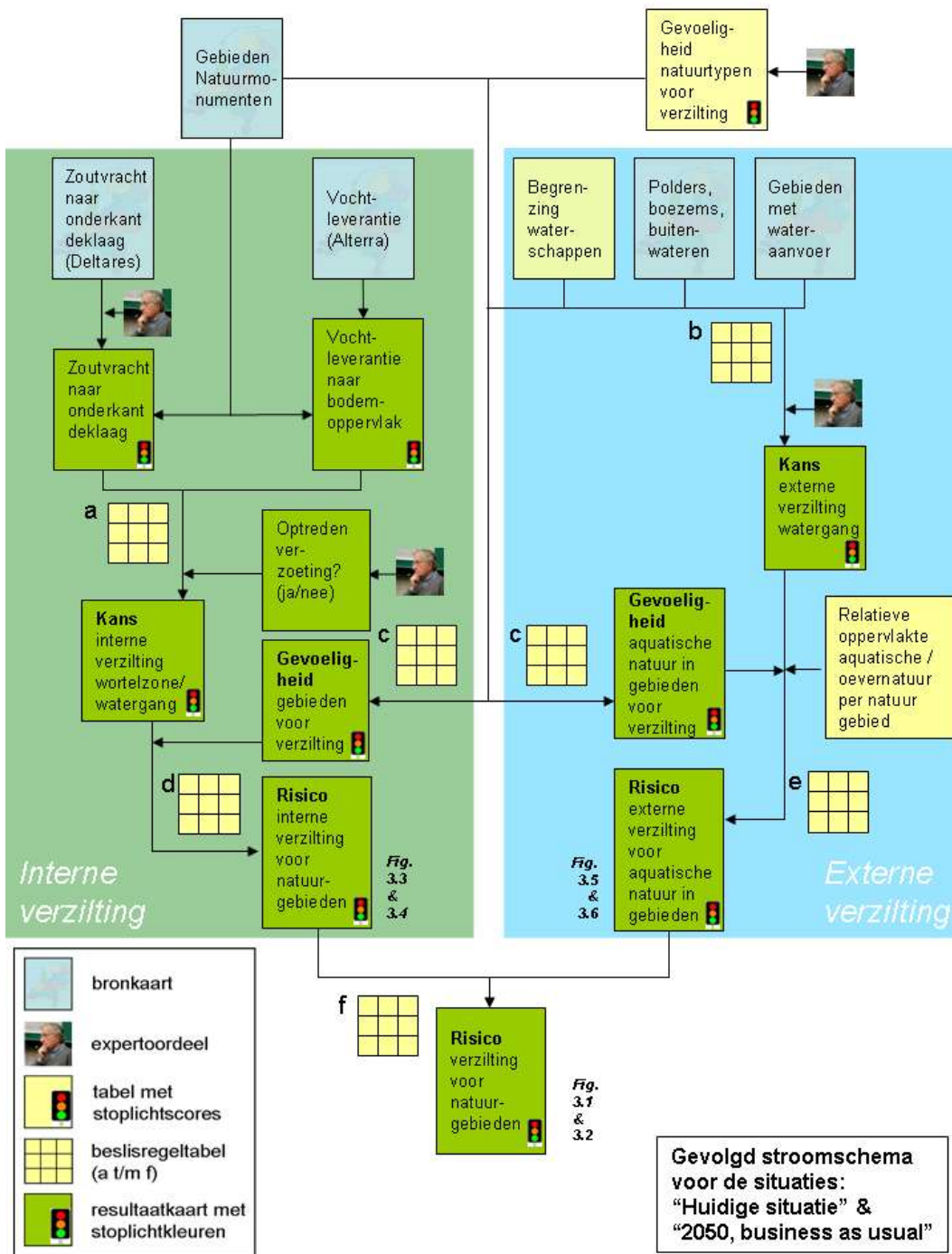
Risico = kans x effect

Waarbij:

'kans' = de waarschijnlijkheid dat verzilting van de wortelzone van percelen of van aquatische milieus optreedt.

'effect' = het effect van verzilting op een natuurterrein wanneer de natuur in dit terrein met verhoogde zoutconcentraties in aanraking komt. Dit effect is vastgesteld op basis van de geschatte gevoeligheid van de door Natuurmonumenten onderscheiden natuurtypen voor zout.

Het risico op effecten van verzilting is voor de geselecteerde natuurterreinen ingeschat middels het doorlopen van een aantal stappen. Deze zijn in een stroomschema weergegeven in figuur 2.1. Hieronder worden de verschillende stappen kort toegelicht.



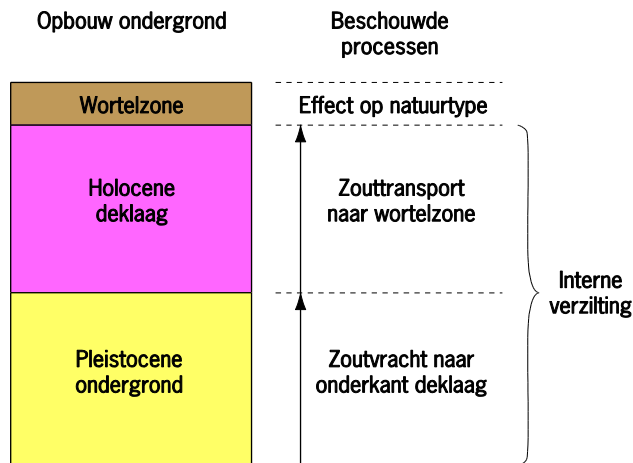
Figuur 2.1

Stroomschema van de methodiek om het risico van verzilting voor de natuurterreinen van Natuurmonumenten in te schatten en in kaartbeelden weer te geven. In het digitale bijlagen-document (CD-rom) kunt u op de digitale versie van dit stroomschema doorklikken naar de gebruikte basiskaarten, beslisregels en (tussen-)resultaten.

2.2.1 Kans interne verzilting wortelzone

Bij de inschatting van de kans op optreden van interne verzilting zijn twee factoren van belang:

1. de hoeveelheid zout die zich bevindt in de pleistocene ondergrond, onder de Holocene deklaag (opwaarts gerichte zoutvracht);
2. de snelheid waarmee dit zout wordt getransporteerd door de Holocene deklaag naar de wortelzone (figuur 2.2).



Figuur 2.2

Deelprocessen van interne verzilting.

1) Zoutvracht naar onderkant deklaag

Voor de schatting van de zoutvracht aan de onderkant van de Holocene deklaag zijn zoutvrachtkaarten van Deltares gebruikt, waarin de zoutvracht in de huidige situatie is weergegeven en de verwachte toename tot 2050 onder het W+ scenario (Oude Essink en Van Baaren, 2009). De beide kaarten zijn weergegeven in bijlage B.

Op basis hiervan is de zoutvracht in de terreinen van Natuurmonumenten in de huidige situatie berekend en de verwachte situatie in scenario '2050, business as usual'. Vanwege verschillen in de resolutie van de gebruikte kaarten en onnauwkeurigheden in de onderliggende modelresultaten is er een visuele kwaliteitscheck gedaan op de berekende resultaatkaarten. De wijze waarop dit is gedaan is beschreven in bijlage B. In deze bijlage zijn ook de resultaatkaarten van de zoutvracht in de natuurterreinen in de huidige situatie en in het jaar 2050 opgenomen.

2) Mate van zouttransport naar wortelzone

Een hoge zoutvracht in de ondergrond betekent niet zonder meer dat dit zout ook in watergangen of in de wortelzone van bovenliggende natuur- of landbouwgebieden terecht komt. Of dit gebeurt, hangt van diverse factoren af.

De intensiteit van het zouttransport uit de diepere ondergrond naar de wortelzone is met name gerelateerd aan de intensiteit van het vochttransport uit de ondergrond via capillaire nalevering naar de wortelzone. Hiervan zijn landsdekkende data beschikbaar die gebaseerd zijn op basis van modelgegevens (Van der Gaast et al., 2009). Deze data zijn gebruikt om de mate van zouttransport in te schatten in de huidige situatie en in de situatie '2050, business as usual'. In bijlage C zijn deze kaarten weergegeven.

Door de zoutvracht aan de onderkant van de deklaag via beslisregeltabel a te combineren met de mate van vochttransport naar de wortelzone is per natuurgebied een schatting gemaakt van de kans op interne verzilting van de wortelzone. In eerste instantie betreft dit een kans zonder correctie voor eventuele lokale verzoeting. Dergelijke verzoeting kan worden veroorzaakt door bijv. diepe ontwatering in omgevende landbouwgebieden, waardoor brakke kwel het maaiveld niet meer kan bereiken. In tweede instantie is wel gecorrigeerd voor het eventuele optreden van verzoeting (bijlage D) en deze gecorrigeerde kansen op interne verzilting worden gepresenteerd in hoofdstuk 3.

2.2.2 Kans op externe verzilting

De kans op het optreden van externe verzilting in natuurterreinen is beoordeeld aan de hand van een aantal bronkaarten en beslisregels (zie bijlage E). Er is gebruik gemaakt van informatie over de lokale waterbeheerder (waterschap, hoogheem-raadschap of Rijkswaterstaat), een kaart van gebieden met wateraanvoer en een kaart met polders, boezems en buitenwateren.

Externe verzilting is in deze studie gedefinieerd als chloride dat van buiten het beschouwde natuurgebied via oppervlaktewater wordt aangevoerd. Indien de natte/aquatische delen van oeverlanden van afgesloten zeearmen in contact komen met verzilt water uit de afgesloten zeearm, beschouwen we dit ook als externe verzilting. Bij zoutspray in kustnabije terreinen en ook bij oeverlanden van zoute buitenwateren spreken we niet van externe verzilting. Ook met 'passieve externe verzilting' - met als zoutbron chloride uit brakke kwel in een naburig gebied die via oppervlaktewater in het beschouwde gebied komt - is in principe geen rekening gehouden, omdat hierover binnen het kader van deze verkenning geen volledige informatie voorhanden was (precieze stroomrichtingen etc., mate van verdunning met zoet oppervlaktewater etc.). Uitzondering vormt het gebied Botshol waarvoor wel bekend was - en ook gewenst is - dat het ingelaten oppervlaktewater belast is met zout uit de belendende diepe polder Groot Mijdrecht. De schatting van de mate van externe verzilting is systematisch gemaakt aan de hand van beslisregeltabel b (bijlage E).

2.2.3 Effect van verzilting op natuurterreinen

Om een beeld te krijgen van het effect van verzilting op de natuurterreinen van Natuurmonumenten is gekeken naar de gevoeligheid van de diverse natuurtypen die in deze terreinen voorkomen. Voor deze beoordeling is door auteurs van deze studie een expertoordeeltabel samengesteld en gebruikt. Bij het bepalen van de gevoeligheid van een natuurterrein is rekening gehouden met het relatieve oppervlak van verziltingsgevoelige natuurtypen. In bijlage F is de wijze waarop de natuurgebieden zijn beoordeeld in meer detail beschreven en is de resulterende kaart met de gevoeligheid van natuurterreinen voor verzilting weergegeven.

2.2.4 Risico van verzilting voor natuurterreinen

De voorgaande stappen maken het mogelijk om voor elk terrein te bepalen wat het risico is op het optreden van verzilting voor de aanwezige natuur. 'Risico' is gedefinieerd als het product van kans van optreden van verzilting \times effect op (ofwel: gevoeligheid van) natuur. Dit is bepaald voor de huidige situatie en voor scenario '2050, business as usual' met behulp van een beslisregeltabel. De werkwijze en resulterende kaartbeelden zijn opgenomen in bijlage G.

2.3 Effect wateradaptatiestrategieën op verziltingsrisico

Uitgaande van het verwachte risico van verzilting voor natuurterreinen bij het scenario '2050, Business as usual' is verkend hoe twee mogelijke toekomstige strategieën voor zoetwatervoorziening dit risico verder zullen vergroten of verkleinen. Dit is onderzocht aan de hand de adaptatiestrategieën:

- 1) *Technische aanpassingen aan het hoofdwatersysteem* (in lijn met voorstellen van de Commissie Veerman; Deltacommissie, 2008). Hierbij moet bijvoorbeeld gedacht worden aan het opzetten van het IJsselmeerpeil, om hiermee in de toekomst een groot deel van laag Nederland in droge periodes van zoetwater te kunnen blijven voorzien.
- 2) *Regionale zelfvoorziening zoetwatervraag* (in lijn met voorstellen in het Nationaal Waterplan; Stumpe, 2008).

Voor de in deze studie onderzochte terreinen van Natuurmonumenten is het effect van deze mogelijke toekomstige zoetwatervoorzieningsstrategieën geschat op basis van expertoordeel. De situatie '2050, business as usual' kan beschouwd worden als een derde mogelijke toekomststrategie, waartegen de andere strategieën worden afgezet. Meer details over de gevolgde werkwijze zijn te vinden in bijlage H.

2.4 Perspectieven voor adaptatie

Voortbouwend op de schatting van het effect van bovengenoemde mogelijke wateradaptatiestrategieën, is per terrein geïnventariseerd welke mogelijkheden voor adaptatie met betrekking tot verzilting (c.q. de toekomstige verandering in de zoet-zoutstatus van het terrein) het meest kansrijk lijken. Daarbij is een aantal categorieën van mogelijke adaptatiemogelijkheden beschouwd:

Adaptatiemogelijkheden op eigen terrein:

- a) aanpassen beheer binnen natuurterrein
- b) aanpassen hydrologie binnen terrein (bijvoorbeeld natuurlijk fluctuerend systeem)
- c) aanpassen natuurdoel binnen terrein

Adaptatiemogelijkheden buiten eigen terrein:

- d) aanpassen hydrologie/landgebruik in omliggend gebied
- e) klimaatbuffer

2.5 Identificeren van kansen voor klimaatbuffers

In het verlengde van de in de vorige paragraaf beschreven inventarisatie is nagegaan in welke situaties er kansen liggen voor 'klimaatbuffers'. In paragraaf 1.5 zijn klimaatbuffers gedefinieerd als *grootschalige ruimtelijke eenheden waar natuurlijke processen de vrije loop krijgen en het systeem zich zodoende kan meeontwikkelen met het veranderende klimaat*. Dit gebeurt door de ontwikkeling van nieuwe natuur, met een economische nevenfunctie, zoals wonen, recreatie of extensieve landbouw.

