



ALTERRA

WAGENINGEN UR



Droogte, verzilting en binnendijkse natuur in de Zuidwestelijke Delta

Analyse autonome ontwikkeling en effecten deltasenario's

Alterra-rapport 2303
ISSN 1566-7197

J.G.M. van der Grefte-van Rossum, H.T.L. Massop, R.M.A. Wegman en M.P.C.P. Paulissen

Droogte, verzilting en binnendijkse natuur in de
Zuidwestelijke Delta

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta
Projectcode BO-11-015-004

Droogte, verzilting en binnendijkse natuur in de Zuidwestelijke Delta

Analyse autonome ontwikkeling en effecten deltasenario's

J.G.M. van der Gref-van Rossum, H.T.L. Massop, R.M.A. Wegman en M.P.C.P. Paulissen

Collegiale toets: J.A. Veraart

Alterra-rapport 2303

Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Wageningen, 2012

Referaat

Greft-van Rossum, J.G.M. van der, H.T.L. Massop, R.M.A Wegman en M.P.C.P. Paulissen, 2012. *Droogte, verzilting en binnendijkse natuur in de Zuidwestelijke Delta. Analyse autonome ontwikkeling en effecten deltasenario's*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2303. 92 blz.; 20 fig.; 1 tab.; 12 ref.; 6 bijl.

Droogteperioden zullen in de komende decennia wellicht frequenter optreden. Ook wordt een verdere stijging van de zeespiegel verwacht. Deze fenomenen betekenen voor de Zuidwestelijke Delta: meer invloed van droogte en zout op de binnendijkse natuur. In deze studie is onderzocht waar in de Zuidwestelijke Delta droogte en verzilting wellicht nu al knelpunten vormen voor binnendijkse natuur en waar en wanneer dergelijke knelpunten in de toekomst kunnen ontstaan. Voor de toekomst wordt hierbij enerzijds uitgegaan van autonome ontwikkeling en anderzijds van de vier deltasenario's.

Trefwoorden: autonome ontwikkeling, brakke kwel, Deltaprogramma, deltasenario's, droogte, klimaatverandering, natuur, Noord-Brabant, verzilting, Zeeland, zoute kwel, Zuid-Holland, Zuidwestelijke Delta

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.

© 2012 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 2303
Wageningen, mei 2012

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Deltaprogramma en deelprogramma Zuidwestelijke Delta	11
1.2 Droogte, verzilting en binnendijkse natuur in de Zuidwestelijke Delta	11
1.3 Vraagstelling en aanpak	12
1.4 Deltascenario's, zichtjaren en autonoom scenario	13
1.5 Afbakening en leeswijzer	14
2 Methodiek	15
2.1 Droogte en interne verzilting	15
2.2 Overige methodiek	17
3 Resultaten	19
3.1 Droogte: nabijheid ecologisch omslagpunt	20
3.1.1 Huidige situatie versus toekomstscenario's	20
3.1.2 Actuele beheertypen versus ambitie-beheertypen	23
3.2 Interne verzilting: nabijheid ecologisch omslagpunt	23
3.2.1 Huidige situatie versus toekomstscenario's	23
3.2.2 Actuele beheertypen versus ambitie-beheertypen	26
3.3 Externe verzilting	27
3.4 Effecten van sociaal-economische veranderingen op areaal natuur	28
3.5 Invloed van sociaal-economische veranderingen op natuur via droogte en verzilting	30
4 Conclusies	33
Literatuur	35
<i>Bijlagen</i>	
1 Kennisoverzicht droogte en verzilting	37
2 Methodiek droogte	49
3 Methodiek verzilting	59
4 Methodiek sociaal-economische scenario's	71
5 GIS-bewerkingen	77
6 Kaartbeelden	79

Woord vooraf

De Zuidwestelijke Delta is dankzij de Deltawerken goed beveiligd, maar er liggen ook grote uitdagingen om de kwaliteit van de leefomgeving en de economische potenties van het gebied te verbeteren. Op de langere termijn speelt de vraag of de regio flexibel kan omgaan met de gevolgen van klimaatverandering en slim weet in te spelen op toekomstige sociaaleconomische randvoorwaarden, kansen en knelpunten. De regionale overheden en het Rijk, verenigd in de Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, willen met het Uitvoeringsprogramma 2010-2015+ inspelen op de problemen die zich nu al voordoen. Daarnaast verkennen dezelfde partijen binnen het Nationale Deltaprogramma welke ontwikkelingsrichtingen perspectief bieden voor de langere termijn (2050-2100), binnen de bandbreedte van de sociaal-economische en klimatologische toekomstscenario's van het Deltaprogramma.

Om goed te kunnen anticiperen op die toekomst is het van belang een zo goed mogelijk feitelijk beeld te hebben van de situatie nu en de verwachte situatie straks, bijvoorbeeld van droogte en verzilting. Droogteperiodes zoals in 2003 en 2011 gaan in de komende decennia wellicht frequenter optreden. Ook wordt een verdere stijging van de zeespiegel verwacht. Deze fenomenen betekenen voor de Zuidwestelijke Delta meer invloed van droogte en zout op watergebruiksfuncties zoals landbouw en natuur. Het Programmabureau Zuidwestelijke Delta heeft daarom behoefte aan kaartbeelden over de te verwachten gevolgen van droogte en verzilting voor de verschillende deelgebieden.

Het voorliggende rapport is het resultaat van een studie van Alterra om voor de gebruiksfunctie binnendijkse natuur tot dergelijke indicatieve kaartbeelden te komen op grond van best beschikbare kennis. Deze studie is uitgevoerd als onderdeel van het Beleidsondersteunend Onderzoek, project Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta. Vanuit het ministerie van EL&I hebben Martie van Essen en Eelco Hoogendam een belangrijke rol gespeeld in de definitie, het kaderen en de begeleiding van het project.

Aan de totstandkoming van dit rapport werkten mee: Joep Frissel, Henk Meeuwssen, Rini Schuiling en Wieger Wamelink (allen Alterra). Jeroen Wijsman (IMARES) en Jeroen Veraart (Alterra) hebben bijgedragen aan de definitiefase van het project. Gu Oude Essink en Pieter Pauw (Deltares) leverden kaartbestanden over kwetsbaarheid van regenwaterlenzen. De ruimtelijke gegevens over de sociaal-economische componenten van de deltascenario's werden aangeleverd door Otto Levelt (Deltares) en Bart Rijken (PBL). Gerard Terpstra (GBO-provincies) zorgde voor het beschikbaar stellen van de geactualiseerde beheertypekaarten.

De auteurs danken allen voor hun bijdragen en betrokkenheid.

Samenvatting

In de Zuidwestelijke Delta liggen grote uitdagingen om de kwaliteit van de leefomgeving en de economische potenties van het gebied te verbeteren. Op de langere termijn speelt de vraag of de regio flexibel kan omgaan met de gevolgen van klimaatverandering en slim weet in te spelen op toekomstige sociaal-economische randvoorwaarden, kansen en knelpunten. Om goed te kunnen anticiperen op die toekomst is het van belang een zo goed mogelijk feitelijk beeld te hebben van de situatie nu en de verwachte situatie straks. Dit bijvoorbeeld met betrekking tot de effecten van droogte en verzilting op water-vragende functies zoals landbouw en natuur.

Droogteperioden gaan in de komende decennia wellicht vaker optreden. Ook wordt een verdere stijging van de zeespiegel verwacht. Deze fenomenen betekenen voor de Zuidwestelijke Delta: meer invloed van droogte en zout op de diverse watervragende functies. Dit rapport richt zich op de effecten van droogte en zout op binnendijkse natuur in de Zuidwestelijke Delta. Onderzocht is waar droogte en verzilting wellicht nu al knelpunten vormen en waar en wanneer dergelijke knelpunten in de toekomst kunnen ontstaan. Voor de toekomst wordt hierbij enerzijds uitgegaan van autonome ontwikkeling en anderzijds van de vier deltasceario's. Onder autonome ontwikkeling verstaan we de toekomstige ontwikkeling zonder klimaatverandering en zonder veranderingen in de zoetwaterverdeling en het waterbeheer. De deltasceario's combineren uitersten in de bandbreedte van klimaatverandering met uitersten in de mogelijke sociaal-economische ontwikkeling.

De vraag naar waar en wanneer droogte en zout een knelpunt gaan vormen voor binnendijkse natuur is beantwoord met een semi-kwantitatieve benadering. In die benadering staat het begrip 'nabijheid ecologisch omslagpunt' (NEO) centraal:

Nabijheid ecologisch omslagpunt (NEO)
= [intensiteit van, ofwel kans op blootstelling aan, droogte of verzilting] x [gevoeligheid van natuurtype voor droogte of verzilting]

Hoe nabijer het ecologisch omslagpunt, hoe groter het knelpunt voor de betreffende factor (droogte of verzilting). Voor de ruimtelijke spreiding van de intensiteit van droogte of verzilting is gebruik gemaakt van modeluitkomsten. De gevoeligheid van de diverse natuurtypen voor droogte en verzilting is gebaseerd op expertoordeel.

Deze aanpak heeft geleid tot kaartbeelden gebaseerd op best beschikbare kennis. De kaartbeelden geven een overzicht van de verwachte effecten van diverse scenario's op binnendijkse natuur in de Zuidwestelijke Delta.

Voor het grootste deel van de Zuidwestelijke Delta, vooral Zeeland en het Brabantse zeeleigebied, is droogte onder de huidige klimaatcondities voor de meeste binnendijkse natuur niet problematisch. Naar verwachting geldt dit ook voor het autonome toekomstscenario. Uitzonderingen zijn onder meer een aantal gebieden in de duinen, maar vooral grote delen van de Zuid-Hollandse eilanden ten noorden van het Haringvliet. In deze uitzonderingsgevallen wordt uitgegaan van een ecologisch omslagpunt op een termijn van decennia ('matig nabij'). Dit wordt verklaard vanuit de overwegend matige gevoeligheid van de aanwezige (agrarische) natuurtypen.

Naar verwachting is het ecologisch omslagpunt voor de factor zout (interne verzilting) het meest nabij (ordegrootte jaren) voor (laaggelegen) delen van de centrale Zuidwestelijke Delta, rond Noord-Beveland en Schouwen-Duiveland.

Het noordelijke deel van de Zuidwestelijke Delta staat relatief sterker onder invloed van de grote rivieren. Hier ligt het ecologisch omslagpunt voor zout dan ook verder weg (decennia tot meer dan een eeuw). Ook in het zuidelijk deel van de Zuidwestelijke Delta is het ecologisch omslagpunt voor zout (interne verzilting) niet zeer nabij; hier worden relatief weinig problemen verwacht als gevolg van interne verzilting. Dit geldt ook voor andere plekken in Zeeland waar zoet grondwater tot op grotere diepte voorkomt.

Zowel bij de factor droogte als bij de factor zout (interne verzilting) valt op dat het effect van het klimaat-scenario op de nabijheid van het ecologisch omslagpunt relatief gering is: de kaartbeelden voor de toekomst-scenario's wijken niet sterk af van het huidige beeld. Ook de verschillen in de kaartbeelden voor actueel voorkomende beheertypen en ambitie-natuurtypen zijn relatief klein.

Externe verzilting is in de huidige situatie in geen enkel deelgebied problematisch voor binnendijkse natuur. Naar verwachting zal dit alleen in het warme klimaatscenario veranderen voor een beperkt aantal deelgebieden in het noorden van de Zuidwestelijke Delta (de Hollandse eilanden).

In het sociaal-economische Groeiscenario gaat het areaal natuur in 2100 gemiddeld zo'n vijf procentpunt achteruit. Daarbij is een sterkere afname te zien in zowel het noordelijke als het zuidelijke deel van de Zuidwestelijke Delta, samenvallend met respectievelijk toenemende verstedelijking en toenemend agrarisch gebruik. In het sociaal-economische Krimpscenario gaat het areaal natuur in 2100 gemiddeld zo'n vier procentpunt vooruit, waarbij een grotere toename in het noordelijke deel van de Zuidwestelijke Delta te zien is, samenvallend met een sterkere afname in verstedelijking (effect Rotterdam). De sociaal-economische effecten op het areaal natuur zijn afhankelijk van scenario-aannamen; de uiteindelijke effecten op areaal en kwaliteit zijn sterk afhankelijk van beleidskeuzen (bijvoorbeeld realisatie EHS handhaven of loslaten) en niet kwantificeerbaar op natuurgebiedsniveau.

Verstedelijking heeft op aquatische natuur een licht verzoetend effect en geeft minder kans op lage waterpeilen. Op terrestrische natuur is hoegenaamd geen effect merkbaar qua verzilting of verdroging. Uitbreiding van agrarisch gebied heeft, bij vergelijkbare teelten als nu, via toename van de zoetwatervraag geen effect op natuur qua droogte en een licht tot matig verzoetend effect op natuur qua verzilting. Belangrijke afwegingen voor beleidsmakers en agrarische ondernemers zijn hierbij onder meer gewaskeuze, peilbesluiten, wateraanvoer en waterberging.

Deze studie draagt bij aan het feitelijke beeld van de huidige en mogelijke toekomstige effecten van de milieufactoren droogte en zout op binnendijkse natuur in de Zuidwestelijke Delta onder diverse deltasenario's. Daarmee biedt deze knelpuntenanalyse een uitgangspunt voor een ruimtelijke kansenschetskaart voor adaptatiemaatregelen op het vlak van de waterbehoefte van de diverse deelgebieden.

1 Inleiding

1.1 Deltaprogramma en deelprogramma Zuidwestelijke Delta

Na de stormvloedramp van 1953 hebben de Deltawerken veiligheid, verbetering van de zoetwatervoorziening en betere infrastructuur gebracht, waardoor de Zeeuwse eilanden en andere delen van Zuidwest-Nederland wat infrastructuur en zoetwatervoorziening betreft uit hun isolement zijn gehaald.

Terugkijkend op de Deltawerken kan worden geconstateerd dat behoud van een ecologisch gezond delta-systeem in veel mindere mate als belangrijk werd gezien dan het brengen van veiligheid en het realiseren van verbeteringen in de zoetwatervoorziening en infrastructuur. Dit heeft geleid tot onbedoelde negatieve gevolgen voor waterkwaliteit en ecologie in nagenoeg alle voormalige zeearmen. Zo is sprake van zandhonger in het Haringvliet, de Grevelingen, het Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde. Ook zijn er ernstige problemen met zuurstofloosheid in de Grevelingen en met eutrofiëring en periodieke bloeien van giftige blauwalgen in het Volkerak-Zoommeer.

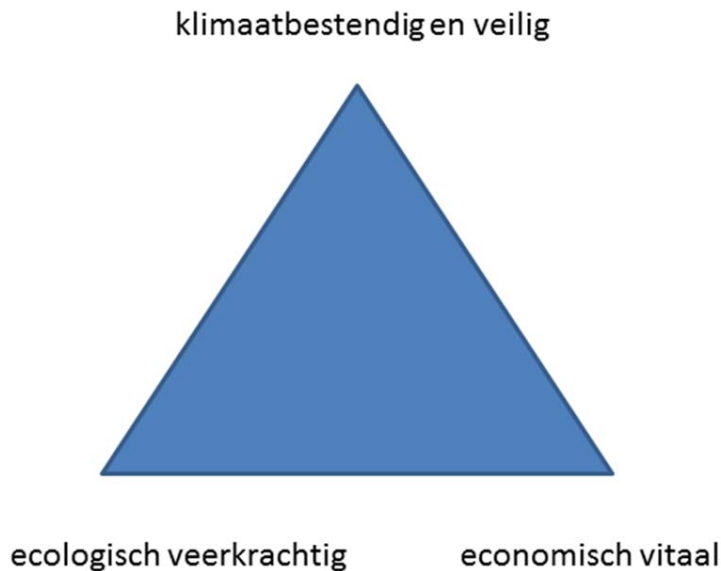
In het nieuwe Deltaprogramma, dat in 2008 van start is gegaan met het verschijnen van het rapport 'Samen werken met water' (Commissie Veerman, 2008), wordt herstel van een ecologisch veerkrachtige Zuidwestelijke Delta gezien als een belangrijke voorwaarde voor waterveiligheid en economische bloei, zeker op de langere termijn. Het Deltaprogramma is een nationaal programma. Rijksoverheid, provincies, gemeenten en waterschappen werken hierin samen met inbreng van maatschappelijke organisaties en het bedrijfsleven. Het doel is om Nederland ook voor de volgende generaties te beschermen tegen hoogwater en te zorgen voor voldoende zoet water (I&M, EL&I, 2011).

Eén van de zes gebiedsgerichte deelprogramma's van het Deltaprogramma heeft betrekking op de Zuidwestelijke Delta. De hoofdthema's voor dit deelgebied worden verbeeld door figuur 1-1, met veiligheid aan de top en aan de basis daarvan ecologie en economie. Bij het thema ecologie is er behoefte aan een scherper en gedetailleerder inzicht in de autonome ontwikkeling van de ecologische veerkracht van de Zuidwestelijke Delta: 'wat gebeurt er als we niets doen?' Daarbij moet rekening worden gehouden met de implementatie van het Uitvoeringsprogramma (http://www.zwdelta.nl/nl/uitvoeringsprogramma_uitvoeringsprogramma.htm) onder de verschillende deltasceario's. Dit is nodig om te weten op welke manier de (huidige) habitats zich zullen of kunnen ontwikkelen en welke natuurbeelden daar bij horen om vervolgens een maatschappelijk debat te kunnen voeren over welke natuurwaarden we willen behouden, dan wel ontwikkelingsperspectief willen bieden.

1.2 Droogte, verzilting en binnendijkse natuur in de Zuidwestelijke Delta

In een recente probleemanalyse voor de Zuidwestelijke Delta (Programmabureau Zuidwestelijke Delta, 2011) ligt voor het aspect ecologie de aandacht vrijwel volledig bij het buitendijkse gebied. Dit is enerzijds begrijpelijk gezien het landschapsbepalende aspect van de buitendijkse natuur in de Zuidwestelijke Delta en het feit dat de grootste oppervlakte Natura 2000-natuur zich hier in het buitendijkse gebied bevindt. Anderzijds leven er bij het Programmabureau Zuidwestelijke Delta ook vragen over de binnendijkse natuur in de diverse deelgebieden. De voorliggende studie richt zich op een aantal van deze vragen.

Naar verwachting zullen droogteperiodes, maar ook periodiek hoge rivierafvoeren, in de komende decennia vaker gaan optreden. Ook zal de zeespiegel waarschijnlijk aanzienlijk stijgen. Als gevolg hiervan neemt de invloed van droogte en zout op landbouwgebieden, maar ook op binnendijkse natuurgebieden in de Zuidwestelijke Delta toe, structureel én incidenteel tijdens droogteperiodes. Op andere momenten zal er in de regio een groot zoetwateroverschot zijn vanuit de grote rivieren.



Figuur 1-1

Driehoek veiligheid - ecologie - economie. Naar: Programmabureau Zuidwestelijke Delta (2011). In het kader van het Delta-programma wordt voor de Zuidwestelijke Delta gestreefd naar borging van de zoetwatervoorziening en de waterveiligheid op de lange termijn, zodat dit integraal bijdraagt aan de ecologische en economische versterking van Zuidwest-Nederland.

Met het oog hierop is het van belang ruimtelijk in beeld te krijgen waar droogte en zout mogelijk knelpunten opleveren, nu en in de toekomst. Als we dat weten kan vervolgens gericht worden nagegaan waar er kansen liggen voor de verschillende vormen van adaptatie aan (periodiek) verminderde zoetwaterbeschikbaarheid. Daarbij kan worden gedacht aan technische maatregelen zoals aanleg of aanpassing van infrastructuur voor zoetwateraanvoer van elders, maar ook aan maatregelen op het vlak van regionale zelfvoorziening in de zoetwatervraag of aan 'meebewegen met het zout'.

1.3 Vraagstelling en aanpak

In een eerste fase van deze studie is een beknopt overzicht gemaakt van de beschikbare kennis over klimaatverandering en verzilting in relatie tot natuur en landbouw, in het bijzonder in de Zuidwestelijke Delta (bijlage 1). Dit rapport richt zich verder op de tweede en belangrijkste fase van de studie. Daarin staan de volgende vragen centraal:

Waar in de Zuidwestelijke Delta bestaan er nu knelpunten voor binnendijkse natuur op het gebied van droogte en verzilting en waar en wanneer ontstaan deze naar verwachting in de toekomst, uitgaande van autonome ontwikkeling én van de deltascenario's?

Deze vragen zijn beantwoord met een semi-kwantitatieve benadering. In die benadering staat het begrip 'nabijheid ecologisch omslagpunt' (NEO) centraal:

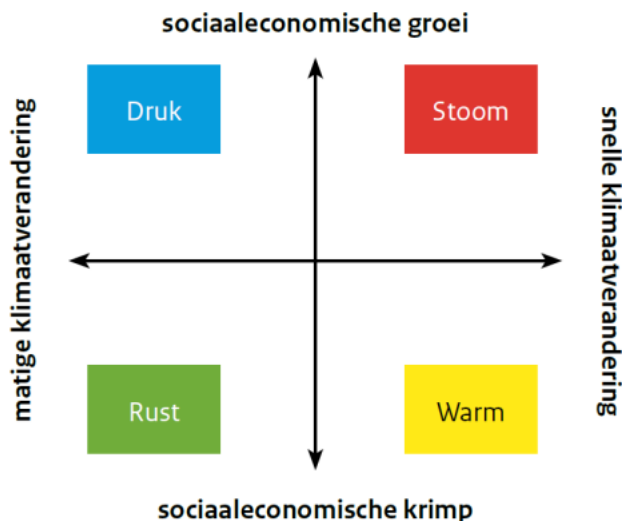
Nabijheid ecologisch omslagpunt (NEO)
= [intensiteit van, ofwel kans op blootstelling aan, droogte of verzilting] x [gevoeligheid van natuurtype voor droogte of verzilting]

Hoe nabijer het ecologisch omslagpunt, hoe groter het knelpunt voor de desbetreffende factor (droogte of verzilting). Voor de ruimtelijke spreiding van de intensiteit van droogte of verzilting is gebruik gemaakt van modeluitkomsten (Pauw en Oude Essink, 2011; Nationaal Hydrologisch Instrumentarium, Deltares en Alterra). De gevoeligheid van de diverse natuurtypen voor droogte of verzilting is gebaseerd op expertoordeel.

Deze aanpak heeft geleid tot kaartbeelden gebaseerd op best beschikbare kennis. De kaartbeelden geven een overzicht van de verwachte effecten van diverse scenario's op binnendijkse natuur in de Zuidwestelijke Delta.

1.4 Deltascenario's, zichtjaren en autonoom scenario

In het Deltaprogramma wordt gewerkt met mogelijke toekomstbeelden op basis van fysiek-klimatologische en sociaal-economische vooruitzichten. Dit zijn de vier deltasceario's (Bruggeman et al., 2011). Hierbij correspondeert de klimaatcomponent voor de thema's veiligheid en zoetwater met de KNMI 2006-scenario's G (gematigd zonder veranderingen in luchtstromingspatronen) en W+ (warm met veranderingen in luchtstromingspatronen). Voor het ruimtegebruik tot 2050 geven de WLO-scenario's 'Global Economy' en 'Regional Communities' de grootste onderlinge verschillen te zien. Daarom heeft het Deltaprogramma zich vooral op deze vier bestaande scenario's gericht (Bruggeman et al., 2011). Het zogenaamde 'Veerman-scenario', dat een snellere zeespiegelstijging aangeeft dan beschreven is in de KNMI'06 scenario's en dat van belang was in de verkennende studie van de Commissie Veerman (2008), is daarmee losgelaten (Deltaprogramma, 2011). Figuur 1-2 geeft de onderlinge positie van de vier deltasceario's schematisch weer.

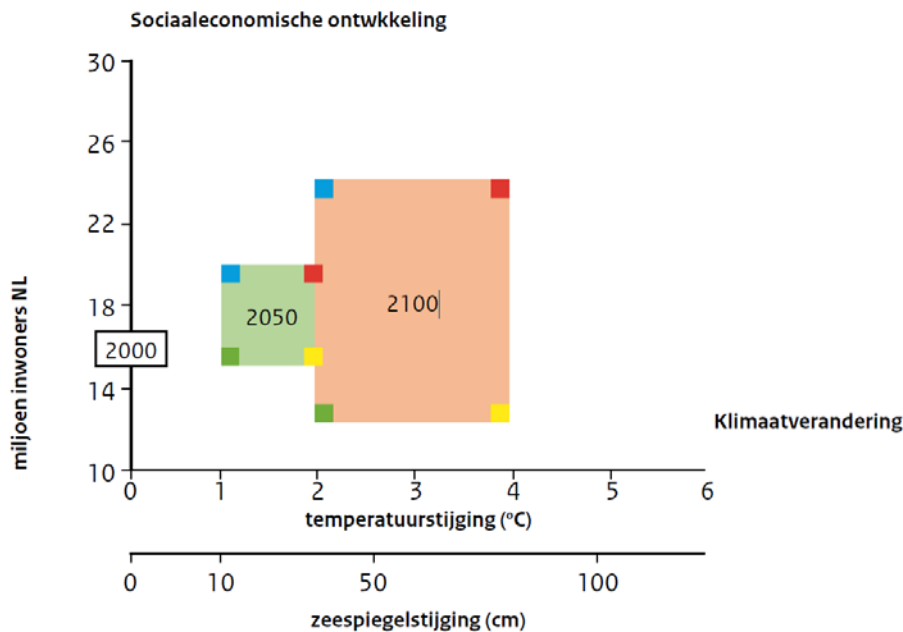


Figuur 1-2

De vier deltasceario's zijn gebaseerd op de verwachte bandbreedte van klimatologische en sociaal-economische veranderingen

Bron: Bruggeman et al. (2011).

In deze studie worden, net als in andere analyses in het kader van het Deltaprogramma, de effecten van de vier deltasenario's onderzocht voor de zichtjaren 2050 en 2100. Het jaar 2000 fungeert als referentiejaar (figuur 1-3).



Figuur 1-3

Positie van de vier deltasenario's voor het referentiejaar 2000 en de zichtjaren 2050 en 2100. Bron: Bruggeman et al. (2011).

De vier deltasenario's worden vergeleken met een autonoom scenario, dat uitgaat van het uitblijven van klimaatverandering en voortzetting van de huidige praktijk in zoetwaterverdeling en waterbeheer. Voor de Zuidwestelijke Delta is in het autonoom scenario uitgegaan van:

- Geen veranderingen in compartimentering zoete en zoute wateren: Volkerak-Zoommeer en Haringvliet blijven zoet.
- Voortzetting van het huidige regionale waterbeheer inclusief waterverdeling.
- Geen ontpoldering. In deze studie wordt geen rekening gehouden met gevolgen van eventuele ontpoldering voor binnendijkse natuur langs de Westerschelde.

1.5 Afbakening en leeswijzer

Deze ruimtelijke knelpuntenanalyse beperkt zich tot de binnendijkse natuur (terrestrisch en aquatisch) in de Zuidwestelijke Delta. De buitendijkse natuur wordt bestreken in een parallel deelproject uitgevoerd door IMARES. In de voorliggende studie spreken we niet over 'deltanatuur', omdat deze term doorgaans gebruikt wordt voor de buitendijkse natuur. In deze studie wordt geen onderscheid gemaakt in 'categorieën' binnendijkse natuur zoals Natura 2000 of natuur in de Ecologische hoofdstructuur (EHS). Sociaal-economische effecten op natuur nemen we mee voor zover deze doorwerken via droogte en verzilting. Factoren als versnippering, verstoring of lichtverontreiniging worden niet meegenomen in deze studie.

Hoofdstuk 2 licht de gevolgde methodiek nader toe. In hoofdstuk 3 worden de uitkomsten van de analyse gepresenteerd in de vorm van kaartbeelden. Hoofdstuk 4 geeft de conclusies en aanbevelingen.

2 Methodiek

In dit hoofdstuk wordt de gevolgde methodiek op hoofdlijnen beschreven. De nadruk ligt daarbij op de factoren droogte en interne verzilting, die in deze studie centraal staan. Onder interne verzilting verstaan we de aanvoer van brakke of zoute kwel vanuit het grondwater naar de wortelzone van percelen of naar binnendijkse oppervlaktewateren. Per onderdeel van de methodiek wordt verwezen naar de bijlagen, waar de betreffende onderdelen in meer detail zijn uitgewerkt.

2.1 Droogte en interne verzilting

Figuur 2-1 toont de aanpak van deze studie op hoofdlijnen. In essentie wordt zowel voor de factor droogte als voor de factor interne verzilting een kans op blootstelling (van de wortelzone, aan droogte respectievelijk aan interne verzilting) gecombineerd met de geschatte gevoeligheid van het type natuur ter plekke (volgens de typologie van de zgn. 'beheertypen'; actueel aanwezige natuur, dan wel beoogde natuur). De combinatie van deze blootstellingskans met de gevoeligheid van natuur levert de 'nabijheid van het ecologisch omslagpunt'. Figuur 2-1 laat zien op welke combinatie van zichtjaren, toekomstscenario's en beheertypekaarten deze benadering is toegepast.



Figuur 2-1

Overzicht gevolgde methodiek voor de factoren droogte en interne verzilting.

Het toekomstbeeld in het autonoom scenario is voor de milieufactor droogte gelijkgesteld aan de huidige situatie. Immers, in het autonome scenario wordt geen rekening gehouden met klimaatverandering en verandert de frequentie en duur van droogteperioden niet wezenlijk van de actuele situatie.

Voor interne verzilting waren alleen kaartbeelden beschikbaar over de toekomstbeelden 'autonoom' en W+. Hier is voor het gematigde klimaatscenario door ons aangenomen dat het kaartbeeld overeenkomt met het geleverde beeld voor de autonome ontwikkeling.

De kans op droogte of interne verzilting en de gevoeligheid van de beheertypen is uitgedrukt in kans- respectievelijk gevoeligheidsklassen. Hoe deze klassen zijn gecombineerd tot verschillende klassen van 'nabijheid ecologisch omslagpunt' is weergegeven in beslisregeltabellen voor de factoren droogte (figuur 2-2) en interne verzilting (figuur 2-3). Hierbij worden drie klassen onderscheiden:

- Klasse 1: ecologisch omslagpunt niet nabij; ordegrootte meer dan een eeuw;
- Klasse 2: ecologisch omslagpunt matig nabij; ordegrootte decennia;
- Klasse 3: ecologisch omslagpunt zeer nabij; ordegrootte enkele tot een tiental jaren.

Deze ordegroottes zijn indicatief en gebaseerd op expertoordeel. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de mogelijkheid van herstel van een beheertype na het optreden van droogte- of zoutschade en de daarvoor benodigde tijd. Hierover weten we op het niveau van individuele beheertypen nog onvoldoende.

De gevolgde methodiek voor droogte en interne verzilting wordt in detail beschreven in respectievelijk bijlage 2 en bijlage 3.

Voor de natuurkaart hebben we gebruik gemaakt van 'IMNAB_Natuurbeheerplannen 2012' (GBO-Provincies, 2011). Hierin is gebruikt gemaakt van de kaartbeelden:

- Index NL Beheertypenkaart actueel.
- Index NL Beheertypenkaart ambities (doelen).

	Geringe kans droogte wortelzone	Matige kans droogte wortelzone	Grote kans droogte wortelzone
Beheertype niet gevoelig	1	1	1
Beheertype matig gevoelig	1	2	2
Beheertype zeer gevoelig	1	2	3

Figuur 2-2

Beslisregeltabel droogte. De kans op droogte in de wortelzone (kolommen) wordt gecombineerd met de geschatte gevoeligheid van het aanwezige beheertype (rijen) tot een score voor de nabijheid van het ecologisch omslagpunt voor droogte. De cijfers geven de klasse van nabijheid aan (1 = omslagpunt niet nabij; 2 = omslagpunt matig nabij; 3 = omslagpunt zeer nabij). De kleuren in de beslisregeltabel corresponderen met de kleuren op de resultaatkaarten (zie hoofdstuk 3).

	Regenwater- lens niet kwetsbaar	Regenwater- lens weinig kwetsbaar	Regenwater- lens matig kwetsbaar	Regenwater- lens zeer kwetsbaar
Beheer- type niet gevoelig	1	1	1	1
Beheer- type matig gevoelig	1	2	2	3
Beheer- type zeer gevoelig	1	2	3	3

Figuur 2-3

Beslisregeltabel interne verzilting. De kans op interne verzilting in de wortelzone (uitgedrukt als kwetsbaarheid van de aanwezige regenwaterlens; kolommen) wordt gecombineerd met de geschatte gevoeligheid van het aanwezige beheertype (rijen) tot een score voor de nabijheid van het ecologisch omslagpunt voor interne verzilting. De cijfers geven de klasse van nabijheid aan (1 = omslagpunt niet nabij; 2 = omslagpunt matig nabij; 3 = omslagpunt zeer nabij). De kleuren in de beslisregeltabel corresponderen met de kleuren op de resultaatkaarten (zie hoofdstuk 3).

In figuur 2-4 wordt een overzicht gegeven hoe de verschillende kaarten zijn gecombineerd tot resultaatkaarten. Per regel staan hier de gebruikte combinaties van scenario's, kansenkaarten, gevoeligheidskaarten en resulterende kaarten 'nabijheid van ecologisch omslagpunt' (NEO) voor zowel droogte als interne verzilting. Ook de verwijzing naar de figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en de bijlagen 2, 3 en 6 is er in opgenomen.

2.2 Overige methodiek

De effectschattingen van de factoren droogte en interne verzilting, nu en in de toekomst onder verschillende scenario's, staan centraal in deze studie. Daarnaast is aanvullend ook gekeken naar de ruimtelijke invloed van de factor externe verzilting en de effecten van sociaal-economische toekomstscenario's op het aandeel natuur in de Zuidwestelijke Delta.

Onder 'externe verzilting' verstaan we de aanvoer van zout naar een binnendijs gebied via het oppervlakte-water (Ter Voorde en Velstra, 2009). Dit zout is afkomstig uit (periodiek) brakke buitenwateren van waaruit water wordt ingelaten naar boezem- en poldergebieden. Aangenomen wordt dat de invloed van externe verzilting zich beperkt tot oppervlaktewater en de oeverzone en verderop in percelen geen invloed kan uitoefenen. In tegenstelling tot interne verzilting wordt externe verzilting daarmee alleen relevant geacht voor aquatische en oevernatuur (Paulissen et al., 2011). De methodiek die is gevolgd om vast te stellen welke deelgebieden nu en in de toekomst met externe verzilting te maken kunnen krijgen, is toegelicht in bijlage 3.

De methodiek voor het vaststellen van de effecten van de sociaal-economische toekomstscenario's op het aandeel natuur in de Zuidwestelijke Delta is toegelicht in bijlage 4.

In bijlage 5 worden enkele belangrijke aspecten van de toegepaste GIS-aanpak beschreven.