In deze studie is vooral gezocht naar klimaatbuffers waarin natuurlijke processen de negatieve effecten van verzilting op landgebruiksfuncties verminderen.

Voorwaarden voor 'zoute klimaatbuffers'

Hieruit kan worden afgeleid dat een gebied potentie heeft als 'zoute klimaatbuffer' als het gebied voldoet aan de volgende voorwaarden:

- biedt grootschalige ruimte aan natuurlijke processen;
- het landgebruik krijgt in de toekomst last van verzilting. Dit zal vooral het geval zijn voor de intensievere landbouwteelten zoals boomkwekerijen (Van Dam et al., 2007)³.
- het huidige of eventueel aangepaste landgebruik krijgt in de klimaatbuffer zelf of in zijn omgeving, nu of in de toekomst, minder last van verzilting;
- natuurlijke processen spelen hierbij een rol. Hierbij kan worden gedacht aan hydrologische en sedimentatieprocessen.

³ Intensieve land- en tuinbouwteelten c.q. boomkwekerijen in de zgn. 'greenports' worden in toenemende mate onafhankelijk van het oppervlaktewater door hergebruik, opslag van zoet winteroverschot in de ondergrond, benutting van zout grondwater, etc. Door technische innovatie wordt het verziltingsrisico voor de toekomst hier juist minder (N. Straathof, pers. med. op basis van informatie van Dolf Kern, Hoogheemraadschap van Rijnland)

3 In hoeverre vormt verzilting een risico voor natuurterreinen van Natuurmonumenten?

In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken van de diverse factoren die bijdragen aan risico op verzilting en van de resultante daarvan, zowel voor de huidige situatie als voor de situatie '2050, business as usual'. De resultaten die betrekking hebben op de deelfactoren van risico op verzilting zijn opgenomen in bijlagen B t/m F. De kaarten die het resulterende risico weergeven worden wel getoond in dit hoofdstuk. Meer uitleg over de toegepaste risico-schatting is te vinden in bijlage G.

De verschillende kaartbeelden zijn het resultaat van toepassing van het in figuur 2.1 gepresenteerde stroomschema.

3.1 Kans op interne verzilting van wortelzone en watergangen

In de methodiek om vast te stellen in welke natuurterreinen zoute kwel kan doordringen tot aan maaiveld hebben we rekening gehouden met lokaal optredende verzoeting door bijvoorbeeld diepe ontwatering in de directe omgeving⁴. Uit deze methodiek blijkt dat zoute kwel slechts in een beperkt aantal natuurgebieden kan doordringen tot in de wortelzone van percelen en het oppervlaktewater. Bij de terreinen waarvoor de kans op interne verzilting 'matig' of 'groot' wordt geacht, gaat het veelal om terreinen vlak aan de kust of langs zeearmen (tabel 3.1)⁵. Het optreden van (interne) verzilting moet voor de Aalkeetbuitenpolder enigszins worden genuanceerd. Brakke kwel komt daar in de huidige situatie lokaal voor in de sloten en wordt voor de oppervlaktewaterkwaliteit niet als een knelpunt ervaren. De wortelzone in de percelen heeft nauwelijks last van zoutinvloeden (N. Straathof, pers. med.).

De verwachting voor de situatie '2050, business as usual' (tabel 3.2) komt in grote lijnen overeen met de huidige situatie. Voor de natuurgebieden Steenbergse Vliet en Naardermeer verandert de kans op interne verzilting van 'gering' in de huidige situatie naar 'matig' in de situatie '2050, business as usual'. Voor het Naardermeer moet deze score worden genuanceerd: het gebied is sinds de afsluiting van de Zuiderzee (en het wegvallen van de zoute kwel uit dit buitenwater) juist sterk verzoet. Voor de kustnabije gebieden Lage Land van Texel en Uithuizerwad verandert de geschatte kans op interne verzilting van 'matig' in de huidige situatie naar 'groot' in de situatie '2050, business as usual'. In deze kustnabije gebieden houdt de verwachte toename van de zoute kwel rechtstreeks verband met de verwachte zeespiegelstijging. Ook voor de gebieden Inlaag 1887, Zuidkust van Schouwen en Harger- en Pettemerpolder ligt een toename voor de hand, maar daar is in de huidige situatie al sprake van sterke zoute kwel (zichtbaar in de maximale score voor de kans op interne verzilting).

⁴ In het Lage Land van Texel is verzoeting van de wortelzone in de huidige situatie het knelpunt in het beheer (N. Straathof, pers. med.). De zoute kwel wordt afgevangen door de diepe landbouwonwateringssloten. In de gevolgde methodiek komt dit tot uiting in een afzwakking van de gecombineerde score voor zoutvracht vanuit de ondergrond (score rood) en vochtleverantie naar het bodemoppervlak (rood). De gecombineerde score 'kans op interne verzilting' wordt daarmee geel i.p.v. rood

⁵ In afwijking van de hier gevolgde methodiek is de conclusie op grond van ICW (1976) voor de Kadelanden bij Nieuwkoop dat interne verzilting in dit terrein niet optreedt: het 500 mg/l chloride-grensvlak ligt op 80 m beneden maaiveld

Tabel 3.1

Overzichtstabel voor de huidige situatie met kans op optreden van interne en externe verzilting, gevoeligheid van terreinen voor verzilting (gebaseerd op de gevoeligheid van de aanwezige natuurtypen), en, hieruit voortvloeiend, het risico van verzilting voor de natuurterreinen. Betekenis van de scores: 1 (groen) = gering; 2 (geel) = matig; 3 (rood) = groot; - (wit) = geen gegevens.

cluster	natuurgebied	kans op verzilting gebieden				gevoeligheid natuurgebieden		risico van verzilting voor natuurgebieden		
		kans interne verzilting				gevoeligheid natuurgebied voor interne verzilting	gevoeligheid aquatische deel van natuurgebied voor externe verzilting	risico van interne verzilting	risico van externe verzilting (alleen effect op aquatische natuur)	risico van verzilting (totaal)
		zoutvrucht naar onderkant deklaag, expertoordeel	mate van vochtleventie naar woneilzone/watergang	kans interne verzilting	kans externe verzilting watergangen					
Zuid-Beveland	De Poel	1	2	1	1	3	2	1	1	1
	Fort Ellewoutsdijk	1	-	1	1	3	1	1	1	1
	Inlaag 1887	3	3	3	1	1	1	1	1	1
	Ruilgronden Zeeland	2	1	1	1	1	-	1	1	1
	Schenge	2	3	1	1	1	1	1	1	1
	't Sloe	2	2	1	1	3	1	1	1	1
	Zwaakse Weel	2	2	1	1	3	1	1	1	1
	Bloemdijken van Zuid-Beveland	2	1	1	1	3	1	1	1	1
Zuidkust van Schouwen	Zuidkust van Schouwen	3	3	3	1	1	1	1	1	1
Haringvliet	Beningerslikken	1	-	1	1	2	1	1	1	1
	Korendijkse Slikken	1	1	1	1	2	1	1	1	1
	Meertje de Waal	1	3	1	1	1	1	1	1	1
	Merrevliet	1	3	1	1	3	-	1	1	1
	Quackgors	1	-	1	1	1	1	1	1	1
	Scheelhoek	1	3	1	1	2	1	1	1	1
	Tiengemeten	1	3	1	1	1	1	1	1	1
Volkerak	Dintelse Gorzen	1	2	1	1	2	-	1	1	1
	Slikken bij de Sabina-Henricapolder	1	-	1	1	3	1	1	1	1
	Slikken van de Heen	1	3	1	1	1	-	1	1	1
	Steenbergse Vliet	1	3	1	1	1	1	1	1	1
Midden-Delfland	Aalketbuitenpolder	2	3	2	1	2	1	2	1	2
	Ackerdijkse Plassen	1	2	1	1	2	1	1	1	1
	Eendenkooi Schipluiden	1	1	1	1	3	3	1	1	1
	Polder Noord-Kethel	1	2	1	1	2	1	1	1	1
	Polder Schieveen	1	1	1	1	3	1	1	1	1
	Rietputten	1	1	1	1	2	1	1	1	1
	Vlietlanden	1	3	1	1	3	1	1	1	1
Nieuwkoop	Bovenlanden Kromme Mijdrecht	1	2	1	1	1	1	1	1	1
	Kadelanden	2	3	2	1	2	1	2	1	2
	Kamerikse Nessen	1	1	1	1	3	1	1	1	1
	Nieuwkoopse Plassen	1	2	1	1	3	3	1	1	1
Botshol-Groot Mijdrecht	Botshol	1	2	1	2	3	3	1	2	2
	Fort Waver Amstel	1	1	1	1	3	1	1	1	1
	Polder Groot-Mijdrecht	3	1	1	1	3	1	1	1	1
Oostelijke Vechtplassen	Ankeveense Plassen	1	3	1	1	3	1	1	1	1
	De Nes	1	-	1	1	1	1	1	1	1
	Fort Kijkuit	1	-	1	1	1	1	1	1	1
	Het Hol	1	3	1	1	3	3	1	1	1
	Horstermeerpolder	1	3	1	1	2	1	1	1	1
	Kortenhoefse Plassen	1	3	1	1	3	1	1	1	1
	Laegieskamp	1	2	1	1	3	1	1	1	1
	Loosdrechtse Plassen	1	3	1	1	1	1	1	1	1
	Naardermeer	1	2	1	1	3	3	1	1	1
	Spiegelplas	1	3	1	1	1	1	1	1	1
	Tienhovense Plassen	1	3	1	1	3	3	1	1	1
	Uitermeer	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Wijde Blik	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Wormer- en Jisperveld	Wormer- en Jisperveld	1	3	1	1	2	1	1	1	1
Harger- en Pettemerpolder	Harger- en Pettemerpolder	3	2	3	1	1	1	1	1	1
Lage Land van Texel	Hoge Berg	1	3	1	1	2	2	1	1	1
	Lage Land van Texel	3	3	2	1	2	1	2	1	2
Friesland	Filenspolder	1	1	1	1	2	2	1	1	1
	Flietsterbosk	1	2	1	1	3	3	1	1	1
	Hegwiersterfild	2	3	1	1	2	1	1	1	1
	Lionerpolder	1	2	1	1	2	-	1	1	1
	Rengersmiede	1	2	1	1	3	1	1	1	1
	Skrins	1	1	1	1	2	1	1	1	1
	Skrok	1	1	1	1	2	1	1	1	1
	Terr. bij Dokkum *	2	1	1	1	2	-	1	1	1
	Westerhitzumberbos	3	2	2	1	3	-	3	1	3
Lauwersmeer	Nationaal Park Lauwersmeer	2	2	2	1	2	-	2	1	2
	Uithuizerwad	2	3	2	1	1	1	1	1	1
Hoge Land	Hoge Land	1	2	1	1	3	1	1	1	1
	Overige gebouwen regio Gr., Fr. en Dr.*	1	-	1	1	3	-	1	1	1
	Tinallinge	2	1	1	1	2	2	1	1	1

Tabel 3.2

Overzichtstabel voor de situatie '2050, business as usual' met kans op optreden van interne en externe verzilting, gevoeligheid van terreinen voor verzilting (gebaseerd op de gevoeligheid van de aanwezige natuurtypen), en, hieruit voortvloeiend, het risico van verzilting voor de natuurterreinen. Betekenis van de scores: 1 (groen) = gering; 2 (geel) = matig; 3 (rood) = groot; - (wit) = geen gegevens.

cluster	natuurgebied	kans op verzilting gebieden					gevoeligheid natuurgebieden		risico van verzilting voor natuurgebieden		
		kans interne verzilting					gevoeligheid natuurgebied voor interne verzilting	gevoeligheid aquatische deel van natuurgebied voor externe verzilting	risico van interne verzilting	risico van externe verzilting (alleen effect op aquatische natuur)	risico van verzilting (totaal)
		zoutvracht naar onderkant deklaag, expertoordeel	mate van vochtleverantie naar wortelzone/watergang	kans interne verzilting	kans externe verzilting	watergangen					
Zuid-Beveland	De Poel	2	2	1	1	3	2	1	1	1	
	Fort Ellewoutsdijk	2	-	-	1	3	1	-	1	-	
	Inlaag 1887	3	3	3	1	1	1	1	1	1	
	Ruilgronden Zeeland	2	1	1	1	1	-	1	1	1	
	Schenge	2	3	1	1	1	1	1	1	1	
	t Sloe	2	2	1	1	3	1	1	1	1	
	Zwaakse Weel	2	3	1	1	3	1	1	1	1	
	Bloemdijken van Zuid-Beveland	2	1	1	1	3	1	1	1	1	
Zuidkust van Schouwen	Zuidkust van Schouwen	3	3	3	1	1	1	1	1	1	
Haringvliet	Beningerslikken	1	-	1	3	2	1	1	1	1	
	Korendijkse Slikken	1	1	1	3	2	1	1	1	1	
	Meertje de Waal	1	3	1	2	1	1	1	1	1	
	Merrevliet	2	3	1	2	3	-	1	1	1	
	Quackgors	1	-	1	3	1	1	1	1	1	
	Scheelhoek	1	3	1	3	2	1	1	1	1	
	Tiengemeten	1	3	1	3	1	1	1	1	1	
Volkerak	Dintelse Gorzen	1	2	1	3	2	-	1	1	1	
	Slikken bij de Sabina-Henricapolder	1	-	1	3	3	1	1	1	1	
	Slikken van de Heen	1	3	1	3	1	-	1	1	1	
	Steenbergse Vliet	2	3	2	2	1	1	1	1	1	
Midden-Delfland	Aalkeetbuitenpolder	2	3	2	2	2	1	2	1	2	
	Ackerdijkse Plassen	1	3	1	2	2	1	1	1	1	
	Eendenkooi Schipluiden	1	1	1	2	3	3	1	2	2	
	Polder Noord-Kethel	1	2	1	2	2	1	1	1	1	
	Polder Schieveen	1	1	1	2	3	1	1	1	1	
	Rietputten	2	1	1	2	2	1	1	1	1	
	Vlietlanden	1	3	1	3	3	1	1	1	1	
Nieuwkoop	Bovenlanden Kromme Mijdrecht	1	2	1	1	1	1	1	1	1	
	Kadelanden	2	3	2	1	2	1	2	1	2	
	Kamerikse Nessen	1	1	1	1	3	1	1	1	1	
	Nieuwkoopse Plassen	1	2	1	1	3	3	1	1	1	
Botshol-Groot Mijdrecht	Botshol	1	2	1	2	3	3	1	2	2	
	Fort Waver Amstel	1	1	1	1	3	1	1	1	1	
	Polder Groot-Mijdrecht	3	1	1	1	3	1	1	1	1	
Oostelijke Vechtplassen	Ankeveense Plassen	1	3	1	1	3	1	1	1	1	
	De Nes	1	-	1	1	1	1	1	1	1	
	Fort Kijkuit	1	-	1	1	1	1	1	1	1	
	Het Hol	1	3	1	1	3	3	1	1	1	
	Horstermeerpolder	1	3	1	1	2	1	1	1	1	
	Kortenhoefse Plassen	1	3	1	1	3	1	1	1	1	
	Laegieskamp	1	2	1	1	3	1	1	1	1	
	Loosdrechtse Plassen	1	3	1	1	1	1	1	1	1	
	Naardermeer	2	2	2	1	3	3	3	1	3	
	Spiegelplas	1	3	1	1	1	1	1	1	1	
	Tienhovense Plassen	1	3	1	1	3	3	1	1	1	
	Uitermeer	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Wijde Blik	1	2	1	1	1	1	1	1	1	
Wormer- en Jisperveld	Wormer- en Jisperveld	1	3	1	1	2	1	1	1	1	
Harger- en Pettemerpolder	Harger- en Pettemerpolder	3	2	3	1	1	1	1	1	1	
Lage Land van Texel	Hoge Berg	1	3	1	1	2	2	1	1	1	
	Lage Land van Texel	3	3	3	1	2	1	3	1	3	
Friesland	Filenspolder	1	1	1	1	2	2	1	1	1	
	Flietsterbosk	1	2	1	1	3	3	1	1	1	
	Hegewiersterfild	2	3	1	1	2	1	1	1	1	
	Lionerpolder	1	2	1	1	2	-	1	1	1	
	Rengersmiede	1	3	1	1	3	1	1	1	1	
	Skrins	1	2	1	1	2	1	1	1	1	
	Skrok	1	1	1	1	2	1	1	1	1	
	Terr. bij Dokkum *	2	1	1	1	2	-	1	1	1	
	Westerhitzumerbos	3	2	2	1	3	-	3	1	3	
Lauwersmeer	Nationaal Park Lauwersmeer	2	3	2	1	2	-	2	1	2	
Uithuizerwad	Uithuizerwad	3	3	3	1	1	1	1	1	1	
Hoge Land	Hoge Land	1	2	1	1	3	1	1	1	1	
	Overige gebouwen regio Gr., Fr. en Dr.*	2	-	-	1	3	-	-	1	-	
	Tinalinge	3	1	1	1	2	2	1	1	1	

3.2 Kans op externe verzilting

Externe verzilting heeft betrekking op de aanvoer van zout uit buitenwateren via oppervlaktewater naar natuurgebieden. Externe verzilting speelt in Nederland vooral in het benedenrivierengebied, waar via de Nieuwe Waterweg een zouttong stroomopwaarts kan indringen in tijden van lage rivierafvoeren in combinatie met hoge zeewaterstanden.

Van de onderzochte gebieden is in de huidige situatie slechts in één geval sprake van externe verzilting (tabel 3.1). Het enige gebied met een matige kans op externe verzilting is Botshol. De natuur in dit terrein is deels afhankelijk van brak water, maar het mag niet te zout worden. Het inlaatwater voor Botshol is afkomstig uit de Waver, waarop brakke kwel uit Groot Mijdrecht wordt uitgeslagen.

Het Haringvliet is weliswaar zoet, maar nu al treedt zeer incidenteel 'achterwaartse verzilting' via het Spui op. Het gaat hierbij om een zouttong afkomstig uit de Nieuwe Waterweg. Enige nuancering van dit oordeel is op zijn plaats. De gemeten chlorideconcentraties in het Haringvliet kwamen in de bovenste waterlaag tijdens het optreden van achterwaartse verzilting in november 2005 tot net boven het licht brakke bereik (1200 mg/l chloride; Van Spijk, 2006). Slechts een gering oppervlak van de oeverlanden langs het Haringvliet zullen aan dit brakke water worden blootgesteld.

In tegenstelling tot interne verzilting neemt het aantal natuurgebieden met een matige of grote kans op externe verzilting in de situatie '2050, business as usual' aanzienlijk toe (tabel 3.2). Deze gebieden zijn alle gesitueerd in de clusters Haringvliet, Volkerak en Midden-Delfland. In de clusters Haringvliet en Volkerak zullen de buitendijkse terreinen in de situatie '2050, business as usual' een grote kans lopen op externe verzilting. De bovengenoemde nuancering met betrekking tot blootstelling van de relatief hooggelegen oeverlanden blijft overigens gelden. De grotere kans op externe verzilting in Midden-Delfland is het gevolg van verwachte tekorten aan zoetwater door periodiek verslechterde kwaliteit van het inlaatwater. Het Hoogheemraadschap betreft zijn water nu primair uit het Brielse Meer, dat wordt gevoed door water uit het Haringvliet. In de situatie '2050, business as usual', waarin wordt uitgegaan van uitvoering van het Kierbesluit, zal het westelijk deel van het Haringvliet verzilten. Bovendien zal in deze situatie de zouttong via de Nieuwe Waterweg vaker en verder landinwaarts indringen. Naast het optreden van zoutindringing vanuit het buitenwater bij sluizen (bijvoorbeeld bij Schiedam en Rotterdam) zal bij 'business as usual' ook de kwaliteit van inlaatwater dat het Hoogheemraadschap Delfland inneemt vanuit Rijnland afnemen.

3.3 Gevoeligheid van natuurterreinen voor verzilting

De gevoeligheid voor verzilting van de *natuurtypen* is vastgesteld op basis van expertoordeel. Deze informatie is doorvertaald naar de potentiële gevoeligheid van individuele *natuurterreinen* voor verzilting (bijlage F). Het is belangrijk om te bedenken dat deze gevoeligheid los staat van de *kans* op het daadwerkelijke optreden van verzilting.

Waar het gaat om de gevoeligheid voor interne verzilting zijn alle in een gebied aanwezige natuurtypen van belang, omdat zoute kwel zowel in aquatische als terrestrische systemen kan optreden. Uit de ruimtelijke doorvertaling blijkt dat de natuurterreinen in aantal ongeveer gelijk verdeeld zijn over de drie gevoeligheidsklassen voor verzilting (tabel 3.1).

Bij de gevoeligheid voor externe verzilting is alleen de aquatische en oevernatuur van belang, omdat brak oppervlaktewater nauwelijks indringt in de wortelzone van percelen. Wanneer we de gevoeligheid van natuurterreinen voor externe verzilting in beeld brengen, blijkt de aquatische natuur in het grootste deel van de terreinen weinig gevoelig. Het meest gevoelig zijn waterrijke laagveenterreinen in vooral Zuid-Holland en

Utrecht. Voor een aantal gebieden kon geen gevoeligheidsscore worden berekend voor externe verzilting (tabel 3.1), omdat voor deze gebieden geen aquatische natuur was opgegeven in de invoerbestanden.

3.4 Risico van verzilting voor natuurterreinen

Op basis van de huidige kans op verzilting en de gevoeligheid van de natuurterreinen hiervoor is een ruimtelijk beeld verkregen van het huidige risico van verzilting voor natuurterreinen van Natuurmonumenten in laag Nederland (figuur 3.1). Dit beeld is tevens uitgesplitst naar het risico van interne verzilting (figuur 3.3) en van externe verzilting (figuur 3.5). De risico's zijn voor de afzonderlijke natuurgebieden tevens af te lezen in tabel 3.1.

Wat betekent nu een '(matig) groot' risico van verzilting voor een natuurgebied? Dit is aan de orde wanneer in een natuurgebied sprake is van (1) een significant oppervlak natuur met een 'matig grote' of 'grote' gevoeligheid voor zout én (2) een 'matig grote' of 'grote' kans op het optreden van interne danwel externe verzilting. In die gevallen kan verwacht worden de aanwezige natuur schade zal oplopen als gevolg van de blootstelling aan zoute kwel c.q. zout oppervlaktewater. Voor meer informatie over de methode achter de risico-bepaling en beperkingen daarvan wordt verwezen naar bijlage G.

In het overgrote deel van de terreinen vormt interne of externe verzilting, of de combinatie daarvan, in de huidige situatie geen of slechts een gering risico. Dit omdat er ófwel geen sprake is van interne of externe verzilting ter plaatse, ofwel omdat de aanwezige natuurtypen weinig gevoelig zijn voor zout. Veel kustnabije natuur is voor zijn ontwikkeling of voortbestaan zelfs afhankelijk van de invloed van zout.

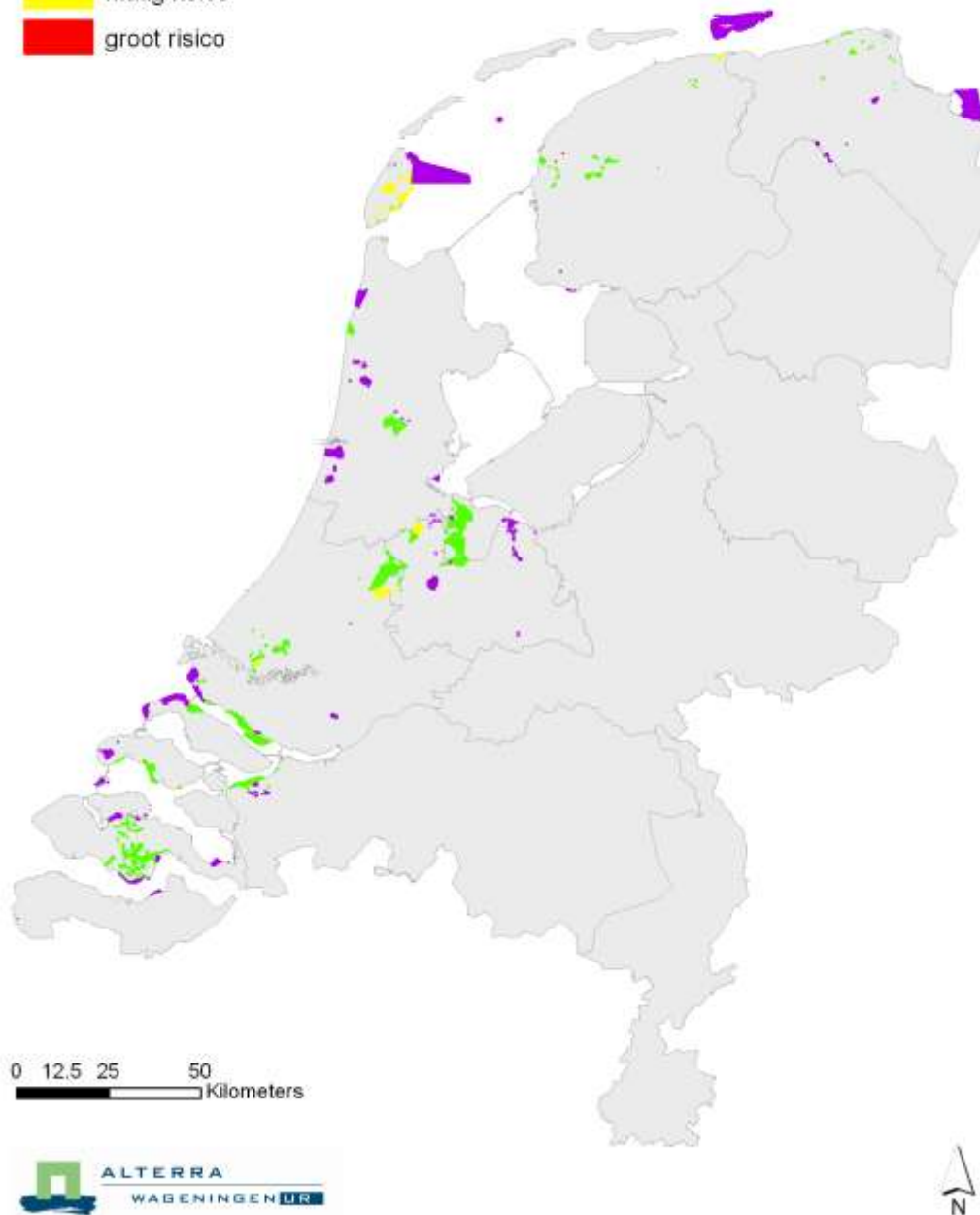
Voor vijf terreinen (Aalkeetbuitenpolder, Kadelanden, Botshol, Lage Land van Texel en Nationaal Park Lauwersmeer-Bantpolder) vormt verzilting een matig risico en voor één terrein (Westerhitzumerbos) een groot risico. Waar het totale risico de score 'matig' of 'groot' had, was steeds maar één van de twee vormen van verzilting hiervoor verantwoordelijk. In vrijwel alle gevallen was dat een verhoogd risico op interne verzilting. Alleen in Botshol was sprake van een matig risico van externe verzilting voor de natuur ter plekke. In het Lage Land van Texel resulteert de 'matig grote' kans op interne verzilting volgens de hier gevolgde methodiek in een 'matig groot' risico van verzilting (tabel 3.1, figuur 3.1). Hierbij is in de methodiek al rekening gehouden met de verzoeting van dit gebied door diepe ontwatering (kans op interne verzilting daardoor 'matig groot' i.p.v. 'groot'). Toch moet de score 'geel' voor dit gebied verder worden genuanceerd, omdat verzoeting in dit terrein juist als grootste knelpunt wordt ervaren en versterking van de invloed van de brakke kwel in de wortelzone gewenst is (N. Straathof, pers. med.).

Voor de situatie '2050, business as usual' komt het beeld in grote lijnen overeen met dat voor de huidige situatie (tabel 3.2, figuur 3.2, 3.4 en 3.6). Twee gebieden die in de huidige situatie geen noemenswaardig risico op verzilting lopen (Eendenkooi Schipluiden en Naardermeer) lopen in de situatie '2050, business as usual' een matig respectievelijk groot risico. In het geval van Eendenkooi Schipluiden is dit toe te schrijven aan externe verzilting, in het geval van het Naardermeer aan interne verzilting. In het gebied Lage Land van Texel neemt het geschatte risico toe van matig naar groot.