			Kansenkaart	Gevoeligheidskaart			NEO-kaart
Factor	(Toekomst)scenario	Zichtjaar	figuurnr.	tabel gevoeligheid	gebruikte kaart beheertypen	kaart gevoeligheid beheertypen	figuurnr.
droogte	huidig & autonoom toekomst	2000	Bijlage 6, Figuur A	Bijlage 2, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur F	Figuur 3.1
droogte	gematigd	2050	Bijlage 6, Figuur B	Bijlage 2, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur F	Figuur 3.2
droogte	gematigd	2100	Bijlage 6, Figuur C	Bijlage 2, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur F	Figuur 3.3
droogte	warm	2050	Bijlage 6, Figuur D	Bijlage 2, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur F	Figuur 3.4
droogte	warm	2100	Bijlage 6, Figuur E	Bijlage 2, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur F	Figuur 3.5
droogte	huidig & autonoom toekomst	2000	Bijlage 6, Figuur A	Bijlage 2, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur G	Bijlage 6, Figuur H
droogte	gematigd	2050	Bijlage 6, Figuur B	Bijlage 2, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur G	Bijlage 6, Figuur I
droogte	gematigd	2100	Bijlage 6, Figuur C	Bijlage 2, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur G	Bijlage 6, Figuur J
droogte	warm	2050	Bijlage 6, Figuur D	Bijlage 2, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur G	Bijlage 6, Figuur K
droogte	warm	2100	Bijlage 6, Figuur E	Bijlage 2, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur G	Bijlage 6, Figuur L
interne verzilting	huidig	2000	Bijlage 6, Figuur M	Bijlage 3, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur R	Figuur 3.6
interne verzilting	autonoom & gematigd	2050	Bijlage 6, Figuur N	Bijlage 3, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur R	Figuur 3.7
interne verzilting	autonoom & gematigd	2100	Bijlage 6, Figuur O	Bijlage 3, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur R	Figuur 3.8
interne verzilting	warm	2050	Bijlage 6, Figuur P	Bijlage 3, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur R	Figuur 3.9
interne verzilting	warm	2100	Bijlage 6, Figuur Q	Bijlage 3, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur R	Figuur 3.10
interne verzilting	huidig	2000	Bijlage 6, Figuur M	Bijlage 3, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur S	Bijlage 6, Figuur T
interne verzilting	autonoom & gematigd	2050	Bijlage 6, Figuur N	Bijlage 3, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur S	Bijlage 6, Figuur U
interne verzilting	autonoom & gematigd	2100	Bijlage 6, Figuur O	Bijlage 3, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur S	Bijlage 6, Figuur V
interne verzilting	warm	2050	Bijlage 6, Figuur P	Bijlage 3, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur S	Bijlage 6, Figuur W
interne verzilting	warm	2100	Bijlage 6, Figuur Q	Bijlage 3, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur S	Bijlage 6, Figuur X

Figuur 2-4

Overzicht gevulde methodiek: alle uitgewerkte combinaties van scenario's, zichtjaren, kansen, gevoeligheid en resulterende kaarten 'nabijheid van ecologisch omslagpunt' (NEO).

3 Resultaten

In dit hoofdstuk staan kaartbeelden centraal over de geschatte intensiteit van de gevolgen van droogte en zoutbelasting (vooral interne verzilting; zie hoofdstuk 2) op de binnendijkse natuur in de Zuidwestelijke Delta. Als maat voor de intensiteit van die gevolgen hanteren we het begrip 'nabijheid van het ecologisch omslagpunt' (NEO) zoals gedefinieerd in de paragrafen 1.3 en 2.1. De kaartbeelden NEO zijn tot stand gekomen door combinatie van gegevens over enerzijds de kans op blootstelling van de wortelzone aan droogte respectievelijk zout en anderzijds de geschatte gevoeligheid van de verschillende beheertypen voor droogte dan wel zout (zie paragraaf 2.1). Van deze 'tussengegevens' zijn ook kaartbeelden gemaakt. Deze zijn opgenomen in bijlage 6.

Naast de effecten van de milieuv variabelen droogte en zout en hun relatie met de diverse toekomstscenario's wordt ook aandacht besteed aan de effecten van de sociaal-economische component van de deltas scenario's. Daarbij is gekeken naar welke effecten de scenario's 'krimp' en 'groei' zullen hebben op het areaal binnendijkse natuur in de Zuidwestelijke Delta.

Aan de hand van de kaartbeelden wordt de vraag beantwoord waar in de Zuidwestelijke Delta momenteel knelpunten voor binnendijkse natuur bestaan op het gebied van droogte en zout. Ook komt aan de orde waar en wanneer deze naar verwachting in de toekomst gaan ontstaan, uitgaande van uiteenlopende toekomstscenario's. Met andere woorden: waar en wanneer zijn of worden ecologische omslagpunten bereikt? Dit in verschillende situaties: 'business as usual' onder gelijkblijvende klimaatcondities, onder gematigd klimaatscenario of warm klimaatscenario.

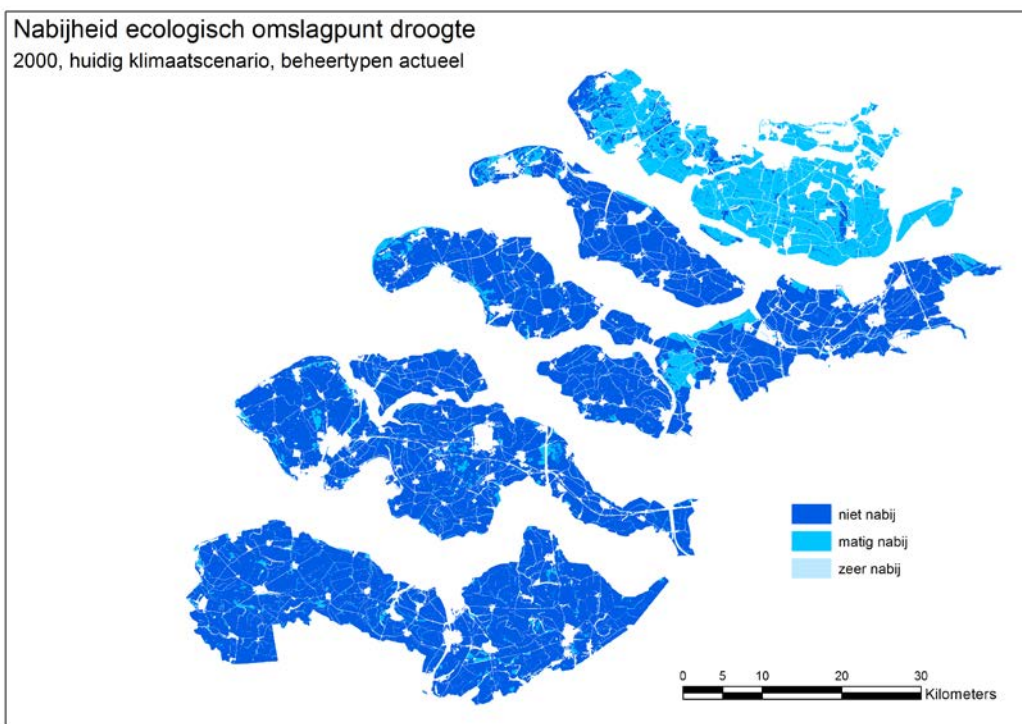
Ecologische omslagpunten kunnen aanleiding geven tot veranderingen in het natuurbeheer of tot het bijstellen van natuurdoelen. Waar en wanneer deze beleidskeuze naar schatting aan de orde is, is één op één af te lezen uit de NEO-kaarten. In lijn met de opdracht beperkt onze analyse zich tot het aanwijzen van tijd en plaats van ecologische omslagpunten. Het voert voor deze studie te ver om daarbij in detail te bespreken om welke beheertypen het gaat. De methodiek en gegevensbronnen maken het wel mogelijk om dit desgewenst na te gaan.

In paragraaf 3.1 en 3.2 van dit hoofdstuk wordt de nabijheid van het ecologisch omslagpunt (NEO) besproken voor de milieufactoren droogte en zout (interne verzilting) voor de huidige situatie en verschillende klimaatgerelateerde toekomstscenario's. Door de gebiedsdekkendheid van de beschikbare gegevens ligt de nadruk op het beeld voor de actueel voorkomende beheertypen. Daarnaast wordt een globale vergelijking gemaakt met de kaartbeelden voor de ambitie-beheertypen. De ambitie-kaartbeelden zijn opgenomen in bijlage 6. In paragraaf 3.3 gaan we in op de huidige en toekomstige situatie van externe verzilting. Paragraaf 3.4 gaat in op de effecten van contrasterende sociaal-economische toekomstscenario's op het oppervlakteaandeel natuur in de deelgebieden van de Zuidwestelijke Delta. In paragraaf 3.5 gaan we in op de mogelijke interactie tussen sociaal-economische effecten en de milieufactoren droogte en verzilting.

3.1 Droogte: nabijheid ecologisch omslagpunt

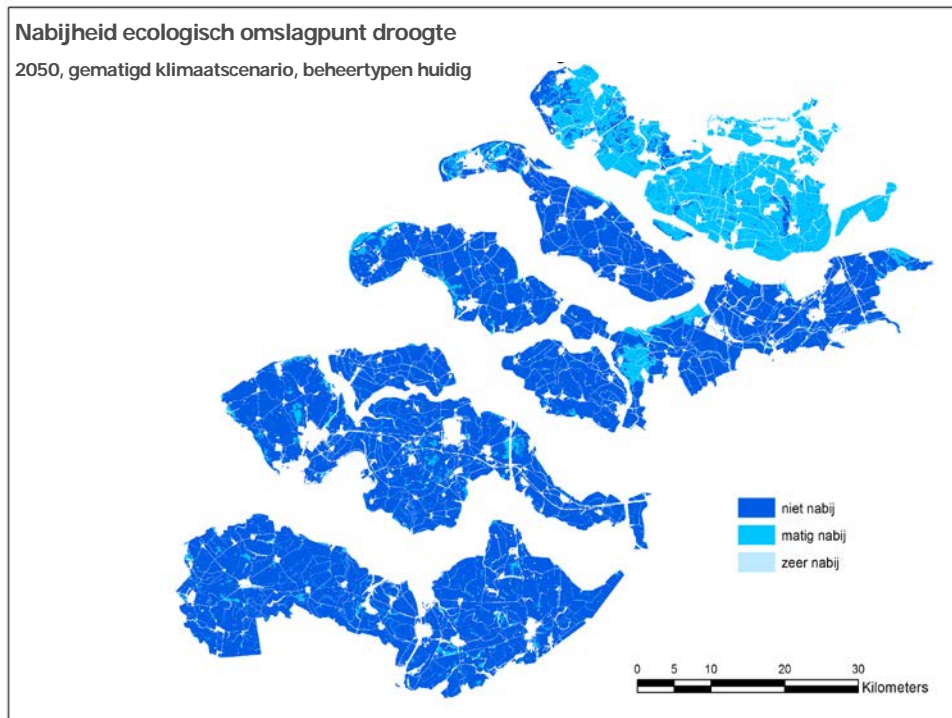
3.1.1 Huidige situatie versus toekomstscenario's

Figuur 3-1 toont de nabijheid van het ecologisch omslagpunt voor de factor droogte, onder de huidige klimaatomstandigheden en de actueel voorkomende beheertypen. Deze kaart geeft ook een beeld van de verwachte situatie voor droogte in het autonome toekomstscenario (zie paragraaf 2.1). Voor het grootste deel van de Zuidwestelijke Delta, vooral Zeeland en het Brabantse zeeleigebied, is droogte onder de huidige klimaatcondities voor de meeste binnendijkse natuur niet problematisch. Uitzonderingen zijn onder meer een aantal gebieden in de duinen, de Yerseke Moer en aan de Brabantse kant van de Eendracht en het Volkerak. Opvallend is ook de bijna uniforme score 'ecologisch omslagpunt matig nabij' voor de Zuid-Hollandse eilanden ten noorden van het Haringvliet. In deze uitzonderingsgevallen wordt uitgegaan van een ecologisch omslagpunt binnen een termijn van decennia ('matig nabij'). In al deze gevallen wordt dit verklaard vanuit de overwegend matige gevoeligheid van de aanwezige (agrarische) natuurtypen.



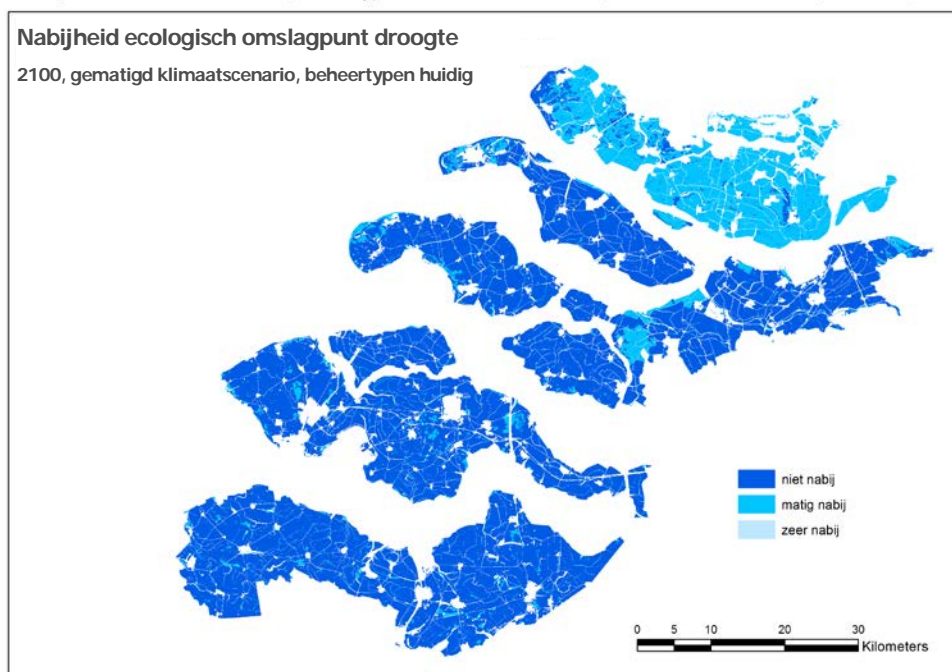
Figuur 3-1

Nabijheid ecologisch omslagpunt voor binnendijkse (agrarische) natuur door de milieufactor droogte. Huidige situatie, actueel voorkomende beheertypen.



Figuur 3-2

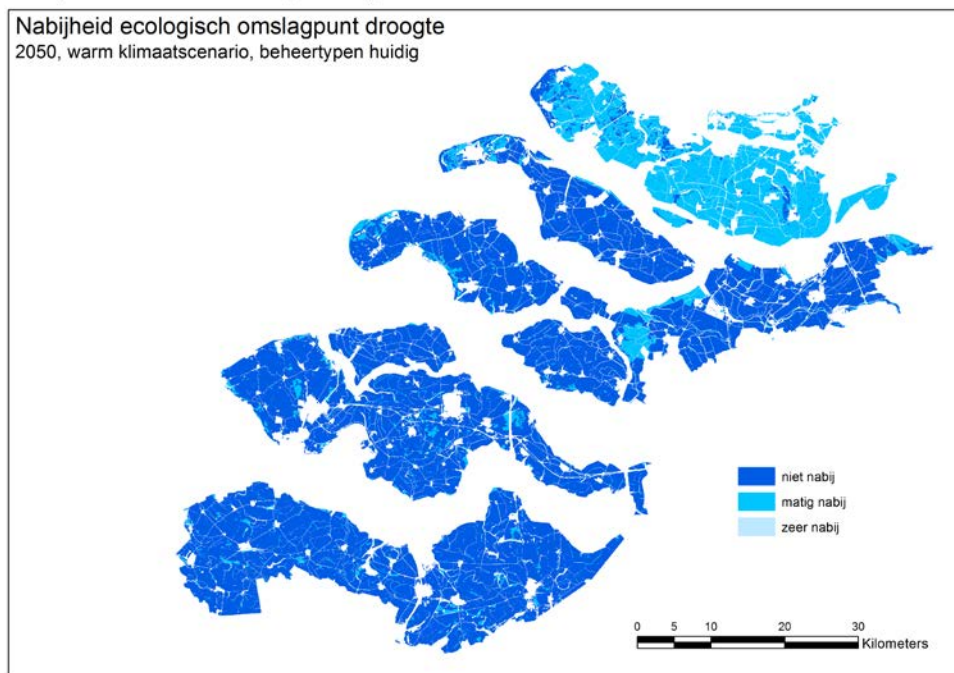
Nabijheid ecologisch omslagpunt voor binnendijkse (agrarische) natuur door de milieufactor droogte. Situatie in 2050, gematigd klimaatscenario, actueel voorkomende beheertypen.



Figuur 3-3

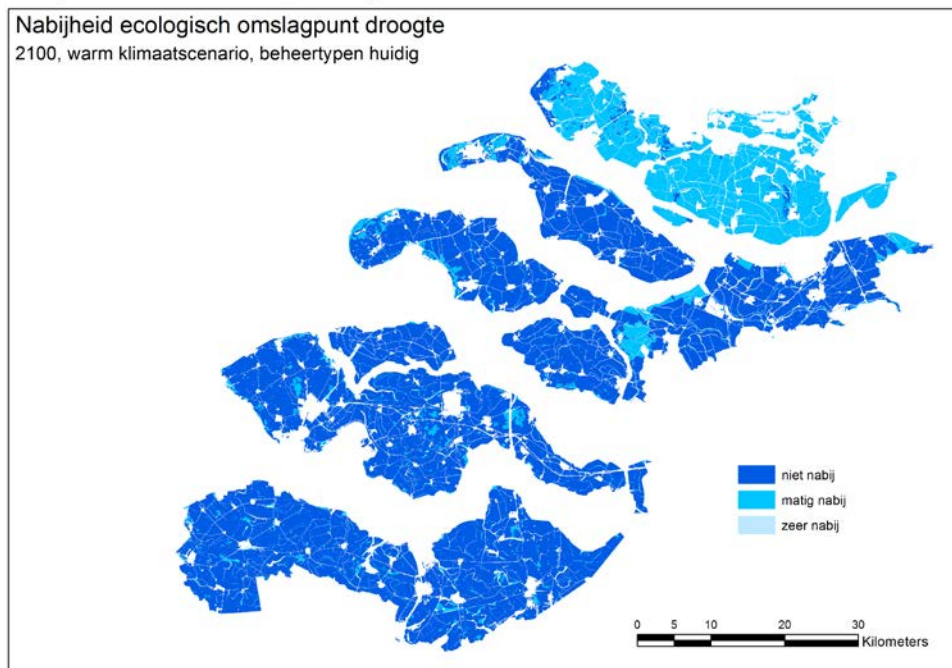
Nabijheid ecologisch omslagpunt voor binnendijkse (agrarische) natuur door de milieufactor droogte. Situatie in 2100, gematigd klimaatscenario, actueel voorkomende beheertypen.

De situatie in 2050 en 2100 geeft voor droogte niet alleen in het autonome en gematigde toekomstscenario (figuren 3-3 en 3-4), maar ook in het warme toekomstscenario (figuren 3-5 en 3-6) nagenoeg hetzelfde beeld als de huidige situatie (figuur 3-1).



Figuur 3-4.

Nabijheid ecologisch omslagpunt voor binnendijkse (agrarische) natuur door de milieufactor droogte. Situatie in 2050, warm klimaatscenario, actueel voorkomende beheertypen.



Figuur 3-5

Nabijheid ecologisch omslagpunt voor binnendijkse (agrarische) natuur door de milieufactor droogte. Situatie in 2100, warm klimaatscenario, actueel voorkomende beheertypen.

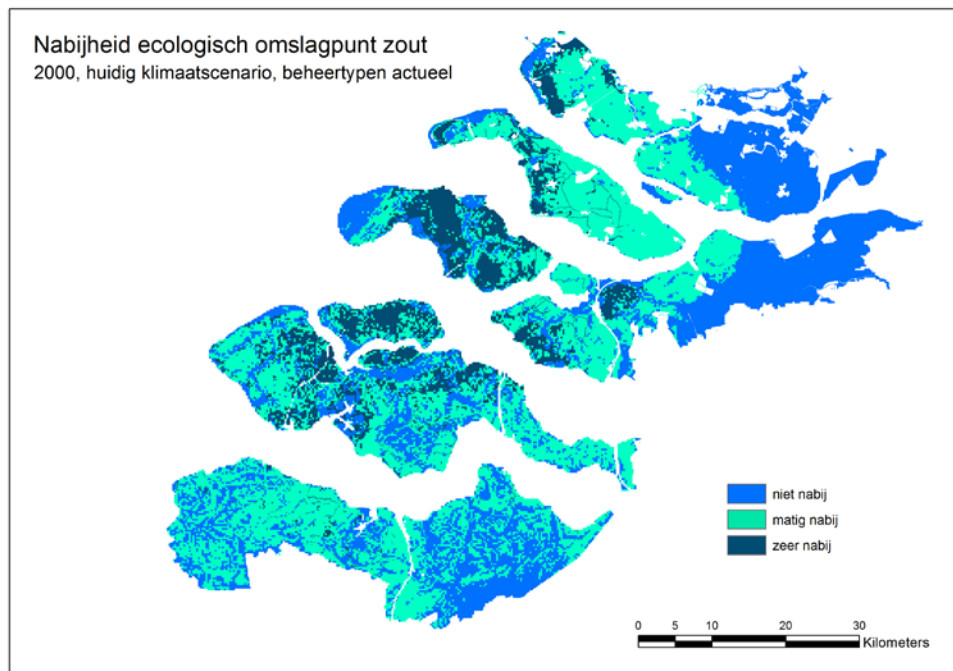
3.1.2 Actuele beheertypen versus ambitie-beheertypen

Figuur H in bijlage 6 toont de nabijheid ecologisch omslagpunt voor de ambitie-beheertypenkaart, voor de huidige situatie. De meest in het oog springende verschillen in score met figuur 3-1 liggen in de duingebieden van Schouwen en noordelijk Walcheren en in een aantal natuurkernen in oostelijk Zeeuws-Vlaanderen. In alle gevallen is de score voor de nabijheid van het ecologisch omslagpunt voor de ambitie-beheertypen 'matig nabij', terwijl deze voor de actuele beheertypen 'niet nabij' is. Dit komt doordat de ambitie-natuurtypen ter plekke matig gevoelig voor droogte worden geacht en de actuele beheertypen ter plekke niet gevoelig.

Net als bij de actueel voorkomende beheertypen, zijn ook bij de ambitiebeheertypen de kaartbeelden voor de nabijheid ecologisch omslagpunt in de vier toekomstsituaties (figuren I t/m L in bijlage 6) nagenoeg hetzelfde als voor de huidige situatie (figuur H in bijlage 6).

3.2 Interne verzilting: nabijheid ecologisch omslagpunt

3.2.1 Huidige situatie versus toekomstscenario's



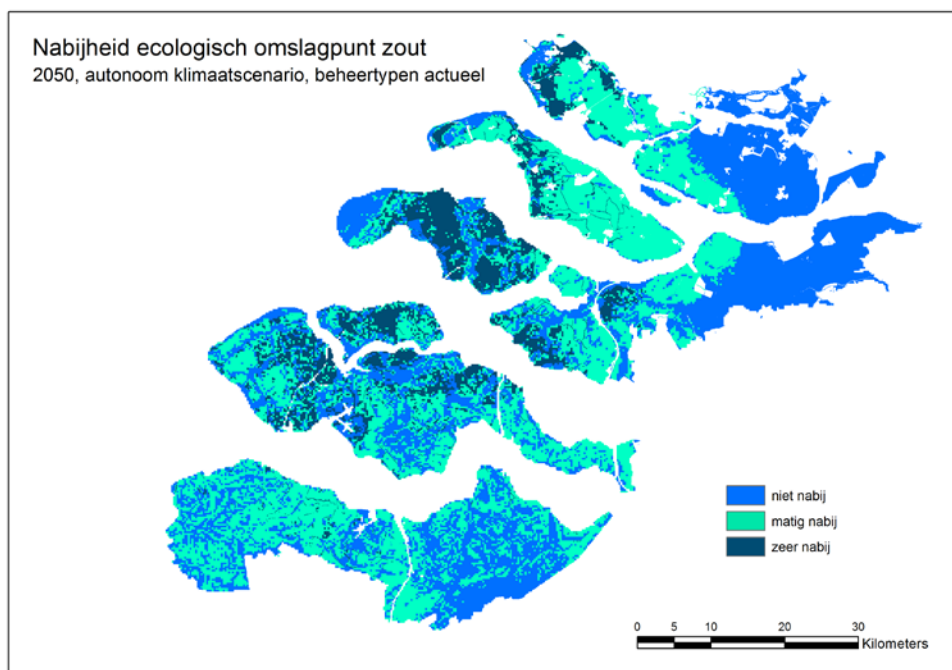
Figuur 3-6

*Nabijheid ecologisch omslagpunt voor binnendijkse (agrarische) natuur door de milieufactor zout (interne verzilting).
Huidige situatie, actueel voorkomende beheertypen.*

Figuur 3-6 toont de nabijheid van het ecologisch omslagpunt voor de factor zout, onder de huidige klimaatomstandigheden en de actuele beheertypen. Voor de deelgebieden die onder invloed staan van de grote rivieren staan (oostelijke deel van het Brabantse zeekleigebied, de Biesbosch, het eiland IJsselmonde en het oostelijk deel van de Hoekse Waard) en voor de hoger gelegen duingebieden en pleistocene gebieden (zuidrand Zeeuws-Vlaanderen) is het ecologisch omslagpunt niet nabij: hier worden geen problemen verwacht. Dit geldt ook voor de delen van Zeeland waar zoet grondwater tot op grotere diepte voorkomt (kreekruggen). Voor de binnendijkse natuur in het westelijke deel van het Brabantse zeekleigebied en de Zuid-Hollandse

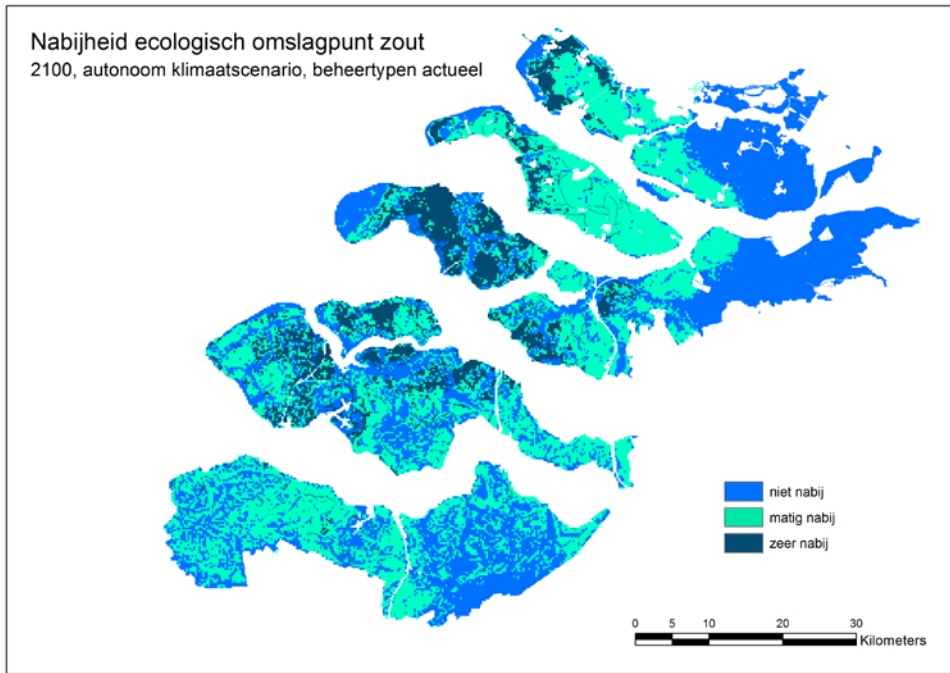
eilanden wordt - uitgaande van de huidige omstandigheden - een ecologisch omslagpunt door interne verzilting verwacht op een termijn van decennia ('matig nabij'). Op een nog kortere termijn (jaren tot decennia) wordt een dergelijke omslag verwacht voor onder meer de lager gelegen delen van Schouwen-Duiveland, het binnendijkse gebied achter de Slikken van Flakkee en delen van de Bevelanden en Walcheren. In de meeste gevallen komt dit doordat de kans op blootstelling aan zout vanuit de ondergrond groot wordt geacht en in mindere mate doordat de gevoeligheid van de aanwezige natuur zeer hoog is. Uitzondering hierop vormt het deel van Voorne achter de duinen, waar juist de hoge geschatte gevoeligheid van de aanwezige natuur voor zout bepalend is.

De kaartbeelden voor het autonoom scenario (figuur 3-7 en figuur 3-8 voor respectievelijk de situatie in 2050 en 2100) geven in grote lijnen hetzelfde beeld als de huidige situatie (figuur 3-6). We nemen aan dat de kaartbeelden van figuur 3-7 en 3-8 ook gelden voor het gematigde klimaatscenario (zie paragraaf 2.1). Op Goeree-Overflakkee neemt langs de Grevelingenkust tussen Stellendam en Herkingen het aandeel 'ecologisch omslagpunt zeer nabij' af. Hetzelfde zien we in West-Brabant ten oosten van Sint-Philipsland. In Zeeland, vooral op de Zeeuwse eilanden, neemt het contrast toe doordat niet alleen het aandeel van de klasse 'ecologisch omslagpunt zeer nabij', maar ook dat van de klasse 'ecologisch omslagpunt niet nabij' toeneemt. Het beeld in 2100 (figuur 3-8) verschilt weinig met dat in 2050 (figuur 3-7); de trend zet zich naar 2100 door en toont voor Zeeland en het overige deel van de Zuidwestelijke Delta een verzoetende tendens. Omdat de initiële zoet-zout verdeling in het gebruikte model waarschijnlijk te zout is, moet deze verzoetende trend enigszins worden genuanceerd (zie ook bijlage 3).



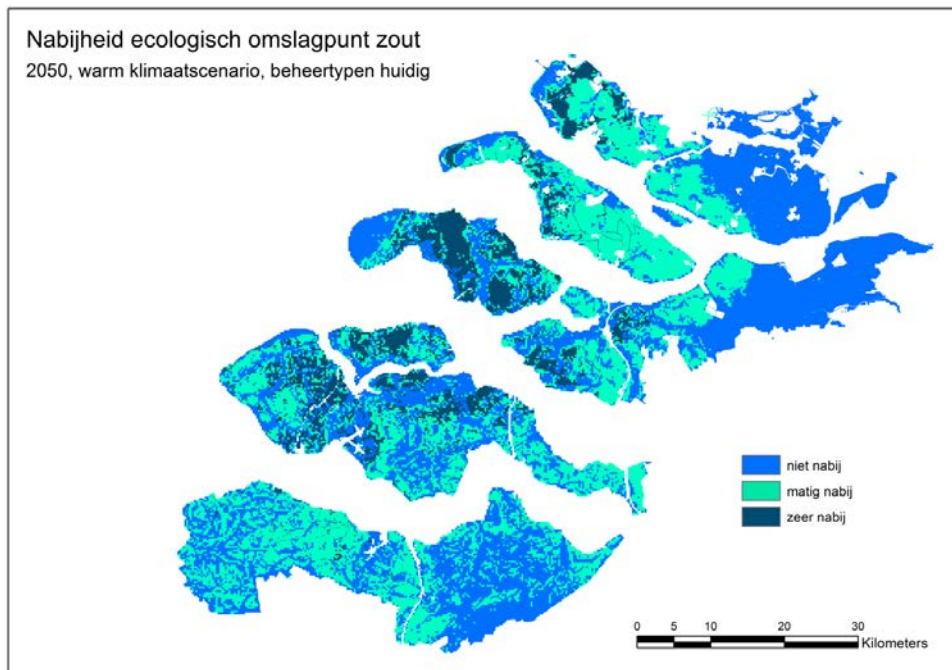
Figuur 3-7

Nabijheid ecologisch omslagpunt voor binnendijkse (agrarische) natuur door de milieufactor zout (interne verzilting). Situatie in 2050, autonoom en gematigd scenario, actueel voorkomende beheertypen.



Figuur 3-8

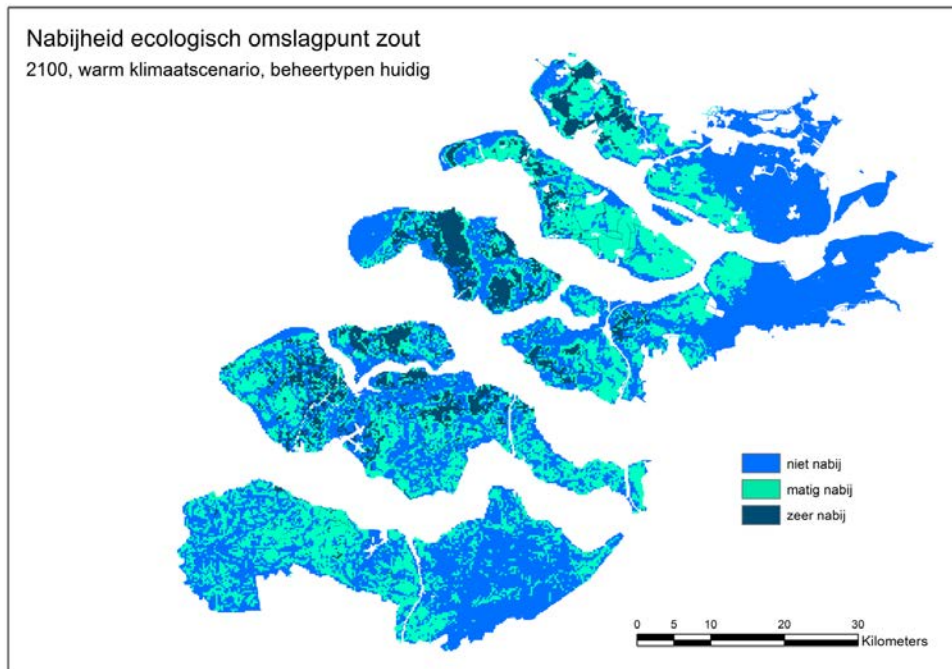
Nabijheid ecologisch omslagpunt voor binnendijkse (agrarische) natuur door de milieufactor zout (interne verzilting). Situatie in 2100, autonoom en gematigd scenario, actueel voorkomende beheertypen.



Figuur 3-9

Nabijheid ecologisch omslagpunt voor binnendijkse (agrarische) natuur door de milieufactor zout (interne verzilting). Situatie in 2050, warm klimaatscenario, actueel voorkomende beheertypen.

Net als bij het autonoom/gematigd toekomstscenario is bij het warm toekomstscenario (figuur 3-9 voor situatie in 2050; figuur 3-10 voor 2100) oppervlakkig gezien geen drastische verandering vast te stellen vergeleken met de huidige situatie (figuur 3-6). Ook hier is een verzoetende tendens zichtbaar, waarbij bovenstaande nuanciering geldt. De trend naar 2100 toe wordt in het warm klimaatscenario duidelijker voortgezet dan in het autonoom/gematigd scenario.



Figuur 3-10

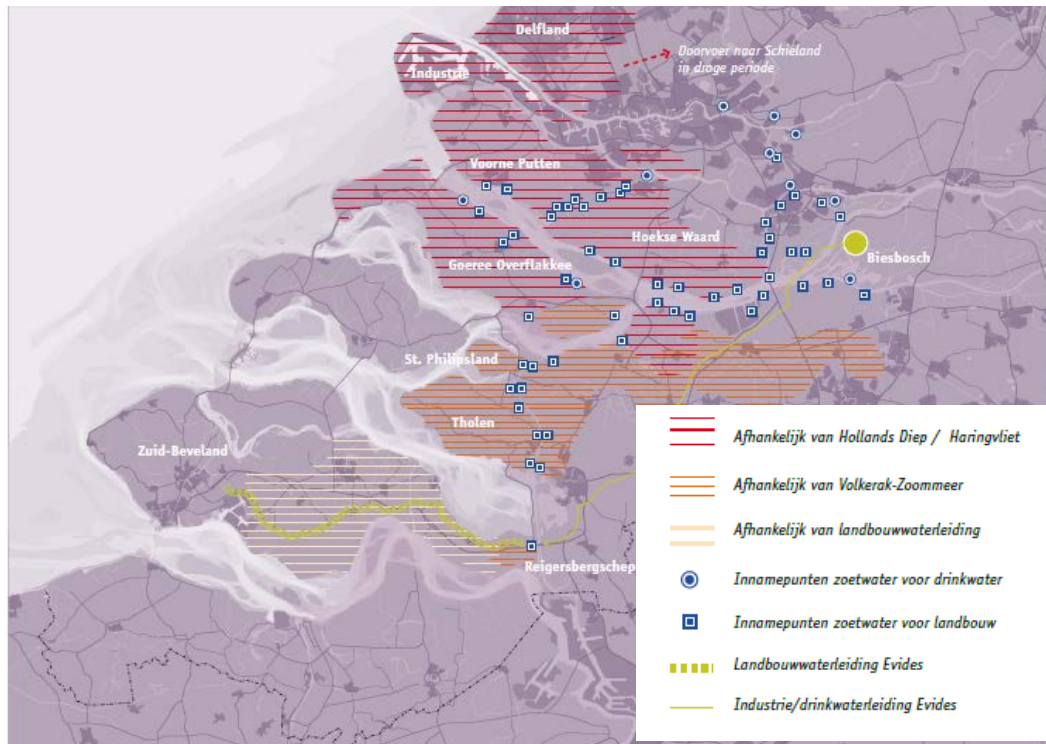
Nabijheid ecologisch omslagpunt voor binnendijkse (agrarische) natuur door de milieufactor zout (interne verzilting). Situatie in 2100, warm klimaatscenario, actueel voorkomende beheertypen.