Interne verzilting lijkt zowel in de huidige situatie (figuur 3.3) als in de situatie '2050, business as usual' (figuur 3.4) een belangrijker risico-factor dan externe verzilting (figuren 3.5 en 3.6). Dit kan enerzijds worden verklaard door de geringe kans op externe verzilting in vrijwel alle natuurgebieden en anderzijds op een lagere geschatte gevoeligheid voor zout voor de aquatische delen van de beschouwde natuurgebieden in vergelijking met de terrestrische delen. In de meeste natuurgebieden waar wel sprake is van matig of zeer gevoelige aquatische natuurtypen is de kans op interne of externe verzilting zeer gering.

Risico van verzilting voor natuurgebieden, huidige situatie

- geen score
- gering risico
- matig risico
- groot risico

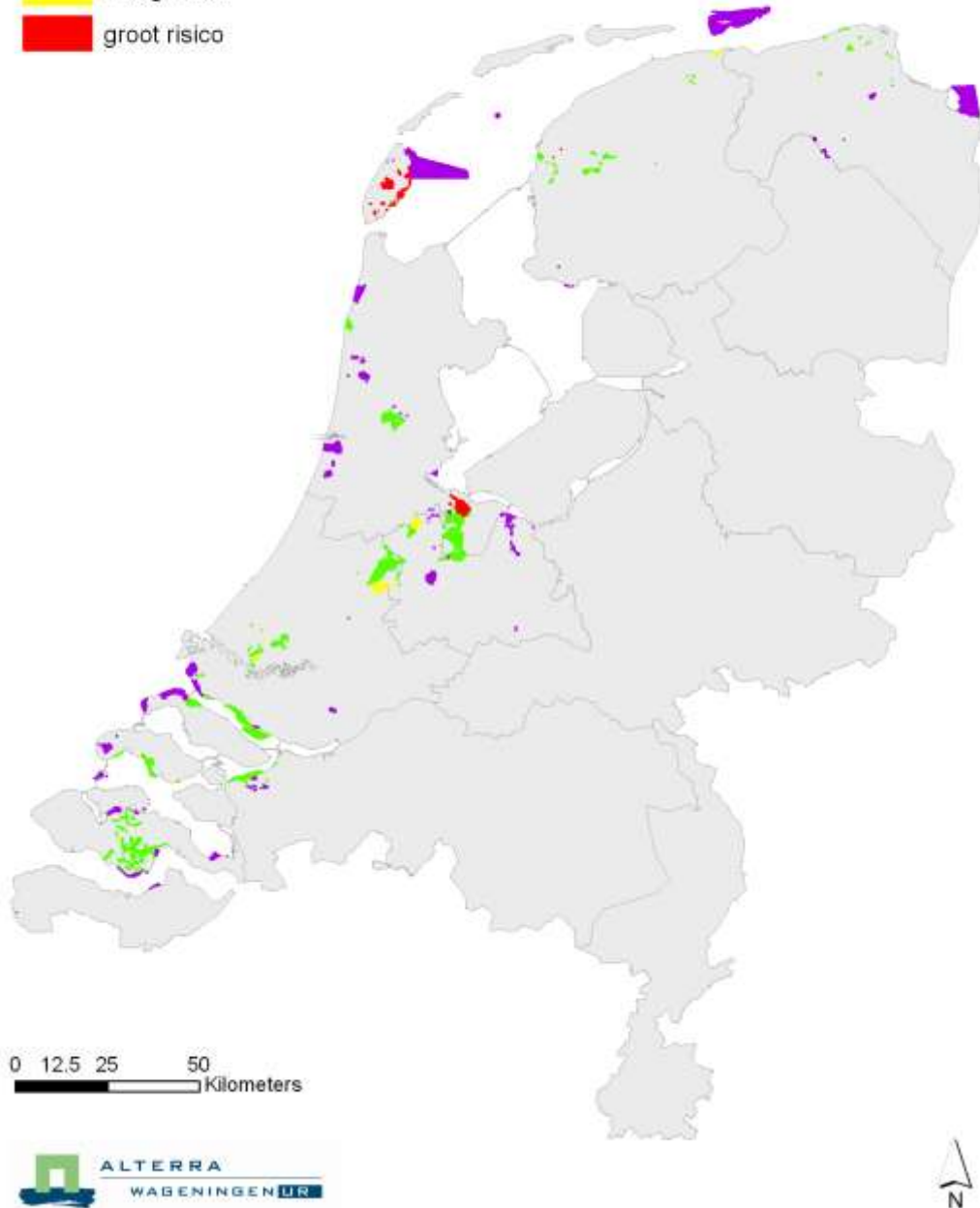


Figuur 3.1

Risico van verzilting (intern en extern gecombineerd) voor terreinen van Natuurmonumenten, huidige situatie.

Risico van verzilting voor natuurgebieden, 2050, business as usual

- geen score
- gering risico
- matig risico
- groot risico

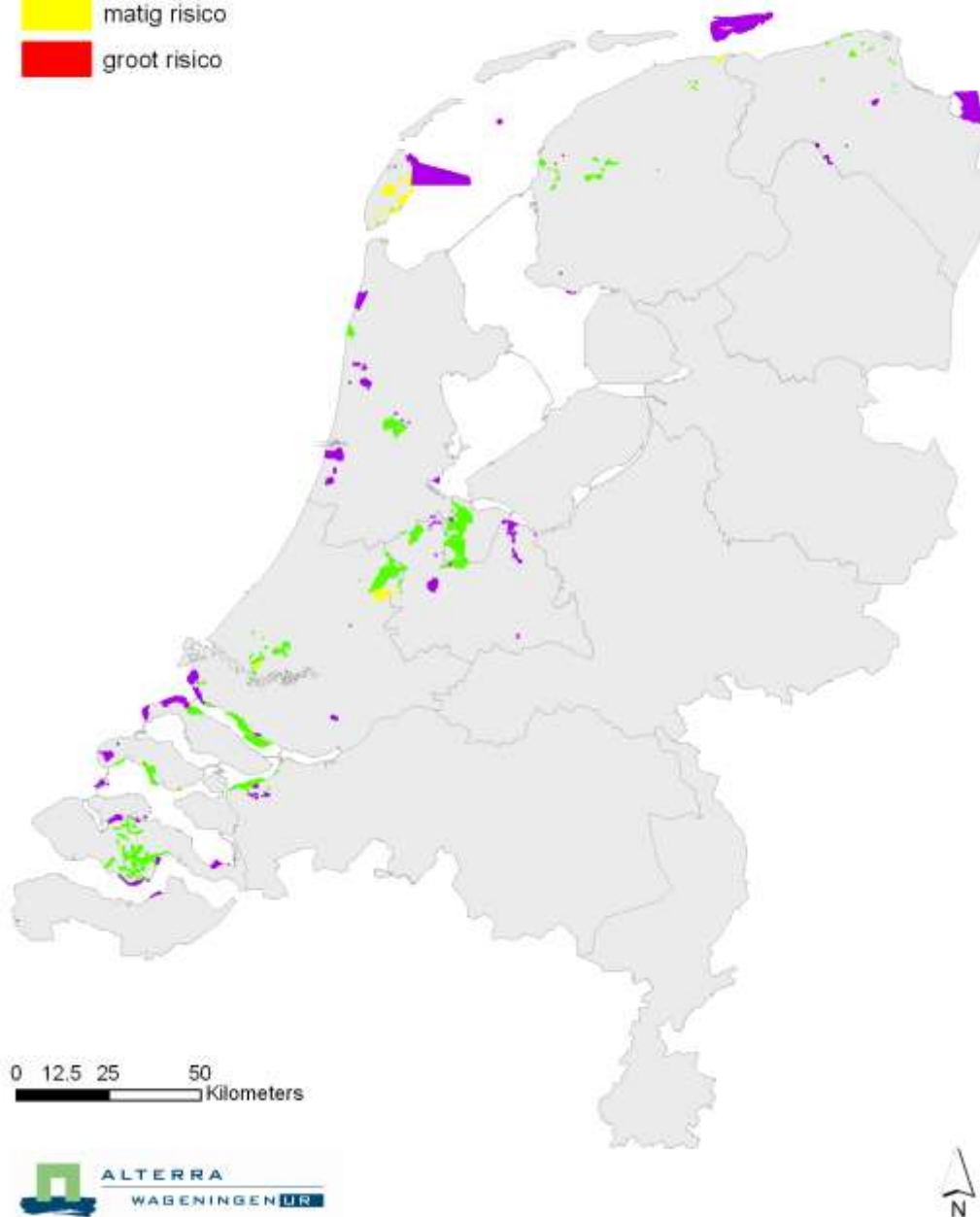


Figuur 3.2

Risico van verzilting (intern en extern gecombineerd) voor terreinen van Natuurmonumenten, situatie '2050, business as usual'.

Risico van interne verzilting voor natuurgebieden, huidige situatie

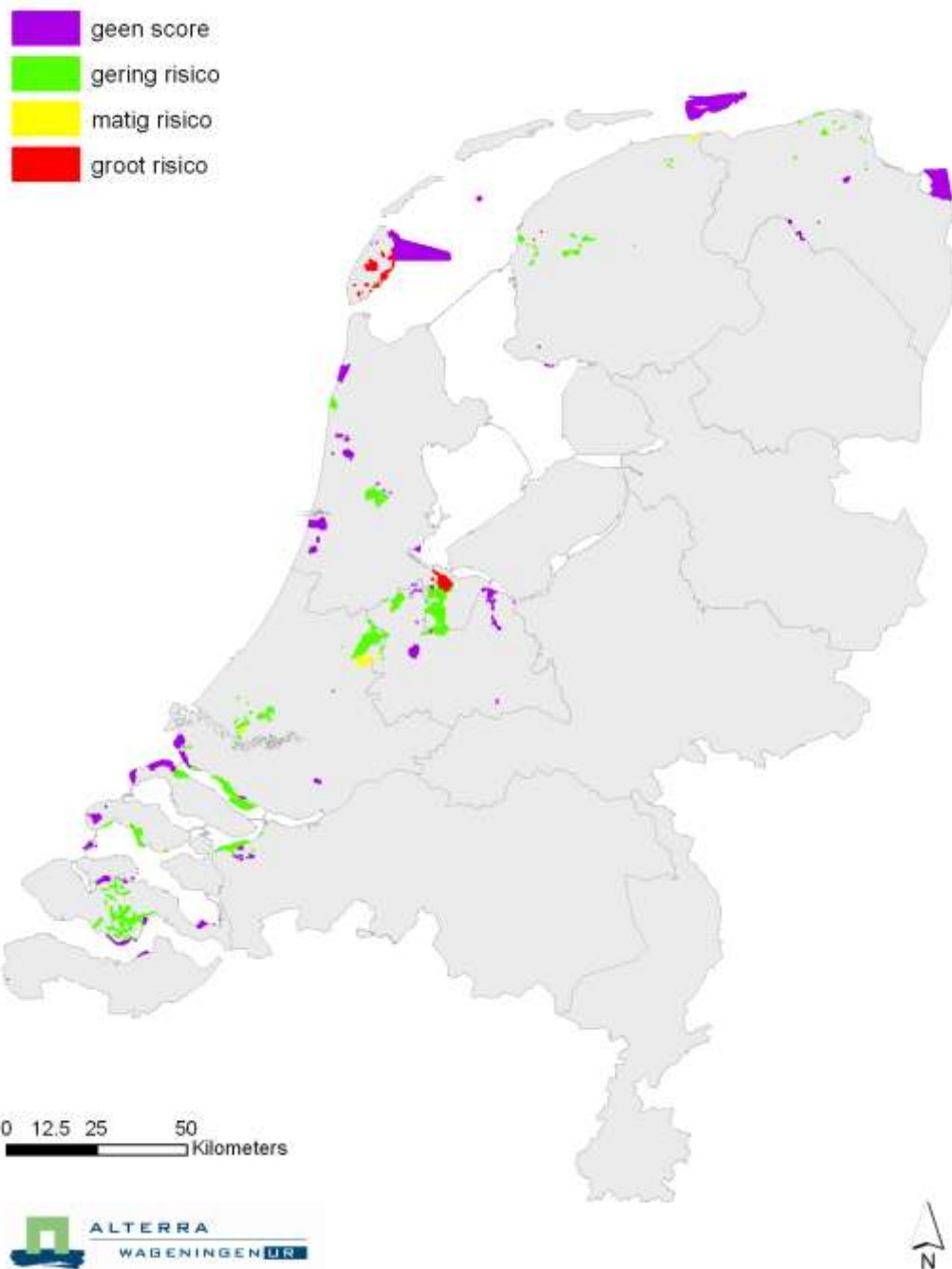
- geen score
- gering risico
- matig risico
- groot risico



Figuur 3.3

Risico van interne verzilting voor terreinen van Natuurmonumenten, huidige situatie.

Risico van interne verzilting voor natuurgebieden, 2050, business as usual

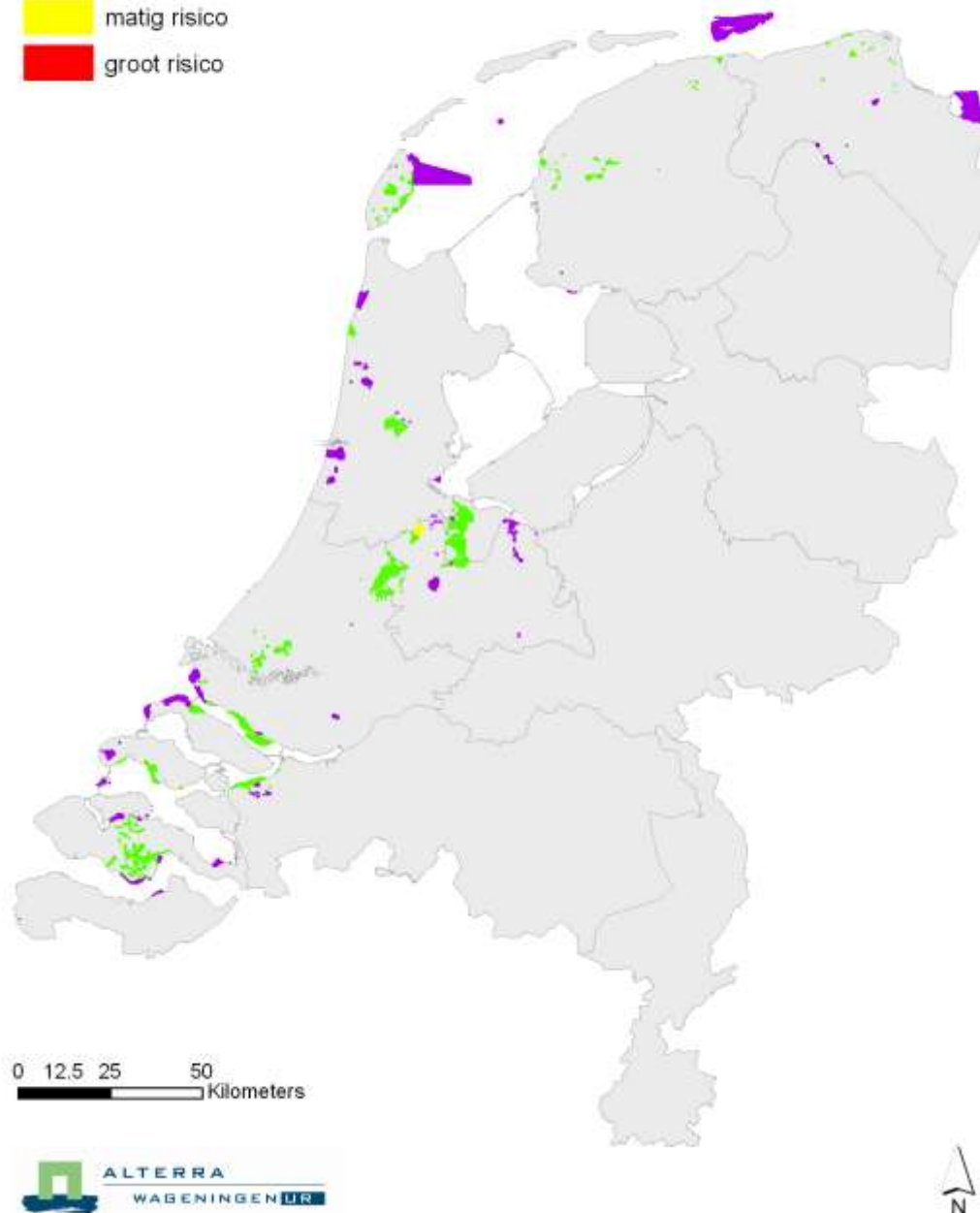


Figuur 3.4

Risico van interne verzilting voor terreinen van Natuurmonumenten, situatie '2050, business as usual'.

Risico van externe verzilting voor watergangen, huidige situatie

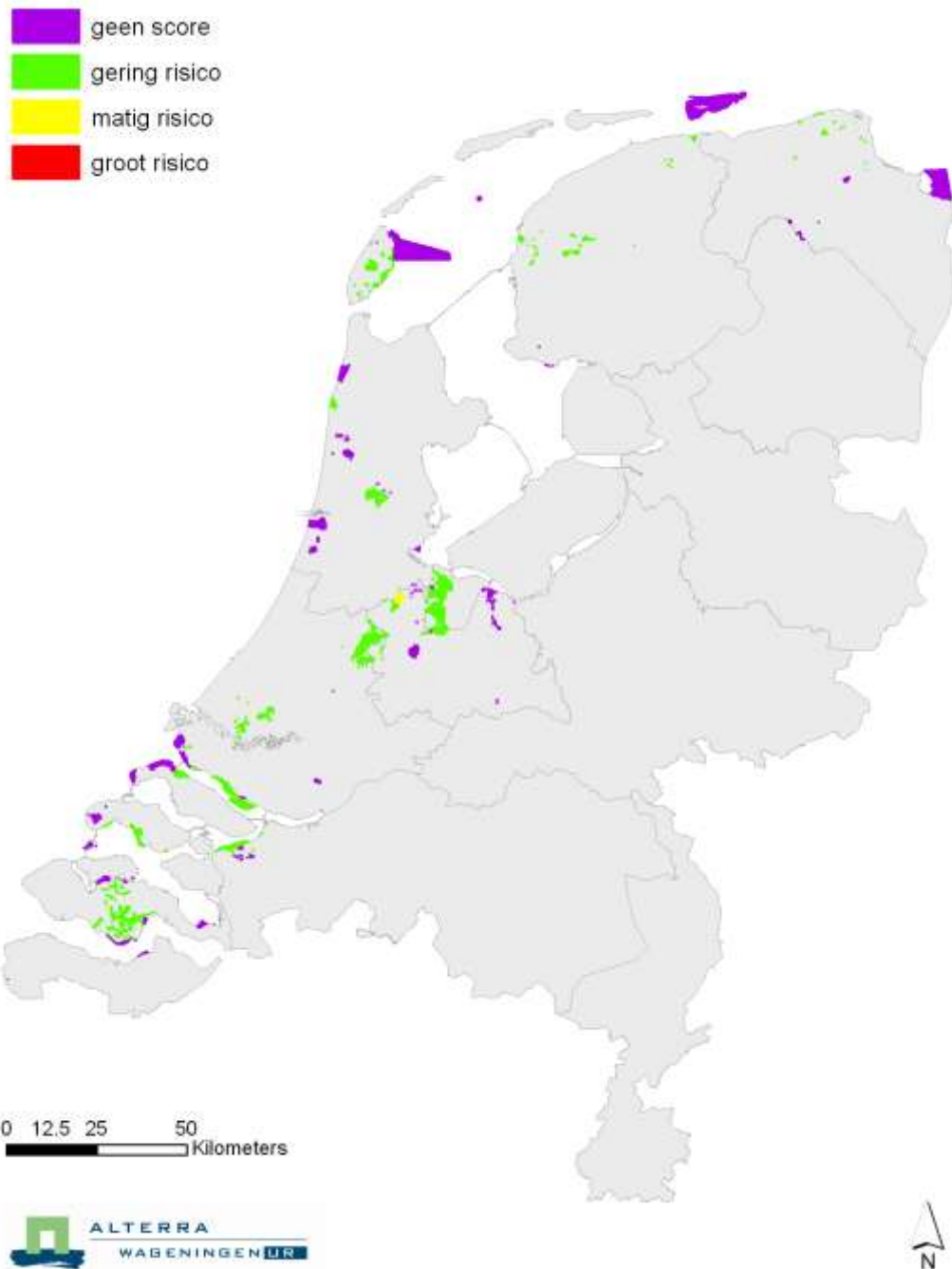
- geen score
- gering risico
- matig risico
- groot risico



Figuur 3.5

Risico van externe verzilting voor waterlichamen in terreinen van Natuurmonumenten, huidige situatie.

Risico van externe verzilting voor watergangen, 2050, business as usual



Figuur 3.6

Risico van externe verzilting voor waterlichamen in terreinen van Natuurmonumenten, situatie '2050, business as usual'.

Verzilting van aquatische natuurtypen: perspectieven

Gevolgen van verzilting voor de abiotische condities

Verzilting is het proces waarbij water, bodem en sediment zouter worden. Dit gaat gepaard met een stijging van het chloridegehalte. Dit gehalte kan stijgen tot licht brakke (300 - 3000 mg/l chloride), matig brakke (3000 - 10.000 mg/l chloride) of sterk brakke waarden (> 10.000 mg/l chloride). Omdat onder deze omstandigheden de chlorideconcentratie meestal veel hoger is dan de concentratie van alle overige ionen tezamen, wordt het chloridegehalte gebruikt om deze wateren te typeren. Deze wateren onderscheiden zich echter niet alleen door een hoger chloridegehalte. Naast het chloridegehalte stijgen vaak ook het natriumgehalte, het sulfaatgehalte en het fosfaatgehalte. Van de nutriënten is fosfaat de dominante voedingsstof, terwijl stikstof relatief minder beschikbaar is. In deze wateren is het stikstofgehalte meestal de beperkende factor voor plantengroei. De hoge fosfaatbeschikbaarheid leidt tot zeer voedselrijk water. Op plaatsen waar het zoute kwelwater door zandlagen stroomt in plaats van door klei- of veenlagen, is het aanzienlijk minder voedselrijk en is het water vaak ook helder, waardoor ondergedoken waterplanten zich kunnen ontwikkelen.

Een belangrijk kenmerk van deze wateren is dat de chloridegehalten sterk wisselen als gevolg van neerslag en verdamping (bijvoorbeeld in geïsoleerde poelen), als gevolg van brakke of zoete kwel, of als gevolg van de oppervlaktewater- en grondwaterhuishouding in het gebied (bijvoorbeeld in polders en aanliggende zilte graslanden). Van nature volgen de chloridegehalten een seizoenaal patroon, vooral in kleinere watertypen zoals sloten en brakke poelen. Door sterke verdamping en relatief geringe neerslag in de zomer, kunnen chloridegehalten sterk oplopen, vooral wanneer de wateren ondiep en geïsoleerd zijn. In de winter is de verdamping lager en de hoeveelheid neerslag hoger, waardoor de chloridegehalten weer dalen. Als gevolg van water aan- en afvoer (bijvoorbeeld voor bestrijding van verzilting) verandert dit natuurlijke regime in het zoutgehalte en draait het juist om: de aanvoer van zoetwater in de zomer leidt tot lagere chloridegehalten dan de afvoer van water als gevolg van brakke kwel in de winter. In de winter leidt dit juist tot hogere chloridegehalten. Wat de ecologische consequenties hiervan zijn, is onbekend.

De grenzen waarbinnen de fluctuaties zich afspelen, zijn sterk bepalend voor het voorkomen en de verspreiding van organismen. Brakwatersoorten die aan een nauwe range van chloridegehalten zijn gebonden, zijn gevoelig voor deze fluctuaties. Extreme waarden bepalen dus sterk de levensgemeenschap. Hoge chloridegehalten en sterke wisselingen in deze gehalten leiden tot een soortenarme, maar wel karakteristieke levensgemeenschap.

Verschillen in levensgemeenschappen tussen licht, matig en sterk brakke milieus

Een groot aantal zoetwatersoorten kan tot in het licht brakke bereik voorkomen (d.w.z. tot in het bereik van 300 - 1000 mg/l chloride). Ook brakwatersoorten kunnen tot deze licht brakke milieus doordringen. De meeste organismen in brakke wateren zijn dus eigenlijk tolerante zoet- of zoutwaterorganismen. Slechts een beperkt aantal soorten zijn echte brakwaterorganismen. Omdat in het licht brakke bereik dus zowel brak- als zoetwatersoorten voorkomen, zijn deze wateren relatief soortenrijk. Matig brakke en sterk brakke wateren zijn te zout voor de meeste zoetwaterplanten en voor de meeste soorten zoetwatermacrofauna. Zij kunnen zich niet aanpassen aan deze omstandigheden met hogere chloridegehalten. Deze soorten ontbreken en deze wateren herbergen een karakteristieke, maar wel soortenarme brakwaterlevensgemeenschap. Remane en Schlieper (1971) beschreven deze relatie tussen het zoutgehalte van het water en de soortenrijkdom. Dit verband staat bekend als de 'kromme van Remane'. Resumerend is dit het verschijnsel dat de soortenrijkdom in een zoutgradiënt verloopt van hoge aantallen in zoetwater, naar lage aantallen in brakke wateren, om vervolgens weer toe te nemen in mariene milieus. Contact met andere wateren, bijvoorbeeld met zoetwater of met zeewater, verhoogt de soortenrijkdom. Isolatie heeft een negatief effect op de soortenrijkdom.

De kenmerkende organismen voor licht brakke wateren zijn gevoeliger voor hogere voedingsstoffenconcentraties dan de organismen in matig en sterk brakke wateren. Ook zijn de effecten van verzilting op de levensgemeenschappen in licht brakke wateren naar verwachting groter dan in de matig en sterk brakke

wateren. Indien licht brakke wateren verzilten tot in het matig of sterk brakke bereik, zal dit leiden tot een vermindering van de soortenrijkdom in deze wateren. Ook sommige soorten blauwalgen houden niet van hoge chloridegehalten.

Wisselingen in chloridegehalten vormen van nature een belangrijke bepalende factor voor de brakwaterlevensgemeenschappen. Echter, als chloridegehalten en -fluctuaties te extreem worden, kunnen deze de ontwikkeling van karakteristieke levensgemeenschappen in de weg staan. Een natuurlijk peilregime en daarmee ook natuurlijke fluctuaties in chloridegehalten vormen een belangrijke randvoorwaarde voor de levensgemeenschappen die van nature in brak water voorkomen.

Wat betekent verzilting voor de natuurwaarde van boerensloten?

Uit het voorgaande blijkt dat een groot aantal zoetwatersoorten tot in het zwak brakke bereik kunnen voorkomen. In eerste instantie zal een toename van het chloridegehalte tot in het zwak brakke bereik leiden tot een grotere soortenrijkdom. Naast zoetwatersoorten zullen ook brakwatersoorten zich vestigen, mits wateren niet geïsoleerd zijn en/of niet te ver verwijderd zijn van andere brak- of zoutwater habitats. Bij verdere verzilting tot in het matig en sterk brakke bereik zal dit leiden tot brakwaterhabitats met karakteristieke soorten. Zoetwatersoorten zullen globaal boven 1000 mg/l chloride verdwenen zijn. Zij kunnen zich niet aanpassen aan de hogere chloridegehalten. Een natuurlijk peilregime en natuurlijke seizoenswisselingen in chloridegehalten zullen bijdragen aan een stabiele en karakteristieke levensgemeenschap. Gradiënten in chloridegehalten (bijvoorbeeld van zoet naar zout) kunnen sterk bijdragen aan de soortenrijkdom van sloten.

Kansen en bedreigingen

Brakwaterhabitats zijn momenteel zeldzaam in Nederland. Ze zijn voor een groot deel verdwenen door verzoeting en het ontbreken van processen die leiden tot de vorming van nieuwe brakke habitats. Verzoeting van brakke wateren is in het verleden vooral veroorzaakt door inpolderingen, bedijkingen en afsluiting van zeearmen. Dijkverzwaring, diepe ontwatering van landbouwgebieden en doorspoelen met zoetwater hebben ook aan verzoeting bijgedragen. Toename of versterking van brakke kwel kan bijdragen aan het herstel van brakwaterhabitats.