3.2.2 Actuele beheertypen versus ambitie-beheertypen

Figuur T in bijlage 6 toont de nabijheid van het ecologisch omslagpunt voor de ambitie-beheertypenkaart, voor de huidige situatie. Voor zover voor de ambitie-beheertypenkaart gegevens beschikbaar zijn, is het beeld niet heel anders dan voor de actueel voorkomende beheertypen (figuur 3-6). Waar de situatie afwijkt, is de score op de ambitiekaart doorgaans 'ecologisch omslagpunt niet nabij', terwijl dat op de actuele beheertypenkaart 'matig nabij' is. Zie bijvoorbeeld de noordkust van Goeree-Overflakkee en de natuurkern op centraal Walcheren. Dit wordt in deze situaties toegeschreven aan de lagere gevoeligheid voor zout van de ambitie-beheertypen ten opzichte van de actueel voorkomende beheertypen en wijst op het anticiperen van zoutere milieuocondities voor de toekomst. Bij vergelijking van de kaartbeelden 'actuele beheertypen' en 'ambitie-beheertypen' lijkt het beeld voor de nabijheid ecologisch omslagpunt voor zout dus in zekere mate omgekeerd van het beeld voor droogte.

3.3 Externe verzilting

In figuur 3-11 is de huidige afhankelijkheid van de Zuidwestelijke Delta van zoet water uit het hoofdwatersysteem weergegeven. Zoet water wordt ingelaten voor peilbeheer en verziltingsbestrijding. Dit gebeurt voor de landbouw, maar doorgaans is deze situatie ook van toepassing op de binnendijkse natuurgebieden.



Figuur 3-11

Huidige afhankelijkheid van zoet water.

Het hoofdwatersysteem in het noordelijk deel van de Zuidwestelijke Delta (Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas, Spui, deels ook het Haringvliet) verzilt periodiek in lichte mate, door het binnendringen van een zouttong bij hoge waterstanden op zee in combinatie met lage rivierafvoeren. Voor de toekomst wordt verwacht dat dit vaker gaat optreden (bijlage 3). Op dergelijke momenten dreigt externe verzilting van de inlaatpunten en het binnendijkse gebied. Waterbeheerders kunnen hierop anticiperen met een innamestop, wat echter tot een tekort aan zoet (doorspoel)water kan leiden in het binnendijkse gebied.

Bovenstaande informatie is door ons geclassificeerd per deelgebied en voor de verschillende toekomstscenario's. Daarbij zijn drie klassen onderscheiden:

- Groen: Geen waterinlaat óf geen enkel inlaatpunt van het deelgebied heeft last van een innamestop door externe verzilting.
- Geel: Voor een beperkt aantal inlaatpunten geldt gedurende enige tijd een innamestop door verzilting buitenwater.
- Rood: Bijna alle inlaatpunten hebben gedurende enige tijd last van een innamestop door verzilting buitenwater.

Tabel 3-1

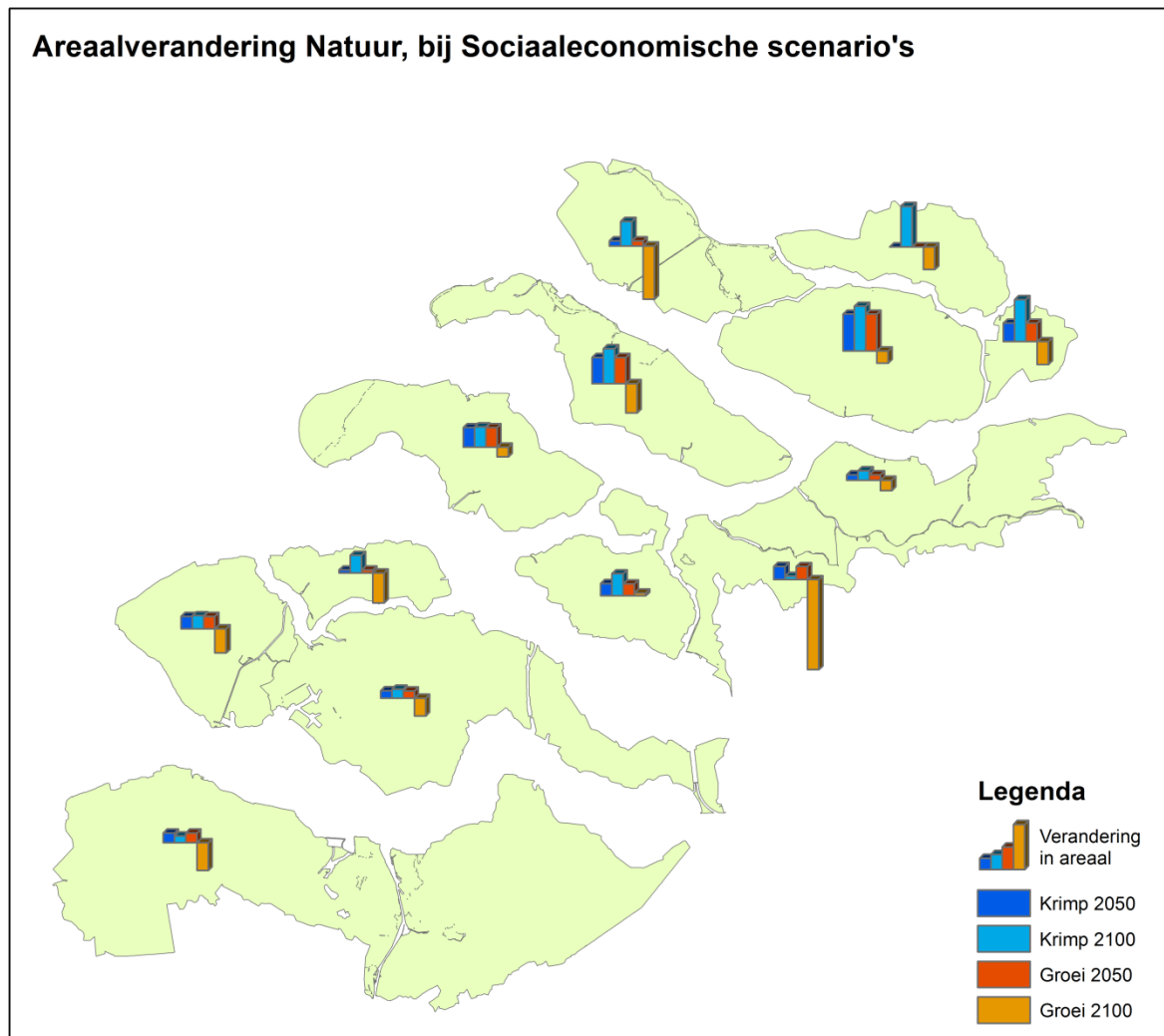
Mate waarin deelgebieden in de Zuidwestelijke Delta geconfronteerd worden met externe verzilting bij de waterinlaatpunten onder verschillende scenario's. Groen betekent 'geen externe verzilting' of 'geen zoetwateraanvoer mogelijk'. Geel en rood betekenen respectievelijk matige en sterke mate van (periodieke) externe verzilting bij waterinlaatpunten.

Deelgebied	Actueel	Autonoom/Rust 2050	W+ 2050	W+ 2100
Zeeuws-Vlaanderen	Green	Green	Green	Green
Walcheren	Green	Green	Green	Green
Zuid-Beveland	Green	Green	Green	Green
Noord-Beveland	Green	Green	Green	Green
Schouwen-Duiveland	Green	Green	Green	Green
Tholen	Green	Green	Green	Green
Sint-Philipsland	Green	Green	Green	Green
Brabantse Zeeklei	Green	Green	Green	Green
Eiland van Dordrecht	Green	Green	Green	Green
Hoekse Waard	Green	Green	Green	Yellow
Goeree-Overflakkee	Green	Green	Green	Yellow
IJsselmonde	Green	Green	Yellow	Red
Voorne-Putten	Green	Green	Yellow	Red

Tabel 3-1 toont dat externe verzilting nu in geen enkel deelgebied problematisch is voor binnendijkse natuur. Alleen in het warme klimaatscenario gaat dit veranderen voor een beperkt aantal deelgebieden in het noorden van de Zuidwestelijke Delta (de Hollandse eilanden).

3.4 Effecten van sociaal-economische veranderingen op areaal natuur

Figuur 3-12 geeft het resulterende kaartbeeld van de effecten van de sociaal-economische scenario's op het areaal natuur. De areaalverandering wordt weergegeven in procentpunten per deelgebied, op basis van de brongegevens van PBL en Deltares. Dit maakt directe vergelijking tussen scenario's in de deelgebieden goed mogelijk; bij vergelijking tussen de deelgebieden moet het verschil in oppervlakte van de deelgebieden in gedachten worden gehouden.



Figuur 3-12

Areaalverandering natuur bij de sociaal-economische scenario's Krimp en Groei. Weergave in procentpunten per deelgebied; range van -18 procentpunt (Groeï 2100, West-Brabant) tot +9 procentpunt (Krimp 2100, Hoekse Waard). Bron: PBL en Deltares.

Als eerste vallen in deze kaart de verschillen in areaalverandering op per scenario en zichtjaar.

- In het Krimpscenario is het aandeel natuur toegenomen in zowel 2050 als 2100 in alle deelgebieden.
- Daarentegen is in het Groeiscenario het aandeel natuur weliswaar toegenomen in 2050 (vergeleken met 2000) in alle deelgebieden, maar juist afgenomen in 2100 (vergeleken met 2000) in alle deelgebieden behalve Tholen en St. Philipsland.

De verschillen vallen te verklaren uit enerzijds de sociaal-economische scenario's zelf en anderzijds de onderliggende aannames van de modellen (zie ook bijlage 4). In de sociaal-economische scenario's is de verwachting dat bij Krimp minder areaal wordt gebruikt voor economische doeleinden, en wordt dit vrijgekomen areaal aan natuur toegekend. Bij Groei is juist meer areaal nodig voor economische doeleinden, en blijft minder over voor natuur. Dit verschil is in figuur 3-12 goed te zien voor het jaar 2100. Dat in het Groeiscenario toch in 2050 eerst een toename in areaal natuur te zien is, gelijk aan de toename in het Krimppareaal in 2050, is te verklaren door de modelaannames dat in 2050 de Ecologische hoofdstructuur (EHS) gerealiseerd wordt, zowel in het Krimp- als in het Groeiscenario. Voor 2100 wordt die aanname losgelaten en domineren de sociaal-economische aannames (Rijken et al., 2011).

Als tweede valt de ruimtelijke spreiding van de verschillen op.

- In het Krimpscenario 2100 is de areaaltoename natuur in het zuiden gering en nabij de Randstad groter.
- In het Groeiscenario 2100 is de afname in areaal natuur zowel nabij de Randstad (Voorne-Putten en Goeree-Overflakkee) als in Zeeuws-Vlaanderen groter dan in de andere deelgebieden. Opvallend is ook de sterke afname in West-Brabant ten noorden van Bergen op Zoom en Roosendaal.

In bijlage 4 staan de tussenresultaten in kaart weergegeven. Voor het Krimpscenario blijkt uit figuur 6 en 7 in bijlage 4 dat de toename in natuurareaal in 2100 samenvalt met een afname van stedelijk areaal, die geringer is in het zuiden en sterker nabij de Randstad. Het aandeel agrarisch gebied is in dit scenario in 2100 over de hele linie iets toegenomen. Voor het Groeiscenario laten figuur 1 en figuur 5 in bijlage 4 zien dat de afname in natuurareaal in 2100 in de deelgebieden nabij de Randstad samenvalt met een toename van verstedelijking, evenals op Walcheren. In de overige deelgebieden valt de afname aan natuurareaal samen met een toename van agrarisch gebied.

De scenario's voor 2050 en 2100 zijn met behulp van verschillende modellen bepaald (zie bijlage 4); de onderliggende aannames van de modellen en zichtjaren bepalen grotendeels de verschillen in effect op areaal natuur. De informatie wordt op gebiedsniveau gegeven; specifieke locatiekeuzes worden in de toekomst gemaakt. Aangezien toekomstige beleidsaannames (zoals wel of niet realisatie van de EHS) en specifieke locatiekeuzes moeilijk in te schatten zijn, zijn de effecten van de sociaal-economische scenario's op areaal natuur alleen op hoofdlijnen in te schatten, en zijn effecten op natuurkwaliteit niet kwantitatief te bepalen.

Samenvattend zijn bij de effecten van de sociaal-economische scenario's op het areaal natuur de volgende punten van belang:

- In het sociaal-economische Groeiscenario gaat het areaal natuur in 2100 gemiddeld zo'n vijf procentpunt achteruit. Daarbij is een sterkere afname te zien in zowel het noordelijke als het zuidelijke deel van de Zuidwestelijke Delta, samenvallend met toenemende verstedelijking nabij de Randstad (en de Brabantse stedenrij) en toenemend agrarisch gebruik in Zeeuws-Vlaanderen.
- In het sociaal-economische Krimpscenario gaat het areaal natuur in 2100 gemiddeld zo'n vier procentpunt vooruit, waarbij een grotere toename in het noordelijke deel van de Zuidwestelijke Delta te zien is, samenvallend met een sterkere afname in verstedelijking (effect Rotterdam).
- De sociaal-economische effecten op het areaal natuur zijn afhankelijk van scenario-aannames; de uiteindelijke effecten op areaal en kwaliteit zijn sterk afhankelijk van beleidskeuzes en niet kwantificeerbaar op het niveau van afzonderlijke natuurgebieden.

3.5 Invloed van sociaal-economische veranderingen op natuur via droogte en verzilting

Naast genoemde globale invloeden op natuur zijn meer specifieke effecten wel te benoemen, maar nauwelijks te lokaliseren, omdat toekomstige beleidskeuzes hierin zo'n grote rol spelen. Daarom volstaan we in deze rapportage met het kort toelichten van deze effecten. Aansluitend bij het hoofdthema van dit rapport gaan we hieronder in op de effecten van de sociaal-economische scenario's op natuur via droogte en verzilting.

Toenemende verstedelijking heeft effecten op zowel oppervlakte- als grondwater. Via toename van verhard oppervlak wordt regenwater sneller afgevoerd naar het oppervlaktewater. Daarnaast neemt de watervraag lokaal toe, en daarmee de afvoer van RWZI's op het oppervlaktewater. Gezamenlijk kan hierbij het oppervlaktewater verzoeten en op peil blijven. Onder het stedelijk gebied zal, door snellere afstroming naar het oppervlaktewater, verminderde aanvulling van grondwater optreden. In kwelgebieden onder de stad levert dit uiteindelijk verzilting van de zoetwaterlens op; in wegzijgingsgebieden speelt dit minder sterk. Samengevat voor effecten op natuur: verstedelijking heeft op aquatische natuur een licht verzoetend effect en geeft minder

kans op lage waterpeilen. Op terrestrische natuur is hoegenaamd geen effect merkbaar qua verzilting of verdroging.

Uitbreiding van agrarisch gebied leidt, bij ongewijzigde teelten, vooral tot toename van de zoetwatervraag. Waar nu al geen wateraanvoer mogelijk is, treedt ook geen effect op waterpeil op. Wel wordt een groter beroep gedaan op winterneerslagopvang en daarmee op ruimte voor waterberging. Dit kan functieverweving opleggen aan natuurgebieden. Waar wateraanvoer beperkt mogelijk is, kan dergelijke aanvoer resulteren in lichte verzoeting, waarbij sommige natuurgebieden wellicht te weinig zout water ontvangen. Bij ongelimiteerde wateraanvoer zal generiek verzoeting optreden. Samengevat voor effecten op natuur: uitbreiding van agrarisch gebied heeft, bij vergelijkbare teelten als nu, via toename van de zoetwatervraag geen effect op natuur qua droogte en een licht tot matig verzoetend effect op natuur qua verzilting. Belangrijke afwegingen voor beleids-makers en agrarische ondernemers zijn hierbij onder meer gewaskeuze, peilbesluiten, wateraanvoer en waterberging.

4 Conclusies

Voor het grootste deel van de Zuidwestelijke Delta, vooral Zeeland en het Brabantse zeeleigebied, is droogte onder de huidige klimaatcondities voor de meeste binnendijkse natuur niet problematisch. Naar verwachting geldt dit ook voor het autonome toekomstscenario. Uitzonderingen zijn onder meer een aantal gebieden in de duinen, maar vooral grote delen van de Zuid-Hollandse eilanden ten noorden van het Haringvliet. In deze uitzonderingsgevallen wordt uitgegaan van een ecologisch omslagpunt op een termijn van decennia ('matig nabij'). Dit wordt verklaard vanuit de overwegend matige gevoeligheid van de aanwezige (agrarische) natuurtypen (figuur 4-1).

Naar verwachting is het ecologisch omslagpunt voor de factor zout (interne verzilting) het meest nabij (orde-grootte jaren) voor (laaggelegen) delen van de centrale Zuidwestelijke Delta, rond Noord-Beveland en Schouwen-Duiveland (figuur 4-1). Het noordelijke deel van de Zuidwestelijke Delta staat relatief sterker onder invloed van de grote rivieren. Hier ligt het ecologisch omslagpunt voor zout dan ook verder weg (decennia tot meer dan een eeuw). Ook het zuidelijk deel van de Zuidwestelijke Delta, waarvan de bodem minder snel daalt dan het noordelijke deel en dat in het uiterste zuiden deels wordt gevoed met zoet water uit Vlaanderen, is het ecologisch omslagpunt voor zout (interne verzilting) niet zeer nabij: hier worden relatief weinig problemen verwacht als gevolg van interne verzilting. Dit geldt ook voor plekken in de rest van Zeeland waar zoet grondwater tot op grotere diepte voorkomt.

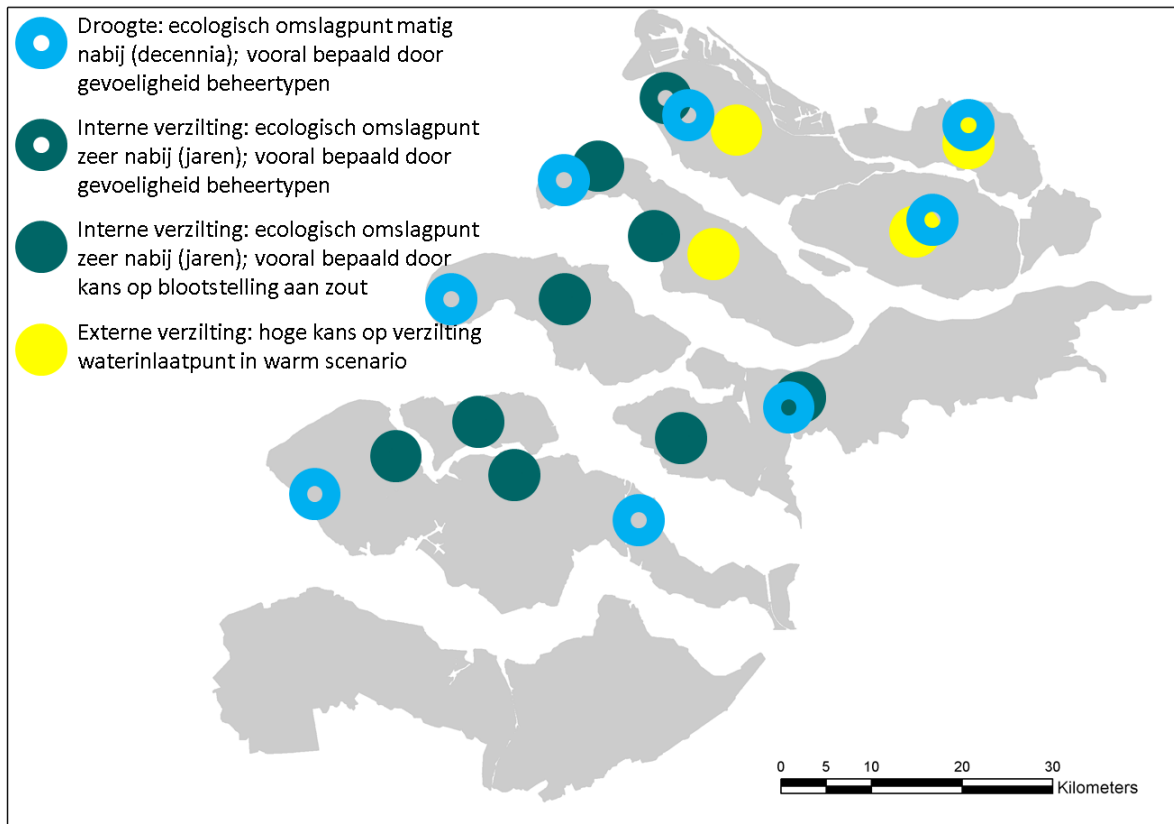
Zowel bij de factor droogte als bij de factor zout (interne verzilting) valt op dat het effect van het klimaatscenario op de nabijheid van het ecologisch omslagpunt relatief gering is: de kaartbeelden voor de toekomstscenario's wijken niet sterk af van het huidige beeld. Ook de verschillen in de kaartbeelden voor actueel voorkomende beheertypen en ambitie-natuurtypen zijn relatief klein.

Externe verzilting is in de huidige situatie in geen enkel deelgebied problematisch voor binnendijkse natuur. Naar verwachting verandert dit alleen in het warme klimaatscenario voor een beperkt aantal deelgebieden in het noorden van de Zuidwestelijke Delta (de Hollandse eilanden; figuur 4-1).

In het sociaal-economische Groeiscenario gaat het areaal natuur in 2100 gemiddeld zo'n 5 procentpunt achteruit. Daarbij is een sterkere afname te zien in zowel het noordelijke als het zuidelijke deel van de Zuidwestelijke Delta, samenvallend met respectievelijk toenemende verstedelijking en toenemend agrarisch gebruik. In het sociaal-economische Krimpscenario gaat het areaal natuur in 2100 gemiddeld zo'n 4 procentpunt vooruit, waarbij een grotere toename in het noordelijke deel van de Zuidwestelijke Delta te zien is, samenvallend met een sterkere afname in verstedelijking (effect Rotterdam). De sociaal-economische effecten op het areaal natuur zijn afhankelijk van scenario-aannames; de uiteindelijke effecten op areaal en kwaliteit zijn sterk afhankelijk van beleidskeuzen (bijvoorbeeld realisatie EHS handhaven of loslaten) en niet kwantificeerbaar op natuurgebiedniveau.

Verstedelijking heeft op aquatische natuur een licht verzoetend effect en geeft minder kans op lage waterpeilen. Op terrestrische natuur zal hoegenaamd geen effect merkbaar zijn qua verzilting of verdroging. Uitbreiding van agrarisch gebied zal, bij vergelijkbare teelten als nu, via toename van de zoetwatervraag geen effect hebben op natuur qua droogte en een licht tot matig verzoetend effect op natuur qua verzilting. Belangrijke afwegingen voor beleidsmakers en agrarische ondernemers zijn hierbij onder meer gewaskeuze, peilbesluiten, wateraanvoer en waterberging.

Deze studie draagt bij aan het feitelijke beeld van de huidige en mogelijke toekomstige effecten van de milieufactoren droogte en zout op binnendijkse natuur in de Zuidwestelijke Delta onder diverse deltasenario's. Daarmee biedt deze knelpuntenanalyse een uitgangspunt voor een ruimtelijke kansschetskaart voor adaptatiemaatregelen op het vlak van de waterbehoefte van de diverse deelgebieden.



Figuur 4-1.

Overzicht van in deze studie vastgestelde aandachtspunten betreffende de nabijheid van ecologische omslagpunten voor droogte en zout in de Zuidwestelijke Delta. Behalve bij externe verzilting gelden deze aandachtspunten zowel voor de huidige omstandigheden als voor de diverse toekomstscenario's.

Literatuur

Bruggeman, W., M. Haasnoot, S. Hommes, A. te Linde, R. van der Brugge, B. Rijken, E. Dammers en G.J. van den Born, 2011. Deltascenario's. Verkenning van mogelijke fysieke en e ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KMN'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011-2012. Delft, Deltares en Bilthoven, Planbureau voor de Leefomgeving, Deltares-rapport 1204151-002-ZWS-0001.

Commissie Veerman, 2008. Samenwerken met water. Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst. Bevindingen van de Deltacommissie 2008.

EC-LNV, 2000. Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'. Deel 1 t/m 13. Wageningen, Alterra en LNV, EC-LNV-Rapport AS-1 t/m 13.

GBO Provincies, 2011. IMNAB_Natuurbeheerplannen 2012 vastgesteld. Release 20111110. Den Bosch, Den Haag, Gemeenschappelijke Beheer Organisatie Provincies.

I&M en EL&I, 2011. Deltaprogramma 2012. Werk aan de delta. Maatregelen van nu, voorbereiding voor morgen. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. URL: <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/deltaprogramma/documenten-en-publicaties/jaarplannen/2011/09/20/deltaprogramma-2012.html>

Paulissen, M.P.C.P., S.A.M. van Rooij, J.W.J. van der Gaast, G.H.P. Arts, H.Th.L. Massop en P.A. Slim, 2011. Klimaatgedreven verzilting: betekenis voor natuur en mogelijkheden voor klimaatbuffers. Handreiking voor terreinclusters van Natuurmonumenten. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2161.

Pauw, P.S. en G.H.P. Oude Essink, 2011. Een ruwe opzet van een kaart van kwetsbare, ondiepe regenwaterlenzen in de Zuidwestelijke Delta. Utrecht, Deltares.

Programmabureau Zuidwestelijke Delta, 2011. Lange termijn verkenning Zuidwestelijke Delta. Probleem-analyse fase 1. Opgaven en verkenning van oplossingsrichtingen 2011-2050-2100. Versie 3.1.

Rijken, B., G.J. van den Born en B. Zondag, 2011. Achtergrondnotitie invoerbestanden ruimtegebruik t.b.v. analyses 1^e fase Deltaprogramma. Een overzicht van de status, het toepassingsbereik en de aannamen achter de ruimtegebruiksimulaties van Nederland in 2050. Bilthoven, Planbureau voor de Leefomgeving, achtergrond-document versie 2011.

SNL, in voorbereiding. Kwaliteitsklassen en monitoring van de beheertypen. Werkdocument.

Voorde, M. ter en J. Velstra, 2009. Leven met zoutwater: overzicht van huidige kennis omtrent interne verzilting. Acacia Eater/Leven met Water/STOWA.

Verhoeven, J., M. Paulissen, M. Ouboter, S. van der Wielen, R. Wegman, L. Masselink en H. Goosen, 2011. Klimaat-effecten op de Natura 2000 moerascorridor - Quick Scan in het Groene Hart. Wageningen, Alterra e.a.

Bijlage 1 Kennisoverzicht droogte en verzilting

Klimaatverandering

1. Klimaateffectschemasboek Zeeland - Verbout et al. 2008, Alterra, DHV, KNMI, VU

Inhoud: Dit rapport belicht de primaire en secundaire effecten van klimaatverandering voor de provincie Zeeland, voor G, G+, W en W+-scenario's in 2050. Primaire effecten: temperatuur, neerslag, neerslagtekort, zonneschijn/straling, wind, zeespiegel. Secundaire effecten: watersysteem, stedelijk gebied, landelijk gebied, natuur, infrastructuur, recreatie.

Conclusies:

Primaire effecten: temperatuur omhoog, neerslag verschillend (W hoger, W+ lager), neerslagtekort groter (W+), zeespiegel +15 tot +35 cm (in 2100 +35 tot +85 cm).

Secundaire effecten:

- Effecten op natuur: 1) versterkte verdroging geeft meer droogte- en warmtestress, verzilting, meer kale grond in de duinen, vervroeging van het groeiseizoen, en in zoetwaterafhankelijke natuur met hoge sulfaatbelasting door landbouw verzuring en eutrofiëring met toename van blauwalgen; 2) periodieke vernatting geeft meer overstromingen met risico op verdrinking fauna en eutrofiëring; 3) noord- en oost-opshuivende klimaatzones geven verschuiving in soortensamenstelling en mogelijk soortenverlies door dispersieproblemen bij onvoldoende ruimtelijke samenhang gebieden; en 4) zeespiegelrijzing geeft mogelijk versterkte kusterosie (Saeftinghe en duinen). Gezamenlijk geven deze effecten grotere populatiefluctuaties met grotere kans op uitsterven.
- Adaptatiemogelijkheden: zorgen voor voldoende geschikt leefgebied door verbinden, vergroten, meer gradiënten (interne heterogeniteit), verbeteren abiotiek, multifunctionele klimaatmantel; algemeen: EHS en robuuste verbindingen; specifiek voor Zeeland: aansluiten bij Scheldestroomgebied, goede verbinding Deltawater-oeveren.

G en G+ zijn voor de meeste klimaatvariabelen ongeveer de helft van W en W+.

Niet bestreken: -

2. Klimaateffectschemasboek Noord-Brabant - Verbout et al. 2008, Alterra, DHV, KNMI, VU

Inhoud: De inhoud is analoog aan het Klimaateffectschemasboek Zeeland, maar toegespitst op Noord-Brabant.

Conclusies: De algemene conclusies zijn analoog aan die in het Klimaateffectschemasboek Zeeland. Specifiek voor ZW-Delta, gedeelte in Noord-Brabant wordt aangegeven: verzilting van de gebieden grenzend aan de Deltawateren.

Niet bestreken: meer specifieke natuureffecten voor ZW-Delta in Noord-Brabant.

3. Klimaateffectschemasboek Zuid-Holland - Verbout et al. 2008, Alterra, DHV, KNMI, VU

Inhoud: De inhoud is analoog aan het Klimaateffectschemasboek Zeeland, maar toegespitst op Zuid-Holland.

Conclusies: De algemene conclusies zijn analoog aan die in het Klimaateffectschemasboek Zeeland. Specifiek voor ZW-Delta, gedeelte in Zuid-Holland worden geen aanvullende conclusies gegeven.

Niet bestreken: specifieke natuureffecten voor ZW-Delta in Zuid-Holland.

Verziltig en droogte: zoetwatervoorziening, verziltig en beleid

4. Probleemanalyse zoetwatervoorziening Zuidwestelijke Delta, Rijnmond en Drechtsteden - Visser en Heymans, 2011, Visser Waterbeheer en DHV

Inhoud: In opdracht van het Deltaprogramma hebben de auteurs mogelijke knelpunten in de zoetwatervoorziening in Zuidwest-Nederland in beeld gebracht voor de huidige (2010) en mogelijke toekomstige situatie (2050). Dit voor alle relevante sectoren, waaronder natuur en landbouw. In de analyse is gebruik gemaakt van de vier deltasenario's (Bruggeman et al. 2011). Dit is één van de zeven regionale knelpuntenstudies die in het kader van het Deltaprogramma worden uitgevoerd naast een nationale knelpuntenanalyse. De studie maakt gebruik van en bevestigt uitkomsten van eerder onderzoek.

Conclusies: a) De waterinlaatpunten bij Gouda en Bernisse zijn belangrijke knelpunten. b) Het potentiële bodemvochtttekort is in Zeeland relatief groot in vergelijking met andere delen van Nederland. c) Omdat vooral in het noordelijk deel van het studiegebied het aandeel intensieve teelten sinds 1970 sterk is toegenomen (afnemers van die producten stellen hogere eisen dan voorheen) neemt de gevoeligheid van de land- en tuinbouwsector voor de factor waterkwaliteit toe. d) De dynamiek van regenwaterlenzen kan op dit moment in het NHI (Nationaal Hydrologisch Instrumentarium) nog niet goed gemodelleerd worden, terwijl ze wel van groot belang zijn voor de zoetwatervoorziening van percelen. e) De economische ontwikkeling van Antwerpen is een relevante factor voor de toekomstige sociaal-economische situatie en de zoetwatervraag in de Zuidwestelijke Delta.

Niet bestreken: De studie gaat primair over de aanbodkant van de zoetwatervoorziening. De beleids optie van verziltig van het Volkerak-Zoommeer is niet meegenomen in de studie; de auteurs zijn uitgegaan van voortzetting van de huidige beleidstoestand.

5. Zoetwatervoorziening Zuidwest-Nederland grote legpuzzel - H₂O

Inhoud: In dit verslag van de bijeenkomst Platform zoet-zout (4 juni 2009) wordt een opsomming gegeven van de problemen en mogelijke oplossingen van de zoetwatervoorziening in het zuidwesten van Nederland.

Conclusies: In de huidige waterhuishouding komt 70% van het zoete water Nederland binnen via de rivieren, en wordt 95% van het zoete water ongebruikt op de Noordzee geloosd, waarmee het watersysteem als inefficiënt wordt gekenschetst. Genoemde denkrichtingen variëren van grootschalig water besparen en aanvoer van zoetwater tot zout water accommoderen. Aanvullende ideeën zijn, vooral voor de landbouw: chloridenormen herzien, efficiënter zoetwater aanvoeren, verplaatsen van teelten, hergebruik van rwzi-effluent, beprijzen van water, water beheren in boeren-collectief; en als laatste de Nieuwe Waterweg afsluiten met een nieuwe stuw.

Niet bestreken: natuur, uitwerking plannen.

6. Zout, zouter, zoutst - Beersma et al., 2005, KNMI

Inhoud: Sterke variatie in zeewaterstand en rivierafvoer in de tijd resulteren in sterk uiteenlopende maten van externe verziltig. De negatieve effecten hiervan op landbouw en drinkwatervoorziening variëren daardoor ook sterk per jaar. In dit rapport worden herhalingstijden van externe verziltig bepaald voor de huidige en toekomstige klimaatsituatie.

Conclusies: De verziltingsjaren nemen toe van de huidige (2005) tot de toekomstige situatie (2050). De bepaalde herhalingstijden voor matig brak – gemiddeld zout - extreem zout zijn (2005): 1 - 3 - 32 jaar, en (2050): 1 - 2,5 - 17,5 jaar. De bepalingen zijn gedaan op basis van het Controlist scenario (+1°C, +25cm zeespiegel, afnemende Rijnafvoer). Zeespiegel en Rijn dragen elk voor ongeveer de helft bij aan het toenemen van verziltingsjaren.

Niet bestreken: natuur, adaptatie.

7. Verzilting: beleidsprobleem in wording - Huitema et al., 2007, H₂O

Inhoud: Dit artikel bestrijkt de maatschappelijke en bestuurlijke kant van verzilting, en is gebaseerd op het rapport van Brouwer en Huitema (2007).

Conclusies: In West-Nederland vinden processen van verzilting plaats die mogelijk grote gevolgen hebben voor het huidige grondgebruik. In sommige delen van Nederland treedt verzoeting op. Verzilting kan voor recreatie en natuur positieve effecten hebben; voor de landbouw is het vaak bedreigend door meer zoetwater teelten. Verzilting wordt genoemd in beleidsstukken, maar heeft nog een lage prioriteit. Twee uiteenlopende visies zijn: 1) beschikbaarheid en verdeling van water (technisch); en 2) ruimtelijke inrichting (water volgt functie of omgekeerd).