Door inlaat van brak water kunnen gradiënten van zoet tot brak gecreëerd worden in bijvoorbeeld laagveenplassen en -sloten. Binnen deze gradiënten kunnen soorten hun optimale omstandigheden vinden. Dit draagt bij aan de soortenrijkdom.

Verzilting lijkt zeer kansrijk op zandbodems doordat zich hier vegetaties van kranswieren kunnen ontwikkelen. Belangrijke bedreigingen voor brakwaterhabitats zijn eutrofiëring en verdroging. Isolatie van brakke wateren vormt een andere bedreiging. Hierdoor kan de uitwisseling van soorten worden belemmerd. Bovendien zijn geïsoleerde waterlichamen gevoeliger voor extreme schommelingen, zoals bijvoorbeeld in het zoutgehalte.

Dit kader is mede gebaseerd op informatie uit De Boer en Wolff (1996), Remane en Schlieper (1971) en Van Beers en Verdonschot (2000)

4 Effect van mogelijke strategieën voor zoetwatervoorziening in een veranderend klimaat en perspectieven voor adaptatie

4.1 Effect toekomstige strategieën voor zoetwatervoorziening

In hoofdstuk 3 is het risico van verzilting voor terreinen van Natuurmonumenten geschat voor de huidige situatie en de situatie '2050, business as usual'. Aanvullend wil Natuurmonumenten weten hoe mogelijke toekomstige door het Rijk geïnitieerde en regionaal uit te werken strategieën voor zoetwatervoorziening uitpakken voor haar natuurgebieden en de omgeving daarvan: zorgen ze voor extra verzilting of juist voor verzoeting?

Uitgaande van het verwachte risico van verzilting voor natuurterreinen, situatie '2050, business as usual' (zie paragraaf 1.4), is daarom verkend hoe mogelijke toekomstige adaptatiestrategieën voor zoetwatervoorziening dit risico verder zullen vergroten of verkleinen. Dit is onderzocht aan de hand van drie mogelijke toekomstige strategieën:

1. Technische aanpassingen aan het hoofdwatersysteem (in lijn met voorstellen Commissie Veerman; Deltacommissie, 2008).
2. Vergroting van de regionale zelfvoorziening met betrekking tot de zoetwatervraag (in lijn met voorstellen in het Nationaal Waterplan; Stumpe, 2008).
3. De referentiestrategie, waartegen het effect van de twee voornoemde strategieën steeds is afgezet, was de situatie '2050, business as usual'. Hierin wordt het huidige waterbeleid met betrekking tot de zoetwatervoorziening voortgezet.

In tabel 4.1 zijn schattingen van de effecten van de bovenstaande strategieën weergegeven op basis van expertoordeel. De overwegingen die aan deze schattingen ten grondslag liggen, zijn opgenomen in bijlage H.

4.1.1 Technische aanpassingen aan het hoofdwatersysteem

Het betreft hier zoetwatervoorzieningsstrategieën in lijn met voorstellen van de Commissie Veerman (Deltacommissie, 2008). Grootschalige technische aanpassingen komen voor de meeste terreinen neer op nieuwe aanvoerroutes van water vanuit het IJsselmeer waarvan het peil verhoogd is conform het advies van de Commissie Veerman (Deltacommissie, 2008). Voor de zuidwestelijke delta en Texel geldt dit niet. Voor deze gebieden ontbreekt een wateraanvoeradvies bij de Commissie Veerman. Voor ongeveer de helft van de terreinen is sprake van een poldersysteem waarbij gekozen kan worden tussen wel of niet inlaten van water vanuit de boezem. In die gevallen kan in feite gekozen worden tussen een risico op droogteschade dan wel een risico op een impact van (zoet of brak en/of geëutrofeerd) inlaatwater.

Wat betreft de fysische effecten op natuurgebieden valt allereerst op dat de terreinen waar het milieu zouter zal worden alle zijn gesitueerd in de Zuidwestelijke Delta (langs of nabij Oosterschelde, Volkerak-Zoommeer en

Haringvliet). Het valt op dat in het Groene Hart (clusters Midden-Delfland, Nieuwkoop en Botshol-Groot Mijdrecht) het milieu in nagenoeg alle gebieden zoeter wordt.

4.1.2 Regionale zelfvoorziening zoetwatervraag

Wat betreft de fysische effecten van deze strategie wordt het milieu in geen enkel natuurgebied zouter. Dit kan worden verklaard doordat deze strategie voor natuurterreinen waar dit nodig en mogelijk werd geacht steeds is uitgewerkt als 'opzet van peilen, waardoor in droogteperioden minder en pas later uitzakking van peilen zal plaatsvinden'. Dit kan alleen leiden tot een verzoetend effect. Verder valt op dat effecten geografisch gelijkmatiger verdeeld zijn dan bij de adaptatiestrategie in lijn met de Commissie Veerman (Deltacommissie, 2008).

Zowel qua frequentieverdeling van de fysische effecten als qua passendheid bij de huidige natuurdoelen ontlopen de twee adaptatiestrategieën elkaar niet veel. Voor vrijwel alle beschouwde natuurgebieden zijn wij van mening dat beide strategieën niet ongunstig uitpakken voor de gestelde natuurdoelen.

Hierbij moet wel nadrukkelijk gesteld worden dat wij hierbij alleen naar de effecten van verzilting hebben gekeken. Bij een daadwerkelijke afweging van voors en tegens van de verschillende strategieën moeten ook ander waterkwaliteitsaspecten worden meegenomen, zeker effecten op het aquatisch ecosysteem. In dit opzicht is een bekend afwegingselement het gehalte aan voedingsstoffen fosfaat en stikstof. Ook te hoge sulfaatgehalten kunnen leiden tot ongewenste eutrofiëringsverschijnselen, doordat sulfaat de afbraak van organische stof bevordert, waardoor fosfaat en stikstof kunnen vrijkomen.

Tabel 4.1

Geschatte effect van twee mogelijke toekomstige strategieën voor zoetwater-voorziening. De kolommen 'fysisch effect' geven aan of een terrein naar verwachting zal verzilten of verzoeten ten opzichte van de situatie '2050, business as usual'. Vervolgens is nagegaan hoe dit past bij de huidige natuurdoelen (© betekent 'past bij de huidige natuurdoelen'; ⊗ betekent 'past niet bij de huidige natuurdoelen'). Bijlage H geeft aanvullend een toelichting bij deze schattingen.

cluster	natuurgebied	gevoeligheid natuurgebied voor interne verzilting	gevoeligheid aquatische deel van natuurgebied voor externe verzilting	effecten van situatie 2050, business as usual		effect van strategie 'technische aanpassingen aan het hoofdwatersysteem' t.o.v. '2050, business as usual'		effect strategie 'regionale zelfvoorziening zoetwateraanbod' t.o.v. '2050, business as usual'	
				risico van interne verzilting	risico van externe verzilting (alleen effect op aquatische natuur)	fysisch effect	passendheid bij huidige natuurdoelen	fysisch effect	passendheid bij huidige natuurdoelen
Zuid-Beveland	De Poel	3	2	1	1	zoeter	©	zoeter	©
	Fort Ellewoutsdijk	3	1	-	1	gelijk	-	gelijk	-
	Inlaag 1887	1	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Ruiggronden Zeeland	1	-	1	1	zoeter	©	gelijk	©
	Schenge	1	1	1	1	zoeter	©	zoeter	©
	't Sloe	3	1	1	1	gelijk	©	zoeter	©
	Zwaakse Weel	3	1	1	1	gelijk	©	zoeter	©
	Bloemdijken van Zuid-Beveland	3	1	1	1	zoeter	©	gelijk	©
Zuidkust van Schouwen	Zuidkust van Schouwen	1	1	1	1	zoeter	©	zoeter	©
Haringvliet	Beningerslikken	2	1	1	1	zoeter	©	gelijk	©
	Korendijkse Slikken	2	1	1	1	zoeter	©	gelijk	©
	Meertje de Waal	1	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Merrevliet	3	-	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Quackgors	1	1	1	1	zoeter	©	gelijk	©
	Scheelhoek	2	1	1	1	zoeter	©	gelijk	©
	Tiengemeten	1	1	1	1	zoeter	©	gelijk	©
Volkerak	Dintelse Gorzen	2	-	1	1	zoeter	©	gelijk	©
	Slikken bij de Sabina-Henricapolder	3	1	1	1	zoeter	©	gelijk	©
	Slikken van de Heen	1	-	1	1	zoeter	©	gelijk	©
	Steenbergse Vliet	1	1	1	1	zoeter	©	gelijk	©
Midden-Delfland	Aalkeetbuitenpolder	2	1	2	1	zoeter	©	zoeter	©
	Ackerdijkse Plassen	2	1	1	1	zoeter	©	gelijk	©
	Eendenkooi Schipluiden	3	3	1	2	zoeter	©	gelijk	©
	Polder Noord-Kethel	2	1	1	1	zoeter	©	zoeter	©
	Polder Schieveen	3	1	1	1	zoeter	©	gelijk	©
	Rietputten	2	1	1	1	zoeter	©	gelijk	©
	Vlietlanden	3	1	1	1	zoeter	©	gelijk	©
Nieuwkoop	Bovenlanden Kromme Mijdrecht	1	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Kadelanden	2	1	2	1	zoeter	©	zoeter	©
	Kamerikse Nessen	3	1	1	1	zoeter	©	gelijk	©
	Nieuwkoopse Plassen	3	3	1	1	zoeter	©	gelijk	©
Botshol-Groot Mijdrecht	Botshol	3	3	1	2	zoeter	©	zoeter	©
	Fort Waver Amstel	3	1	1	1	zoeter	©	gelijk	©
	Polder Groot-Mijdrecht	3	1	1	1	zoeter	©	zoeter	©
Oostelijke Vechtplassen	Ankeveense Plassen	3	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	De Nes	1	1	1	1	gelijk	©	zoeter	©
	Fort Kijkuit	1	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Het Hol	3	3	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Horstermeerpolder	2	1	1	1	zoeter	©	zoeter	©
	Kortenhoefse Plassen	3	1	1	1	zoeter	©	zoeter	©
	Laegieskamp	3	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Loosdrechtse Plassen	1	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Naardermeer	3	3	3	1	zoeter	©	zoeter	©
	Spiegelplas	1	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Tienhovense Plassen	3	3	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Uitermeer	1	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Wijde Blik	1	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
Wormer- en Jisperveld	Wormer- en Jisperveld	2	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
Harger- en Pettemerpolder	Harger- en Pettemerpolder	1	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
Lage Land van Texel	Hoge Berg	2	2	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Lage Land van Texel	2	1	3	1	gelijk	©	zoeter	©
Friesland	Flietsterbosk	2	2	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Flietsterbosk	3	3	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Hegewiersterfild	2	1	1	1	zoeter	©	gelijk	©
	Lionserpolder	2	-	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Rengersmiede	3	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Skrins	2	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Skrok	2	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Terr. bij Dokkum *	2	-	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Westerhitzumerbos	3	-	3	1	zoeter	©	zoeter	©
Lauwersmeer	Nationaal Park Lauwersmeer	2	-	2	1	zoeter	©	zoeter	©
Uithuizerwad	Uithuizerwad	1	1	1	1	gelijk	©	zoeter	©
Hoge Land	Hoge Land	3	1	1	1	gelijk	©	gelijk	©
	Overige gebouwen regio Gr., Fr. en Dr.*	3	-	-	1	gelijk	©	gelijk	©
	Tinallinge	2	2	1	1	zoeter	©	zoeter	©

4.2 Perspectieven voor adaptatie, waaronder klimaatbuffers

Voortbouwend op de schatting van het effect van bovengenoemde mogelijke wateradaptatiestrategieën, is per terrein geïnventariseerd welke mogelijkheden voor adaptatie met betrekking tot verzilting/toekomstige verandering in de zoet-zoutstatus het meest kansrijk lijken (bijlage I). Hierbij is de aanwezige natuur beoordeeld op basis van de toegekende natuurtypen, waarvan is aangenomen dat deze tevens doeltypen zijn. Per natuurgebied kan meer dan een type adaptatiestrategie worden geadviseerd.

4.2.1 Adaptatiemogelijkheden binnen eigen natuurgebieden

Aanpassen terreinbeheer

Aanpassingen in het terreinbeheer als adaptatiemaatregel is in geen van de natuurgebieden als mogelijke oplossing aangedragen, omdat wij van mening zijn dat het duurzamer en natuurlijker is om op het proces te sturen in plaats van op het effect. Dit uitgangspunt werd tijdens een bijeenkomst voor dit project op 17 maart 2010 ook door medewerkers van Natuurmonumenten genoemd. Daarnaast is het praktisch niet eenvoudig om via terreinbeheer (anders dan hydrologisch) grote veranderingen in de zoet-zouttoestand van een natuurgebied te bereiken.

Aanpassen hydrologie, bijvoorbeeld opzetten van peil

In een aantal natuurgebieden zal Natuurmonumenten wellicht zoete natuurdoelen willen handhaven tegen een verziltende trend in en eventueel slechts in specifieke terreindelen. Een mogelijke adaptatiestrategie voor dergelijke terrein(delen) zou kunnen zijn het opzetten van peilen. Hierdoor kan het neerslagoverschot van het winterhalfjaar langer vast worden gehouden. In droge perioden treedt hierdoor dan pas later en in minder mate uitzakking van peilen op. Deze adaptatiemaatregel noemen wij bijvoorbeeld voor de terreinen Kadelanden, Lage Land van Texel en Westerhitzumerbos.

In een aantal kustnabije natuurgebieden zoals Inlaag 1887 en Zuidkust van Schouwen geldt dat op de lange termijn, door zeespiegelstijging, brakke graslanden zouden kunnen 'verdrinken'. Door bemaling van deze natuurgebieden zou kunnen worden tegengegaan dat dit gebeurt.

Aanpassen natuurdoelen

Deze strategie adviseren we voor een groot aantal gebieden. Aanpassing van natuurdoelen is een manier om met relatief weinig kosten en weinig technisch-hydrologische ingrepen mee te bewegen met langjarige abiotische trends. Deze strategie is geadviseerd voor terreinen die volgens de gebruikte invoergegevens nog grotendeels zoete natuurdoelen hadden, terwijl er goede mogelijkheden zijn voor de ontwikkeling van brakke waarden. Daarbij moet worden bedacht dat er sinds het begin van de twintigste eeuw veel areaal binnendijkse zilte natuur verloren is gegaan. Voorbeelden van gebieden zijn De Poel, Kadelanden, Lage Land van Texel, Hegewiersterfjild en Westerhitzumerbos. Vaak kwam het adviseren van deze strategie goed overeen met wensen voor meer brakke invloeden in natuurgebieden, zoals die op dit moment leven bij Natuurmonumenten.

4.2.2 Adaptatiemogelijkheden buiten eigen natuurgebieden

Aanpassen hydrologie/landgebruik

Voor een beperkt aantal natuurgebieden werd voorgesteld hydrologische maatregelen buiten het gebied te nemen om de gewenste zoet/zouttoestand in het natuurgebied te bereiken. Voorbeelden zijn Schenge en Merrevliet. Soms sloot dit aan bij voorgestelde hydrologische maatregelen binnen het terrein, bijvoorbeeld peilopzet. Voorbeelden hiervan zijn Hegewiersterfjild en Kadelanden.

Klimaatbuffer

Voor twee van de beschouwde natuurterreinen van Natuurmonumenten zien we concrete mogelijkheden voor het realiseren van klimaatbuffers *binnen* het terrein: Inlaag 1887 (langs de Westerschelde) en aan Zuidkust van Schouwen. Inlaag 1887 zou in open verbinding kunnen worden gesteld met de Westerschelde. Hierdoor komt het gebied onder invloed van overstroming bij de eb- en vloedbeweging van het water, waardoor het natuurlijke proces van sedimentatie weer op gang kan komen. Hierdoor wordt het maaiveld opgehoogd en kan het meegroeien met zeespiegelstijging. Door de ophoging van het natuurgebied ontstaat er een bredere kustverdediging waardoor het achterland veiliger wordt voor overstroming (maatschappelijk voordeel). Nadelen zijn het verdwijnen van een typisch Zeeuwse inlaag⁶ en de hoge kosten van verplaatsing van de deltadijk, waardoor uitvoer van deze maatregel niet direct voor de hand ligt (Q. Smeele, Natuurmonumenten, pers. med.). In het geval van de zuidkust van Schouwen is een voorwaarde voor de effectiviteit van deze maatregel dat de verbinding van de Oosterschelde met zee opener wordt, zodat er voldoende sediment kan worden aangevoerd.

In de Zuidkust van Schouwen (en eventuele aangrenzende laaggelegen gebieden) zijn er wellicht mogelijkheden voor zilte natuurontwikkeling in combinatie met zilte teelten/aquacultuur. Er vinden her en der in Zeeland al pilots plaats op dit gebied, met vooralsnog over het algemeen weinig aandacht voor ecologische en landschappelijke inpassing. In de vorm van 'nieuwe inlagen' zou een dergelijke klimaatbuffer ook een kustverdedigingsfunctie kunnen dragen (dubbele dijk). Open verbinding met de Oosterschelde ten behoeve van een sedimentatiepolder zoals voorgesteld voor Inlaag 1887 lijkt hier niet reëel vanwege de zandhonger in de Oosterschelde.

Daarnaast zijn, in twee discussiesessies met Natuurmonumenten (17 maart en 21 december 2010), mogelijkheden voor klimaatbuffers *buiten* de huidige natuurterreinen van Natuurmonumenten verkend. We hebben daarbij drie soorten situaties onderscheiden waarin zoute klimaatbuffers effectief kunnen zijn:

1. situaties waarin een zoute klimaatbuffer een groot positief effect heeft op omliggende gebieden, of waarvan de positieve effecten in de toekomst liggen.
Het realiseren van nieuwe natuur in een klimaatbuffer betekent vaak dat het economische landgebruik minder areaal tot zijn beschikking heeft of minder intensief zal kunnen plaatsvinden. De uitdaging zit er daarom in om die gebieden te identificeren waar de vermindering van de economische verdiensten in de klimaatbuffer kleiner zijn dan de economische voordelen voor het omliggende gebied of voor de toekomst. Met name kan gekeken worden naar gebieden waar het huidige landgebruik zoveel last zal krijgen van verzilting, dat maatregelen of verandering van landgebruik of teelten in de toekomst onontkoombaar zijn (gebieden waar sprake is van een forse interne verzilting).
2. gebieden waar een continue beschikbaarheid van voldoende zoetwater voor het huidige landgebruik in de toekomst niet meer gegarandeerd kan worden.
Deze situatie doet zich nu al incidenteel voor. Waterschappen hebben in het verleden altijd voldoende beschikking gehad over zoetwater voor de huidige landgebruiksfuncties, hoewel soms tegen hoge kosten. Gebieden waar dit zich in sommige perioden al voordoet liggen vooral in de Zuidwestelijke Delta. Door klimaatverandering kan de situatie ontstaan dat de beschikbaarheid van zoetwater in de zomer onvoldoende is voor de watervraag van de huidige landgebruiksfuncties. Dit probleem kan nog groter worden wanneer er wordt overgeschakeld naar teelten die gevoeliger zijn voor tijdelijke verdroging.
3. maatregelen waardoor de zoetwatervraag wordt verkleind en er meer zoetwater beschikbaar is voor watervragende functies, waaronder ook natuur.

In tabel 4.2 zijn hiervan in generieke zin de mogelijkheden beschreven, die in discussie met Natuurmonumenten zijn geïdentificeerd.

⁶ Zie Kuipers en Jacobusse (1998) voor een ecologische beschrijving van Zeeuwse inlagen en karrevelden

Tabel 4.2

Beschrijving van situaties waar een zoute klimaatbuffer een groot positief effect heeft op omliggende gebieden, of waarvan de positieve effecten in de toekomst liggen.

Situatie	Type zoute klimaatbuffer	Doel?	Maatregel in klimaatbuffer	Profijt?	Voorbeelden van gebieden waar dit kan werken	Opmerkingen
1	Zoutoase in diepe polder	Het wegvangen en isoleren van het brak water dat als gevolg van interne verzilting omhoog komt in diepe polders	In het centrum van de diepe polder wordt het omhoogkomend brakke kwelwater tijdelijk opgeslagen in een omdijkte 'oase'. Aan het einde van de zomer wordt dit water uitgeslagen naar de zoete boezem; in deze periode heeft dit geen nadelige gevolgen voor andere landgebruiksfuncties	Het zoete water dat aan de randen van de diepe polder opkwelt komt ten goede van de landbouw en wordt niet 'vervuild' met brak water. De landbouw rond de zoutoase profiteert dus. Landbouw en natuur, ook in de omgeving, profiteren omdat er in de zomer minder brak water uit de polder uitgeslagen wordt (uitslaan in de winter is geen probleem) In de zoutoase kan zich brakke natuur ontwikkelen	Polders met zoute kwel zoals: <ul style="list-style-type: none"> • Horstermeer • Groot Mijdrecht 	In de Horstermeer zit in het centrale deel van de polder net de bewoning (honderden huizen)
3	Brakke sloten in zoet landbouwgebied	Besparing van zoetwater	Gebruik van brak water in de watergangen voor peilhandhaving in de percelen. Stoppen met zoetspoelen van brakke sloten. Minder zoutgevoelige teelten	Grotere zoetwaterbeschikbaarheid in droge perioden voor het (omliggend) gebied. Winst voor brakwaternatuur (in sloten)	Dit werd vroeger in het gebied rond de Zuiderzee toegepast. Mogelijk toepassingsgebied: <ul style="list-style-type: none"> • Zeeland • Texel • Harger- en Pettemerpolder • Lokaal: brakke gebiedjes achter de Waddendijk 	Toepassen van minder zoutgevoelige akkerbouw-(en veeteelt-)gewassen zoals Winter- en zomergerst, winter- en zomertarwe, suiker- en voederboeten, koolzaad, Triticale, haver, grasland (veehouderij) of eventueel grove tuinbouwgewassen zoals krotten, bonen en knolselderij. Deze laatste hebben een grotere toegevoegde waarde dan teelt van eerstgenoemde gewassen. Uit modelonderzoek is gebleken dat sommige veelverbouwde akkerbouwgewassen redelijk goed bestand zijn tegen brak water (Stuyt et al., 2006)

Situatie	Type zoute klimaatbuffer	Doel?	Maatregel in klimaatbuffer	Profijt?	Voorbeelden van gebieden waar dit kan werken	Opmerkingen
3			Geen wateraanvoer naar natuurgebieden, aanpassen van zoete natuurdoelen binnen klimaatbuffer naar brakke natuurdoelen	Ander watervragende functies hebben profijt (waaronder natuur)	Waal en Burg (Texel) Gebieden van Natuurmonumenten waar zoete natuurdoelen aangepast kunnen worden naar zilte natuurdoelen	
3	Funciewijziging	Zoetwatervraag verminderen	Landgebruiksfunctie veranderen naar een minder watervragende functie zoals natuur	Watervragende functies elders hebben profijt (waaronder landbouw en natuur)		
1	Vergroten van zoetwaterbellen	Meer regenwater laten infiltreren, waardoor zoutwater minder snel doordringt tot in de wortelzone	Omvormen van bossen van naald- naar loofbos, ontgreppelen van gebieden (duingebieden, ontwatering t.b.v. bosbouw opheffen)	Drinkwatervoorziening	<ul style="list-style-type: none"> • Waddeneilanden • kreekruigen in Zeeland • duingebieden • Drentsche Aa 	
1	Sedimentatiepolder (of 'wisselpolder')	Door het toestaan van overstroming vanuit zee slibben de laaggelegen gebieden in de sedimentatiepolder langzaam op (tot meer dan 1 cm per jaar)	Overstroming (met brak - zoutwater) weer toelaten. Tijdelijke functie: natuur (enkele decennia)	Achterland wordt in de toekomst veiliger en minder zout door ophoging als gevolg van sedimentatie na overstroming	<ul style="list-style-type: none"> • Fivelpolder (Dollard) • Westerschelde • Waddenkant van Texel, Schiermonnikoog • vastelandskust Noord-Nederland 	
1	Vernatten van diepe polders	Door een hoger waterpeil meer tegendruk bieden aan brakke kwel	Minder zoet (regen) water wegpompen in diepe polders, waardoor hogere waterstanden ontstaan	Landbouw: minder zout, maar ook natter. Natuur: uitbreiding van areaal natte (enigszins brakke) natuur	<ul style="list-style-type: none"> • Groot Mijdrecht • Horstermeerpolder 	Een nieuwe economische drager, bijvoorbeeld recreatie. In dat geval is deze klimaatbuffer kansrijker in gebieden met een hoge recreatiebehoefte zoals in de Randstad
1	Overslagpolder	Polder achter zeewering waar zeewater in extreme situaties overheen mag slaan. Door dubbele dijksysteem en polderbrede zeewering ontstaat een grotere kustveiligheid van het achterland. Alternatief voor	Vanwege kans op wateroverlast is deze polder ongeschikt voor veel landgebruiksfunctie. Invulling met brakke natuur is goed mogelijk. Omdat stormseizoen in het	Goedkoper dan traditionele technische maatregelen voor kustveiligheid	<ul style="list-style-type: none"> • Waddeneilanden, aan de Waddenzeedijk • Zeeland, inlagensysteem 	

Situatie	Type zoute klimaatbuffer	Doel?	Maatregel in klimaatbuffer	Profijt?	Voorbeelden van gebieden waar dit kan werken	Opmerkingen
-	Sawa's in diepe polder	<p>'technische' kustverdediging</p> <p>Wegzijing in natuurgebieden in het omringende gebied beperken</p>	<p>winterhalfjaar valt, is extensieve landbouw echter nog steeds mogelijk, op zijn minst in het groeiseizoen</p> <p>Binnenrand van de diepe polder wordt ingericht als natuur met een hoger grondwaterpeil</p>	<p>Natuur in het gebied rond de diepe polder profiteert..</p> <p>In de polder: landbouw levert grond in, en heeft relatief weinig profijt</p>		<p>Is voorgesteld in de Bethunepolder en in de Horstermeerpolder, maar zonder succes.</p> <p>Geen goed voorbeeld van een zoute klimaatbuffer omdat alleen natuur profiteert, ten koste van een andere landgebruiksfunctie. Bovendien werkt dit systeem hydrologisch gezien alleen in diepe polders met een relatief dunne weerstands biedende deklaag</p>

Bovenstaande analyse is een eerste 'quickscan' naar mogelijke klimaatbuffers. Wij achten het de moeite waard om de fysieke en maatschappelijke kansrijkheid van klimaatbuffers in een vervolg op deze studie nader te onderzoeken.

4.2.3 Adaptatie voor zoet-zoutverandering niet nodig

Uit deze studie blijkt dat in een groot deel van de onderzochte terreinen van Natuurmonumenten in laag Nederland adaptatiemaatregelen gericht op het tegengaan van ongewenste veranderingen in de zoet-zouthuishouding niet nodig zijn. Dit omdat er geen noemenswaardig risico van verzilting is voor de aanwezige natuur (doordat ofwel de kans op verzilting, ofwel de gevoeligheid van de aanwezige natuur daarvoor, gering is). Voorbeelden zijn terreinen in de Zuidwestelijke Delta, Midden-Delfland, Oostelijke Vechtplassen, Harger- en Pettemerpolder, Friesland en Groninger Waddenkust. Tegelijkertijd laat paragraaf 4.2.2 zien dat in veel van deze regio's wel kansen liggen voor zilte klimaatbuffers (d.w.z. als zodanig nieuw in te richten terreinen).

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Risico van verzilting, nu en in 2050

Van de 65 onderzochte terreinen van Natuurmonumenten zijn er in deze studie zes geïdentificeerd waar verzilting momenteel een duidelijk risico vormt voor de bestaande natuurdoelen. Daarbij is 'risico' gedefinieerd als de combinatie van de kans op optreden van verzilting in een natuurgebied en de gevoeligheid van de aanwezige natuur(doelen) ter plaatse voor zout. De betreffende gebieden liggen in de gebiedsclusters Midden-Delfland (Aalkeetbuitenpolder), Nieuwkoop (Kadelanden), Botshol-Groot Mijdrecht (Botshol), Texel (Lage Land van Texel), Friesland (Westerhitzumberbos) en Lauwersmeer (Bantpolder).