Niet bestreken: fysische processen.

8. Leven met Zout Water. Deelrapport: We kunnen niet allemaal lamsoor eten. De uitkomsten van vijf focusgroepdiscussies over Leven met Zout Water - Brouwer en Huitema 2007, IVM

Inhoud: Dit rapport ligt aan de basis van het artikel van Huitema et al. (2007) in H₂O. Het bestrijkt de maatschappelijke en bestuurlijke kant van verzilting en omvat de verslaglegging van vijf focusgroepdiscussies over verzilting.

Conclusies: Naast de algemene conclusies zoals verwoord in Huitema et al. (2007) hierboven, wordt voor de natuur gesteld dat verzilting positief uit kan pakken, mits 1) het chloridegehalte relatief constant is (in plaats van in de winter zoet en in de zomer veel zouter); en 2) het niet te duur moet zijn (zoutere natuurdoelen en recreatieopbrengst).

Niet bestreken: fysische processen, ecosystemen.

Verzilting, droogte en natuur

9. Factsheet verzilting en natuur. Waar liggen kansen en bedreigingen? - Paulissen 2008, Alterra

Inhoud: Het factsheet geeft een overzicht over verzilting: definitie, oorzaken, vooruitzichten en kennislacunes.

Conclusies: Verzilting neemt toe door bodemdaling en klimaatverandering. Zowel aquatische als terrestrische zoetwaterafhankelijke natuur kan schade oplopen door verzilting. Van de totale oppervlakte natuur in laag Nederland lijkt 68% potentieel gevoelig en 19% zeer gevoelig. Het toelaten van verzilting kan nieuwe brakwaternatuur opleveren. Kennislacunes zijn: welke andere factoren naast chlorideranges bepalen de gevoeligheid van levensgemeenschappen voor verzilting; en hoeveel van de potentieel gevoelige natuur komt echt in de knel en waar liggen de kansen voor zilte natuur.

Niet bestreken: landbouw.

10. Hoe gevoelig is de Nederlandse natuur voor verzilting? - Paulissen et al., 2007, H₂O

Inhoud: Dit artikel verkent de gevoeligheid voor verzilting van natuur in laag Nederland.

Conclusies: Gegevens over zouttolerantie van soorten en levensgemeenschappen blijken schaars. Een robuuste normering voor het water- en natuurbeheer is wenselijk. Ellenberg-zoutgetallen bieden een basis voor het kwantificeren van de gevoeligheid voor verzilting en het afleiden van chloridenormen voor natuurdoeltypen. De gemiddelde chlorideconcentratie ligt voor 47 van de 54 natuurdoeltypen in het zeer zoete bereik, voor vier in het zoete, voor twee in het brak-zoute en voor één (brak getijdenwater) in het zoute bereik. De meeste maximale waarden (+4sd) liggen in het licht brakke bereik.

Niet bestreken: landbouw.

11. Klimaatgedreven verzilting: betekenis voor natuur en mogelijkheden voor klimaatbuffers - Paulissen et al., 2011, Alterra

Inhoud: Dit rapport geeft het ruimtelijk beeld van verziltingsrisico van natuurgebieden van Natuurmonumenten, op basis van een stroomschema met: risico = kans * gevoeligheid. Daarnaast wordt het effect bekeken van twee mogelijke zoetwatervoorzieningsstrategieën, en mogelijke adaptatiestrategieën.

Conclusies: Natuurmonumenten-gebieden in de ZW-Delta lopen geen risico op verzilting, doordat of de kans op verzilting gering is, of de gevoeligheid van het natuurtype gering is. Zoetwaterstrategieën hebben in de ZW-Delta in drie van de twintig gebieden fysische effecten (zouter of zoeter worden) die niet passen bij de huidige natuurdoelen. Adaptatiemogelijkheden zijn bijstellen van natuurdoelen, realiseren van klimaatbuffers of hydrologische maatregelen buiten het gebied.

Niet bestreken: Natuurgebieden niet van Natuurmonumenten (wel worden generieke effecten besproken), landbouw.

12. Hoe kwetsbaar zijn onze waterecosystemen voor klimaatverandering? - Besse-Lototskaya en Verdonschot, 2010, H₂O

Inhoud: Dit artikel behandelt de kwetsbaarheid van watersystemen voor klimaatverandering voor heel Nederland. De aanpak bestaat uit enerzijds beoordelen van de doorwerking van klimaatverandering op processen in oppervlaktewateren en anderzijds bepalen van gevoeligheid en natuurlijkheid per watertype. Daarnaast worden adaptatie en mitigerende maatregelen besproken.

Conclusies: Klimaatverandering zorgt voor verslechtering van de waterkwantiteit en -kwaliteit, voor zowel waterecosystemen als wetlands en terrestrische ecosystemen. Adaptatie en mitigatie zal op grotere ruimtelijke schaal voor aquatische en terrestrische systemen winst opleveren.

Niet bestreken: landbouw,

13. Ecohydrologische effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland - Witte et al., 2009, KWR

Inhoud: Dit rapport verkent mogelijke effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland, en is gericht op de vegetatie die reageert op wijzigingen in de waterhuishouding. Ook worden kennisleemten aangegeven.

Conclusies: Klimaatverandering zal vooral gevolgen hebben waar vegetaties voor hun watervoorziening geheel afhankelijk zijn van de atmosfeer, zoals grondwateronafhankelijke vegetaties, natte ecosystemen als hoogveen en kwelssystemen. Natuurdoeltypen blijken te gedetailleerd en te statisch; in een schetskaart zijn de ecohydrologische effecten weergegeven per ecosysteem, met uitgebreide toelichting. Gedetailleerdere effectbeschrijving vraagt klimaatbestendige hydrologische modellen en ecologische relaties. Hydrologische verbeterpunten zijn: 1) hogere *water use efficiency* van planten bij hoger CO₂-gehalte; 2) veranderende interceptie bij andere temporele neerslagverdeling; 3) minder verdamping door hoger aandeel kale grond en (korst)mossen in drogere zomers. Ecologische verbeterpunten zijn: 1) relaties baseren op fysiologische processen waarin de invloed van het klimaat is verwerkt in plaats van op indirecte verbanden; 2) effecten van extremen onderzoeken; 3) successie (van bodem, water en vegetatie) in een veranderend klimaat onderzoeken. Algemene maatregelen zijn gericht op bestrijding van droogte; verdergaande maatregelen vragen meer kennis.

Niet bestreken: landbouw,

14. Klimaatverandering. Hoe voorspelbaar is vegetatie? - Witte, 2009, KWR-presentatie

Inhoud: Deze presentatie is gebaseerd op Witte et al. (2009), en bevat dezelfde conclusies. Voor vier landschappen wordt grafisch weergegeven hoe klimaateffecten ingrijpen op ecosysteemprocessen.

15. Op zoek naar een klimaatbestendige relatie tussen water, zuurstof en vegetatie – Bartolomeus et al., 2009, KWR-presentatie

Inhoud: Deze presentatie benadrukt het belang van relaties tussen bodemvocht en vegetatie gebaseerd op processen in plaats van empirische gegevens.

Conclusies: Empirische relaties gelden niet onder een veranderend klimaat, in plaats daarvan moet worden gefocust op processen en terugkoppelingsmechanismen in de interactie tussen bodem, vegetatie en atmosfeer. Dit vraagt dataharmonisatie en proceskennis, en verbetering van modellen. Door toename van extremen in bodemvochtcondities kunnen nieuwe niches ontstaan, onbekend is nog welke gevolgen dit heeft op biodiversiteit.

Niet bestreken: landbouw, verzilting,

16. Kustveiligheid en natuur. Een overzicht van kennis en kansen - Slim en Löffler, 2007, Alterra

Inhoud: Dit rapport bespreekt de effecten van kustverdediging op natuur voor de gehele Nederlandse kust. De meeste aandacht gaat naar buitendijkse natuur, binnendijs worden inlagen en karrevelden genoemd.

Conclusies: Toekomstige kustversterking vraagt brede waterkeringen, zeewaarts of landinwaarts. De risico's van zeewaartse kustverdediging voor natuur in de duinen zijn omgekeerd aan die van zeespiegelstijging, namelijk: afname zoutspray en zandspray en groei van de zoetwaterbel, met als gevolg veranderingen in de vegetatie door minder overstuiving in de duinen en een hogere grondwaterstand. Landinwaartse kustverbreding kan inlagen en karrevelden omvatten, binnendijkse zoet-zout overgangen met veelal rijke natuur. Plan Tureluur zorgt voor herstel van 44 gebieden rond de Oosterschelde. Qua landbouw worden wisselpolders en zoute landbouw benoemd als mogelijkheid.

Niet bestreken: -

Verzilting, droogte en landbouw

17. Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta: een verkenning - De Vries et al., 2009, KvK

Inhoud: Het rapport omvat een verkenning naar mogelijke beleidsstrategieën voor de toekomstige zoetwaterbehoefte van de landbouw in gebieden noord en oost in de ZW-Delta (beïnvloed door het kierbesluit en het zout maken van het VZM).

Conclusies: Ontwikkelingen in klimaat (W+-scenario) en landbouw in de noordoosthoek van de Delta leiden naar verwachting tot een toename van interne verzilting waarvoor zoetspoelen ontoereikend wordt. Drie mogelijke beleidsstrategieën zijn: 1) weerstand bieden (fundamenteel ingrijpen in waterhuishoudkundig systeem waardoor landbouw mogelijk blijft); 2) meebewegen (waterbesparingen, verplaatsing van teelten); en 3) combinaties op hoger niveau. Het zout maken van het VZM heeft geen invloed op de conclusies.

Niet bestreken: gebieden zonder effecten door kierbesluit en zout maken VZM; natuur.

18. Koepelnotitie uit 'Transitie en toekomst van Deltalandbouw'. Indicatoren voor de ontwikkeling van de land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta van Nederland - Stuyt en Rijk, 2006, Alterra

Inhoud: Dit rapport is een samenvatting van de verkenning van perspectieven voor de land- en tuinbouw in de ZW-Delta tot 2030, gegeven de scenario's 'Autonome Ontwikkeling' en 'Estuariene Dynamiek', met als referentie 'Huidige situatie'. Per deelgebied worden landbouwkundige mogelijkheden gegeven voor de scenario's.

Conclusies: Generieke, sociaal-economische ontwikkelingen hebben in het grootste deel van de Delta een grotere invloed op de perspectieven van de landbouw dan effecten van verzilting. Wel kan de zomerneerslag

en rivierafvoer verminderen; effecten van verzilting (bij verzilting VZM en Kierbesluit) betreffen vooral aangrenzende gebieden en zeespiegelstijging geeft geen merkbare zoute kwel langs zilte kuststroken. De beschikbaarheid van zoetwater is regio-gebonden en afhankelijk van financiën, technisch zijn er goede mogelijkheden. Daarnaast blijkt uit modelonderzoek dat sommige landbouwgewassen meer zout kunnen verdragen dan verondersteld. Tenslotte is droogteschade door niet te beregenen bij grote droogte vaak groter dan zoutschade door beregenen met brak water. 'Water als ordenend principe' wordt in het agrarisch bedrijf nog onvoldoende toegepast. Intensiveren van de teelt van zoetwaterproducten is wellicht minder duurzaam. De teelt van zilte producten heeft nog vergroting van de vraag nodig.

Niet bestreken: natuur.

19. Het zoetere en bittere van verzilting – Van Cleef en Laro, 2008, H₂O

Inhoud: Dit artikel schets een globaal overzicht van effecten van verzilting op de economische gebruiksfuncties industrie, landbouw, drinkwater en elektra.

Conclusies: Landbouw is één van de gebruiksfuncties die last heeft van verzilting. Het beeld is complex: de glastuinbouw heeft zich deels al aangepast; voor akkerbouw is nog minder duidelijk of er oplossingen zijn of dat de schade geaccepteerd moet worden (0,3 tot 5% van de toegevoegde waarde bij voor minder respectievelijk meer gevoelige landbouw).

Niet bestreken: natuur.

20. Basic Survey Zout en Joint Fact Finding effecten van zout. Naar een gedeeld beeld van het zoetwaterbeheer in laag Nederland - Stuyt et al., 2011, Alterra

Inhoud: Dit rapport inventariseert het zoetwaterbeheer voor de landbouw door twaalf kustnabije waterschappen. De chlorideconcentratie in het oppervlaktewater van waaruit water aan de landbouw geleverd wordt, is gekarteerd in Serviceniveaukaarten. Ook bevat het rapport een samenvatting van de effecten van verzilting op landbouw (Van Bakel en Stuyt, 2011).

Conclusies: Het zoetwaterbeheer voor de kustnabije landbouw is divers. Gestuurd wordt op chloride, gewas, regio en / of meest voorkomende functie (niet noodzakelijk landbouw), en is deels historisch bepaald. Serviceniveaukaarten worden nog niet breed gedragen; ze vormen wel een aanzet tot een generieke manier om het verziltingsbeheer op landelijke schaal in kaart te brengen. Meer kennis is nog nodig over het variabele zoutgehalte in het bodemwater, een landsdekkend en eenduidig systeem voor het kwantificeren van zoetwatervoorziening van de landbouw, wensen en mogelijkheden van de serviceniveaukaarten.

Niet bestreken: natuur.

21. Verzilting en verziltingsbeheersing - Maas 200x, KWR notitie

Inhoud: Deze notitie beschrijft het proces van verzilting en de mogelijkheden voor verziltingsbeheersing voor de landbouw in verziltingsgevoelige gebieden in Nederland.

Conclusies: Het verloop van de zoutbelasting in het oppervlaktewater is grillig, onder meer afhankelijk van neerslag, grondwaterstand, slootpeil en zoute berging. Landbouwkundige oplossingen zijn peilbeheer (slootpeil pas opzetten als beregeningswater nodig is, slootpeil dan zo hoog mogelijk houden, en zuinig beregenen) en reductie van de zoutlast (dieper draineren, zoute kwel afvangen aan de polderrand, dubbel peil voor aan- en afvoer).

Niet bestreken: natuur.

22. Actualisering van de kennis van de zouttolerantie van landbouwgewassen op basis van literatuuronderzoek, expertkennis en praktische ervaringen - van Bakel en Stuyt, 2011, Alterra

Inhoud: Dit rapport geeft handreikingen voor agrariërs en waterbeheerders om beter om te gaan met verzilt water. Deze zijn gebaseerd op de verzamelde wetenschappelijke en praktijkkennis over schade aan landbouwgewassen door verzilt water.

Conclusies: Klimaatverandering versterkt de tekorten aan zoet water voor de landbouw. Aan de schadekant is de relatie tussen chlorideconcentraties in het bodemvocht en gewasgroei van belang, en nog onvoldoende bekend. Voor het waterbeheer is operationaliseren van de relatie tussen chlorideconcentraties in het bodemwater en in het beregeningswater van belang, dit kan met een simulatiemodel. Zoutschaderisicotabellen zijn verouderd; voor een 'worst case' scenario is een tabel opgesteld. Agrariërs en waterbeheerders kunnen beter omgaan met verzilt water, door meer kennis en verbeterde technische mogelijkheden van monitoren en regelen. Aanbevolen wordt buitenlandse kennis in Nederland te testen, en chlorideconcentraties als advieswaarden te beschouwen voor precisielandbouw.

Niet bestreken: natuur,

23. Review of crop salt tolerance in the Netherlands - Van Bakel et al., 2009, Alterra

Inhoud: Dit rapport onderzoekt de effecten van zoutwaterirrigatie op aardappelen, suikerbieten, gras en tulpen op verschillende bodems in de ZW Delta, met modelberekeningen. Doel is een betere wetenschappelijke basis te verkrijgen voor nieuwe zoutschadefuncties.

Conclusies: Dynamisch modelleren is een significante verbetering voor de ontwikkeling van nieuwe zoutstandaarden voor irrigatiewater t.o.v. de gewasresponscurves voor zout van Maas en Hoffman en de drempelwaarden van Roest. Een stakeholder debat en lokale veldexperimenten zijn nodig voor verdere vaststelling van normen. Aanbevolen factoren voor het model zijn: a) droogte- versus zoutstress: in droge jaren geeft zoute irrigatie een hogere opbrengst dan geen irrigatie; b) bodemtype: zandige bodems zijn gevoeliger voor zout dan klei- en siltbodems; c) klimaat: effecten van neerslagtoename zijn: zomerse buien verdunnen het zoute irrigatiewater; winterregens spoelen veelal het zoutoverschot uit de bodem; d) tijd: oppervlaktewatersaliniteit neemt toe gedurende het groeiseizoen.

Niet bestreken: natuur.

Grondwater

24. Effect zeespiegelstijging op zoute kwel - Waterforum, 2008

Conclusies: Dit artikel geeft aan dat de effecten van zeespiegelstijging op het Nederlandse grondwatersysteem voornamelijk zullen voorkomen tot zo'n 5 à 10 kilometer landinwaarts, waarbij de extra kwel minder dan 5% bedraagt. Versnelde verzilting van het oppervlaktewater is vooral een gevolg van continue bodemdaling en abrupte polderpeilverlagingen. De combinatie van landgebruik, zeespiegelstijging en klimaatverandering kan tot opbarsting in de kustzone leiden.

Niet bestreken: concrete effecten op natuur.

25. Monitoring zoutwaterintrusie KRW - Stuurman et al., 2006, TNO

Inhoud: In dit rapport wordt een grondwatermonitoringsprogramma 'zoutwaterintrusie' voorgesteld, o.a. in het kader van de KRW.

Conclusies: Zoutwaterintrusie volgt uit historische en actuele ingrepen, deels onomkeerbaar, deels nog omkeerbaar (o.a. grondwaterwinning, polderaanleg). De hoofdgrens tussen zoet en zout Nederland lijkt zo constant dat de omvang van de zoete grondwatervoorraad niet wordt aangetast. Wel is in het rivierengebied de kans op een ondieper wordende zoet-zoutgrens groot. Tenslotte is het praktisch onderscheid te maken

tussen zoete grondwatersystemen enerzijds en complexe zoet-brak-zoutsystemen anderzijds. Monitoren kan ook eventuele klimaateffecten in kaart brengen.

Specifiek voor Zeeland en natuur wordt nog een aantal zaken in het rapport benoemd. In Zeeland is het grondwater vrijwel overal brak tot zout, met boven in de bodem een zoetwaterlaag; deze varieert in dikte van enkele decimeters (regenlens in de polder) tot zo'n 30 meter (zoetwatersystemen onder de duinen).

Klimaatveranderingen kunnen de zoete watersystemen onder druk zetten. Natuur lijkt meer negatieve effecten gehad te hebben van de verzoeting van de afgelopen decennia dan van verzilting nu.

Niet bestreken: effecten van verzilting op gebruiksfuncties,

26. Characterization of local rainwater lenses - De Louw et al., 2008

Inhoud: Zout grondwater (chlorideconcentratie > 5000 mg/l) komt in Zeeland binnen vijf meter onder maaiveld voor; regenwaterlenzen liggen daarboven. Via monitoring en modellering wordt het risico voor verdergaande verzilting bekeken, in relatie tot waterbeheer, klimaatverandering en zeespiegelstijging.

Conclusies: Er is geen scherpe grens tussen infiltrerend zoetwater en zout kwelwater, maar een geleidelijk verlopende twee meter brede overgangszone. De dynamiek van lokale regenwaterlenzen is nog goeddeels onbekend. Verdergaande monitoring kan dit helpen verduidelijken.

Niet bestreken: effecten van verzilting op gebruiksfuncties.

27. Groundwater salinization processes in the coastal area of the Netherlands due to transgressions during the Holocene - Post 2004, VU.

Inhoud: Dit proefschrift beschrijft de hydrologische en geologische processen die hebben geleid tot de verzilting van het grondwater in het Nederlandse kustgebied gedurende de Holocene transgressie.

Conclusies: De zoutverdeling in het Nederlandse grondwater kent een complex ruimtelijk patroon, met onder meer lokaal zout grondwater onder het vaste land en zoet grondwater onder de Noordzee. De patronen blijven ook veranderen door continue hydrogeologische processen. Vrije convectorie, evaporatie en vegetatietranspiratie zijn hierbij belangrijk. Diverse meetmethoden en modelbenaderingen zijn gebruikt.

Niet bestreken: concrete effecten op vegetatie, natuur, landbouw.

nr	Rapport	Klimaat-effect		Onderwerp / knelpunt				Gebieds-bestemming				Gebieds-type			Locatie (binnendijks)
		verzilting	droogte	zoetwateraanbod	zoetwatervraag	klimaat-effecten	adaptatie	natuur aquatisch	natuur terrestrisch	landbouw	stedelijk gebied	polder	duinen	niet specifiek	
1	Klimaat-effectschetsboek Zeeland (Alterra, DHV, KNMI, VU, Provincie)	+	+			+	+	+	+	+	+	+		Zeeland	
2	Klimaat-effectschetsboek Noord-Brabant (Alterra, DHV, KNMI, VU, Provincie)	+	+			+	+	+	+	+	+			Noord-Brabant	
3	Klimaat-effectschetsboek Zuid-Holland (Alterra, DHV, KNMI, VU, Provincie)	+	+			+	+	+	+	+	+			Zuid-Holland	
4	Probleemanalyse zoetwatervoorziening ZW-Delta (Visser en Heymans, 2011)			+				+	+					ZW Delta, Rijnmond en Drechtsteden	
5	Zoetwatervoorziening ZW-Nederland: verslag Platform zoet-zout 2009 (H ₂ O 12 - 2009)	+	+	+	+					+			+	Zuidwest-Nederland	
6	Zout, zouter, zoutst (Beersma et al. 2005, KNMI199-III)	+	+	+						+			+	Rijn-Maas-mondingsgebied	
7	Verzilting: beleidsprobleem in wording (Huiteima et al. 2007, H ₂ O)	+								+				West-Nederland	
8	Leven met zout water (Brouwer en Huiteima 2007)	+						+	+				+	West-Nederland	
9	Factsheet verzilting (Paulissen 2008)	+				+		+	+				+	Nederland	
10	Gevoeligheid NL natuur voor verzilting (H ₂ O, Paulissen et al.)	+						+	+				+	Nederland	
11	Klimaatgedreven verzilting en natuur (Alterra, Paulissen et al.)	+					+	+					+	NM-gebieden NL, in ZW Delta: NM-terreinen op ZB, SD, G, HW, Tiengemetten, West-Brabant	
12	Kwetsbaarheid waterecosystemen voor klimaatverandering (H ₂ O, Besse en Verdonschot)		+			+		+	+				+	Nederland	
13	Ecologische effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland (Witte et al. 2009, KWR)	+	+			+		+			+	+		Nederland	
14	Klimaatverandering (Witte 2009, KWR-presentatie)	+	+			+		+			+	+		Nederland	

nr	Rapport	Klimaat-effect		Onderwerp / knelpunt				Gebieds-bestemming				Gebieds-type			Locatie (binnendijks)
		verzilting	droogte	zoetwateraanbod	zoetwater vraag	klimaat effecten	adaptatie	natuur aquatisch	natuur terrestrisch	landbouw	stedelijk gebied	polder	duinen	niet specifiek	
15	Op zoek naar een klimaatbestendige relatie tussen water, zuurstof en vegetatie (Bartolomeus et al. 2009, KWR-presentatie)		+			+		+					+	Nederland	
16	Kustveiligheid en natuur (Slim en Löffler 2007, Alt1485)	+	+	+	+			+	+	+		+	+	Nederlandse kust	
17	Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta: een verkenning (KvK Metastudie ZW Delta, de Vries et al. 2009)	+		+						+		+		Delfland, Voorne-Putten, Hoekse Waard, Goeree-Overflakkee, Tholen en St. Philipsland, West Brabant, Onderkant Brabantse Wal, Reigersbergsche Polder (gebieden beïnvloed door zout maken VZM en kierbesluit Haringvlietsluizen)	
18	Koepelnotitie uit 'Transitie en toekomst van Deltalandbouw' (Stuyt en Rijk 2006, Alterra-rapport 1132)	+	+	+		+				+			+	ZW-Delta	
19	Het zoete en bittere van verzilting (Van Cleef en Laro 2008, H ₂ O)	+			+					+		+		Zuidwest-Nederland (Delta + gedeelte Zuid-Holland)	
20	Basic survey zout (Stuyt et al., 2011, Alterra-rapport 2200)	+		+	+					+			+	laag Nederland	
21	Verzilting en verziltingsbeheer (Maas 200x, KWR)	+		+						+		+		NL	
22	Actualisering kennis zouttolerantie gewassen (Van Bakel en Stuyt 2011, Alterra-rapport 2201)	+			+					+			+	laag Nederland	
23	Review of crop salt tolerance (Van Bakel et al., 2009, Alterra-rapport 1926)	+	+		+					+			+	ZW-Delta	
24	Effect zeespiegelstijging op zoute kwel (Waterforum, 2008)	+		+										Nederland	
25	Monitoring zoutwaterinrusie (Stuurman et al., 2006)	+											+	Nederland	
26	Characterization of local rainwater lenses (de Louw et al., 2008)	+		+									+	Zeeland	
27	Groundwater salinization processes during the Holocene transgression (Post 2004)	+				+								West-Nederland	

Literatuur Bijlage 1

- Bakel, P.J.T. van en L.C.P.M. Stuyt, 2011. Actualisering van de kennis van zouttolerantie van landbouwgewassen. Op basis van literatuuronderzoek, expertkennis en praktische ervaringen. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2201.
- Bakel, P.J.T. van, R.A.L. Kselik, C.W.J. Roest en A.A.M.F.R. Smit, 2009. Review of crop salt tolerance in the Netherlands. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1926.
- Bartolomeus, R., F. Witte, P. van Bodegom, R. Aerts en J. van Dam, 2009. Op zoek naar een klimaatbestendige relatie tussen water, zuurstof en vegetatie. Nieuwegein, KWR, KWR-presentatie.
- Beersma, J.J., T.A. Buishand, S. de Goederen en P. Jacobs, 2005. Zout, zouter, zoutst. Statistiek van externe verzilting in Midden- en West-Nederland. De Bilt, KNMI, KNMI-publicatie 199-III.
- Besse-Lototskaya, A. en P. Verdonschot, 2010. Hoe kwetsbaar zijn onze waterecosystemen voor klimaatverandering? H₂O nr. 14/15 pag. 27-29.
- Brouwer, S. en D. Huitema, 2007. Leven met Zout Water. Deelrapport: We kunnen niet allemaal lamsoor eten. De uitkomsten van vijf focusgroepdiscussies over Leven met Zout Water. Amsterdam, Instituut voor Milieuvraagstukken.
- Cleef, R. van en J. Laro, 2008. Het zoete en bittere van verzilting. H₂O nr. 9, pag. 4-5.
- Huitema, D., S. Brouwer en J. Velstra, 2007. Verzilting: beleidsprobleem in wording. H₂O nr. 16, pag. 18-19.
- H₂O, 2009. Zoetwatervoorziening Zuidwest-Nederland grote legpuzzel. Verslag Platform zoet-zout, 4 juni 2009. H₂O nr. 5, pag.12.
- Louw, P.G.B. de, G.H.P. Oude Essink, B.J.M. Goes en F. Sergi, 2008. Characterization of local rainwater lenses in agricultural areas with upward saline seepage: Monitoring results. Presentatie Salt Water Intrusion Meeting, Juni 2008, Naples, Florida, USA.
- Maas, C., 200x. Verzilting en Verziltingsbeheer. Nieuwegein, KWR, KWR-Notitie.
- Paulissen, M.P.C.P., 2008. Factsheet verzilting en natuur. Waar liggen kansen en bedreigingen? Wageningen, Alterra.
- Paulissen, M.P.C.P., S.A.M. van Rooij, J.W.J. van der Gaast, G.H.P. Arts, H.Th.L. Massop en P.A. Slim, 2011. Klimaatgedreven verzilting: betekenis voor natuur en mogelijkheden voor klimaatbuffers. Handreiking voor terreinclusters van Natuurmonumenten. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2161.
- Paulissen, M., E. Schouwenberg, J. Velstra en W. Wameling, 2007. Hoe gevoelig is de Nederlandse natuur voor verzilting? H₂O nr. 18, pag. 40-44.
- Post, V.E.A., 2004. Groundwater salinization processes in the coastal area of the Netherlands due to transgressions during the Holocene. Amsterdam, VU, proefschrift.
- Slim, P.A. en M.A.M. Löffler, 2007. Kustveiligheid en natuur. Een overzicht van kennis en kansen. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1485.
- Stuurman, R., G. Oude Essink, H.P. Broers en B. van der Grift, 2006. Monitoring zoutwaterintrusie naar aanleiding van de Kaderrichtlijn Water "verzilting door zoutwaterintrusie en chloridevervuiling". Utrecht, TNO, TNO-rapport 2006-U-R0080/A.
- Stuyt, L.C.P.M. en P.J. Rijk, 2006. Koepelnotitie uit 'Transitie en toekomst van Deltalandbouw'. Indicatoren voor de ontwikkeling van de land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta van Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1132.
- Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel en H.T.L. Massop, 2011. Basic Survey Zout en Joint Fact Finding effecten van zout. Naar een gedeeld beeld van het zoetwaterbeheer in laag Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2200.
- Verbout, A., J. Bessembinder, M. Blom-Zandstra, C.L.M. Hermans, J.W. Kooiman, G.H.P. Oude Essink, M.P.C.P. Paulissen, S. van Rooij, E. Steingröver, L.C.P.M. Stuyt, C.C. Vos en N. Wever, 2008. Klimaat-effectschetsboek Zeeland. Wageningen, Alterra, DHV, KNMI en VU.
- Verbout, A., P.J.T. van Bakel, B.P.J. van den Bergh, J. Bessembinder, M. Blom-Zandstra, C.L.M. Hermans, A. Idenburgh, J.W. Kooiman, G.H.P. Oude Essink, M.P.C.P. Paulissen, S. van Rooij, E. Steingröver, L.C.P.M.

- Stuyt, C.C. Vos en N. Wever, 2008. Klimateffectschetsboek Zuid-Holland. Wageningen, Alterra, DHV, KNMI en VU.
- Verbout, A. , P.J.T. van Bakel, J. Bessembinder, M. Blom-Zandstra, M. Bootsma, C.L.M. Hermans, A. Idenburgh, J.W. Kooiman, G.H.P Oude Essink, M.P.C.P. Paulissen, S. van Rooij, E. Steingröver, L.C.P.M. Stuyt, C.C. Vos en N. Wever, 2008. Klimateffectschetsboek Noord-Brabant. Wageningen, Alterra, DHV, KNMI en VU.
 - Visser, S. en J. Heymans, 2011. Probleemanalyse zoetwatervoorziening Zuidwestelijke Delta, Rijnmond en Drechtstede. Presentatie Platformdag Zoet-zout met thema 'Waterverdeling en verzilting: samenhang landelijk en regio', 9 juni 2011, Utrecht.
 - Vries, A. de, J.A. Veraart, I. de Vries, G.H.P. Oude Essink, G.J. Zwolsman, R. Creusen en H.S. Buijtenhek, 2009. Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta: een verkenning. Utrecht, Programmabureau Kennis voor Klimaat.
 - Waterforum, 2008. Hydrologen: Effect zeespiegelstijging op toename zoute kwel gering. http://www.waterforum-archief.net/template_a1_print.asp?paginanr=6373.
 - Witte, J.P.M., 2009. Klimaatverandering. Hoe voorspelbaar is vegetatie? Nieuwegein, KWR, KWR-presentatie.
 - Witte, J.P.M., J. Runhaar en R. van Ek, 2009. Ecohydrologische effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland. Nieuwegein, KWR.

Bijlage 2 Methodiek droogte

Intensiteit droogte als functie van bodem- en grondwatereigenschappen

Bodem- en grondwatereigenschappen, die binnen de Zuidwestelijke Delta ruimtelijk variëren, zijn in belangrijke mate bepalend voor de intensiteit waarmee een bepaald natuurtype een droogteperiode 'ervaart'. De mate waarin tijdens een droogteperiode grondwater via capillaire werking naar de wortelzone kan worden (blijven) aangevoerd, is daarbij cruciaal. Op grond hiervan maken we in deze studie onderscheid in drie categorieën bodem-/grondwaterprofielen (tabel B2-1).

Tabel B2-1

Drie categorieën bodem/grondwaterprofielen met bijbehorende kans op droogtestress in de wortelzone.

Categorie	Kans op droogtestress in wortelzone
Grondwaterprofiel	Geringe kans
Contactprofiel	Matige kans
Hangwaterprofiel	Grote kans

Detailuitwerking intensiteit droogte als functie van bodem- en grondwatereigenschappen

De vochtvoorziening van de vegetatie wordt naast de neerslag bepaald door de vochtvoorraad in de wortelzone en de capillaire nalevering uit de ondergrond.

De vegetatie onttrekt in de wortelzone vocht aan de bodem. De vochtvoorraad in de wortelzone bij het begin van het groeiseizoen is afhankelijk van de bodemeigenschappen, bewortelingsdiepte en gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Niet alle vocht is voor elk vegetatietype beschikbaar. Dieper wortelend bos heeft bijvoorbeeld meer vocht beschikbaar dan ondiep wortelend grasland. Door onttrekking van vocht aan de wortelzone neemt de zuigspanning toe, waardoor er capillaire nalevering vanuit de ondergrond plaatsvindt. De grootte van deze capillaire flux en de hoogte tot waar een bepaalde flux kan optreden worden bepaald door de drukhoogte in de wortelzone, de capillaire eigenschappen van de bodemlagen onder de wortelzone en de diepte van de grondwaterstand. Daarmee zijn bodem- en grondwatereigenschappen, die binnen de Zuidwestelijke Delta ruimtelijk sterk variëren, in belangrijke mate bepalend voor de intensiteit waarmee een bepaald natuurtype een droogteperiode 'ervaart'. Hangwaterprofielen hebben de grootste kans op droogtestress. Het voorkomen van hangwaterprofielen kan worden veroorzaakt door een geringe kritieke z-afstand (zie volgende alinea), of een diepe GLG of een combinatie van beide. In bijvoorbeeld Zuid-Beveland komen zeekleigronden voor met zware tussenlaag of ondergrond, deze gronden hebben een beperkte kritieke z-afstand. Zavelgronden waar deze zware tussenlaag of ondergrond ontbreekt en die in de nabijheid voorkomen hebben veelal relatief grote kritieke z-afstanden.

Een in de landbouwhydrologie veel gebruikt criterium om de capillaire eigenschappen van bodemprofielen te karakteriseren is de kritieke z-afstand; ook wel kritieke stijgafstand genoemd. Hieronder wordt verstaan de maximale afstand waarover nog een voor het gewas voldoende capillaire aanvoer (2 mm/d) naar de wortelzone kan worden gerealiseerd. Overschrijding van de kritieke z-afstand kan bij landbouwgewassen tot (blijvende) droogteschade leiden van het gewas. Bij vochtleverantie-berekeningen wordt de kritieke z-afstand meestal gelijk gesteld aan de afstand waarover bij een drukhoogte van -16000 cm (pF-4.2) een capillaire flux

van 2 mm/d tot in de wortelzone kan worden gerealiseerd. In deze studie is het criterium van de kritieke z-afstand op natuurlijke vegetaties toegepast.

Om het effect van huidig klimaat en toekomstige klimaatscenario's op de droogte in kaart te brengen is gebruik gemaakt van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) in relatie tot de kritieke z-afstand. Deze maat geeft informatie over de duur dat de kritieke z-afstand wordt overschreden. We onderscheiden hierin 3 profielen: grondwaterprofielen, contactprofielen en hangwaterprofielen. Bij grondwaterprofielen ligt de GLG altijd ondieper dan het niveau van de kritieke z-afstand onder de wortelzone, dus er kan altijd minimaal 2 mm/d geleverd worden aan de wortelzone. Er is voor de klimaatscenario's vanuit gegaan dat ook in de toekomst 2 mm/d toereikend is. Het is niet gezegd dat dat zo is, maar omdat we geen informatie hebben of dit verandert zijn we uitgegaan van 2 mm/d. Als de GVG dieper ligt dan de kritieke z-afstand hebben we te maken met zogenaamde hangwaterprofielen, in deze profielen is de capillaire nalevering gedurende het groeiseizoen altijd kleiner dan 2 mm/d. Verder is er nog een tussenliggende categorie, contactprofielen, waarbij gedurende het groeiseizoen de grondwaterstand dieper wegzakt dan het niveau van de kritieke z-afstand. Door klimaatverandering kan de grondwaterstand dieper wegzakken, hierdoor neemt de duur dat de capillaire nalevering < 2 mm/d bedraagt toe.

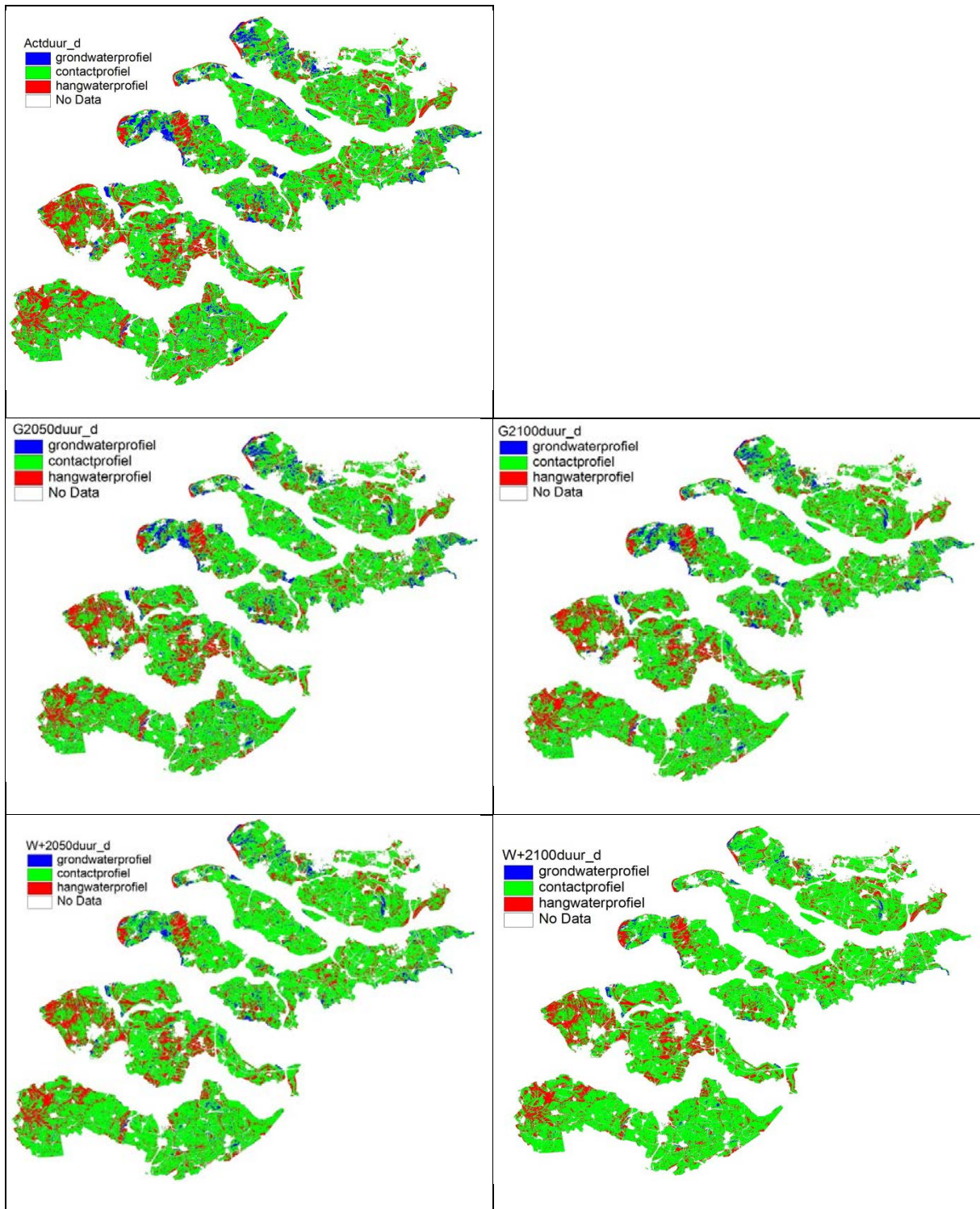
Als de grondwaterstand dieper wegzakt dan het niveau van de kritieke z-afstand, dan wordt de capillaire nalevering kleiner dan 2 mm/d, hoe sterk de afname van de capillaire nalevering is bij een verder dalende grondwaterstand is afhankelijk van de bodemeigenschappen.

Werkwijze

Om de duur van de periode waarin de capillaire nalevering < 2 mm/d bedraagt in kaart te brengen is een simpele procedure gevolgd per klimaatscenario. De dikte van de wortelzone is op 30 cm gesteld. Per bodemtype is de kritieke z-afstand t.o.v. onderkant wortelzone bepaald; deze is hetzelfde voor alle scenario's. Het groeiseizoen is op 150 dagen gesteld (1 april - 1 september), verder is een lineair uitzakkingsverloop van de grondwaterstand verondersteld tussen GVG en GLG voor elk klimaatscenario. Uit deze gegevens is de gemiddelde daling van de grondwaterstand per dag te berekenen. Met deze gegevens is vervolgens berekend het aantal dagen waarop de grondwaterstand dieper is dan het niveau van de kritieke z-afstand. Voor het maken van de uiteindelijke kaarten voor de kans op droogte is het genoemde aantal droge dagen in klassen gebruikt (tabel 2-1).

Tussenresultaten profielen

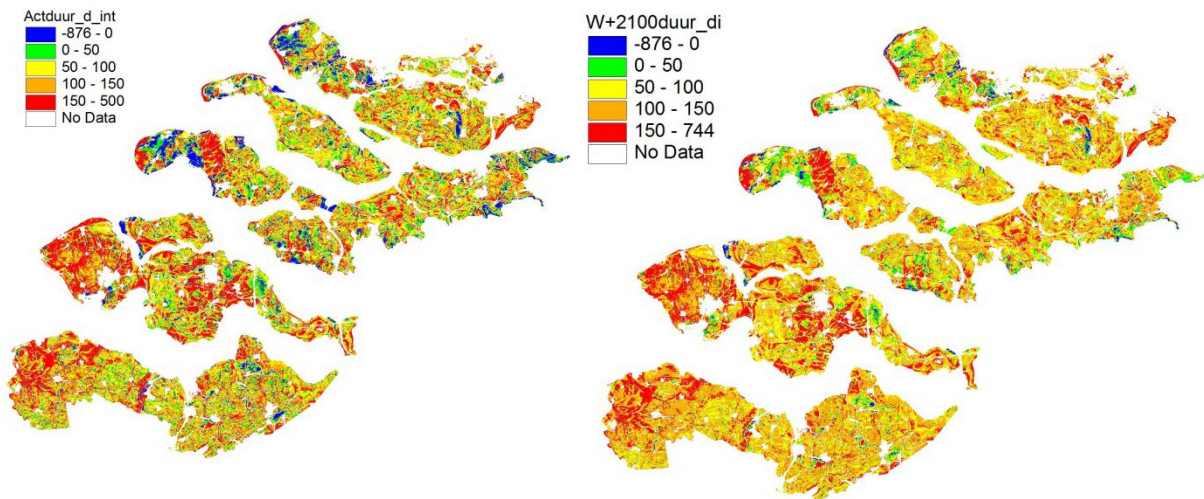
In figuur B2-1 zijn de tussenresultaten weergegeven vertaald naar grondwaterprofiel, contactprofiel en hangwaterprofiel.



Figuur B2-1

Profieltypen bij verschillende klimaatscenario's (actueel (links-boven), G2050-scenario (midden-links), G2100-scenario (midden-rechts), W2050-scenario (onder-links) en W2100-scenario (onder-rechts)).

In figuur B2-2 zijn de uitersten, actueel en W+2100, naast elkaar gezet. Hierbij zijn de contactprofielen die vallen in de klasse 0-150 dagen onderschrijding opgesplitst in drie klassen.



Figuur B2-2

Contactprofieltype nader opgesplitst voor actueel en klimaatscenario W+2100

In figuur B2-2 valt op dat de grondwaterprofielen (blauw) grotendeels verdwijnen in klimaatscenario W+2100.

Droogtegevoeligheid van beheertypen

De droogtegevoeligheid van de in de Zuidwestelijke Delta voorkomende beheertypen is geschat op basis van expertoordeel (zie onderstaande tabel). In grote delen van Zeeland kan geen zoetwater worden aangevoerd naar landbouw- en natuurgebieden. Voor die gebieden moet er rekening mee worden gehouden dat sloten en andere binnendijkse wateren kunnen droogvallen. In het Brabantse zeekleigebied en de Hollandse delta kan over het algemeen wel zoetwater worden aangevoerd naar de binnendijkse landbouw- en natuurgebieden. In deze gebieden is droogval van binnendijkse wateren waarschijnlijk nooit aan de orde, ook niet tijdens extreme droogte. Omdat dit onderscheid niet op voorhand gemaakt kan worden op het niveau van beheertypen (beheertypen kunnen in principe in hele Zuidwestelijke Delta voorkomen), is voor alle beheertypen de gevoeligheid voor droogte ingeschat met in het achterhoofd de mogelijkheid dat aquatische systemen kunnen droogvallen.

Onderstaande tabel geeft de droogtegevoeligheid per beheertype. In deze tabel staat de gevoeligheid voor droogte aangegeven in drie klassen: 1 = niet gevoelig, 2 = matig gevoelig, 3 = zeer gevoelig. De informatie is hoofdzakelijk gebaseerd op de beschrijvingen van de beheertypen (SNL, in prep.), aangevuld met gegevens uit Verhoeven et al. (2011), aquatisch supplement (EC-LNV, 2000) en expertoordeel.

BeheerTypecode	BT_naam	Gevoeligheidsklasse	Onderbouwing gevoeligheid voor droogte
A01.01	Weidevogelgebied	2	Weidevogelgebied is matig gevoelig voor verdroging; de glg mag zomers wel tot zo'n 60 cm -mv wegzakken.
A01.02	Akkerfaunagebied	1	Akkerfaunagebied omvat in ZWD bouwland met broedende akkervogels en bouwland met doortrekkende of overwinterende akkervogels (hamsters komen in ZWD niet voor). Voor deze vogels is vegetatiestructuur belangrijker dan specifieke plantensoorten, het type wordt niet gevoelig geacht voor verdroging.
A01.03	Ganzenfoerageergebied	2	Ganzenfoerageergebied omvat voedselrijk, productief grasland. Droogte zal verlaging van de productiviteit opleveren; het type wordt matig gevoelig voor droogte beoordeeld.
A02.01	Botanisch waardevol grasland	2	De hoofdfunctie van dit type is agrarisch grasland en is matig gevoelig voor droogte; de botanisch meest waardevolle gebieden vallen onder de gevoeliger schraallanden.
A02.02	Botanisch waardevol akkerland	1	De hoofdfunctie van dit type is agrarisch akkerland en is niet gevoelig voor droogte; de botanisch meest waardevolle gebieden vallen onder de gevoeliger schraallanden.
L01.01	Poel en klein historisch water	2	Dit type omvat kleine open wateren, echter een poel mag incidenteel in de zomermaanden droogvallen (SNL, in prep.). Het type wordt daarmee als matig gevoelig voor droogte beoordeeld.
L01.02	Houtwal en houtsingel	1	Bij bomenrijen mogen de grondwaterstanden diep liggen; ze zijn ongevoelig voor droogte.
L01.03	Elzensingel	2	Elzen zijn bomen van vochtiger standplaatsen. Bij deze boomsoorten mogen de grondwaterstanden niet te diep liggen; ze zijn matig gevoelig voor droogte.
L01.04	Bossingel en bosje	1	Bij bomenrijen mogen de grondwaterstanden diep liggen; ze zijn ongevoelig voor droogte.
L01.05	Knip- of scheerheg	1	Bij bomenrijen mogen de grondwaterstanden diep liggen; ze zijn ongevoelig voor droogte.
L01.06	Struweelhaag	1	Bij bomenrijen mogen de grondwaterstanden diep liggen; ze zijn ongevoelig voor droogte.
L01.07	Laan	1	Bij bomenrijen mogen de grondwaterstanden diep liggen; ze zijn ongevoelig voor droogte.
L01.08	Knotboom	2	Knotbomen omvatten knotwilgen, -elzen, -essen, -populieren, -eiken en -haagbeuken, nattere en drogere soorten. In de Zuidwestelijke Delta verwachten we meer soorten van vochtige standplaatsen. Het type beoordelen we daarom als matig gevoelig voor droogte.
L01.09	Hoogstamboomgaard	1	Bij bomen mogen de grondwaterstanden diep liggen; ze zijn ongevoelig voor droogte.
L01.10	Struweelrand	1	Bij struweel mogen de grondwaterstanden diep liggen; ze zijn ongevoelig voor droogte.
L01.11	Hakhoutbosje	2	Hakhoutbosjes omvatten nattere (elzen- en essenhakhout) en drogere (eikenhakhout) typen In de Zuidwestelijke Delta verwachten we meer soorten van vochtige standplaatsen. Het type beoordelen we daarom als matig gevoelig voor droogte.

BeheerTypecode	BT_naam	Gevoeligheidsklasse	Onderbouwing gevoeligheid voor droogte
L01.13	Bomenrij en solitaire boom	1	Bij bomen mogen de grondwaterstanden diep liggen; ze zijn ongevoelig voor droogte.
L02.01	Fortterrein	1	Natuurwaarden zijn hier niet nader gedefinieerd. We nemen aan brede range van natuurwaarden is toegestaan. Onder die aanname wordt het type als weinig tot niet gevoelig voor droogte beoordeeld.
L02.02	Historisch bouwwerk en erf	1	Natuurwaarden zijn hier niet nader gedefinieerd. We nemen aan brede range van natuurwaarden is toegestaan. Onder die aanname wordt het type als weinig tot niet gevoelig voor droogte beoordeeld.
L03.01	Aardwerk en groeve	1	Natuurwaarden zijn hier niet nader gedefinieerd. We nemen aan brede range van natuurwaarden is toegestaan. Onder die aanname wordt het type als weinig tot niet gevoelig voor droogte beoordeeld. Aandachtspunt aardwerk: als dit deels op veen gebouwd is kan een lage grondwaterstand tot oxidatie leiden en daarmee verzakking veroorzaken.
N00.01	Nog geen natuur	1	'Nog geen natuur' is per definitie niet gevoelig voor verdroging.
N01.01	Grootschalig zout (getijden)water	1	Grootschalig zout (getijden)water is ongevoelig voor verdroging; ofwel doordat er altijd voldoende waterdiepte is, of (in de intergetijdzone) omdat de natuur daar is aangepast aan droogval. Bovendien 'robuuste' natuur die vanwege grootschaligheid makkelijk zal kunnen herstellen van extreme droogte.
N01.02	Grootschalig duin- en kwelderlandschap	2	Dit grootschalige beheertype bestaat uit een combinatie van zeer gevoelige typen (vochtge duinvallei), matig gevoelige (zilt- en overstromingsgrasland) en ongevoelige typen (o.a. strand en embryonaal duin). Samenvattend beschouwen we dit type als matig gevoelig.
N01.03	Grootschalige rivier- en moeraslandschap	2	Dit grootschalige beheertype bestaat uit een combinatie van zeer gevoelige typen (moeras), matig gevoelige (o.a. zilt- en overstromingsgrasland) en ongevoelige typen (o.a. rivier). Samenvattend beschouwen we dit type als matig gevoelig.
N01.04	Grootschalige zand- en kalklandschap	2	Dit grootschalige beheertype bestaat uit een combinatie van zeer gevoelige typen (beek en bron), matig gevoelige (o.a. kruiden- en faunairijk grasland) en ongevoelige typen (bijv. droge heide). Samenvattend beschouwen we dit type als matig gevoelig.
N02.01	Rivier	1	Dit natuurtype is ongevoelig voor droogte; droogval oevers is bij zeer lage afvoer mogelijk, en valt onder het natuurlijke regime. Extreme droogval zou op termijn tot ruimtelijke verschuiving van typen kunnen leiden, dat binnen de robuustheid van dit type geen probleem is.
N03.01	Beek en Bron	3	Waar droogte leidt tot droogvallen is dit ongunstig voor de karakteristieke natuurwaarden van beken en bronnen. Dit natuurtype is zeer gevoelig voor droogte.
N04.01	Kranswierwater	1	Volgens website natuurkennis.nl vormt droogte of verdroging geen bedreiging voor dit natuurtype. Natuurlijke peildynamiek is volgens SNL (in prep.) goed voor het natuurtype.
N04.02	Zoete Plas	2	Volgens website natuurkennis.nl vormt droogte of verdroging een mogelijke bedreiging voor dit natuurtype, vooral op laagveenbodems. Natuurlijke peildynamiek is volgens SNL (in prep.) goed voor het natuurtype. De kans op droogvallen is ook afhankelijk van de diepte van de plas.

BeheerTypecode	BT_naam	Gevoeligheidsklasse	Onderbouwing gevoeligheid voor droogte
N04.03	Brak water	1	Volgens website natuurkennis.nl vormt droogte of verdroging geen bedreiging voor dit natuurtype. Natuurlijke peildynamiek is volgens SNL (in prep.) goed voor het natuurtype.
N04.04	Afgesloten zeearm	2	Volgens website natuurkennis.nl vormt (periodieke) verslechtering waterkwaliteit een bedreiging voor dit natuurtype. Droogte kan deze waterkwaliteitsverslechtering in de hand werken (temperatuur, trofiegraad, blauwalgenbloei). Overigens is natuurlijke peilvariatie volgens SNL (in prep.) wenselijk; gedeeltelijke droogval lijkt daarom hoogstens matig negatief voor dit natuurtype.
N05.01	Moeras	3	Moeras is zeer gevoelig voor verdroging volgens Verhoeven et al. (2011).
N05.02	Gemaaid rietland	2	Gemaaid rietland is matig gevoelig voor verdroging volgens Verhoeven et al. (2011).
N06.01	Veenmosrietland en moerasheide	2	Veenmosrietland en moerasheide is matig gevoelig voor verdroging volgens Verhoeven et al. (2011).
N06.03	Hoogveen	2	Hoogveen is net als veenmosrietland en moerasheide matig gevoelig voor verdroging (vgl. Verhoeven et al. 2011). In een goed functionerend hoogveensysteem bestaan hydrologische terugkoppelingsmechanismen die droogteschade tegengaan.
N06.04	Vochtige heide	3	Vochtige heide is zeer gevoelig voor droogte, vooral voorjaarsdroogte pakt slecht uit voor dit natuurtype.
N06.05	Zwakgebufferd ven	2	Website natuurkwaliteit.nl noemt droogte/verdroging niet als bedreiging. Anderzijds is dit natuurtype volgens EC-LNV rapport AS-13 (Aquatisch Supplement; EC-LNV 2000) wel gevoelig voor verdroging. Daarom score matig gevoelig.
N06.06	Zuur ven of hoogveenven	2	Er lijkt een zekere gevoeligheid voor droogte te bestaan. Waterkerende veen- of humuslagen kunnen lek raken bij uitdroging in droge zomers (website natuurkwaliteit.nl). Volgens EC-LNV rapport AS-13 (Aquatisch Supplement) is dit natuurtype gevoelig voor verdroging. Ons inziens is de gevoeligheid matig, omdat droogval van nature kan voorkomen in dit natuurtype en de bijbehorende verzuring niet problematisch is.
N07.01	Droge heide	1	Droge heide komt voor op de drogere delen van de hogere zandgronden (website natuurkwaliteit.nl), natte of vochtige omstandigheden zijn niet gunstig, vooral niet in de zomer (SNL, in prep.). Droge heide is daarmee niet gevoelig voor droogte.
N07.02	Zandverstuiving	1	Het beheertype Zandverstuiving is te vinden op droge, zure en voedselarme zandbodems in het binnenland (website natuurkwaliteit.nl). Natte of vochtige omstandigheden zijn niet gunstig voor de zandverstuivingen, vooral niet in de zomer (SNL, in prep.); daarnaast komen wel overgangen naar nattere pioniersstadia in uitgestoven laagten voor. Wanneer de processen verstuiving en uitstuiving in stand blijven, kunnen we dit type beschouwen als niet gevoelig voor droogte.
N08.01	Embryonaal duin en strand	1	Strand en embryonaal duin wordt door de zee begrensd en is onderhevig aan getijdenwerking en wind, de duinen en stranden kunnen zowel droog als nat zijn (website natuurkennis.nl). Deze robuustheid maakt dit beheertype niet gevoelig voor droogte.

BeheerTypecode	BT_naam	Gevoeligheidsklasse	Onderbouwing gevoeligheid voor droogte
N08.02	Open duin	1	Het beheertype open duin omvat een afwisseling van drogere delen (stuivend zand, duingrasland, helmduinen en laag struweel) en nattere delen (kleine vochtige duinvallei, overgangen naar schor of kwelder). De bijbehorende range van grondwaterstanden is groot, van enkele cm tot 2 m onder maaiveld (SNL, in prep.). Windwerking, verstuiving en begrazing leiden tot deze variatie. De vochtige duinvalleien zijn op zichzelf zeer gevoelig voor droogte, echter de grotere vochtige duinvalleien worden als apart type (N08.02) onderscheiden. Daarmee wordt open duin door de dynamiek als niet gevoelig beschouwd.
N08.03	Vochtige duinvallei	3	Vochtige duinvallei is vaak rijk aan overgangen, van open water tot droge duinranden (website natuurkennis.nl). Inliggende zoete duinwateren worden getypeerd als permanent of droogvallend. Droogte leidt tot afname van kalkrijk kwelwater en vergroot de kans op verzuring. Dit beheertype wordt daarmee zeer gevoelig geacht voor droogte.
N08.04	Duinheide	2	Duinheide omvat droge en natte heiden in de zeeduinen. Hoewel de grondwaterstand zeer variabel kan zijn, mogen de vochtige plekken niet verdrogen (SNL, in prep.). Het type wordt daarom als matig gevoelig voor droogte beoordeeld.
N09.01	Schor of kwelder	1	Schor of kwelder is buitendijks gelegen land dat soms tot dagelijks overstroomt met zeewater. Ook inliggende krekken horen hierbij. Deze buitendijkse natuur is vrij robuust, en is daarmee niet gevoelig voor droogte.
N10.01	Nat schraalland	3	Nat schraalland is zeer gevoelig voor verdroging volgens Verhoeven et al. (2011).
N10.02	Vochtig hooiland	2	Vochtig hooiland is matig gevoelig voor verdroging volgens Verhoeven et al. (2011).
N11.01	Droog schraalgrasland	1	Droog schraalland omvat een variatie aan vegetaties van zeer droge kalkgraslanden tot matig vochtige zinkweides of stroomdalgraslanden. De bijbehorende grondwaterstanden zijn eveneens variabel, maar mogen in de zomer diep wegzakken. We beschouwen dit type als niet gevoelig voor droogte.
N12.01	Bloemdijk	1	De variatie in begroeiing van bloemdijken kan zeer groot zijn, onder meer door afwisseling in vochtgehalte en moedermateriaal (SNL, in prep.). Dijken kennen overwegend een lage grondwaterstand; de vegetatie kan vrij goed tegendroogte, alleen langdurige droogte kan een verschuiving in vegetatietypen geven. Het type wordt als niet gevoelig ingeschat.
N12.02	Kruiden- of structuurrijk grasland	1	Het beheertype kan voorkomen op droge tot vochtige gronden en wordt gekenmerkt door variatie in (grond)waterstand, voedselrijkdom en structuur (SNL, in prep., website natuurkennis.nl). Dit type bevat geen bijzondere botanische waarde, en structuur is niet gevoelig voor droogte. Het type wordt niet gevoelig beoordeeld voor droogte.
N12.03	Glanshaverhooiland	3	Glanshaverhooiland komt voor op matig vochtige tot periodiek overstroomde gebieden. Drogere en nattere locaties worden tot andere beheertypen gerekend (website natuurkennis.nl). Dat maakt glanshaverhooiland zeer gevoelig voor droogte.
N12.04	Zilt grasland en overstromingsweiland	2	Deze graslanden komen voor op vochtige gronden, deels onder invloed van brak- of zout water zonder getij, deels jaarlijks overstroomd in winter of voorjaar. In droge perioden kan het water tot 50 cm onder maaiveld wegzakken (SNL, in prep.). Deze graslanden worden als matig gevoelig voor droogte beoordeeld.
N12.05	Kruiden- en faunarijke akker	1	Het beheertype omvat akkers met specifieke broedvogels en akkerplanten (SNL, in prep.). Deze zijn veelal niet gevoelig voor droogte.

BeheerTypecode	BT_naam	Gevoeligheidsklasse	Onderbouwing gevoeligheid voor droogte
N12.06	Ruigteveld	1	Het beheertype Ruigteveld omvat grootschalige droge ruigten met plaatselijk struweel (website antuurkennis.nl); in vochtige en natte omstandigheden kunnen soortenarme grasland- of rietruigtes ontstaan (SNL, in prep.). Hoewel droogte lokaal invloed heeft op de soortensamenstelling van het type, blijft het ruigtekarakter van het type behouden. Het wordt als niet gevoelig voor droogte beoordeeld.
N13.01	Vochtig weidevogelgrasland	2	Vochtig weidevogelgrasland is matig gevoelig voor verdroging; de glg mag zomers wel tot zo'n 60 cm -mv wegzakken.
N13.02	Wintergastenweide	2	Wintergastenweide omvat voedselrijk, productief grasland, en staat in de winter vaak deels onder water of kent open water in de directe omgeving (website natuurkennis.nl). Droogte zal verlaging van de productiviteit opleveren; het type wordt matig gevoelig voor droogte beoordeeld.
N14.01	Rivier- en beekbegeleide bossen	2	Rivier- en beekbegeleidend bos omvat bossen en struwelen die periodiek door oppervlaktewater worden overstroomd bij hoge waterstanden in beek of rivier en bossen die direct onder invloed staan van vrijwel permanent uitdrendend grondwater (website natuurkennis.nl). De waterbeschikbaarheid, het watertype en de hydrologische dynamiek zijn het meest bepalend voor de kwaliteit van dit beheertype (SNL, in prep.). Ondanks de periodieke overstromingen en hoge waterstanden mag het grondwater in de droge periode tot 1,5 meter onder maaiveld wegzakken (behalve bij bronbossen, niet in de Zuidwestelijke Delta) (SNL, in prep.). Het type wordt daarom als matig gevoelig voor droogte beoordeeld.
N14.02	Hoog- en laagveenbos	2	Hoog- en laagveenbos is matig gevoelig voor verdroging volgens Verhoeven et al. (2011).
N14.03	Haagbeuken- en Essenbos	1	Voor deze bossen is de optimale grondwaterstand in het voorjaar minimaal enkele decimeters onder maaiveld, en de zomers kunnen zeer droog zijn (SNL, in prep.). Dit beheertype is daarmee niet gevoelig voor droogte.
N15.01	Duinbos	1	Voor deze bossen is de optimale grondwaterstand in het voorjaar minimaal enkele decimeters onder maaiveld, en de zomers kunnen zeer droog zijn (SNL, in prep.). Dit beheertype is daarmee niet gevoelig voor droogte.
N15.02	Eiken-, Dennen- en Beukenbos	1	Bij droge bossen mogen de grondwaterstanden diep liggen; ze zijn ongevoelig voor droogte.
N16.01	Droog bos met productie	1	Bij droge bossen mogen de grondwaterstanden diep liggen; ze zijn ongevoelig voor droogte.
N16.02	Vochtig bos met productie	2	Vochtig bos met productie komt voor op matig natte tot matig droge, vrij voedselrijke kleiige tot zandige bodems en bestaat uit loofbossen die gedomineerd worden door diverse boomsoorten zoals populier, es, esdoorn, beuk, haagbeuk, eik, iep en els (website www.natuurkennis.nl). De vochtigheid wordt vooral veroorzaakt door de bodem, en is voornamelijk afhankelijk van neerslag. Dat maakt dit type matig gevoelig voor droogte door lagere zomerneerslag.
N17.01	Vochtig hakhout en Middenbos	3	Dit natuurtype varieert van grienden met wilgen in het rivierengebied tot elzenhakhout in Zeeland (website www.natuurkennis.nl). Hoewel de boomsoorten redelijk goed tegen droogte kunnen, zijn de bijbehorende kruidensoorten zeer gevoelig voor droogte. Daarmee wordt het gehele type als zeer gevoelig voor droogte beoordeeld. Ze worden als matig gevoelig voor droogte beoordeeld.
N17.02	Droog hakhout	1	Bij droge bossen mogen de grondwaterstanden diep liggen; ze zijn ongevoelig voor droogte.

Beheer Typecode	BT_naam	Gevoeligheidsklasse	Onderbouwing gevoeligheid voor droogte
N17.03	Park- of Stinzenbos	1	Park- en stinzenbos bestaat uit opgaand bos, als onderdeel van een (voormalig) landgoed, met meestal een rijke struiklaag en veel voorjaarsbloeiërs in de kruidlaag. Omdat vooral de broedvogels hier kwalificerend zijn, wordt het type als niet gevoelig voor droogte beschouwd..
N17.04	Eendenkooi	1	Eendenkooi is een cultuurhistorisch element en omvat de kooiplas met omringend kooibos. De kwaliteitscriteria zijn ook cultuurhistorisch, inclusief goed beheer van het kooibos. Het type kooibos kan verschillen (SNL, in prep.). Beheertype eendenkooi is daarmee niet gevoelig voor droogte.

Bijlage 3 Methodiek verzilting

Kans op interne verzilting van de wortelzone

De kans op interne verzilting van de wortelzone is afhankelijk van de hoeveelheid zout in de pleistocene ondergrond en de snelheid waarmee dit door de holocene deklaag naar de wortelzone wordt getransporteerd. De kwetsbaarheid van regenwaterlenzen vormt een maat hiervoor en informatie hierover was voor deze studie beschikbaar in kaartvorm. Regenwaterlenzen zijn bepalend voor de duur van zoetwaterlevering in de wortelzone gedurende het groeiseizoen. Hoe kwetsbaarder een regenwaterlens, hoe sneller de zoetwaterlevering vanuit die lens aan de wortelzone in droge perioden zal stoppen, dus hoe gevoeliger de betreffende ruimtelijke eenheid is voor verzilting.

De kaarten voor kwetsbaarheid van regenwaterlenzen zijn bepaald met behulp van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) 'Zoet-zout'. Dit is gedraaid voor de klimaatscenario's autonoom en warm, voor de zichtjaren 2000, 2050 en 2100 (Pauw en Oude Essink, 2011). In dit model-instrumentarium is de initiële zoet-zout verdeling in de Zuidwestelijk Delta waarschijnlijk te zout, met als een functie van de tijd verzoeting tot gevolg. Voor de toekomst staat een verbeterde versie van het model op stapel, door implementatie van het 'chloride data Zeeland model' (voor NHI en Deelprogramma Zuidwestelijke Delta) (Oude Essink, 2012, persoonlijke mededeling).

Gevoeligheid van beheertypen voor interne verzilting

De gevoeligheid van de in de Zuidwestelijke Delta voorkomende beheertypen voor interne verzilting is net als de droogtegevoeligheid geschat op basis van expertoordeel. Interne verzilting kan zowel in aquatische als in terrestrische systemen optreden. Een aantal beheertypen is weinig gevoelig voor verzilting. Dit geldt met name voor enkele kustnabije natuurtypen, die soms zelfs afhankelijk zijn van de invloed van zout voor hun ontwikkeling of voortbestaan.

De volgende tabel geeft de gevoeligheid voor interne verzilting per beheertype. In deze tabel staat de gevoeligheid voor interne verzilting aangegeven in drie klassen: 1 = niet gevoelig, 2 = matig gevoelig, 3 = zeer gevoelig. Gegevens voor de N-Beheertypen komen uit Paulissen et al. (2011); voor de A- en L-beheertypen waren geen gegevens voorhanden; deze zijn volgens dezelfde redeneersystematiek aangevuld en tekstueel onderbouwd.

BeheerTypecode	BT_naam	Gevoeligheidsklasse	Onderbouwing gevoeligheid voor zout
A01.01	Weidevogelgebied	2	Graslanden die niet bijzonder bloemrijk/kruidenrijk zijn, worden wat minder gevoelig voor zout geacht. Uit de landbouwpraktijk blijkt dat beregening met licht brak water geen significante schade aan landbouwgrasland veroorzaakt.
A01.02	Akkerfaunagebied	2	Er zijn grote verschillen in zoutgevoeligheid van akkergewassen. Gerst is bijvoorbeeld relatief ongevoelig. Grosso modo worden akkers worden ingeschat als matig gevoelig voor zout op basis van gemiddelde zoutgevoeligheidsscore voor akkerbouwgewassen (Van Dam et al. 2007) ¹ .
A01.03	Ganzenfoerageergebied	2	Graslanden die niet bijzonder bloemrijk/kruidenrijk zijn, worden wat minder gevoelig voor zout geacht. Uit de landbouwpraktijk blijkt dat beregening met licht brak water geen significante schade aan in landbouwkundig gebruik zijnde graslanden veroorzaakt.
A02.01	Botanisch waardevol grasland	3	Bloemrijke graslanden worden zeer gevoelig geacht voor zout; bij toenemende zoutinvloed, neemt diversiteit aan kruiden af.
A02.02	Botanisch waardevol akkerland	3	Kruidenrijke akkers zijn een zoetwaterafhankelijk natuurtipe. Ze worden zeer gevoelig geacht voor zout; bij toenemende zoutinvloed, neemt diversiteit aan kruiden af.
L01.01	Poel en klein historisch water	3	Zoete aquatische natuurtypen worden zeer gevoelig geacht voor zout. Verziltiging van zoete wateren leidt tot directe osmotische stress voor aquatische organismen en bij chronische zoutstress tot verschuivingen in de soortensamenstelling.
L01.02	Houtwal en houtsingel	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979) ² . Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
L01.03	Elzensingel	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
L01.04	Bossingel en bosje	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
L01.05	Knip- of scheerheg	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
L01.06	Struweelhaag	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
L01.07	Laan	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
L01.08	Knotboom	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.

BeheerTypecode	BT_naam	Gevoeligheidsklasse	Onderbouwing gevoeligheid voor zout
L01.09	Hoogstamboomgaard	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
L01.10	Struweelrand	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
L01.11	Hakhoutbosje	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
L01.13	Bomenrij en solitaire boom	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
L02.01	Fortterrein	1	Natuurwaarden hier niet nader gedefinieerd. We nemen aan brede range van natuurwaarden is toegestaan. Onder die aanname wordt het type als weinig tot niet gevoelig voor verzilting beoordeeld. De soortensamenstelling kan zich in principe gemakkelijk aanpassen aan meer zout (afgezien van disseminatie). Soorten als <i>Puccinellia distans</i> , <i>Spergularia maritima</i> en <i>Plantago coronopus</i> zouden zich onder zoutere omstandigheden kunnen vestigen.
L02.02	Historisch bouwwerk en erf	1	Natuurwaarden hier niet nader gedefinieerd. We nemen aan brede range van natuurwaarden is toegestaan. Onder die aanname wordt het type als weinig tot niet gevoelig voor verzilting beoordeeld. De soortensamenstelling kan zich in principe gemakkelijk aanpassen aan meer zout (afgezien van disseminatie). Soorten als <i>Puccinellia distans</i> , <i>Spergularia maritima</i> en <i>Plantago coronopus</i> zouden zich onder zoutere omstandigheden kunnen vestigen.
L03.01	Aardwerk en groeve	1	Natuurwaarden hier niet nader gedefinieerd. We nemen aan brede range van natuurwaarden is toegestaan. Onder die aanname wordt het type als weinig tot niet gevoelig voor verzilting beoordeeld. De soortensamenstelling kan zich in principe gemakkelijk aanpassen aan meer zout (afgezien van disseminatie). Soorten als <i>Puccinellia distans</i> , <i>Spergularia maritima</i> en <i>Plantago coronopus</i> zouden zich onder zoutere omstandigheden kunnen vestigen.
N00.01	Nog geen natuur	1	'Nog geen natuur is per definitie niet gevoelig voor zout.
N01.01	Grootschalig zout (getijden)water	1	Dit natuurtype is per definitie gebonden aan zilte omstandigheden. Zoute invloed nodig voor instandhouding of ontwikkeling.
N01.02	Grootschalig duin- en kwelderlandschap	1	Het gaat hier overwegend om buitendijkse natuur in het Getijdengebied. Deze grootschalige natuur van zoute omgevingen wordt niet gevoelig geacht voor verzilting. Zout juist nodig voor instandhouding of ontwikkeling. Daarnaast omvat dit type duinnatuur. Hoewel dit op zichzelf wel gevoelig kan zijn voor zout wordt toch de keuze voor gevoeligheidsscore 1 gehandhaafd, rekening houdend met de geringe kans op blootstelling aan zout in de wortelzone van duinvegetaties.

BeheerTypecode	BT_naam	Gevoeligheidsklasse	Onderbouwing gevoeligheid voor zout
N01.03	Grootschalige rivier- en moeraslandschap	1	Dit natuurtype betreft deels zilte natte graslanden, bijvoorbeeld de Prunje op Schouwen. Deze zijn niet gevoelig voor zout. Zoetwatermilieus die relatief soortenrijk zijn (bijv. 'soortenrijk water') of die afhankelijk zijn van relatief lage ionenconcentraties (bijv. 'zwakgebufferde wateren') worden zeer gevoelig geacht voor zout. Echter, de categorie 'water algemeen' wordt gezien als robuuster voor zout, door het ontbreken van zeer hoge natuurwaarden. Aan de andere kant leidt meer zout voor zoetwaterorganismen vaak snel tot osmotische stress. Bij verzilting tot 1000 mg/l chloride (licht brak) kan toename soortenrijkdom verwacht worden door naast elkaar voorkomen van tolerante zoetwatersoorten en brakwatersoorten. Boven 1000 mg/l chloride zal diversiteit afnemen, door wegvallen van zoetwatersoorten. Alles overziend wordt dit natuurtype in afgesloten zeearmen als weinig tot niet gevoelig voor zout beschouwd.
N01.04	Grootschalige zand- en kalklandschap	3	Dit natuurtype omvat zoetwaterafhankelijke beheertypen. Deze typen worden zeer gevoelig geacht voor zout. Verzilting leidt tot directe osmotische stress voor organismen en op langere termijn tot verschuivingen in de soortensamenstelling.
N02.01	Rivier	1	Zoetwatermilieus die relatief soortenrijk zijn (bijv. 'soortenrijk water') of die afhankelijk zijn van relatief lage ionenconcentraties (bijv. 'zwakgebufferde wateren') worden zeer gevoelig geacht voor zout. Echter, de categorie 'water algemeen' wordt gezien als robuuster voor zout, door het ontbreken van zeer hoge natuurwaarden. Aan de andere kant leidt meer zout voor zoetwaterorganismen vaak snel tot osmotische stress. Bij verzilting tot 1000 mg/l chloride (licht brak) kan toename soortenrijkdom verwacht worden door naast elkaar voorkomen van tolerante zoetwatersoorten en brakwatersoorten. Boven 1000 mg/l chloride zal diversiteit afnemen, door wegvallen van zoetwatersoorten. Alles overziend wordt dit natuurtype in afgesloten zeearmen als weinig tot niet gevoelig voor zout beschouwd.
N03.01	Beek en Bron	3	Zoete aquatische natuurtypen worden zeer gevoelig geacht voor zout. Verzilting van zoete wateren leidt tot directe osmotische stress voor aquatische organismen en op langere termijn tot verschuivingen in de soortensamenstelling.
N04.01	Kranswierwater	3	Binnen de Zuidwestelijke Delta lijkt dit type vooral voor te komen in de duinen van Goeree. We nemen aan dat het daar om zoetwaterafhankelijke kranswieren gaat.
N04.02	Zoete Plas	2	Dit natuurtype omvat zowel zoete als licht brak tolerante natuur, bijvoorbeeld met Zanichellia. Wordt matig gevoelig geacht voor zout.
N04.03	Brak water	1	Brakke natuurtypen worden niet gevoelig geacht voor zout. Brakke invloed juist nodig voor instandhouding of ontwikkeling.
N04.04	Afgesloten zeearm	1	Dit type betreft (voormalig) zoute afgesloten zeearmen. Het gaat om vrij robuuste natuur die niet gevoelig wordt geacht voor zout.
N05.01	Moeras	2	Het gaat vooral om zoetwaterafhankelijke moerasmilieus. Hoewel Riet daarin een belangrijke soort is die ook brakke omstandigheden tolereert, geldt dit minder voor veel begeleidende plantensoorten. Dit natuurtype wordt daarom matig gevoelig voor zout geacht.

BeheerTypecode	BT_naam	Gevoeligheidsklasse	Onderbouwing gevoeligheid voor zout
N05.02	Gemaaid rietland	2	Het gaat vooral om zoetwaterafhankelijke moerasmilieus. Hoewel Riet daarin een belangrijke soort is die ook brakke omstandigheden tolereert, geldt dit minder voor veel begeleidende plantensoorten. Dit natuurtype wordt daarom matig gevoelig voor zout geacht.
N06.01	Veenmosrietland en moerasheide	3	Veenmosrietland is een zeer zoetwaterafhankelijk (zelfs regenwaterafhankelijk) natuurtype. Is daarom zeer gevoelig voor zout.
N06.03	Hoogveen	3	Levend hoogveen is zeer gevoelig voor zout.
N06.04	Vochtige heide	3	Vochtige heide is net als moerasheide een zeer zoetwaterafhankelijk (zelfs regenwaterafhankelijk) natuurtype. Daarom zeer gevoelig voor zout.
N06.05	Zwakgebufferd ven	3	Zure vennen zijn afhankelijk van regenwater. Het zijn typen van pleistocene gronden; ze zijn zeer gevoelig voor zout.
N06.06	Zuur ven of hoogveenven	3	Zwakgebufferde vennen zijn afhankelijk van regenwater en zoet grondwater. Het zijn typen van pleistocene gronden; ze zijn zeer gevoelig voor zout.
N07.01	Droge heide	3	Droge heiden zijn afhankelijk van zoet water. Het zijn typen van pleistocene gronden; ze zijn zeer gevoelig voor zout.
N07.02	Zandverstuiving	3	Eventuele vegetatie op zandverstuivingen is afhankelijk van zoet water. Het zijn typen van pleistocene gronden; ze zijn zeer gevoelig voor zout.
N08.01	Embryonaal duin en strand	1	Dit natuurtype is per definitie gebonden aan zilte omstandigheden. Zoute invloed nodig voor instandhouding of ontwikkeling.
N08.02	Open duin	2	Dit natuurtype is weliswaar schraal en wordt gevoed door zoetwater (vooral neerslag), maar komt voor in omgevingen dichtbij zee met doorgaans significante zoutinvloed via zoutspray. Dit natuurtype wordt daarom matig gevoelig geacht voor zout.
N08.03	Vochtige duinvallei	2	Dit natuurtype is weliswaar schraal en soortenrijk (wat betreft plantendiversiteit), maar komt voor in ontziltende omgevingen (bijv. langs voormalige zeearmen, met dus nog enige zoutinvloed) dan wel (dicht bij zee) in omgevingen met significante zoutspray (bijv. duinen). Duindoorn verdraagt korte inundatie van zout water, <i>Liparis loeselii</i> zelfs redelijk lange inundatie (waarneming P.A. Slim op Ameland). Alles overziend wordt natuurtype matig gevoelig geacht voor zout.
N08.04	Duinheide	3	Duinheide is een zeer zoetwaterafhankelijk natuurtype. Daarom zeer gevoelig voor zout.
N09.01	Schor of kwelder	1	Dit natuurtype is per definitie gebonden aan zilte omstandigheden. Zoute invloed nodig voor instandhouding of ontwikkeling.
N10.01	Nat schraalland	3	Deze schraallanden zijn zoetwaterafhankelijk. Te veel zout is schadelijk voor karakteristieke soorten. Dit natuurtype wordt daarom zeer gevoelig geacht voor zout.

BeheerTypecode	BT_naam	Gevoeligheidsklasse	Onderbouwing gevoeligheid voor zout
N10.02	Vochtig hooiland	2	Vochtige hooilanden zijn overwegend zoetwaterafhankelijk, maar komen in de Zuidwestelijke Delta onder andere voor in vochtige delen van het zeeleigebied. Dit natuurtype wordt daarom matig gevoelig geacht voor zout.
N11.01	Droog schraalgrasland	3	Droog schraalgrasland is een zeer zoetwaterafhankelijk natuurtype. Daarom zeer gevoelig voor zout.
N12.01	Bloemdijk	3	Bloemrijke graslanden worden zeer gevoelig geacht voor zout; bij toenemende zoutinvloed, neemt diversiteit aan kruiden af.
N12.02	Kruiden- of structuurrijk grasland	3	Bloemrijke graslanden worden zeer gevoelig geacht voor zout; bij toenemende zoutinvloed, neemt diversiteit aan kruiden af. Nuance of dit generieke oordeel: dergelijke graslanden in Grevelingen, Veerse Meer, Haringvliet (waar gedempt tij tot verbraking zal leiden) kunnen waarschijnlijk wel wat verzilting tolereren.
N12.03	Glanshaverhooiland	3	Glanshaverhooilanden worden zeer gevoelig geacht voor zout; bij toenemende zoutinvloed, neemt diversiteit aan kruiden af.
N12.04	Zilt grasland en overstromingsweiland	1	Brakke natuurtypen worden niet gevoelig geacht voor zout. Brakke invloed juist nodig voor instandhouding of ontwikkeling.
N12.05	Kruiden- en faunarijke akker	3	Kruidenrijke akkers zijn een zoetwaterafhankelijk natuurtype. Ze worden zeer gevoelig geacht voor zout; bij toenemende zoutinvloed, neemt diversiteit aan kruiden af.
N12.06	Ruigteveld	2	Dit type omvat vooral grootschalige droge ruigten met plaatselijk struweel. Ruigtenatuur heeft een zekere robuustheid ten aanzien van zout, maar plaatselijk voorkomend struweel wordt wel relatief zoutgevoelig geacht.
N13.01	Vochtig weidevogelgrasland	2	Graslanden die niet bijzonder bloemrijk/kruidenrijk zijn, worden wat minder gevoelig voor zout geacht. Uit de landbouwpraktijk blijkt dat beregening met licht brak water geen significante schade aan landbouwgrasland veroorzaakt.
N13.02	Wintergastenweide	2	Graslanden die niet bijzonder bloemrijk/kruidenrijk zijn, worden wat minder gevoelig voor zout geacht. Uit de landbouwpraktijk blijkt dat beregening met licht brak water geen significante schade aan in landbouwkundig gebruik zijnde graslanden veroorzaakt.
N14.01	Rivier- en beekbegeleide bossen	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
N14.02	Hoog- en laagveenbos	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht. Veengebos is een uitgesproken zoetwaterafhankelijk bostype.
N14.03	Haagbeuken- en Essenbos	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
N15.01	Duinbos	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.

BeheerTypecode	BT_naam	Gevoeligheidsklasse	Onderbouwing gevoeligheid voor zout
N15.02	Eiken-, Dennen- en Beukenbos	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
N16.01	Droog bos met productie	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
N16.02	Vochtig bos met productie	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
N17.01	Vochtig hakhout en Middenbos	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
N17.02	Droog hakhout	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
N17.03	Park- of Stinzenbos	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht.
N17.04	Eendekooi	3	Veel boomsoorten zijn gevoelig voor zout (Zolg, 1979). Natuurtypen gedomineerd door bomen/struiken worden zeer gevoelig voor zout geacht. Oppervlaktewater in eendekooien op zeeklei mogelijk (licht) brak, maar gevoeligste onderdeel van de eendekooi is het bos dat onderdeel uitmaakt van elke kooi.

¹ Van Dam, A.M., O.A. Clevering, W. Voogt, T.G.L. Aendekerk en M.P. van der Maas, M.P., 2007. Zouttolerantie van landbouwgewassen. Deelrapport Leven met Zout Water. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Wageningen.

² Zolg, M., 1979. Oekologisch-chemische Untersuchung der Auswirkung der Streusalzanwendung auf einige Blattinhaltstoffe verschiedener Strassenbaumarten (proefschrift), Berlijn.

Methodiek effecten externe verzilting op natuur

Naast interne verzilting, dat wil zeggen verzilting door brakke of zoute kwel, is in het noordelijk deel van de Zuidwestelijke Delta ook sprake van de mogelijkheid van 'externe verzilting'. Onder externe verzilting wordt verstaan (periodieke) aanvoer van zout vanuit de rijkswateren naar het binnendijkse gebied.

We spreken van 'externe verzilting' wanneer zout via oppervlaktewater wordt aangevoerd naar een binnendijks gebied (Ter Voorde en Velstra, 2009). Dit zout is afkomstig uit (periodiek) brakke buitenwateren (bijvoorbeeld rijkswateren) van waaruit water wordt ingelaten naar boezem- en poldergebieden.

Aangenomen wordt dat de invloed van externe verzilting zich beperkt tot oppervlaktewater en de oeverzone en verderop in percelen geen invloed kan uitoefenen. In tegenstelling tot interne verzilting wordt externe verzilting daarmee alleen relevant geacht voor aquatische en oevernatuur (Paulissen et al., 2011).

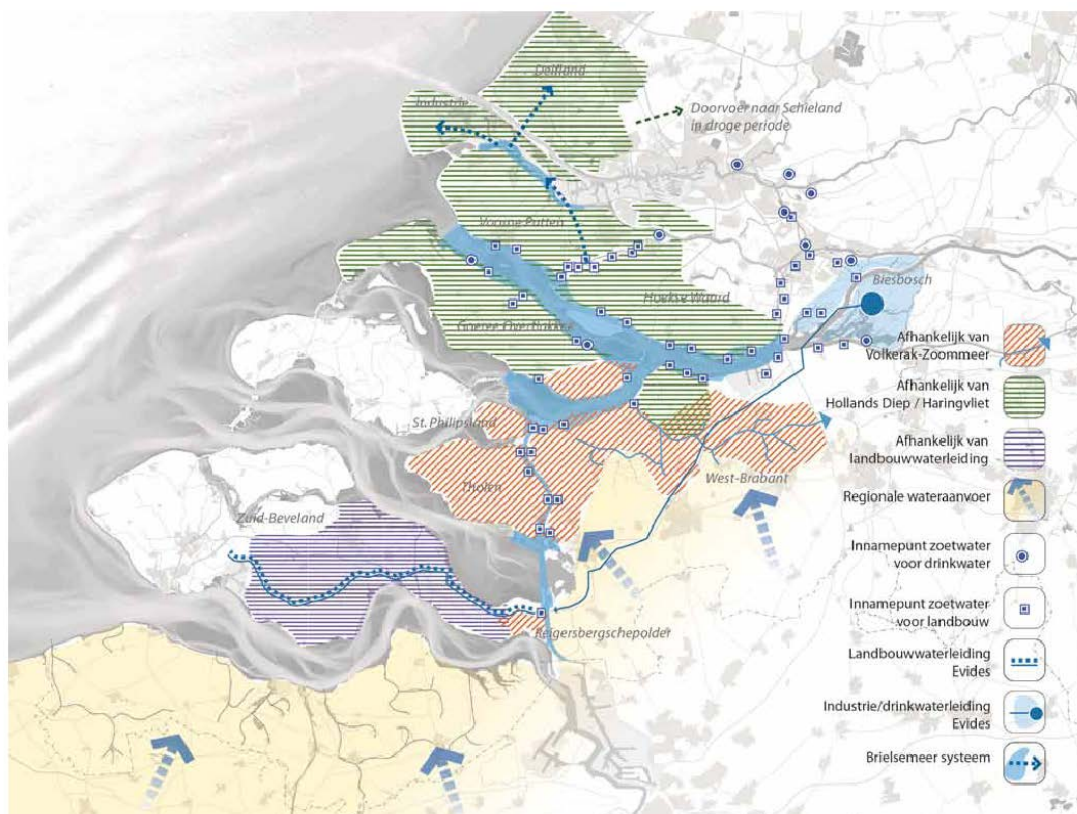
Van een bijzondere vorm van externe verzilting kan worden gesproken wanneer binnendijkse oppervlaktewateren verzilten door de invloed van zoute kwel elders binnendijks. Hiervoor is niet alleen van belang te weten waar de brakke of zoute kwel optreedt, maar ook op welke punten die kwel wordt weggemalen naar het oppervlaktewater en hoe dat oppervlaktewater vervolgens verder door het gebied beweegt. Omdat dit te ver voert in het kader van de huidige studie, is deze bijzondere vorm van externe verzilting hier buiten beschouwing gelaten. In zijn algemeenheid kan wel worden gesteld dat in grote delen van de Zuidwestelijke Delta binnendijkse oppervlaktewateren op zijn minst in het zomerhalfjaar een uitgesproken brak karakter hebben, juist doordat deze oppervlaktewateren beïnvloed worden door brakke kwel.

Waar is externe verzilting aan de orde?

De deelgebieden Zeeuws-Vlaanderen, Walcheren, Noord-Beveland en Schouwen-Duiveland krijgen geen of nauwelijks water aangevoerd van buiten het gebied. Dit betekent dat in deze gebieden externe verzilting niet aan de orde is. Dit geldt zowel in de huidige situatie als voor de toekomstige scenario's.

Ook voor Zuid-Beveland geldt dat externe verzilting niet aan de orde is voor binnendijkse natuurgebieden. Voor de landbouw is dat anders. De zoetwaterafhankelijke landbouw (vooral de fruitteelt) op Zuid-Beveland is grotendeels aangewezen op de landbouwwaterleiding van EVIDES.

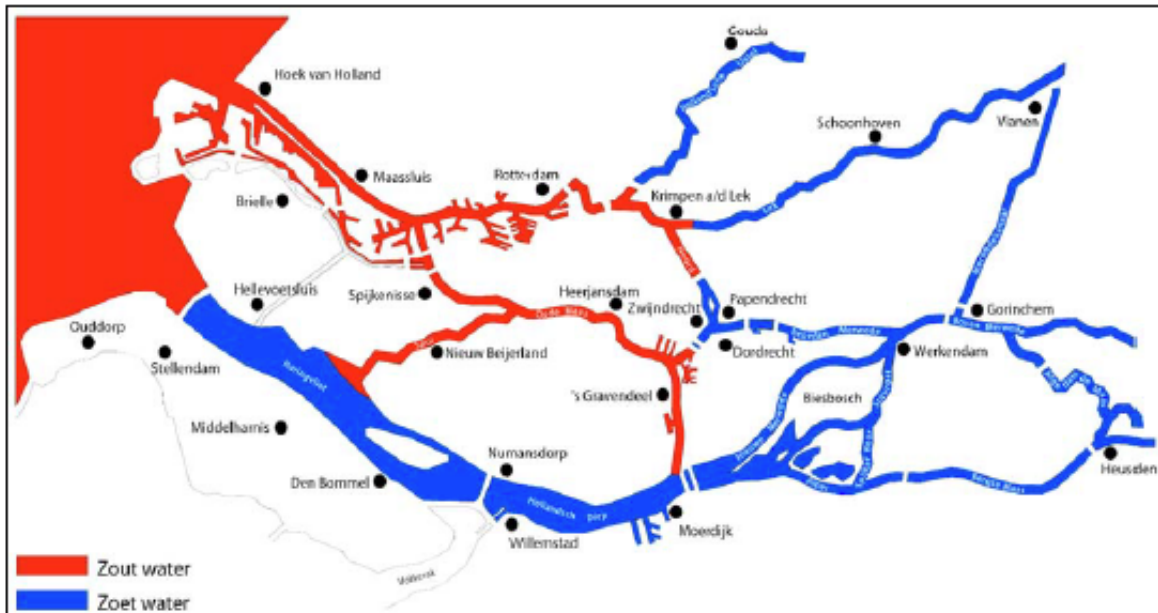
Op Tholen, St-Philipsland, in het grootste deel van het Brabantse zeekleigebied en de zuidoosthoek van Overflakkee wordt zoetwater aangevoerd uit het Volkerak-Zoommeer. Deze bron is zoet en we gaan er in deze studie van uit dat deze waterbron ook in de toekomst zoet blijft zodat externe verzilting van natuurgebieden in de genoemde deelgebieden niet aan de orde is.



Figuur 11: Afhankelijkheid zoetwater aanvoer in de Zuidwestelijke Delta

Samengevat kan worden gesteld dat externe verzilting geen rol speelt in het Zeeuwse en Brabantse deel van de Zuidwestelijke Delta. Voor het Zuid-Hollandse deel ligt dat anders. Voorne-Putten, de Hoekse Waard en het

grootste deel van Goeree-Overflakkee zijn voor de zoetwatervoorziening afhankelijk van het Spui en het Hollands Diep/Haringvliet. IJsselmonde is voor de zoetwatervoorziening afhankelijk van de Noord en de Oude Maas. Sommige inlaatpunten langs deze rijkswateren krijgen periodiek wél te maken met verhoogde zoutconcentraties vanuit het buitenwater. Hoe dat komt, wordt hieronder toegelicht.

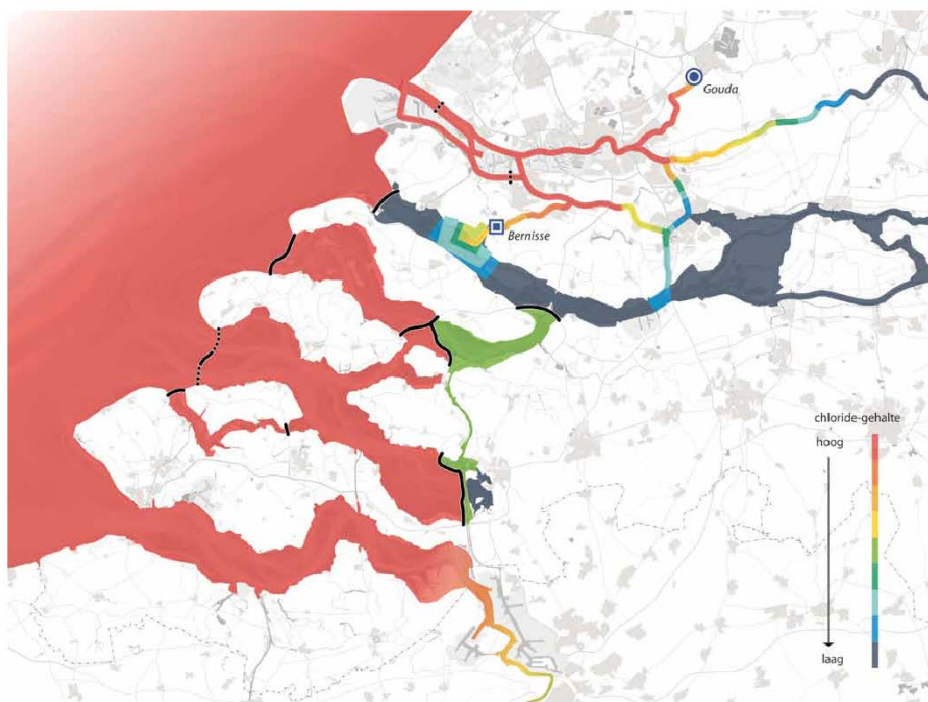


Figuur B3-1

Schematische weergave van 'achterwaartse verzilting' van het Haringvliet vanuit het Spui. Bron: Rijkswaterstaat; figuur overgenomen uit Paulissen et al. (2011).

In verband met de bereikbaarheid van de haven van Rotterdam is de Nieuwe Waterweg na de aanleg verschillende malen verdiept en verbreed. Deze vergroting van de doorsnede heeft als negatief effect dat de hydraulische weerstand afneemt waardoor de zouttong in droge tijden bij geringe afvoer vanuit de grote rivieren steeds dieper in het binnenlandse hoofwatersysteem kan doordringen. Dit heeft er in het verleden al toe geleid dan waterinnamepunten steeds verder zijn opgeschoven in oostelijke richting (Delfland). Afhankelijk van de rivierafvoer kan de zouttong dieper het hoofdsysteem indringen. Hierbij kunnen ook de Dordtsche Kil, het Spui, de Noord, de Oude Maas en de Nieuwe Maas verzilten. Via het Spui kan zelfs een deel van het Haringvliet verzilten, dit wordt ook wel aangeduid als 'achterwaartse verzilting' (figuur B3-1).

Vooral de inlaatpunten voor Voorne-Putten en IJsselmonde en in mindere mate de inlaatpunten voor Overflakkee en de Hoeksche Waard krijgen daardoor periodiek te maken met externe verzilting, waardoor de inlaat van zoetwater in deze deelgebieden (gedeeltelijk) onder druk komt te staan.



Figuur 18: Externe verzilting in scenario Stoom 2050

Figuur B3-2

Externe verzilting in scenario Stoom 2050. Bron: Programmabureau Zuidwestelijke Delta (2011).

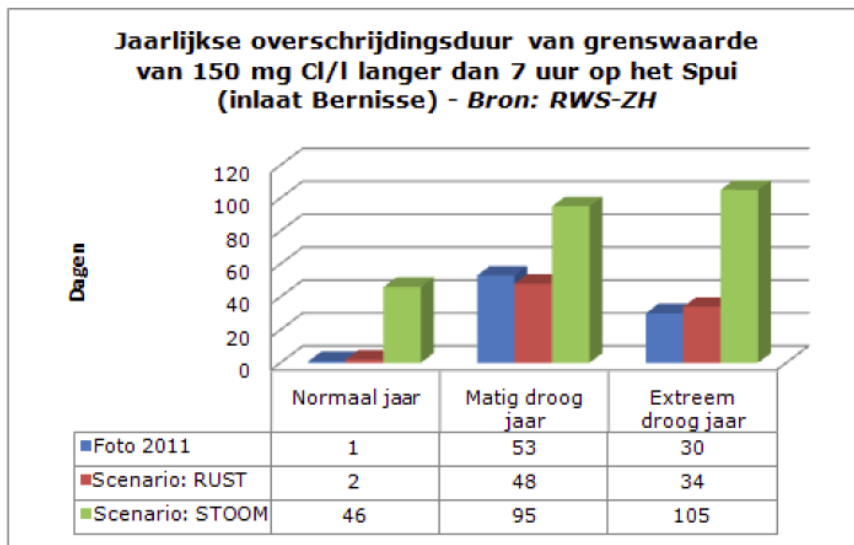
Externe verzilting: verwachtingen voor de toekomst

Wat kunnen we verwachten voor de toekomst? Als gevolg van klimaatverandering zal het chloridegehalte in het hoofdwatersysteem (de rijkswateren in de Zuidwestelijke Delta) vaker hoger uitkomen dan de drempelwaarde (de norm). Met andere woorden: de kans op blootstelling aan externe verzilting neemt toe. Voortzetting van het huidige beleid betekent dat er dan vaker geen water kan worden ingelaten. Verder zal in de deltasenario's Warm en Stoom in kritische perioden de rivierafvoer en daarmee de beschikbaarheid van water vanuit het hoofdwatersysteem afnemen. Kort gezegd: de vraag vanuit het regionale systeem voor wateraanvoer van water neemt toe, terwijl het hoofdsysteem minder zal kunnen leveren als gevolg van verzilting en verminderde rivierafvoer. Er gaan zich dan problemen voordoen bij de inlaat van Bernisse, deze moet vaker dicht, maar kan verder wel blijven functioneren. Hierdoor vermindert de rek van het systeem.

Uit figuur B3-2 kunnen we afleiden dat een deel van Haringvliet in scenario Stoom 2050 kan gaan verzilten waardoor de inlaat van de Bernisse bedreigd kan worden. Voor scenario Stoom 2050 verwachten we op basis van figuur B3-2 vooral problemen voor Voorne-Putten en IJsselmonde. Verder zijn problemen bij inlaat voor delen van de Hoekse Waard en Overflakkee (omgeving Middelharnis) te verwachten. Voor scenario Rust zijn er geen toename van de problemen vergeleken met de huidige praktijk te verwachten. Voor Scenario Stoom 2100 zijn geen cijfers bekend maar als we aannemen dat de trend van 2050 zich voortzet, dan zullen de problemen voor Voorne-Putten en IJsselmonde verder toenemen, evenals voor delen van Hoeksche Waard en Goeree Overflakkee.

Voor de overige deelgebieden van de Zuidwestelijke Delta is of geen wateraanvoer mogelijk of er is een zoetwateraanvoerbron die ook in de toekomst kan leveren. Dus deze gebieden hebben in de huidige situatie als bij toekomstige klimaatscenario's geen last van externe verzilting.

Voor het autonome scenario wordt geen rekening gehouden met klimaatverandering en zeespiegelrijzing, dit betekent dat deze situatie identieke is met de actuele situatie. Ook blijkt uit figuur B3-3 dat bij innamepunt Bernisse de actuele situatie en klimaatscenario Rust 2050 sterk overeenkomen. Aangenomen is dat dit voor het gehele gebied geldt.



29 juni 2011

Deltares

Figuur B3-3

Overschrijdingsduur van de grenswaarde bij inlaat Bernisse (Bron: Deltares).

Bovenstaande informatie is geclassificeerd per deelgebied, waarbij drie klassen zijn onderscheiden:

- Groen: Geen waterinlaat óf geen enkel inlaatpunt van het deelgebied heeft last van een innamestop door externe verzilting.
- Geel: Voor een beperkt aantal inlaatpunten geldt gedurende enige tijd een innamestop vanwege verzilting buitenwater.
- Rood: Bijna alle inlaatpunten hebben gedurende enige tijd last van een innamestop vanwege verzilting buitenwater.

Deelgebied	Actueel	Autonoom/Rust 2050	W+ 2050	W+ 2100
Zeeuws-Vlaanderen	Green	Green	Green	Green
Walcheren	Green	Green	Green	Green
Zuid-Beveland	Green	Green	Green	Green
Noord-Beveland	Green	Green	Green	Green
Schouwen-Duiveland	Green	Green	Green	Green
Tholen	Green	Green	Green	Green
Sint-Philipsland	Green	Green	Green	Green
Brabantse Zeeklei	Green	Green	Green	Green
Eiland van Dordrecht	Green	Green	Green	Green
Hoekse Waard	Green	Green	Green	Yellow
Goeree-Overflakkee	Green	Green	Green	Yellow
IJsselmonde	Green	Green	Yellow	Red
Voorne-Putten	Green	Green	Yellow	Red

Bijlage 4 Methodiek sociaal-economische scenario's

Sociaal-economische scenario's

De deltasenario's omvatten een combinatie van klimaat- en sociaal-economische scenario's. In de deltasenario's worden twee sociaal-economische scenario's gehanteerd, te weten:

- Laag scenario, ofwel sociaal-economische krimp. Het krimpscenario wordt gekenmerkt door:
 - Lagere bevolkingsdruk.
 - Minder welvaart.
 - Minder grond in gebruik voor economische doeleinden.
- Hoog scenario, ofwel sociaal-economische groei. Het groeiscenario wordt gekenmerkt door:
 - Hogere bevolkingsdruk, verstedelijking.
 - Meer welvaart.
 - Meer grond in gebruik voor economische doeleinden.

Invloed op natuur op hoofdlijnen

De effecten van de sociaal-economische scenario's op de natuur worden in de deltasenario's op hoofdlijnen weergegeven, verdere invulling is sterk afhankelijk van nog te maken beleidskeuzes binnen de scenario's. In de deltasenario's worden als hoofdlijnen aangehouden de effecten op de beschikbare ruimte voor de natuur en het type natuur (Bruggeman e.a., 2011).

- In het **krimpscenario** is er ruimte voor meer natuur, omdat een deel van de grond niet voor economische doeleinden wordt gebruikt. Dit zal veelal bestaan uit natuur op restplekken, zoals natte gronden langs rivieren. Omdat de welvaart geringer is, zal de invulling van deze natuur minder beheerintensief zijn, en daarmee meer robuuste natuur.
- In het **groeiscenario** is er minder ruimte voor natuur, en tegelijkertijd wel een grotere behoefte aan natuurbeleving in de woonomgeving. Door hogere welvaart kan meer geld aan natuur worden besteed, wat zal leiden tot meer intensief beheerde natuur.

In de deltasenario's wordt het type natuur niet verder toegelicht; PBL en Deltares hebben de effecten voor natuur concreet uitgedrukt in oppervlakteaandeel natuur per deelgebied voor de twee scenario's en drie zichtjaren (Bruggeman e.a., 2011).

Invloed van modellen op bepaling effecten op natuur

Ook binnen de hoofdlijnen van de scenario's spelen beleidskeuzes een belangrijke rol. Bij de bepaling van het oppervlakte-aandeel natuur bijvoorbeeld zijn voor de zichtjaren 2050 en 2100 twee verschillende achterliggende modellen gehanteerd, waarvan de aannames duidelijk effect hebben op de gevolgen voor de natuur. Voor 2050 is gebruik gemaakt van het model Ruimtescanner van PBL, met als aanname de beleidskeuze dat de EHS volledig wordt gerealiseerd, zowel in het krimp- als in het groeiscenario (Bruggeman e.a., 2011; Rijken e.a., 2011). Daarmee is in 2050 nagenoeg geen areaalverandering natuur te zien tussen de scenario's. Voor 2100 is gebruik van het model Ruimtescanner afgeraden, en is door PBL en Deltares de modellering op andere wijze aangepakt (Bruggeman e.a., 2011). Hierbij is de watervraag vanuit stedelijke en landbouwkundige ontwikkelingen als leidend principe genomen; daarnaast wordt de EHS losgelaten en wordt natuur meer beschouwd als 'restfactor'. Hier blijkt al hoe groot het belang is van beleidskeuzes voor het uiteindelijke effect van de sociaal-economische scenario's op natuur.

Werkwijze

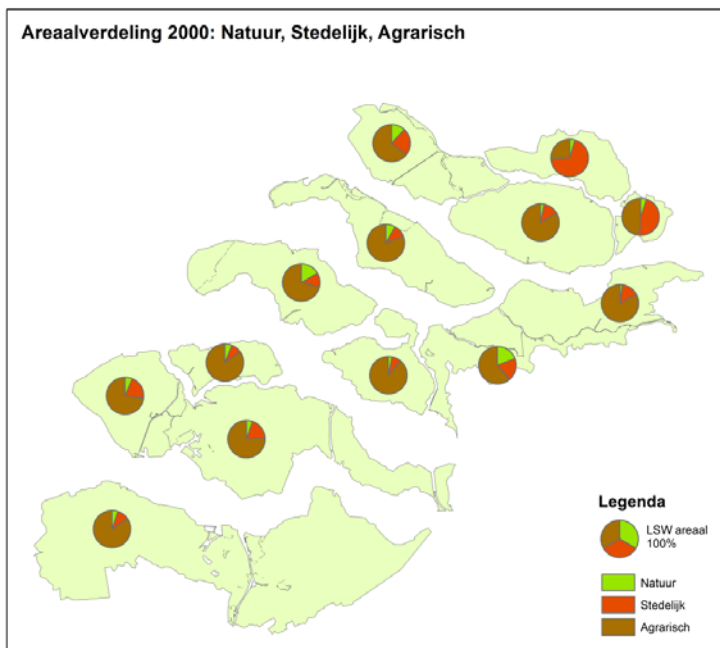
Voor deze studie is de oppervlakteverandering van natuur in de Zuidwestelijke Delta in kaart gebracht, voor de zichtjaren 2000, 2050 en 2100 en de twee sociaal-economische scenario's groei en krimp. De gebruikte deelgebieden zijn de zogeheten local surface water units (lsw's) (Bruggeman e.a., 2011).

De eerste stap omvat het weergeven van de oppervlakte-aandelen natuur, stedelijk en agrarisch gebied per deelgebied voor de vijf combinaties van zichtjaar en sociaal-economische scenario's: 2000, krimp 2050, krimp 2100, groei 2050 en groei 2100 (Bruggeman e.a., 2011, data van PBL en Deltares).

De tweede stap betreft het bepalen van de *verandering* in oppervlakte-aandeel natuur, stedelijk en agrarisch per deelgebied. Hierbij is de verandering in 2050 en in 2100 ten opzichte van uitgangsjaar 2000 weergegeven.

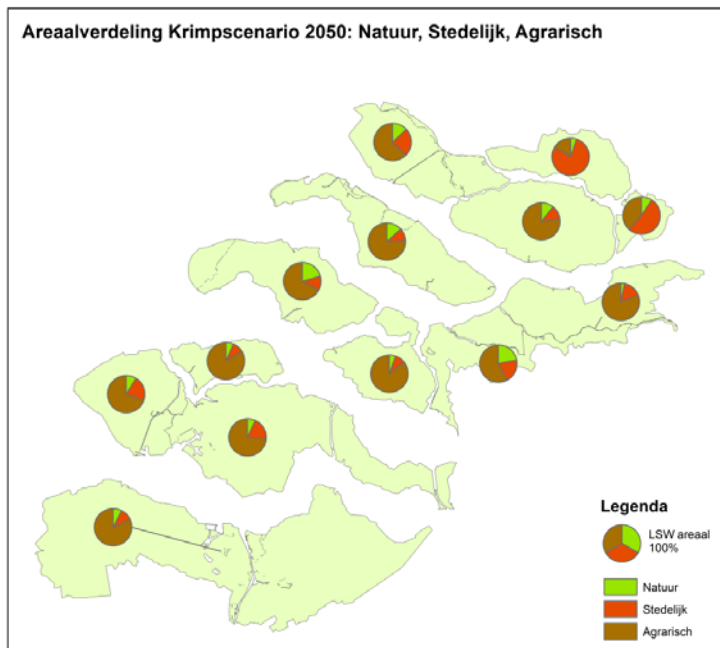
De resulterende kaarten zijn niet in de NEO-analyse ingebracht, omdat de effecten op lokaal niveau nog te zeer afhangen van beleidskeuzen. In plaats daarvan is gekozen om de sociaal-economische effecten kwalitatief te beschouwen.

Ondersteunende resultaatkaarten



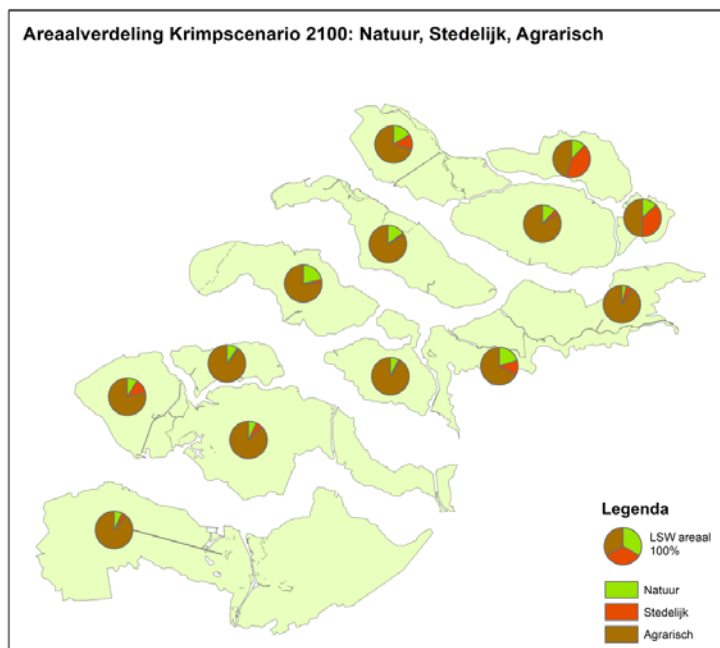
Figuur B4-1

Areaalverdeling 2000: arealen natuur, stedelijk en agrarisch in procenten (Bron getallen: PBL).



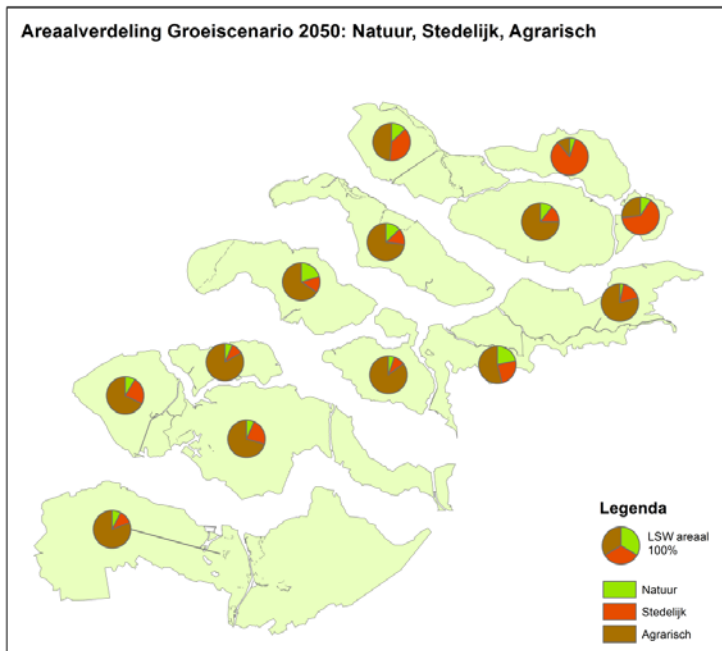
Figuur B4-2

Areaalverdeling 2050 Krimpscenario: arealen natuur, stedelijk en agrarisch in procenten (Bron getallen: PBL).



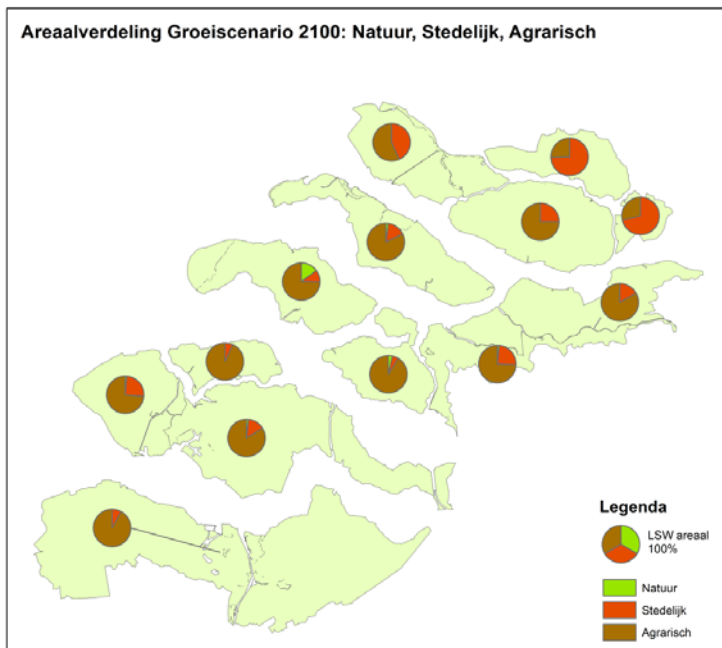
Figuur B4-3

Areaalverdeling 2100 Krimpscenario: arealen natuur, stedelijk en agrarisch in procenten (Bron getallen: Deltares).



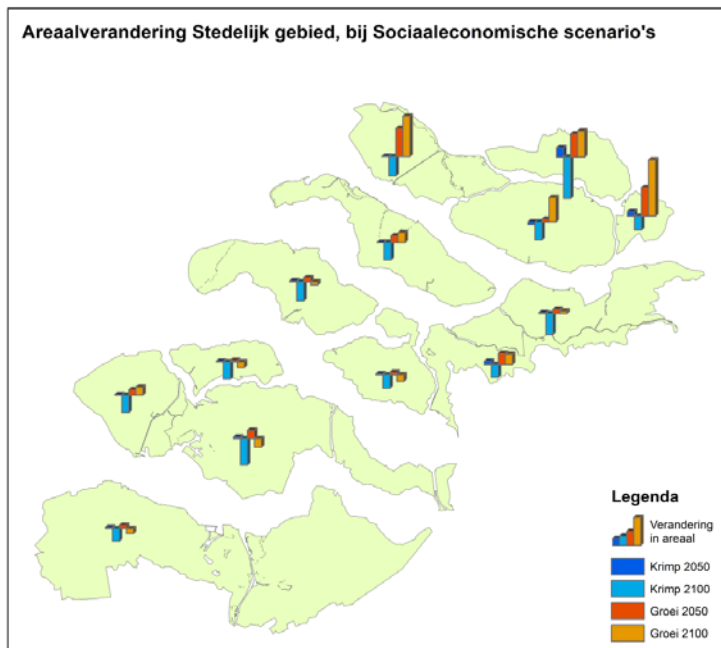
Figuur B4-4.

Areaalverdeling 2050 Groeiscenario: arealen natuur, stedelijk en agrarisch in procenten (Bron getallen: PBL).



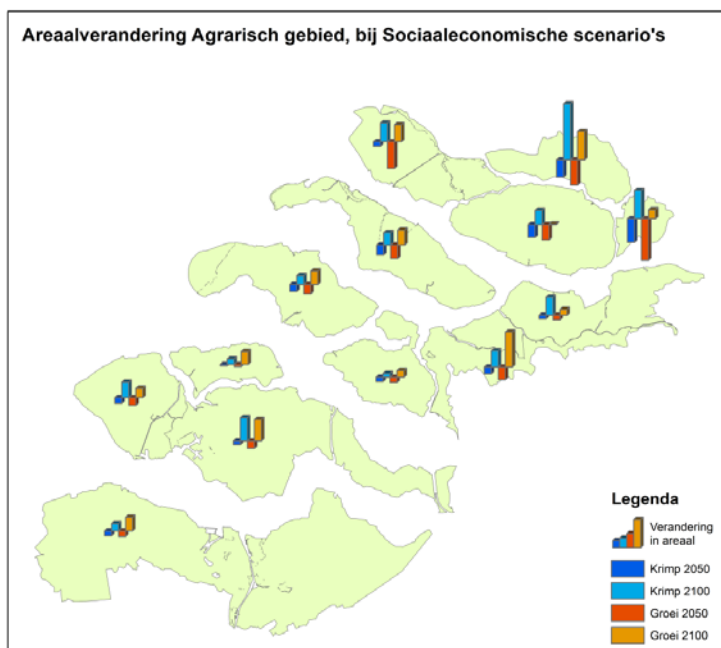
Figuur B4-5

Areaalverdeling 2100 Groeiscenario: arealen natuur, stedelijk en agrarisch in procenten (Bron getallen: Deltares).



Figuur B4-6

Areaalverandering Stedelijk gebied, in 2050 en 2100 voor scenario's Krimp en Groei, ten opzichte van 2000. Verandering in procentpunten. (Bron getallen: PBL en Deltares).



Figuur B4-7

Areaalverandering Agrarisch gebied, in 2050 en 2100 voor scenario's Krimp en Groei, ten opzichte van 2000. Verandering in procentpunten. (Bron getallen: PBL en Deltares).

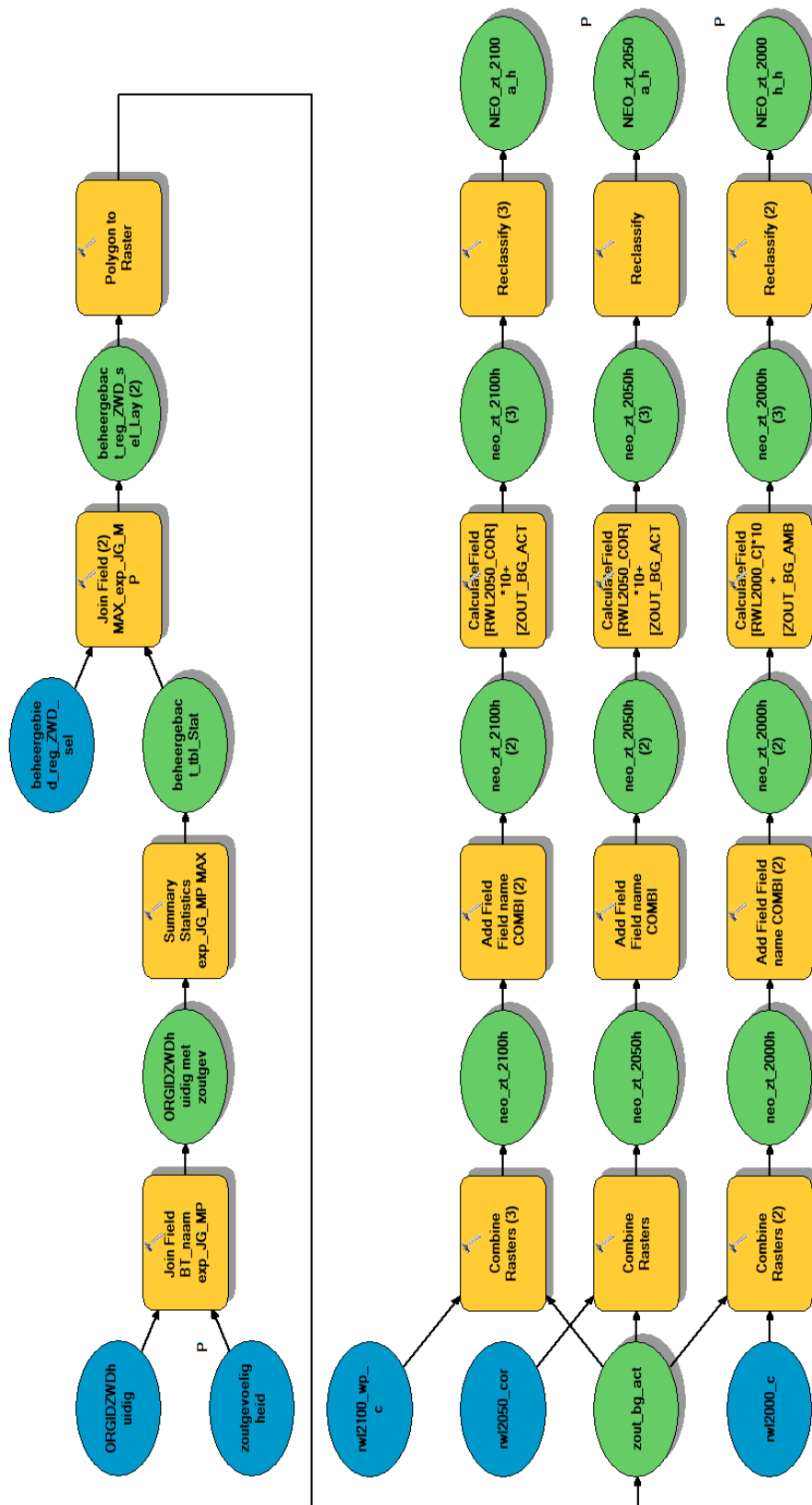
Bijlage 5 GIS-bewerkingen

Beheertypenkaart

Het bronbestand is afkomstig van GBO (GBO provincies, 2011). Dit bestand bevat beheertypen voor Nederland ingedeeld in de categorieën natuur (N), agrarische natuur (A) en landschapselementen (L). Vooral in de A-typen is er ruimtelijk overlap tussen polygoon die verschillende beheertypen vertegenwoordigen. Omdat deze beheertypen een verschillende gevoeligheid kunnen hebben voor droogte of zout, hebben we deze kaart bewerkt om deze overlap inzichtelijk en werkbaar te maken. Het resultaat is een kaart zonder overlappende polygoon, waarbij alle achterliggende informatie behouden blijft. Dit stelt ons in staat om in de analyse te kiezen voor de meest toepasselijke beheertypen (i.c. de meest gevoelige van het polygoon).

Kansen-, gevoeligheids- en NEO-kaarten

De resultaatkaarten uit hoofdstuk 2 zijn gemaakt met ArcGIS. Het gebruikte model in de Model Builder is weergegeven in figuur B5-1.



Figuur B5-1

Schema van de uitgevoerde kaartbewerkingen. Dit model laat de bewerkingen zien voor interne verzilting en beheertypen ambitie. Voor alle scenario's is dit model gevuld met de respectieve invoerkaarten. Blauw ovaal = invoerkaart; gele rechthoek = ArcGIS-bewerking; groene ovaal = (tussen)resultaatkaart.

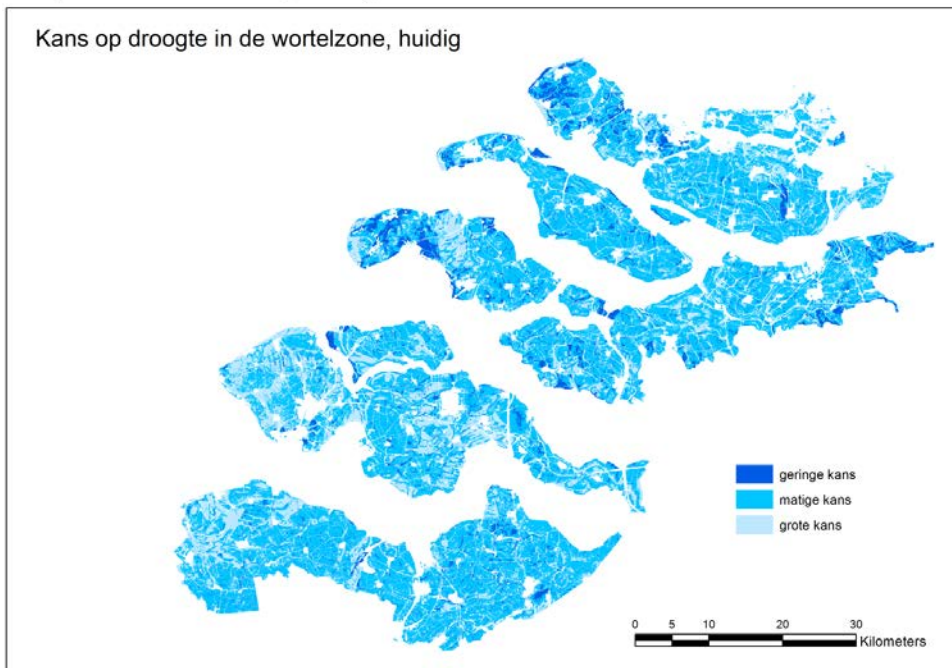
Bijlage 6 Kaartbeelden

In figuur 2-4 (hieronder nogmaals weergegeven) kan worden afgelezen hoe onderstaande kaartbeelden zich verhouden tot de belangrijkste kaartbeelden in hoofdstuk 3 en hoe ze er methodisch aan gerelateerd zijn.

			Kansenkaart	Gevoeligheidskaart			NEO-kaart
Factor	(Toekomst)scenario	Zichtjaar	figuurnr.	tabel gevoeligheid	gebruikte kaart beheertypen	kaart gevoeligheid beheertypen	figuurnr.
droogte	huidig & autonoom toekomst	2000	Bijlage 6, Figuur A	Bijlage 2, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur F	Figuur 3.1
droogte	gematigd	2050	Bijlage 6, Figuur B	Bijlage 2, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur F	Figuur 3.2
droogte	gematigd	2100	Bijlage 6, Figuur C	Bijlage 2, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur F	Figuur 3.3
droogte	warm	2050	Bijlage 6, Figuur D	Bijlage 2, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur F	Figuur 3.4
droogte	warm	2100	Bijlage 6, Figuur E	Bijlage 2, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur F	Figuur 3.5
droogte	huidig & autonoom toekomst	2000	Bijlage 6, Figuur A	Bijlage 2, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur G	Bijlage 6, Figuur H
droogte	gematigd	2050	Bijlage 6, Figuur B	Bijlage 2, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur G	Bijlage 6, Figuur I
droogte	gematigd	2100	Bijlage 6, Figuur C	Bijlage 2, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur G	Bijlage 6, Figuur J
droogte	warm	2050	Bijlage 6, Figuur D	Bijlage 2, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur G	Bijlage 6, Figuur K
droogte	warm	2100	Bijlage 6, Figuur E	Bijlage 2, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur G	Bijlage 6, Figuur L
interne verzilting	huidig	2000	Bijlage 6, Figuur M	Bijlage 3, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur R	Figuur 3.6
interne verzilting	autonoom & gematigd	2050	Bijlage 6, Figuur N	Bijlage 3, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur R	Figuur 3.7
interne verzilting	autonoom & gematigd	2100	Bijlage 6, Figuur O	Bijlage 3, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur R	Figuur 3.8
interne verzilting	warm	2050	Bijlage 6, Figuur P	Bijlage 3, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur R	Figuur 3.9
interne verzilting	warm	2100	Bijlage 6, Figuur Q	Bijlage 3, expertoordeeltabel	actueel	Bijlage 6, Figuur R	Figuur 3.10
interne verzilting	huidig	2000	Bijlage 6, Figuur M	Bijlage 3, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur S	Bijlage 6, Figuur T
interne verzilting	autonoom & gematigd	2050	Bijlage 6, Figuur N	Bijlage 3, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur S	Bijlage 6, Figuur U
interne verzilting	autonoom & gematigd	2100	Bijlage 6, Figuur O	Bijlage 3, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur S	Bijlage 6, Figuur V
interne verzilting	warm	2050	Bijlage 6, Figuur P	Bijlage 3, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur S	Bijlage 6, Figuur W
interne verzilting	warm	2100	Bijlage 6, Figuur Q	Bijlage 3, expertoordeeltabel	ambitie	Bijlage 6, Figuur S	Bijlage 6, Figuur X

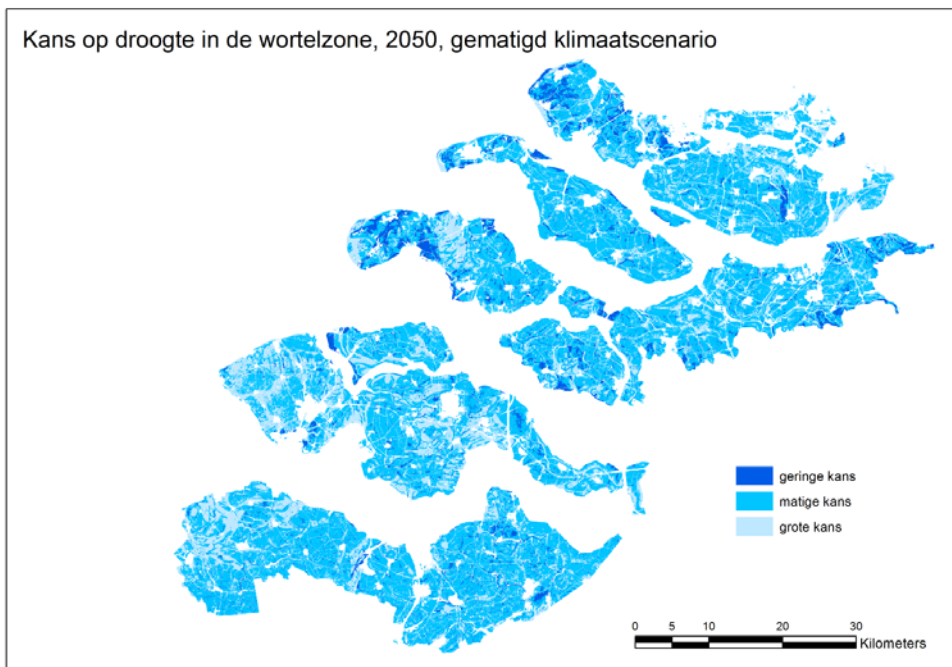
Droogte

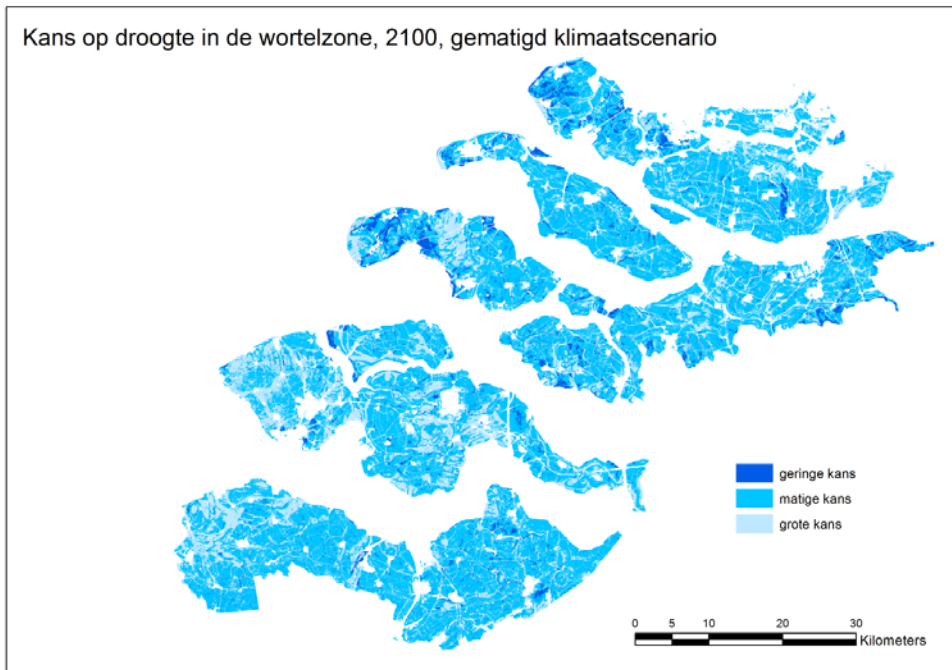
Kans op blootstelling, huidige



Figuur A (boven) en figuur B (beneden).

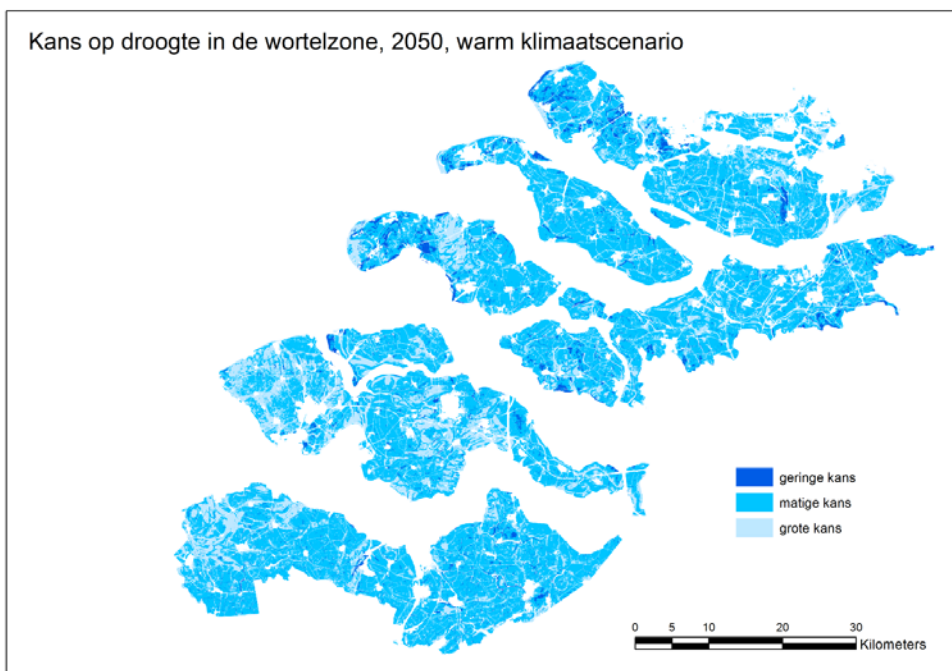
De samenhang van deze figuur met andere figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en bijlage 6 is vermeld in figuur 2-4 (ook opgenomen aan het begin van bijlage 6).

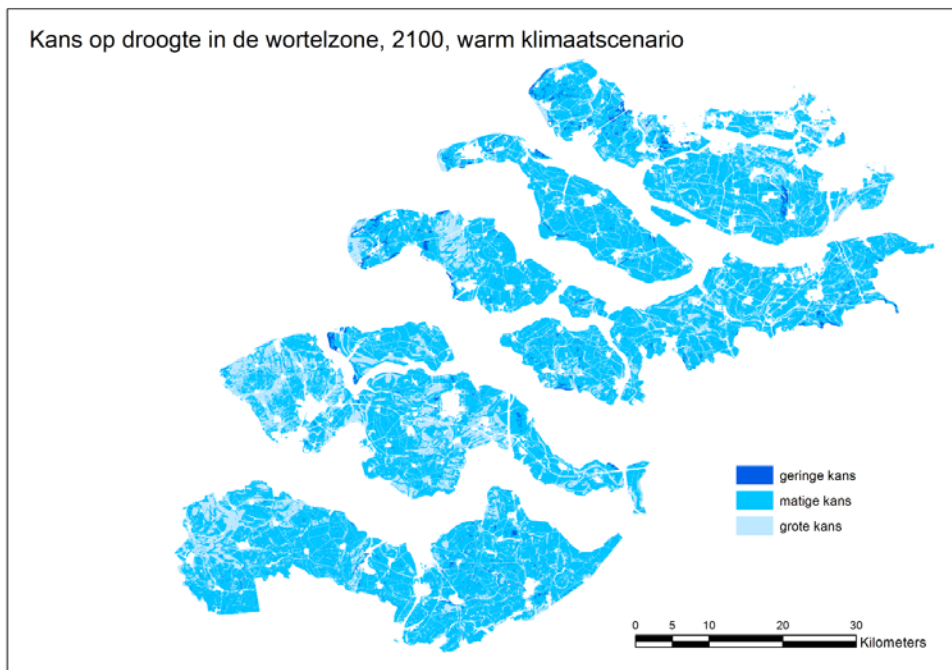




Figuur C (boven) en figuur D (beneden).

De samenhang van deze figuur met andere figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en bijlage 6 is vermeld in figuur 2-4 (ook opgenomen aan het begin van bijlage 6).

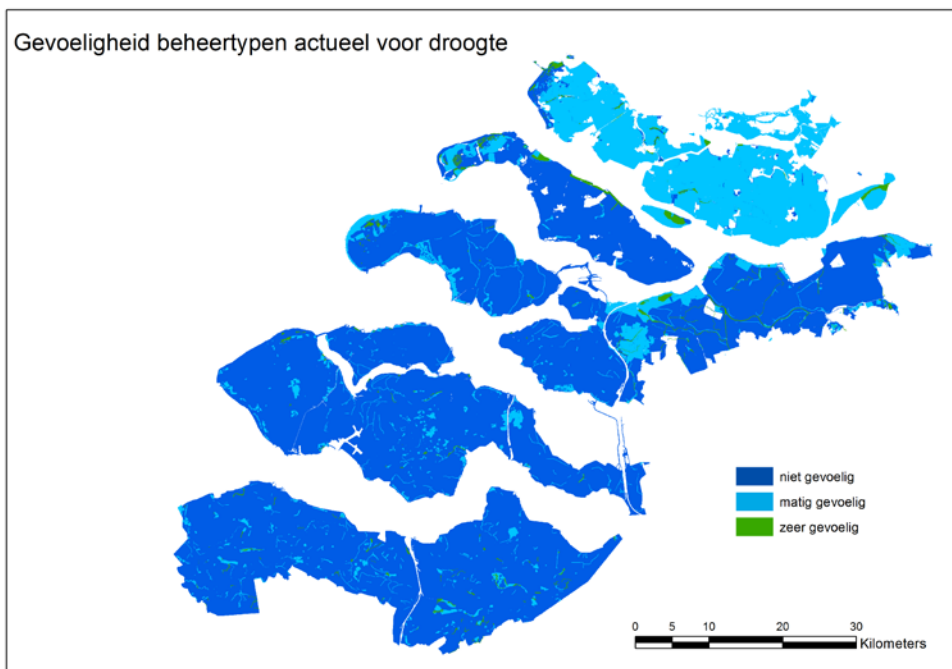




Figuur E

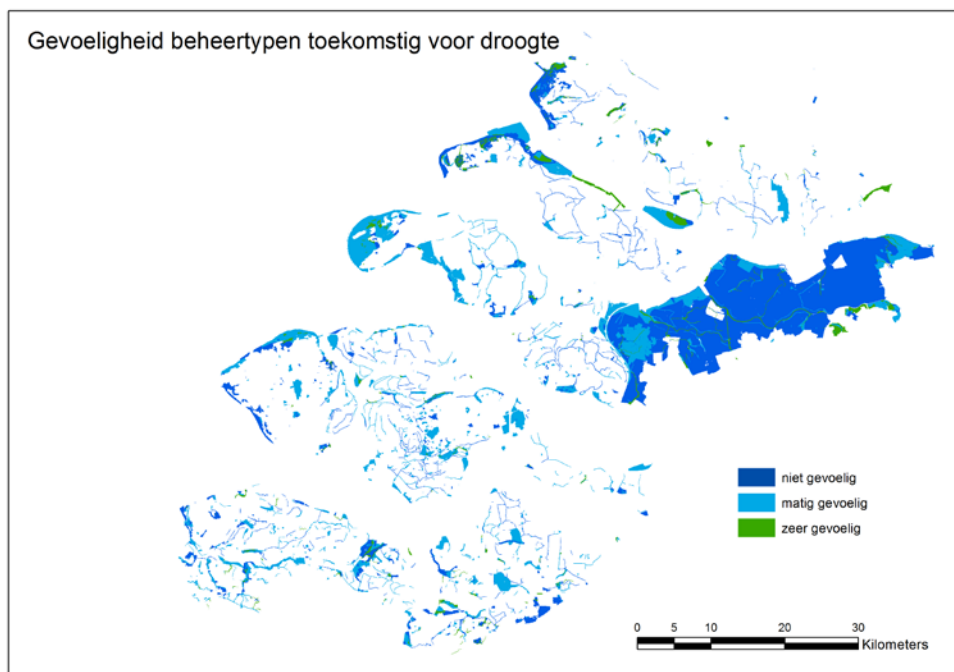
De samenhang van deze figuur met andere figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en bijlage 6 is vermeld in figuur 2-4 (ook opgenomen aan het begin van bijlage 6).

Gevoeligheid beheertypen



Figuur F

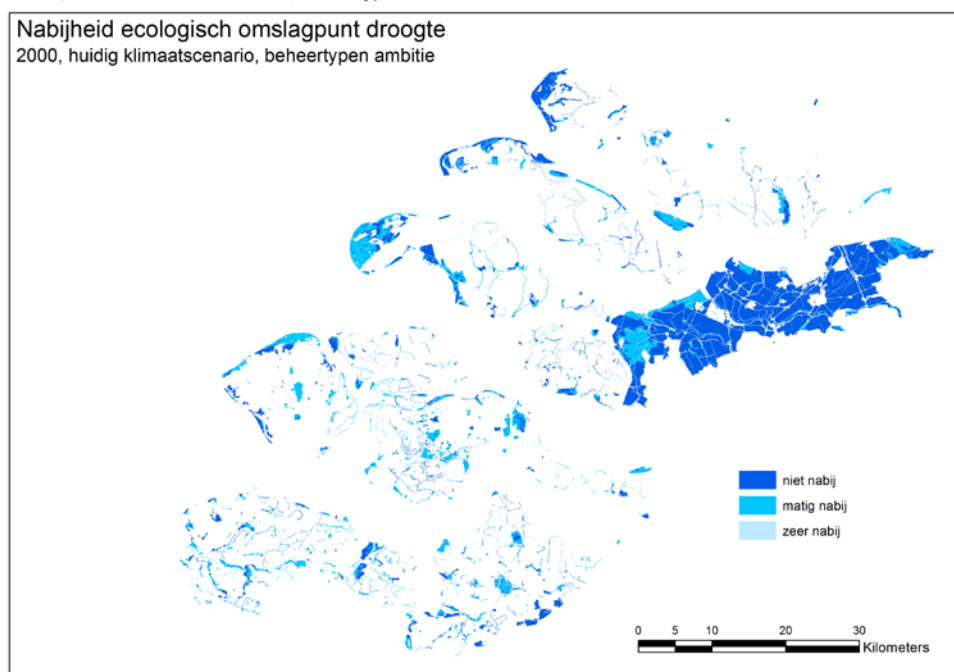
De samenhang van deze figuur met andere figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en bijlage 6 is vermeld in figuur 2-4 (ook opgenomen aan het begin van bijlage 6).



Figuur G.

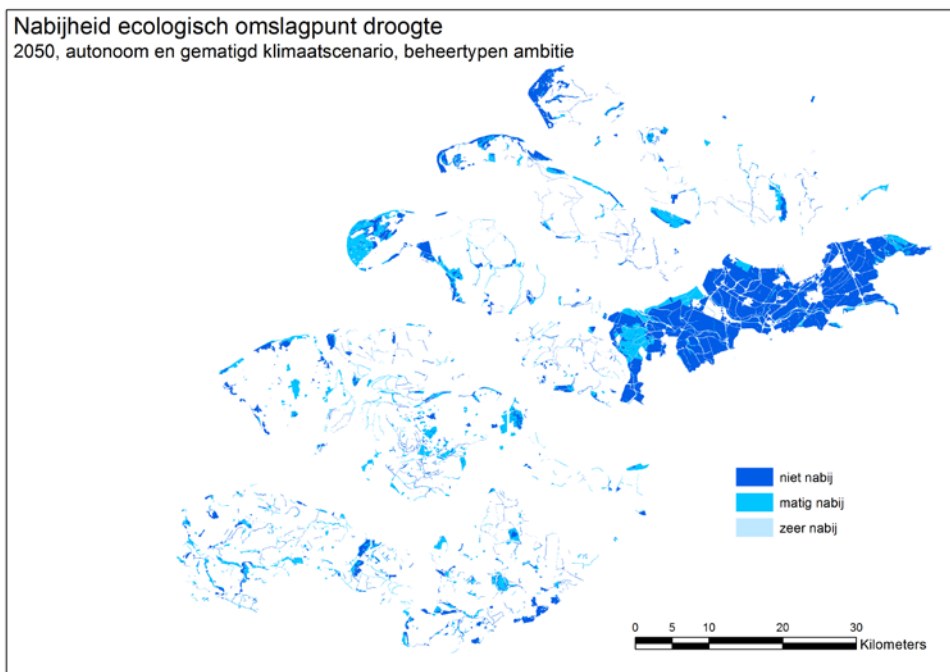
De samenhang van deze figuur met andere figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en bijlage 6 is vermeld in figuur 2-4 (ook opgenomen aan het begin van bijlage 6).

Nabijheid ecologisch omslagpunt: ambitie-beheertypen



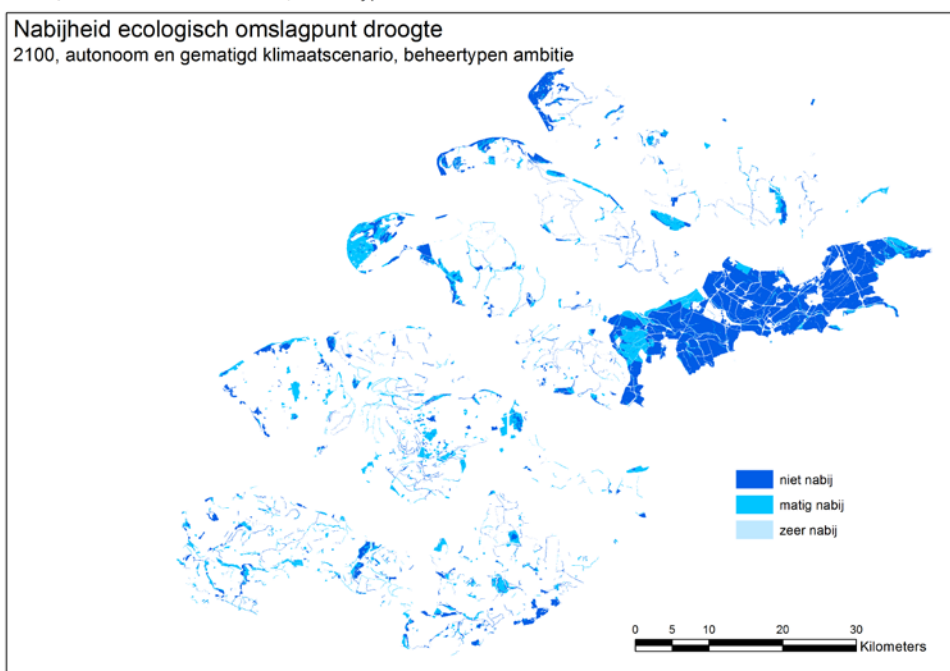
Figuur H

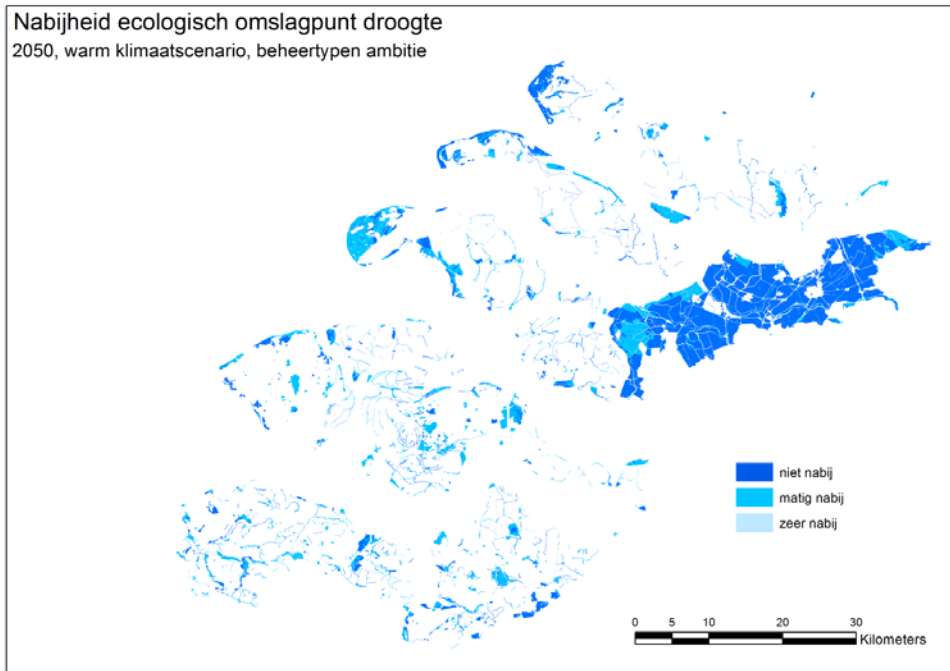
De samenhang van deze figuur met andere figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en bijlage 6 is vermeld in figuur 2-4 (ook opgenomen aan het begin van bijlage 6).



Figuur I (boven) en figuur J (beneden)

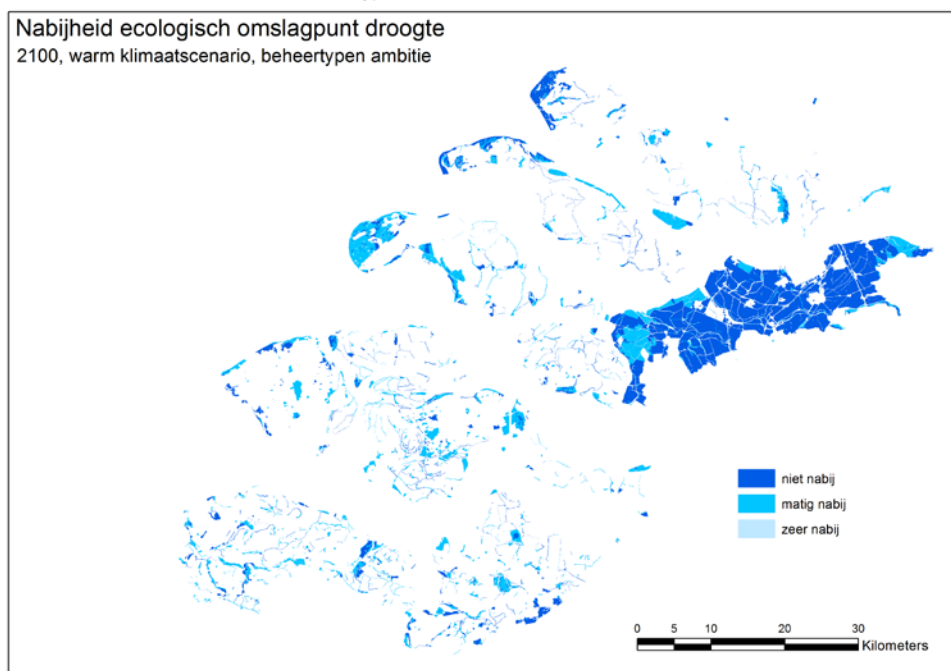
De samenhang van deze figuur met andere figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en bijlage 6 is vermeld in figuur 2-4 (ook opgenomen aan het begin van bijlage 6).





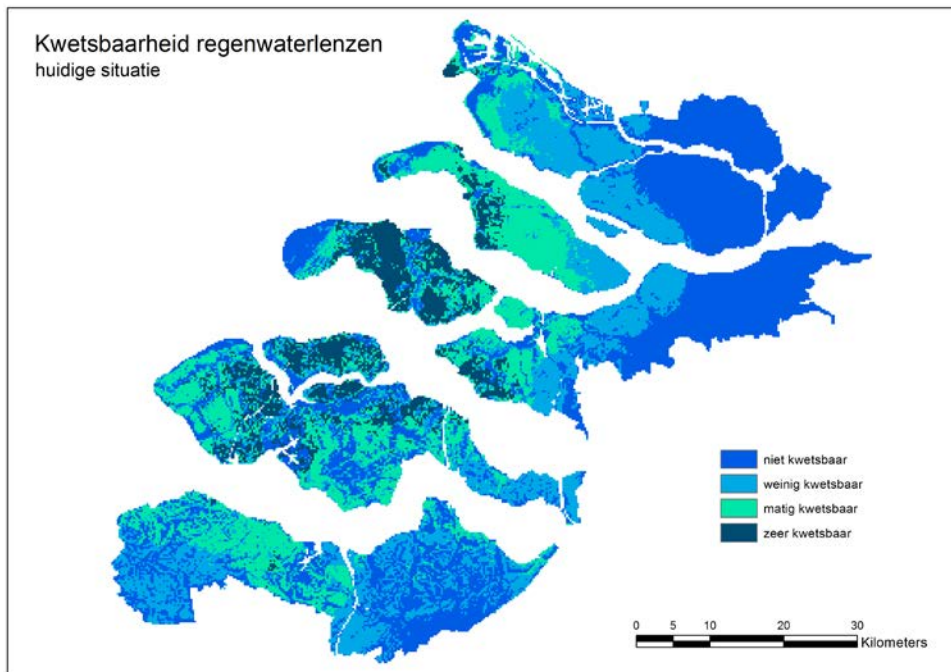
Figuur K (boven) en figuur L (beneden)

De samenhang van deze figuur met andere figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en bijlage 6 is vermeld in figuur 2-4 (ook opgenomen aan het begin van bijlage 6)



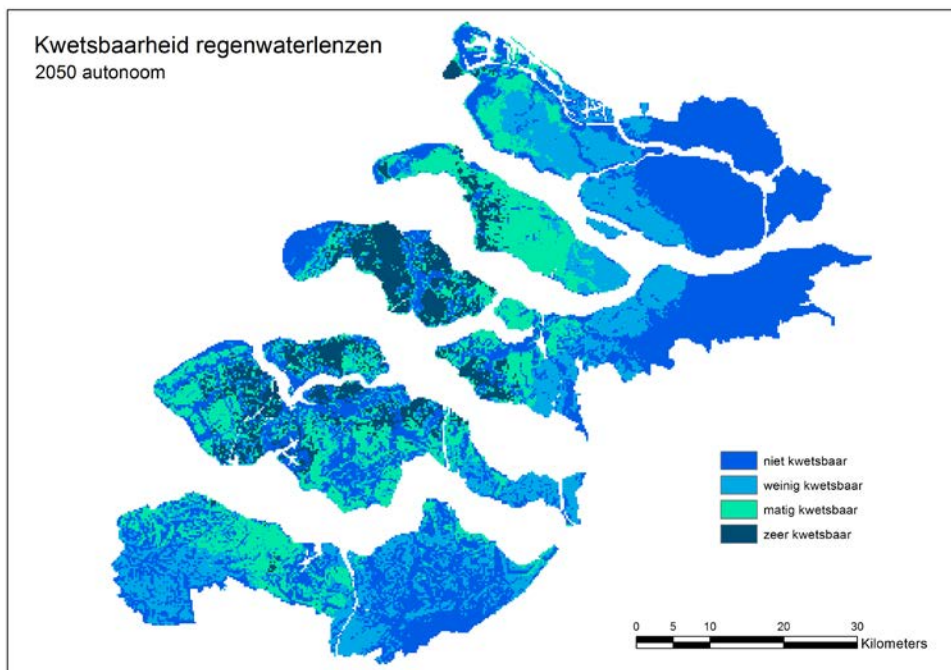
Zout (interne verzilting)

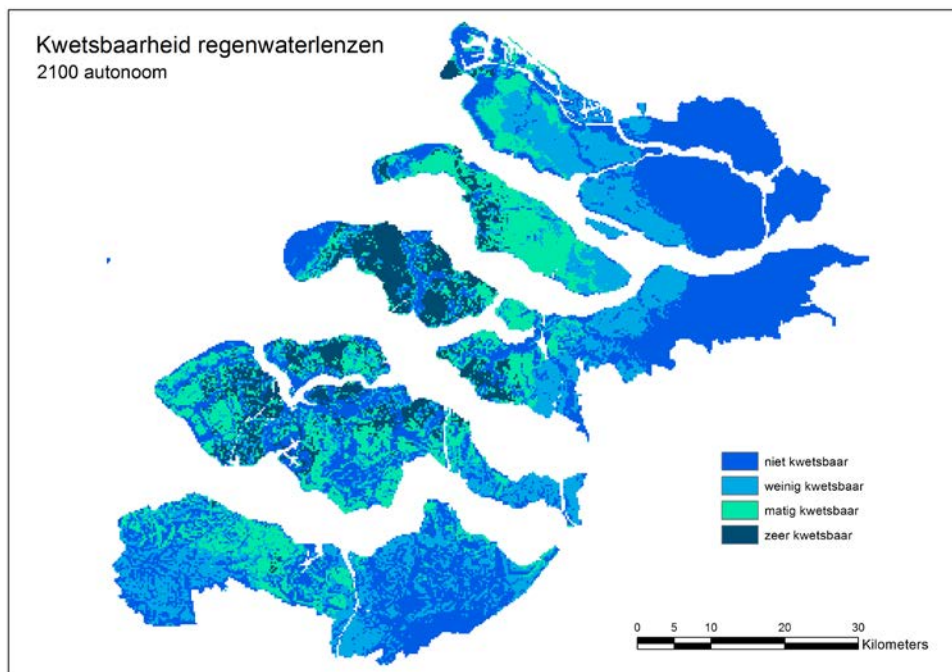
Kans op blootstelling, huidige situatie en toekomstscenario's



Figuur M (boven) en figuur N (beneden)

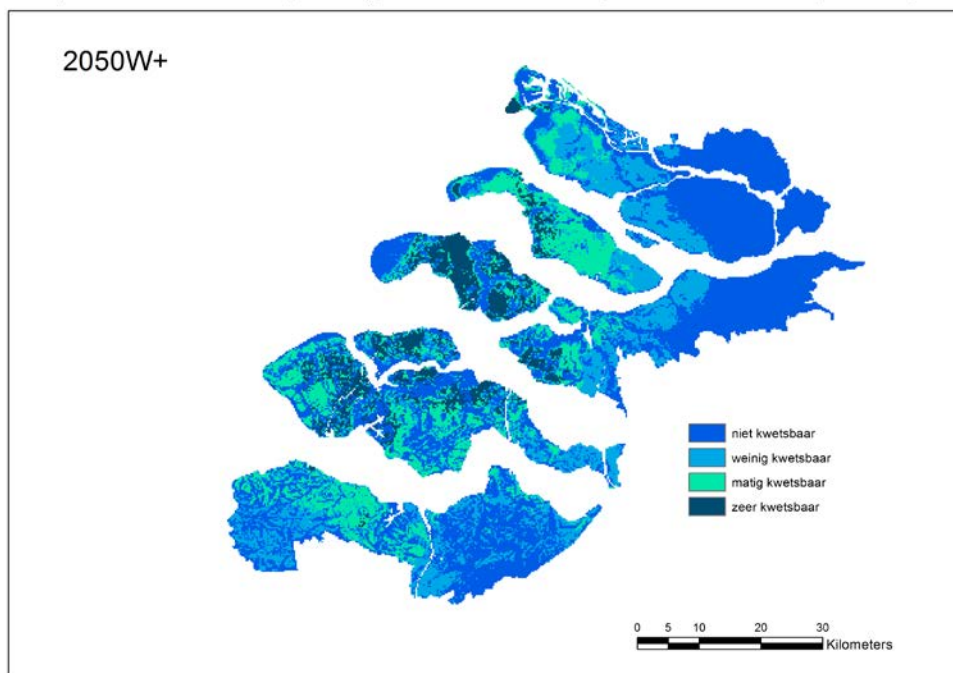
De samenhang van deze figuur met andere figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en bijlage 6 is vermeld in figuur 2-4 (ook opgenomen aan het begin van bijlage 6).





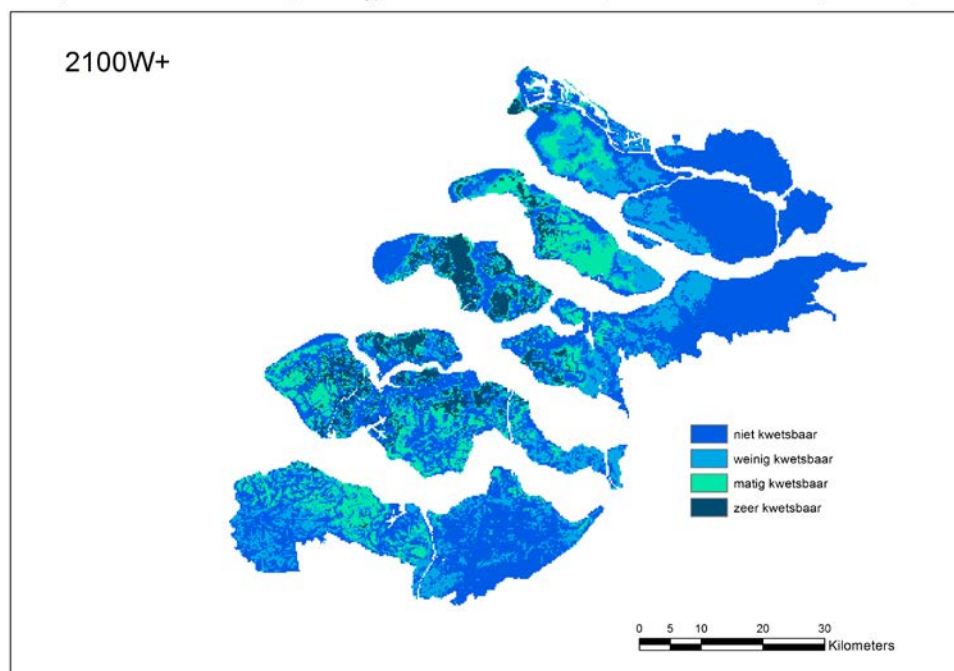
Figuur 0

De samenhang van deze figuur met andere figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en bijlage 6 is vermeld in figuur 2-4 (ook opgenomen aan het begin van bijlage 6).

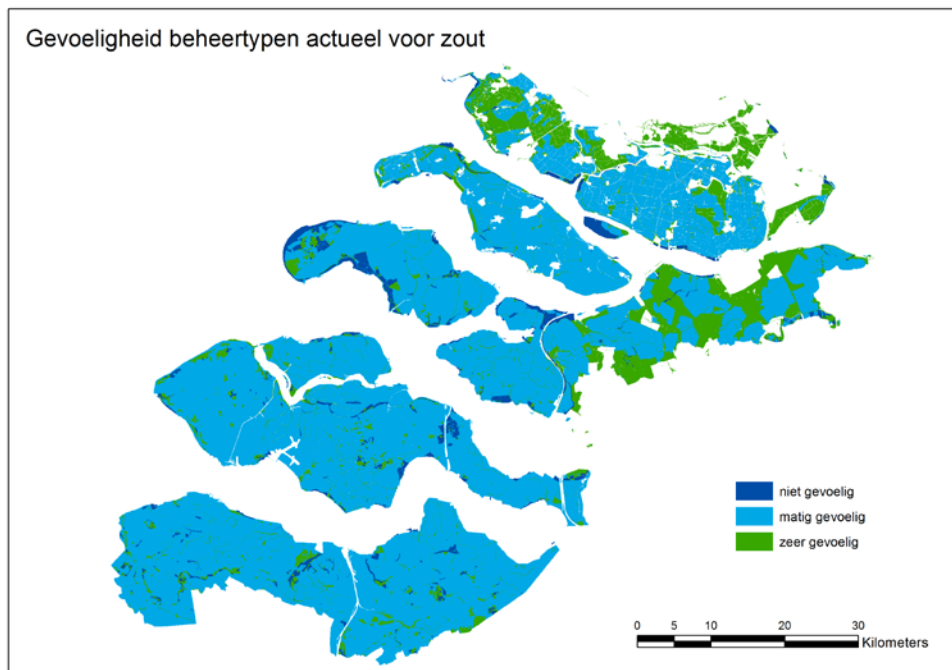


Figuur P (boven) en figuur Q (beneden).

De samenhang van deze figuur met andere figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en bijlage 6 is vermeld in figuur 2-4 (ook opgenomen aan het begin van bijlage 6)

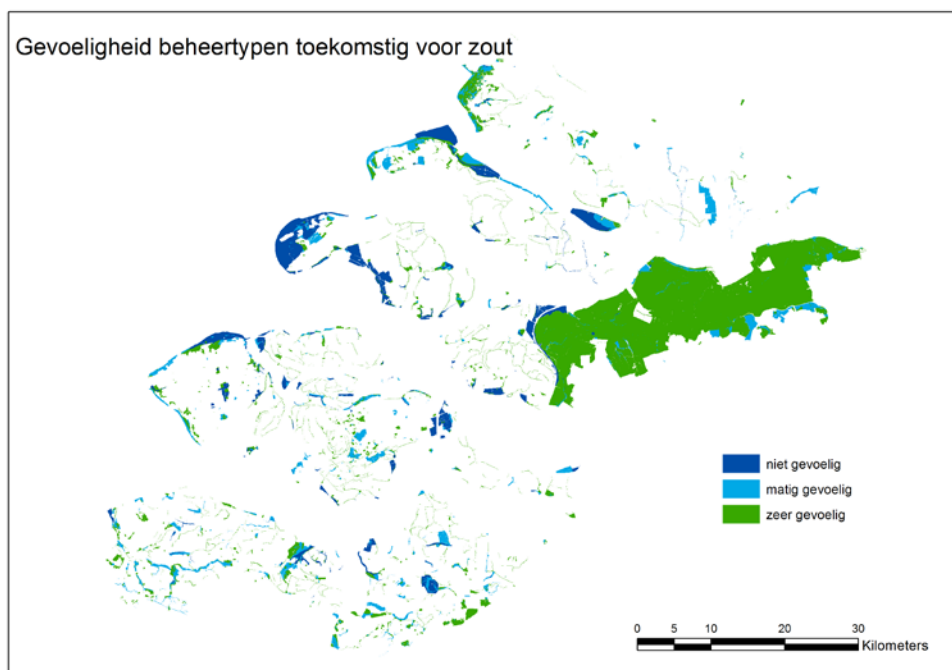


Gevoeligheid beheertypen

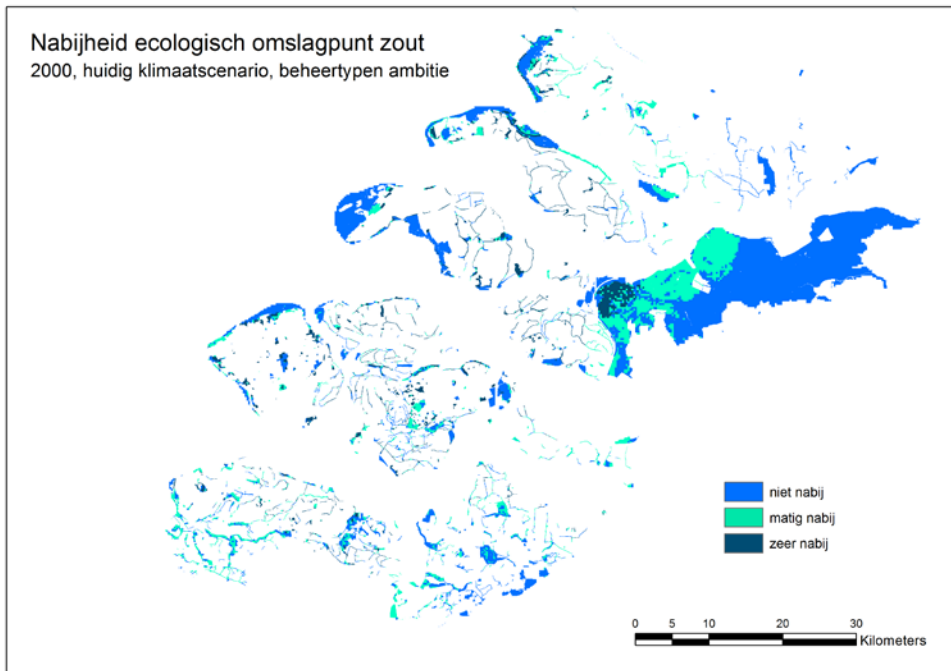


Figuur R (boven) en figuur S (beneden)

De samenhang van deze figuur met andere figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en bijlage 6 is vermeld in figuur 2-4 (ook opgenomen aan het begin van bijlage 6).

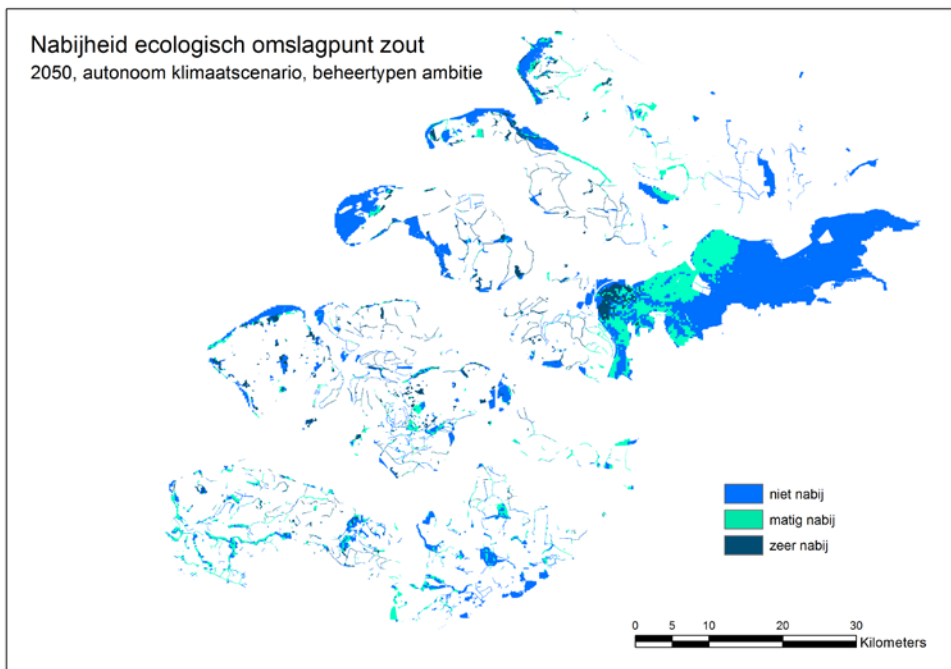


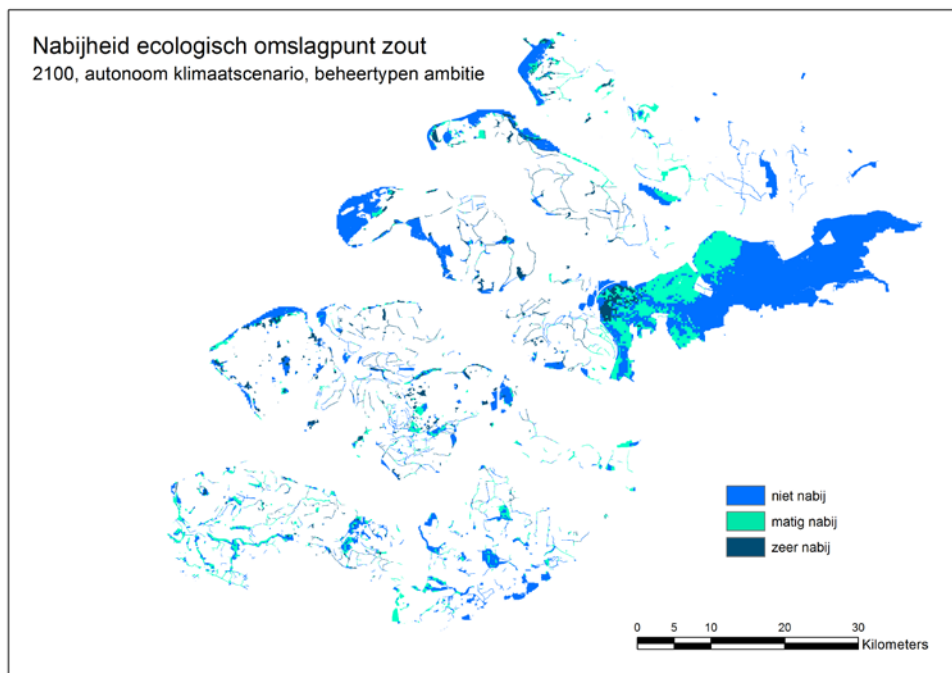
Nabijheid ecologisch omslagpunt: ambitie-beheertypen



Figuur T (boven) en figuur U (beneden)

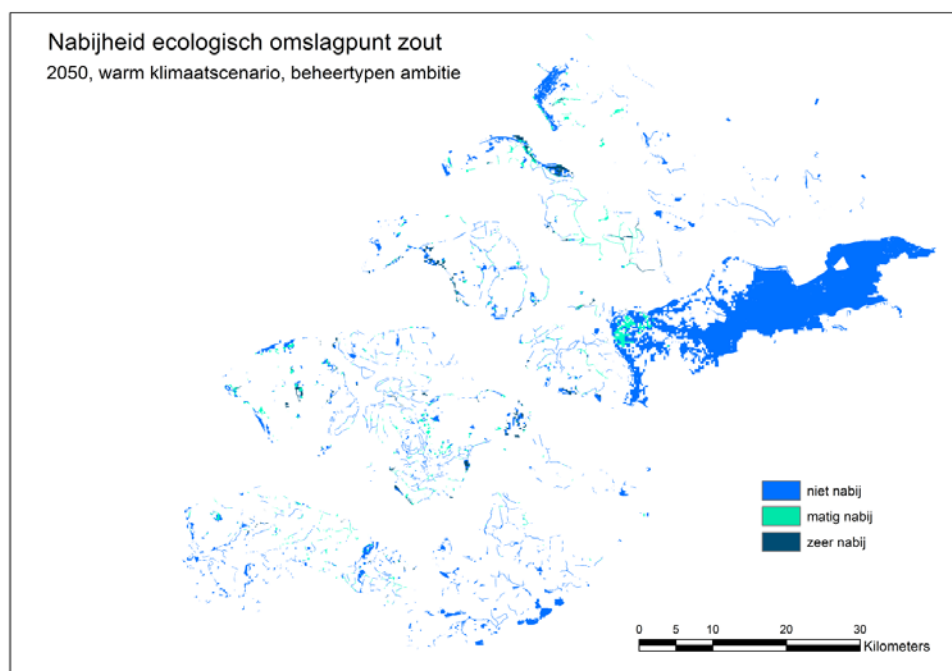
De samenhang van deze figuur met andere figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en bijlage 6 is vermeld in figuur 2-4 (ook opgenomen aan het begin van bijlage 6).

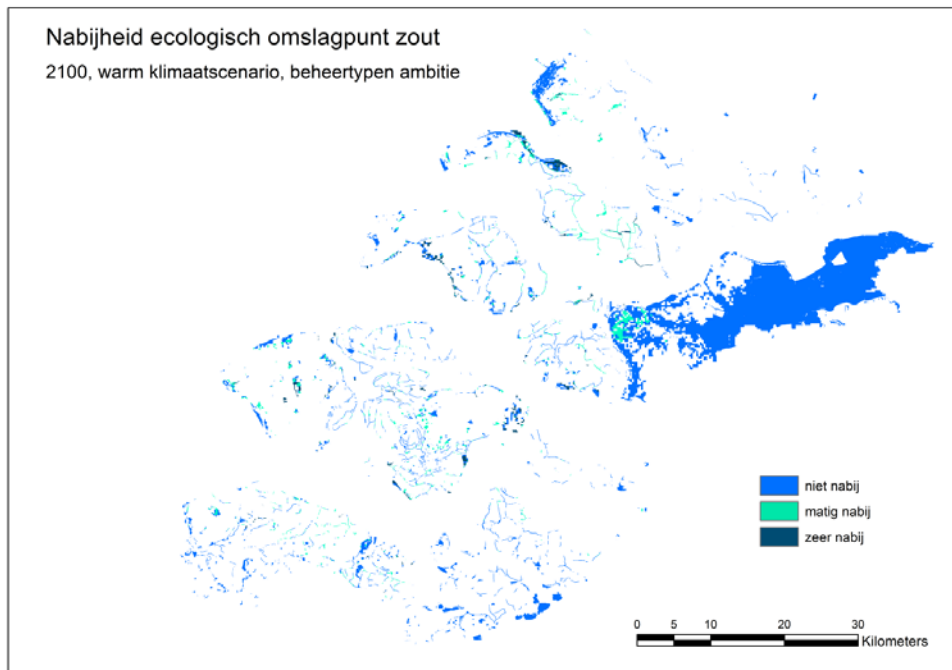




Figuur V (boven) en figuur W (beneden)

De samenhang van deze figuur met andere figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en bijlage 6 is genoemd in figuur 2-4 (ook opgenomen aan het begin van bijlage 6).





Figuur X

De samenhang van deze figuur met andere figuren en tabellen in hoofdstuk 3 en bijlage 6 is vermeld in figuur 2-4 (ook opgenomen aan het begin van bijlage 6).



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