In de situatie '2050, business as usual' is uitgegaan van het KNMI W⁺ scenario, uitvoering van het 'Kierbesluit Haringvliet' en van verzilting van het Volkerak-Zoommeer (De Vries et al., 2009). Volgens de toegepaste methodiek verandert er qua aantal risicogebieden weinig ten opzichte van de huidige situatie. Wel is in een aantal gevallen sprake van een toename van het risico van verzilting. Er is in de situatie '2050, business as usual' in acht natuurgebieden sprake van een substantieel risico. Dit zijn de bovengenoemde gebieden plus Eendenkooi Schipluiden in het cluster Midden-Delfland en Naardermeer in het cluster Oostelijke Vechtplassen. Interne verzilting lijkt zowel in de huidige situatie als in de situatie '2050, business as usual' een belangrijker risico-factor dan externe verzilting. Dit kan enerzijds worden verklaard door de geringe kans op externe verzilting in vrijwel alle natuurgebieden en anderzijds op een lagere geschatte gevoeligheid voor zout voor de aquatische delen van de beschouwde natuurgebieden in vergelijking met de terrestrische delen. In de meeste natuurgebieden waar wel sprake is van matig of zeer gevoelige aquatische natuurtypen is de kans op interne of externe verzilting zeer gering.

5.2 Adaptatiestrategieën en aanbevelingen voor beleid

Wat betreft de verwachte fysische effecten van de zoetwatervoorzieningsstrategie 'Technische aanpassingen aan het hoofdwatersysteem' (in lijn met voorstellen van de Deltacommissie, 2008) op natuurgebieden valt op dat de terreinen waar het milieu zouter zal worden alle zijn gesitueerd in de Zuidwestelijke Delta. In het Groene Hart (clusters Midden-Delfland, Nieuwkoop en Botshol-Groot Mijdrecht) wordt het milieu in nagenoeg alle gebieden zoeter. In veel van de overige gebieden (Noord-Holland en Noord-Nederland) blijft de fysische situatie naar verwachting ongewijzigd.

Wat betreft de fysische effecten van de strategie 'Regionale zelfvoorziening zoetwatervraag' wordt het milieu in geen enkel natuurgebied zouter. Dit kan worden verklaard door de uitwerking van deze strategie in deze studie als 'opzet van peilen, waardoor in droogteperioden minder en pas later uitzakking van peilen zal plaatsvinden'. Dit kan alleen leiden tot een verzoetend effect. Verder valt op dat effecten geografisch gelijkmatiger verdeeld zijn dan bij de adaptatiestrategie in lijn met de Deltacommissie (2008).

Zowel qua frequentieverdeling van de fysische effecten als qua passendheid bij de huidige natuurdoelen ontlopen de twee adaptatiestrategieën elkaar niet veel. Voor vrijwel alle beschouwde natuurgebieden zijn wij van mening dat beide strategieën niet ongunstig uitpakken voor de gestelde natuurdoelen.

Uit deze studie blijkt dat in een groot deel van de onderzochte natuurterreinen in laag Nederland adaptatiemaatregelen gericht op het tegengaan van ongewenste veranderingen in de zoet-zoutheuising niet

nodig zijn. Dit komt omdat er geen noemenswaardig risico van verzilting is voor de aanwezige natuur (doordat ofwel de kans op verzilting, ofwel de gevoeligheid van de aanwezige natuur daarvoor, gering is).

Waar toch adaptatiemaatregelen voor verzilting nodig zijn, adviseren we doorgaans om de natuurdoelen bij te stellen. Dit is een manier om met relatief weinig kosten en weinig technisch-hydrologische ingrepen mee te bewegen met langjarige abiotische trends. Deze strategie is geadviseerd voor terreinen die volgens de gebruikte invoergegevens nog grotendeels zoete natuurdoelen hadden, terwijl er goede mogelijkheden zijn voor de ontwikkeling van brakke waarden. Daarbij moet worden bedacht dat er sinds het begin van de twintigste eeuw veel areaal binnendijkse zilte natuur verloren is gegaan. Voorbeelden van gebieden zijn De Poel, Kadelanden, Lage Land van Texel, Hegewiersterfjild en Westerhitzumberbos.

In een aantal natuurgebieden wil Natuurmonumenten wellicht zoete natuurdoelen handhaven tegen een verziltende trend in en eventueel slechts in specifieke terreindelen. Een mogelijke adaptatiestrategie voor dergelijke terrein(del)en zou kunnen zijn het opzetten van peilen. Hierdoor kan het neerslagoverschot van het winterhalfjaar langer vast worden gehouden. In droge perioden treedt hierdoor dan pas later en in minder mate uitzakking van peilen op. Deze adaptatiemaatregel noemen wij bijvoorbeeld voor de terreinen Kadelanden, Lage Land van Texel en Westerhitzumberbos.

In een aantal kustnabije natuurgebieden zoals Inlaag 1887 en Zuidkust van Schouwen geldt dat op de lange termijn, door zeespiegelstijging, brakke graslanden zouden kunnen 'verdrinken'. Door bemaling van deze natuurgebieden zou kunnen worden tegengegaan dat dit gebeurt.

Voor een beperkt aantal natuurgebieden werd voorgesteld hydrologische maatregelen buiten het gebied te nemen om de gewenste zoet/zouttoestand in het natuurgebied te bereiken. Voorbeelden zijn Schenge en Merrevliet. Soms sloot dit aan bij voorgestelde hydrologische maatregelen binnen het terrein, bijvoorbeeld peilopzet. Voorbeelden hiervan zijn Hegewiersterfjild en Kadelanden.

5.3 Quickscan kansen voor klimaatbuffers

Voor twee van de beschouwde natuurterreinen van Natuurmonumenten zien we concrete mogelijkheden voor het realiseren van klimaatbuffers *binnen* het terrein: Inlaag 1887 (langs de Westerschelde) en aan Zuidkust van Schouwen.

In twee discussiesessies met Natuurmonumenten zijn tevens mogelijkheden voor klimaatbuffers *buiten* de huidige natuurterreinen verkend. Daarbij zijn drie situaties onderscheiden, waarbij zoute klimaatbuffers effectief kunnen zijn:

- Situaties waarin een zoute klimaatbuffer een groot positief effect heeft op omliggende gebieden, of waarvan de positieve effecten in de toekomst liggen. Belangrijke ecosystemendiensten van dergelijke klimaatbuffers zijn bijvoorbeeld het wegvangen van zoute kwel ten behoeve van omliggende landbouwgebieden en kustverdediging.
- Gebieden waarin een continue beschikbaarheid van voldoende zoetwater voor het huidige landgebruik in de toekomst niet meer gegarandeerd kan worden.
- Maatregelen waardoor de zoetwatervraag wordt verkleind en er meer zoetwater beschikbaar is voor watervragende functies, waaronder ook natuur. Hierbij wordt gedacht aan stoppen met zoetspoelen en gebruik van brak water voor peilhandhaving in poldergebieden, landgebruiksfuncties veranderen naar minder zoetwatervragende functies als natuur waarbij de zoetwatervraag in een gebied nog verder gereduceerd kan worden door meer brakke natuurdoelen aan te wijzen. Door deze maatregelen kunnen natuurgebieden uit de verdringingsreeks worden gehaald, waardoor niet langer sprake is van concurrentie met economische watervragende sectoren.

5.4 Onzekerheden en aanbevelingen voor nader onderzoek

Voor deze studie is een generiek stroomschema ontwikkeld, waarmee kansen op, gevoeligheden voor en risico's van interne en externe verzilting op een eenduidige manier konden worden vastgesteld voor natuurgebieden in laag Nederland. De sterke kant van een dergelijke methodiek zit in de consistente beoordeling van afzonderlijke gebieden. De gevolgde methodiek bracht noodzakelijkerwijs ook een aantal onzekerheden met zich mee. Deze bevonden zich bijvoorbeeld op het vlak van de gemodelleerde zoutvracht naar de onderkant van de deklaag, de omvang en dynamiek van regenwaterlenzen in ruimte en tijd (beide van invloed op de kans op interne verzilting van ecosystemen), de gevoeligheid natuurtypen voor verzilting (in deze studie gebaseerd op kwalitatief expertoordeel) en het vaststellen van de kans op externe verzilting. Ook in het stroomschemaproces zitten onzekerheden. Hierbij wordt in de eerste plaats gedacht aan de opzet van de beslisregeltabellen. Voorts was de uitwerking in paragraaf 4.1 en bijlage H van twee zoetwatervoorzieningsstrategieën voor elk natuurgebied (wat houden ze in en wat is hun effect) in deze studie noodzakelijkerwijs nogal grofstoffelijk.

Deze handreiking heeft een shortlist met een aantal risicogebieden voor verzilting opgeleverd. In een vervolgstudie kan hiervan worden uitgegaan. Daarbij vragen bovengenoemde onzekerheden meer onderbouwing. Dit biedt vervolgens een steviger fundament voor de identificatie van geschikte locaties en vormen van zilte klimaatbuffers.

Literatuur

Baaren, E. van en G. Oude Essink, 2009. *Zoutvrachtkarten situatie in het jaar 2000 en in 2050 (W+)*. Ongepubliceerd kaartmateriaal, versie 1.3.

Baaren, E. van, G. Oude Essink en P. de Louw, 2009. *Kwetsbaarheid regenwaterlenzen in landbouwgebieden voor klimaatverandering en zeespiegelstijging*. Memo Deltares, 14 p.

Beers, P.W.M. van en P.F.M. Verdonschot, 2000. *Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 4. Brakke binnenwateren*. Rapport AS/04 EC/LNV, 80 p.

Boer, K. de en W.J. Wolff, 1996. *Tussen zilt en zoet. Voorstudie naar de betekenis van estuariene gradiënten in het Waddengebied*. RU Groningen, Vakgroep Mariene biologie.

Dam, A.M. van, O.A. Clevering, W. Voogt, T.G.L. Aendekerk en M.P. van der Maas, 2007. *Zouttolerantie van landbouwgewassen*. Deelrapport Leven met Zoutwater. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO), Wageningen.

Deltacommissie, 2008. *Samen werken met water. Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst*. Bevindingen van de Deltacommissie 2008, 134 p.

Deltaprogramma, 2011. *Werk aan de delta. Investeren in een veilig en aantrekkelijk Nederland, nu en morgen*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit & Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (september 2010), 102 p.

Gaast, J.W.J. van der, H.Th.L. Massop, H.R.J. Vroon en I.G. Staritsky, 2006. *Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken*. Alterra-rapport 1339. Alterra, Wageningen, 111 p.

Gaast, J.W.J. van der, H.Th.L. Massop en H.R.J. Vroon, 2009. *Effecten van klimaatverandering op de watervraag in de Nederlandse groene ruimte; Analyse van de waterbeschikbaarheid rekeninghoudend met de freatische grondwaterstand en bodem*. Alterra-rapport 1791. Alterra, Wageningen, 116 p.

ICW, 1976. *Hydrologie en waterkwaliteit van Midden West-Nederland*. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Werkgroep Midden West-Nederland. ICW, Wageningen, 101 p.

KNMI, 2006. *Klimaat in de 21e eeuw. Vier scenario's voor Nederland*. KNMI, De Bilt, 18 p.

Kuipers, J.J.B. en C. Jacobusse, 1998. *Het Zeeuwse monument. Inlagen en karrevelden*. De Koperen Tuin, Goes.

Luiten, E. (red.), 2004. *Zee in zicht. Zilte waarden duurzaam benut*. STT/Beweton, Den Haag, 376 p.

Paulissen, M.P.C.P., E. Schouwenberg, J. Velstra en W. Wamelink, 2007. Hoe gevoelig is de Nederlandse natuur voor verzilting? *H₂O* 18, pp. 40-44.

Remane, A. en C. Schlieper, 1971. *Biology of brackish water*. Die Binnengewässer Volume 15, Stuttgart.

- Runhaar, J., 2006. *Natuur in de verdringingsreeks*. Alterra-rapport 1302. Alterra, Wageningen, 104 p.
- Spijk, A. van, 2006. *Evaluatie verzilting en ontzilting van het Haringvliet na de storm van 24/25 november 2005*. Rijkswaterstaat Zuid-Holland, 64 p.
- Stumpe, J. (red.), 2008. *Ontwerp Nationaal Waterplan*. Rijksoverheid, 264 p.
- Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, J.G. Kroes, E.J. Bos, M. van der Elst, B. Pronk, R.J. Rijk, O.A. Clevering, A.J.G. Dekking, M.P.J. van der Voort, M. de Wolf en W.A. Brandenburg, 2006. *Transitie en toekomst van Deltalandbouw; indicatoren voor de ontwikkeling van de land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta van Nederland*. Alterra-rapport 1132. Alterra, Wageningen, 434 p.
- Vries, A. de, J. Veraart, I. de Vries, G. Oude Essink, G. Zwolsman, R. Creusen en H. Buijtenhek H., 2009. *Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta. Een verkenning*. KvK-rapportnummer 017/09. Kennis voor Klimaat, Utrecht.
- Voorde, M. ter en J. Velstra, 2009. *Leven met zoutwater: overzicht van huidige kennis omtrent interne verzilting*. Acacia Water/Leven met Water/STOWA, 35 p.
- Vos, C.C., H. Kuipers H., R. Wegman en M. van der Veen M., 2009. *Klimaatverandering en natuur: identificatie knelpunten als eerste stap naar adaptatie van de EHS*. Alterra-rapport 1602. Alterra, Wageningen, 76 p.

Colofon

Aan de totstandkoming van dit rapport werkten mee

Marjolein (M.H.C.) van Adrichem | **Alterra**
Anouk Cormont | **Alterra**
Michiel van Eupen | **Alterra**
Roel Posthoorn | **Natuurmonumenten**
Marc (J.A.M.) Schepers | **Natuurmonumenten**
Quirin Smeele | **Natuurmonumenten**
Ruut (R.M.A.) Wegman | **Alterra**

Begeleidingscommissie

Nicko (N.G.J.) Straathof | **Natuurmonumenten**
Paul Vertegaal | **Natuurmonumenten**



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl