



REPORT

NL

2017



Living Planet Report

Zoute en zilte natuur
in Nederland



Het Living Planet Report-Natuur in Nederland is gepubliceerd in november 2017 door het Wereld Natuur Fonds, in samenwerking met Naturalis Biodiversity Center, ANEMOON, EIS Kenniscentrum Insecten, FLORON, RAVON, Sovon Vogelonderzoek, Vlinderstichting en Zoogdiervereniging.

Redactie

Eindredactie: Sarah Doornbos (WNF), Natasja Oerlemans (WNF)

Tekst: Willy van Strien

Redactie: Piet Bergers (Zoogdiervereniging), Adriaan Gmelig Meyling (ANEMOON), Ingvild Harkes (WNF), Jelger Herder (RAVON), Berry van der Hoorn (Naturalis), Vincent Kalkman (EIS), Bas Roels (WNF), Laurens Sparrius (FLORON), Chris van Swaay (Vlinderstichting), Chris van Turnhout (Sovon), Sander Turnhout (SoortenNL)

Statistische analyse

Martin Poot (CBS), Arco van Strien (CBS), Leo Soldaat (CBS), Peter van Horssen (GreenStat)

Wij willen de volgende personen bedanken voor hun bijdragen

Geert Aarts (WMR), Klaudie Bartelink (DDNZS), Kees Bastmeijer (UvT), Ingeborg de Boois (WMR), Arjen Boon (Deltares), Aafke Brader (WNF), Sophie Brasseur (WMR), Johan Craeymeersch (WMR), Raymond Creemers (RAVON), Anne Dekinga (NIOZ), Kiki Dethmers (NIOZ), Floor Driessen (DDNZS), Bruno Ens (Sovon), Eelke Folmer (NIOZ), Ruud Foppen (Sovon), Monique Grooten (WNF), Harrie van der Hagen (DUNEA), Marieke Harteveld (WNF), Wouter van der Heij (Waddenvereniging), Willem Heijdeman (DDNZS), Hans Hollander (Zoogdiervereniging), Martijn de Jong (Natuurmonumenten), Onno Knol (PBL), Kees Koffijberg (Sovon), Jan Kranenbarg (RAVON), Robert Kwak (Vogelbescherming), Maurice La Haye (Zoogdiervereniging), Mardik Leopold (WMR), Han Lindeboom (WMR), Katja Philippart (NIOZ), Theunis Piersma (RUG/NIOZ), Sanne Ploegaert (RAVON), Emilie Reuchlin-Hugenholtz (WNF), Marc van Roomen (Sovon), Joop Schaminee (WMR), Marcel Schillemans (Zoogdiervereniging), Martijn Schiphouwer (RAVON), Kirsten Schuijt (WNF), Anne-Marie Svoboda (Ministerie EZ), Karin Troost (WMR), Ingrid Tulp (WMR), Jonna van Ulzen (Vogelbescherming), Stephanie Verbeek (WNF), Remko Verspui (Sportvisserij Nederland), Kees van der Vlugt (Het Zeeuwse Landschap), Jip Vrooman (Stichting De Noordzee), Pim Vugteveen (PBL), Michiel Wallis de Vries (Vlinderstichting), Rob van Westrienen (RAVON en FLORON), Sander Wijnhoven (EcoAuthor), Titia Wolterbeek (Vlinderstichting), Marieke van Zalk (WNF), Gijs van Zonneveld (ARK Natuurontwikkeling)

We bedanken de vrijwilligers die via verschillende kanalen een bijdrage hebben geleverd aan het verzamelen van gegevens die gebruikt zijn voor de berekening van de Living Planet Index.

Ontwerp en DTP

peer&dedigitalesupermarkt (www.pdds.nl)

Bronvermelding

Wereld Natuur Fonds. 2017. Living Planet Report. Zoute en zilte natuur in Nederland. WNF, Zeist.

Living Planet Report® en Living Planet Index® zijn geregistreerde merken van WWF International. Bij elke reproductie van delen of de gehele tekst van het rapport moet bovenstaande bronvermelding worden opgenomen.

Foto voorpagina

© Pieter de Vries/Buiten-Beeld/HH - de Waddenkust van Schiermonnikoog

ISBN 978-90-74595-24-7

Het Living Planet Report – Zoute en zilte natuur in Nederland is tot stand gekomen dankzij een bijdrage van het Prins Bernhard Cultuurfonds.



Living Planet Report

Zoute en zilte natuur in Nederland

INHOUDSOPGAVE

| | |
|------------------|---|
| VOORWOORD | 4 |
|------------------|---|

| | |
|-----------------------|---|
| IN VOGELVLUCHT | 6 |
|-----------------------|---|

| | |
|--|----|
| 1. DE ZEE EN DE RANDEN VAN HET LAND | 8 |
| Grenzeloze natuur | 10 |
| De rafelrand van Nederland | 12 |
| Zoute en zilte leefgebieden | 20 |

| | |
|--|----|
| 2. VERANDERINGEN IN ZOUTE EN ZILTE NATUUR | 24 |
| Natuur in de Noordzee | 26 |
| Natuur in de Waddenzee | 38 |
| Natuur in de Zuidwestelijke Delta | 46 |
| Kinderkamers van kust, Wadden en Delta | 56 |
| Natuur in de duinen | 58 |
| Samenvatting zoute en zilte natuur vanaf 1990 | 64 |
| De zoute en zilte Living Planet Index in perspectief | 66 |

| | |
|---|----|
| 3. KANSEN VOOR ZOUTE EN ZILTE NATUUR | 70 |
| Naar een rijke natuur die tegen een stootje kan | 72 |
| Zet succesvol beleid voort | 73 |
| Bescherm, verbind en beheer natuurgebieden op zee | 74 |
| Stimuleer innovaties in de visserij | 78 |
| Herstel waar mogelijk de natuurlijke dynamiek | 79 |
| Zorg dat goede kennis beschikbaar is | 84 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| BIJLAGE EN REFERENTIES | 86 |
| Berekening van de Living Planet Index | 88 |
| Bronnen | 92 |

VOORWOORD

In Nederland - op de grens van zoet en zout, en van land en water - hebben de krachten van de natuur het eeuwenlang voor het zeggen gehad. Sterke getijden, stormen, overstromingen en de continue afzetting van zand en slib creëerden een dynamische natuur. Op een paar plekken in de Waddenzee, langs de kust en in de delta, kunnen we nog ervaren hoe deze landschappen vanaf de laatste ijstijd ontstonden. In de geulen, kreken, rivieren en zee, op platen, slikken, kwelders en in de duinen, leven vele kenmerkende dieren en plantensoorten die zich konden aanpassen aan deze steeds veranderende omstandigheden.

Het belang van deze unieke zilte en zoute natuur van de Nederlandse Noordzee, kustzone, Waddenzee, Zuidwestelijke Delta en duinen, strekt zich uit tot ver over onze grenzen. Voor miljoenen trekvogels zijn onze zoute en zilte leefgebieden een cruciaal knooppunt op hun wereldreis: ze zoeken er voedsel tijdens trek of overwintering, of broeden op kwelders. De delta is voor trekvissen de toegangspoort tot het Europese achterland. Het leven in de Noordzee houdt zich ook niet aan landsgrenzen: wat er in het Nederlandse deel gebeurt heeft invloed op de rest van de Noordzee. Wij mensen genieten er van de rust, weidsheid, diversiteit en het unieke karakter. We eten de vis, schaal- en schelpdieren. Bovendien vormen deze gebieden een belangrijke schakel in onze kustverdediging.

Maar we blijken - zeker in relatie tot natuur op land - eigenlijk nog maar weinig te weten van deze karakteristieke gebieden die zo belangrijk zijn voor dier, plant en mens. In welke staat verkeren ze, aan welke veranderingen zijn ze onderhevig, hoe kunnen we ze beschermen en de juiste keuzes maken voor natuur en mens? Het ontbreken van een samenhangend inzicht was voor ons de motivatie om de zoute en zilte natuur centraal te stellen in dit tweede Nederlandse Living Planet Report. We zijn trots op het resultaat: dit rapport brengt het grootste aantal gegevens ooit bijeen over veranderingen in populatiegroottes van diersoorten in de zoute en zilte leefgebieden in Nederland. Het is voor het eerst dat alle data van verschillende organisaties en onderzoeksinstituten bij elkaar zijn gebracht en geanalyseerd.

De berekende Living Planet Indexen voor de verschillende leefgebieden vormen een barometer voor de staat van onze zoute en zilte natuur vanaf 1990. Inzicht in deze trends levert

aanknopingspunten op voor herstel van natuur en het vergroten van de veerkracht van ecosystemen, zodat de kenmerkende soorten van de zoute en zilte gebieden kunnen meebewegen met grote verstoringen - bijvoorbeeld als gevolg van klimaatverandering. Met de zoute en zilte natuur gaat het in sommige opzichten weer beter, maar in veel andere opzichten niet.

Waar voorheen natuurlijke processen hun gang hebben kunnen gaan, is met name in de laatste eeuw vooral de mens aan zet geweest. De overgangen tussen zoet en zout zijn grotendeels vastgelegd of van elkaar afgesloten. De strijd tegen het water heeft ons weliswaar meer veiligheid gebracht, maar de dammen, dijken en waterkeringen zijn voor veel diersoorten onneembare barrières geworden. De visserij die op steeds grotere schaal plaatsvond, heeft ook diepe sporen nagelaten. Veel soorten zijn de afgelopen eeuw achteruitgegaan of zelfs verdwenen. Door klimaatverandering hebben soorten hun grenzen verlegd en zijn er soorten bijgekomen en verdwenen. En de vestiging van niet-inheemse soorten door toedoen van de mens heeft voor de oorspronkelijke natuur niet altijd goed uitgekapt.

Een paar indexen laten vanaf 1990 hoopvolle trends zien die smaken naar meer. We zien dat planten in natte duinvalleien zich herstellen door goed beheer. Ook is het verbod op de mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee en de afbouw van mosselzaadvisserij gunstig geweest voor het herstel van bodemdieren. Maar er zijn ook indexen die aantonen dat we met flinke uitdagingen te maken krijgen. Willen we de miljoenen trekvogels in de Waddenzee en delta straks nog een plek bieden en trekvissen de rivier op laten zwemmen, dan moeten we weer ruimte geven aan natuurlijke processen, bijvoorbeeld door de waterverbindingen tussen zoet en zout te herstellen. En om het bodemleven in de Noordzee daadwerkelijk te herstellen, moeten we gebiedsbescherming nu echt serieus nemen en grote delen vrijwaren van visserij en andere activiteiten.

Nederland kan een voorbeeld zijn van een drukbevolkte delta waar mensen veilig leven, werken en recreëren en waar natuur weer floreert. We zullen dan wel natuur een meer centrale plek moeten geven in het denken en handelen van ons allemaal. Als we dat slim doen, dan helpt dat ook voor het droog houden van onze eigen voeten. De natuur kan zo een cruciale bondgenoot zijn in de bescherming tegen het water en de gevolgen van klimaatverandering.

Kirsten Schuijt, directeur Wereld Natuur Fonds

Edwin van Huis, directeur Naturalis Biodiversiteit NL

Titia Wolterbeek, voorzitter SoortenNL

IN VOGELVLUCHT

Hoofdstuk 1: De zee en de randen van het land

De zoute en zilte landschappen van Nederland zijn door de eeuwen heen sterk veranderd, en de mens had daar een grote invloed op, door:

- op grote schaal te jagen en te vissen;
- de buitenste duinenrij als zeereep vast te pinnen en duinen met helm en bomen te beplanten;
- dijken om het vaste land en de eilanden aan te leggen, zodat de zee geen sediment meer op het land kon afzetten;
- op veel plaatsen het land achter de dijken te ontwateren, waardoor het inklonk;
- de Zuiderzee af te sluiten van de Waddenzee, en de zeearmen in de Zuidwestelijke Delta voor een groot deel af te sluiten van de rivieren, van de zee en van elkaar.

Het landschap verstarde en veel soorten planten en dieren raakten leefgebied kwijt, met name soorten van brakke milieus en soorten die leven op de grens van land en water en van zout en zoet. Trekvissen konden niet langer migreren.

Hoofdstuk 2: Veranderingen in zoute en zilte natuur

Voorals sinds 1900 is de natuur hard achteruitgegaan. De Living Planet Index geeft recente gemiddelde veranderingen in populatieomvang weer van een groot aantal soorten. De index is berekend over de periode tussen 1990 en 2015 voor zes leefgebieden: open Noordzee, kustzone, Waddenzee, Oosterschelde, Westerschelde en duinen. Nooit eerder zijn zo veel gegevens over zoute en zilte natuur in Nederland bijeengebracht en geanalyseerd.

In sommige opzichten gaat het goed met de zoute en zilte natuur:

- Planten van natte duinvalleien floreren dankzij beheermaatregelen; in de duinen nemen ook reptielen en sprinkhanen toe.
- Bodemdieren herstellen zich in de Westerschelde, doordat het water schoner wordt.
- Vogels nemen toe in de Waddenzee, vermoedelijk omdat de schelpdiervisserij er aan banden is gelegd.
- Zeezoogdieren doen het goed in open Noordzee en kustzone.

Maar in andere opzichten gaat het niet goed:

- Dagvlinders in de duinen profiteren niet van het herstel van de flora en gaan achteruit.
- Bodemdieren in de open Noordzee gaan nog steeds achteruit, met name als gevolg van bodemberoerende visserij.
- In de kustzone hebben bodemdieren waarschijnlijk te lijden onder de opkomst van exoten. Ook de garnalenvisserij pakt mogelijk slecht uit voor bodemdieren.
- De afname van vispopulaties is bijna overal gestopt, maar ze herstellen zich gemiddeld genomen niet.
- De laatste tien jaar krimpen vogelpopulaties in Oosterschelde en Westerschelde, waarschijnlijk doordat de platen waarop veel vogels foerageren verdwijnen.
- In de duinen doen broedvogels het slecht.

Hoofdstuk 3: Kansen voor zoute en zilte natuur

Nederland heeft een internationale verantwoordelijkheid om te zorgen voor een goede staat van de zoute en zilte natuur. Er zijn al stappen gezet, maar voor verder herstel is meer nodig:

- Een ruim bemeten netwerk van volledig beschermde gebieden op zee waar planten en dieren ongestoord leven, maakt herstel van populaties van bodemdieren en vissen mogelijk.
- Innovaties in de visserij zijn nodig om de visserij te verduurzamen, zodat natuur buiten de beschermde gebieden een goede basiskwaliteit krijgt.
- Het is raadzaam om de natuurlijke dynamiek zo veel mogelijk te herstellen en de grenzen tussen water en land, en zout en zoet, minder hard te maken, op een manier die onze veiligheid ook bij een verdere stijging van de zeespiegel blijft waarborgen. Trekvissen en soorten die aan dynamiek en overgangsmilieus zijn gebonden zullen daarvan profiteren.
- Kennis over zoute en zilte natte natuur moet beter beschikbaar zijn en monitoringsgegevens moeten zodanig opgeschoond en opgeslagen worden, dat kwaliteit en uniformiteit geborgd zijn.

1. DE ZEE EN DE RANDEN VAN HET LAND

Dit tweede Nederlandse Living Planet Report van het Wereld Natuur Fonds, in samenwerking met Naturalis, soortenorganisaties en kennisinstituten, beschrijft de staat van de natuur in de Nederlandse zoute en zilte gebieden. Trendanalyses voor het rapport zijn uitgevoerd door het Centraal Bureau voor de Statistiek. Het eerste rapport (WNF, 2015) beschreef de natuur in heel Nederland; de zoute en zilte natuur was daarin beperkt tot de open Noordzee en de open duinen die onder invloed van zoute zeewind staan. Nu breiden we de gegevens voor Noordzee en duinen uit en voegen we de kustzone, de Waddenzee en de met de Noordzee verbonden delen van de Zuidwestelijke Delta - de Oosterschelde en de Westerschelde - toe. De Nederlandse rapporten zijn de nationale variant van het wereldwijde WWF Living Planet Report over de staat van de natuur op aarde, dat tweejaarlijks verschijnt.



GRENZELOZE NATUUR

Het Nederlandse deel van de Noordzee herbergt belangrijke natuurgebieden. De Nederlandse Waddenzee, met zijn bij eb droogvallende platen, vormt samen met de Duitse en Deense delen het grootste inter-getijdengebied ter wereld en behoort sinds 2009 tot UNESCO Werelderfgoed. In de Zuidwestelijke Delta mondt een van Europa's grootste rivieren uit in zee: de Rijn. Ook de Maas en de Schelde monden hier uit in zee, en de Westerschelde is één van de meest natuurlijke estuaria van West-Europa. De duingraslanden zijn van Europese betekenis omdat ze uitgestrekt en gevarieerd zijn. Kortom: de zoute en zilte gebieden van Nederland zijn van nationale en internationale waarde (Arens et al., 2009; Depreiter et al., 2013; Elias et al., 2012; Janssen & Schaminée, 2009; Marencic & De Vlas, 2009).

Dit eerste hoofdstuk schetst de betekenis van onze zoute en zilte landschappen voor de natuur en laat zien hoe het landschap op de grens van land en water is ontstaan.

Met de zoute en zilte natuur gaat het in sommige opzichten goed, maar in veel andere opzichten niet, zoals blijkt uit hoofdstuk 2. We beschrijven daarin de ontwikkelingen in de natuur aan de hand van de Living Planet Index (LPI), die de gemiddelde verandering in populatieomvang van een groot aantal planten- en diersoorten weergeeft vanaf 1990. De LPI is een breed aanvaarde maat voor veranderingen in de biodiversiteit (CLO, 1591; Buckland & Johnston, 2017; Santini et al., 2016; SCBD, 2014; Van Strien et al., 2016). We presenteren de index voor zes gebieden - open Noordzee, kustzone, Waddenzee, Oosterschelde, Westerschelde en duinen - en duiden die aan de hand van bestaande kennis.

In de indexen voor zout en zilt water zijn telgegevens verwerkt van ongewervelde dieren, vissen, foeragerende vogels en zeezoogdieren. Voor duinen zijn planten, sprinkhanen, vlinders, reptielen en broedvogels opgenomen. Exoten - soorten die kort geleden door menselijk toedoen hier terechtgekomen zijn - zijn niet meegeteld.

In hoofdstuk 3 zoeken we naar kansen om positieve ontwikkelingen in de zoute en zilte natuur te versterken en negatieve ontwikkelingen om te buigen, rekening houdend met bedreigingen en maatschappelijke randvoorwaarden, zoals veiligheid.

**DE ZOUTE EN ZILTE
GEBIEDEN VAN
NEDERLAND ZIJN
VAN NATIONALE EN
INTERNATIONALE
WAARDE**



**VEEL DIERSOORTEN
IN DE NOORDZEE,
KUSTZONE,
WADDENZEE,
ZUIDWESTELIJKE
DELTA EN DUINEN
ZIJN WARE
WERELDBURGERS**



**DOOR WERELDWIJDE
KLIMAATVERANDERING
VERLEGGEN SOORTEN
HUN GRENZEN**

De natuur in de Nederlandse zoute en zilte gebieden is geen puur Nederlandse natuur. Veel van de diersoorten die voorkomen in open Noordzee, kustzone, Waddenzee, Zuidwestelijke Delta en duinen blijven namelijk niet binnen landsgrenzen. Zo heeft de grijze zeehond zich vanuit Engeland weer in de Waddenzee gevestigd, waar hij in de middeleeuwen was uitgeroeid. De zeekat (een inktvis) zwemt vanuit de Noordzee naar de Oosterschelde om er te paren en eitjes te leggen. De kustzone, Waddenzee en Zuidwestelijke Delta fungeren als 'kinderkamers' waar jonge exemplaren van vissoorten als schol en tong opgroeien voordat ze naar de open Noordzee trekken. Trekvissen zwemmen vanuit het binnenland naar zee of omgekeerd om te paaien. De paling is kampioen langeafstandszwimmer: met een tocht van ruim 5000 km trekt hij vanuit onze polders de zee op en zwemt naar de Sargassozee om zich daar voort te planten.

Ook onder de vogels zijn er ware wereldburgers. De populatie jan-van-genten die in Engeland broedt, trekt via het Nederlandse deel van de Noordzee naar de westkust van Afrika om daar te overwinteren. In de duinen broeden Afrikagangers als tapuit en nachtegaal. De Waddenzee en Zuidwestelijke Delta worden jaarlijks bezocht door miljoenen trekvogels. Een voorbeeld is de lepelaar, die in het Waddengebied of de Zuidwestelijke Delta broedt en de winter doorbrengt in Afrika en Zuid-Europa. De bonte strandloper overwintert juist in Waddenzee en Zuidwestelijke Delta en broedt in het hoge noorden, en de in Siberië broedende kanoet maakt een tussenstop in de Waddenzee om bij te tanken als hij naar zijn overwinteringsgebied in West-Afrika trekt of omgekeerd.

Door wereldwijde klimaatverandering stijgt de gemiddelde temperatuur van het zeewater en verleggen soorten hun grenzen. Zo heeft een aantal soorten dat oorspronkelijk zuidelijker voorkwam zich in Nederland gevestigd, waaronder de kleine heremietkreeft.

Ook in een ander opzicht is de zoute en zilte natuur van oorsprong grenzeloos: water gaat geleidelijk over in land, zout gaat geleidelijk over in zoet. Op die overgangen van nat naar droog en van zout naar zoet leven bijzondere en kenmerkende soorten die zijn aangepast aan die overgangsmilieus. Veel van deze soorten komen daar in grote aantallen voor en zijn elders in Europa zeldzaam. Van die geleidelijke overgangen is echter veel verloren gegaan; ze hebben op grote schaal plaatsgemaakt voor harde grenzen.

DE RAFELRAND VAN NEDERLAND

Door de eeuwen heen is Nederland niet erg vormvast geweest. De grens tussen zee en land was rafelig: grillig van vorm en voortdurend aan het verschuiven en veranderen (Arens et al., 2009; Vos, 2015). Water en wind hadden er vrij spel en verplaatsten zand en slib, plant en dier, voedingsstoffen en afvalstoffen. Het kustgebied kende een grote dynamiek in ruimte en tijd.

Het kustlandschap kreeg vorm in een langdurig natuurlijk proces. Tot ongeveer het begin van de jaartelling had de mens daar nauwelijks invloed op. Het noorden en westen van Nederland bestonden toen hoofdzakelijk uit veen. Langs de westkust was het veengebied van zee gescheiden door beschermende strandwallen - door de branding neergelegde zandbanken van een paar meter hoog, evenwijdig aan de kust. Later maakten wind en vegetatie er vaak duinen van. Er waren doorgangen waar rivieren - de huidige Maas, Rijn en Schelde - in zee uitmondten.

Soms zette de zee zand af zodat stranden aangroeiden en soms sloeg het zeewater een stuk strand weg. Op het strand vormden zich steeds weer beginnende duinen met een ijle begroeiing van biestarwegras, die later ofwel verdwenen, ofwel aangroeiden tot grotere duinen. Regelmatig ontstonden er sluffers: geulen waardoor bij elke vloed zeewater met vers zand door de strandwal naar binnen stroomde; en kerven waar de zee doorbrak bij extreem hoge vloed. Landinwaarts stooft de wind kuilen uit tot op het grondwater en legde nieuwe duinen neer. De vegetatie in de duinen raakte vaak overstroomd of overstoven en moest dan weer opnieuw beginnen. Er waren dan ook veel pioniervegetaties en jonge vegetaties.

Langs de noordkust was zo'n strandwal er niet. Daar lag een grote ondiepe zee met eilanden en met vlakten die bij hoog water onderliepen: een inter-getijdengebied. De Eems mondde erin uit.

De Zuiderzee ontstond rond het begin van de jaartelling doordat de Noordzee vanuit het noorden in verbinding kwam te staan met grote binnenmeren: de Flevomeren. Op die nieuwe binnenzee, die deel ging uitmaken van het noordelijke inter-getijdengebied, loosden de IJssel, de Overijsselse Vecht, de Utrechtse Vecht en andere rivieren hun water. Het water in de binnenzee had van noord naar zuid een geleidelijk afnemend zoutgehalte. Het was zout bij het huidige Den Helder en zoet bij de mondingen van de rivieren en langs de zuid- en oostoevers.

**HET KUSTGEBIED
KENDE VROEGER EEN
GROTE DYNAMIEK IN
RUIMTE EN TIJD**

**AL IN DE ROMEINSE
TIJD BEGON DE MENS
HET KUSTGEBIED NAAR
ZIJN HAND TE ZETTEN**

De vroegste bewoners bouwden terpen waarop ze zich bij overstromingen vanuit rivieren en zee konden terugtrekken.

In de Romeinse tijd begon de mens het kustlandschap naar zijn hand te zetten door de natuurlijke dynamiek van water en wind in te dammen. Als eerste gingen de toenmalige bewoners het veen aan de kust van Zuidwest-Nederland ontwateren door sloten te graven die uitkwamen op sluffers. De drooggemaakte bodem klonk in en daalde. In combinatie met een langzaam stijgende zeespiegel kwam hierdoor bij hoog water de zee via sluffers en sloten steeds verder het gebied in. Zo was ook daar in 800 na Chr. een groot inter-getijdengebied ontstaan: de Zuidwestelijke Delta.

Om zich beter te beschermen en landbouw mogelijk te maken, gingen mensen in beide inter-getijdengebieden vanaf de vroege middeleeuwen dijken bouwen en stukken land inpolderen. Omstreeks 1500 na Chr. waren rivieren en kusten grotendeels bedijkt. Het land binnen de dijken werd ontwaterd en het veen werd afgegraven waardoor de bodem daalde. En waar de zee niet meer kwam, werd het land niet meer opgehoogd met nieuw aangevoerd zand of slib, zoals vroeger. Dat had onbedoelde gevolgen: er traden rampzalige overstromingen op. Bij vloed kwam het zeewater extra hoog te staan doordat het niet weg kon stromen naar het achterland. Bij een stormvloed, zoals de Sint-Elisabethsvloed van 1421, hielden de dijken het niet en verdronk het verlaagde land erachter. Als geijkte reactie verhoogde men de dijken, wat leidde tot nog meer rampspoed (Saeijs et al., 2004; Smits et al., 2006; Vos, 2015).

Het water werd een steeds grotere bedreiging, zoals Hendrik Marsman verwoordde in 'Herinnering aan Holland' (1936):

*en in alle gewesten
wordt de stem van het water
met zijn eeuwige rampen
geveesd en gehoord.*

**OM
VEILIGHEIDREDELEN
WERDEN UITEINDELIJK
ZEE EN LAND MET
HARDE GRENZEN
GESCEIDEN**

De overheid nam om veiligheidsredenen uiteindelijk rigoureuze maatregelen. Om verstuing en overstroming in de duinen tegen te gaan werd de buitenste duinenrij vanaf 1850 tot een zeereep vastgepind en verhoogd. Schermen van riet of takken en aangeplante helm hielden het zand vast (Arens et al., 2009; Provoost et al., 2011; Van Oosten et al., 2008). Langs de koppen van de eilanden van de Zuidwestelijke Delta, bij Den Helder en op de noordpunt van Texel werden zeedijken gebouwd om het land te verdedigen en langs delen van de kust werden strekdammen aangelegd die afslag voorkomen en aanspoelend zeezand vasthouden. Zee en duinen werden zo met een harde grens gescheiden.

De duinen achter de zeereep kwamen in de luwte te liggen, de zeewind kreeg er minder vat op. Bovendien legde men ze vast door helm en bomen te planten. Veel stuivend duin ging daarbij verloren.

In 1932 werd met de Afsluitdijk een groot deel van de Zuiderzee afgesloten van zee. Het binnendijkse deel ging verder als het IJsselmeer en het deel dat buiten de dijk lag als Waddenzee (Bremer, 1996). Na de watersnoodramp van 1953 werden dammen gebouwd tussen de eilanden van de Zuidwestelijke Delta om ook daar het zeewater definitief te weren: de Deltawerken.

Langzaam maar zeker werd de rafelrand vastgelegd. Het kustlandschap verstarde in ruimte en tijd: grillige grenzen werden strak, geleidelijke overgangen van zout naar zoet maakten plaats voor abrupte scheidingen. Zee en land bleven op hun vaste plaats. Dat had voor de natuur van kust, duinen, de Zuiderzee, de Waddenzee en de Zuidwestelijke Delta grote gevolgen. Zo ging in de voormalige Zuiderzee en de Zuidwestelijke Delta een groot areaal aan leefgebieden verloren voor dieren en planten die floreren op de grens van nat en droog en op de grens van zout en zoet (Troost et al., 2012 b) (zie: 'Leefgebied kwijt'). De vele dammen en dijken maakten de migratie voor trekvisser moeilijk (zie: 'Laten we de aal glippen?').

Tegen de afsluiting van de Zuiderzee kwam wel protest van vissers, die hun broodwinning verloren zagen gaan, maar niet van natuurbeschermers. Zij accepteerden de dijk en volgden de veranderingen in de (voormalige) Zuiderzee. H.C. Redeke legde in 1922 de oorspronkelijke natuur nog vast voor het te laat was in het boek 'Flora en fauna der Zuiderzee: monografie van een brakwatergebied'. Over het Waddengebied maakte niemand zich druk: dat was ver weg, onbekend en ontoegankelijk (Deen, 2015). Pas later groeide de belangstelling voor natuur en natuurlijke processen en werd duidelijk hoe ingrijpend het was om inter-getijdengebieden af te sluiten. In 1965 werd de Landelijke Vereniging tot Behoud van de Waddenzee (de huidige Waddenvereniging) opgericht om te voorkomen dat de Waddenzee verder werd ingepolderd. Daar waren toen plannen voor, maar die werden in 1971 afgeblazen (Bremer, 1996).

Voor de Deltawerken gold hetzelfde. In 1957 werd het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek opgericht om de effecten van de Deltawerken op flora en fauna te onderzoeken. Pas in de jaren zeventig kwam er protest, en ook hier liepen de vissers voorop. Pas later sloten natuurbeschermers zich aan (De Schipper, 2008).

**IN DE VOORMALIGE
ZUIDERZEE EN DE
ZUIDWESTELIJKE
DELTA GING EEN
GROOT AREAAL
AAN LEEFGEBIEDEN
VERLOREN VOOR
DIEREN EN PLANTEN
DIE FLOREREN OP DE
GRENS VAN NAT EN
DROOG EN OP DE GRENS
VAN ZOUT EN ZOET**



Het protest was nog net op tijd. De Oosterschelde zou als laatste zeearm van zee worden afgesloten met een dam die al in aanbouw was. Die bouw werd gestopt, en in plaats daarvan kwam er een stormvloedkering met schuifdeuren die alleen bij extreem hoog water worden gesloten.

Eeuwenlang heeft de mens de natuur naar zijn hand willen zetten om veiligheid te scheppen, maar daarmee ontstonden vaak nieuwe problemen. Steeds ingrijpendere oplossingen waren nodig, waarbij de natuur steeds meer in het nauw kwam. De zeespiegelstijging door klimaatverandering vormt nu een nieuwe uitdaging. De kans is bijvoorbeeld groot dat de Waddenzee zal verdrinken, dat wil zeggen dat hij van een inter-getijdgebied zal veranderen in een lagune, een niet-droogvallende binnenzee (Schuttenhelm, 2017).

Moeten we dat weer met technologische ingrepen tegengaan, of kunnen we onszelf en ons land beschermen en tegelijkertijd de natuur versterken door in te spelen op natuurlijke processen? Is het mogelijk dat we over 50 jaar veilig leven in een meer natuurlijke delta met een florerende natuur?

**EEUWENLANG HEEFT DE MENS DE NATUUR
NAAR ZIJN HAND WILLEN ZETTEN, WAARBIJ
DE NATUUR STEEDS MEER IN HET NAUW
KWAM. DE ZEESPIEGELSTIJGING DOOR
KLIMAATVERANDERING VORMT NU EEN
NIEUWE UITDAGING**

Leefgebied kwijt

De Zuiderzee was een belangrijk paai-, opgroei- en verblijfgebied voor een aantal zout- en brakwatervissen. Dat was te danken aan de relatief rustige omstandigheden en aan de geleidelijke overgang van zout naar zoet. Na afsluiting van de Zuiderzee verloren deze 'brakke' soorten een deel van hun leefgebied.

De Zuiderzeeharing was de talrijkste soort. In het voorjaar trokken enorme scholen volwassen haring de Zuiderzee in om te paaieren in de ondiepe kustwateren van het zuidelijke, minder zoute gedeelte. Ze paaiden op planten, wieren en stenen waar de eitjes aan vastkleven. De jonge haringen groeiden zeer snel en vertrokken na een verblijf van 6 maanden tot een jaar naar de Noordzee om daar verder te groeien. Tweejarige vissen, de zogenoemde halve haringen, trokken in het voorjaar met de scholen volwassen haringen mee de Zuiderzee op.

Ook voor ansjovis vormde de Zuiderzee een belangrijk paaigebied. Geslachtsrijpe exemplaren trokken in mei en juni massaal binnen en paaiden in zilte gedeelten in het noordelijke deel. De jonge vissen verlieten de Zuiderzee om in de Noordzee verder op te groeien. Bot en schol trokken als jonge vis juist het voedselrijke water van de Zuiderzee in om daar op te groeien tot volwassen vis. Ze gingen vervolgens terug naar zee waar ze zich voortplantten.

Spiering verbleef als volwassen vis in het zilte deel van de Zuiderzee. De vis trok omstreeks maart in groten getale de IJssel op om te paaieren in zoet stromend water. De grootste massa paaide rond Zwolle, sommige dieren trokken verder (Havinga, 1924; Van den Ende, 1847). De larven lieten zich met het water mee stromen en verspreidden zich over het zuidelijke deel van de Zuiderzee, waar ze opgroeiden tot volwassen vissen.

Trekvogels en overwinterende vogels die foerageerden in de brakke Zuiderzee hadden in het nieuwe, zoete IJsselmeer niets meer te zoeken. Onder de vroegere overwinteraars waren bijzondere soorten: de Aziatische goudplevier en de nu vrijwel zeker wereldwijd uitgestorven dunbekwulp (Jukema & Piersma, 2002, 2004).

Naast vogels en vissen leefden er ook slakken, schelpdieren en planten die sterk aan brakke milieus zijn aangepast en elders niet of nauwelijks voorkomen (CLO, 1601; van Moorsel & van Leeuwen, 2013).





Laten we de aal glippen?

Het gaat erg slecht met de aal (Heessen et al., 2015). Vanaf de jaren tachtig is de intrek van jonge aal (glasaal) in het IJsselmeer sterk afgenomen (CLO, 1227). De voornaamste oorzaken van achteruitgang zijn de blokkade van migratieroutes door dijken en dammen waaronder de Afsluitdijk, de vermaling door waterkrachtcentrales en gemalen, en de visserij. Ook verlies van leefgebied, klimaatverandering, vervuiling, ziektes en parasieten spelen een rol. Sinds 2008 heeft de aal de status 'Ernstig Bedreigd' op de internationale Rode Lijst (IUCN).

De Europese aal, of paling, met zijn gladde slijmerige huid, is één van de bekendste vissen en was eeuwenlang een belangrijke consumptievish. Hij heeft een complexe levenscyclus waarin migratie noodzakelijk is. De vissen leggen een afstand van meer dan 5000 kilometer af om zich in de Sargassozee voort te planten; dat doen ze maar één keer in hun leven (Van Ginneken et al., 2005). De larfjes zweven maanden in de Atlantische Oceaan om uiteindelijk als glasaal aan te komen bij de Europese kust. Daar trekken ze het zoete water in om verder op te groeien in sloten, rivieren en meren. Na 15 tot 20 jaar worden ze geslachtsrijp en trekken ze als schieraal weer naar zee, op weg naar het voortplantingsgebied.

Om te voorkomen dat deze bijzondere trekvis ons ontglipt, is in 2007 de Europese Aalverordening van kracht geworden. Alle lidstaten, waaronder Nederland, hebben in 2009 een Aalbeheerplan opgesteld met maatregelen om de sterfte te verminderen en migratieroutes te ontsluiten. De visserij is enigszins ingeperkt, onder meer met een visverbod van drie maanden, en beroepsvissers zetten een klein deel van de paling die ze vangen de dijk over. De waterbeheerders maken een aantal gemalen en sluizen passeerbaar en/of visveilig, mede voor de aal.

De intrek van de glasaal is echter nog steeds historisch laag; minder dan drie procent van wat het was in de periode 1960-1979 (ICES, 2016). Sinds de invoering van het Aalbeheerplan is de sterfte iets afgenomen, maar de uittrek van schieraal is nog steeds ver beneden de doelstelling van 40 procent van de oorspronkelijke aantallen (Van de Wolfshaar et al., 2015). Om de doelstelling te halen zijn beter beheer en strengere maatregelen noodzakelijk.

ZOUTE EN ZILTE LEEFGEBIEDEN



OPEN NOORDZEE

Het Nederlandse deel van het continentaal plat van Europa vanaf de dieptelijn van twintig meter onder Normaal Amsterdams Peil (NAP).

KUSTZONE

De Noordzee vanaf het bij normale vloed overstroomde strand tot een diepte van twintig meter onder NAP. Ook de Noordzeekust van de Waddeneilanden en de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden horen erbij.

WADDENZEE

De binnenzee tussen de Waddeneilanden en de kust van Noord-Holland, Friesland en Groningen, en alles in dit gebied dat bij normale vloed door zeewater wordt overspoeld.

OOSTERSCHELDE

Het water en alles dat bij normale vloed wordt overspoeld.

WESTERSCHELDE

Het Nederlandse deel van de riviermonding; water en alles dat bij normale vloed wordt overspoeld.

DUINEN

Het droge strand, de zeereep en de open duinen en struwelen daarachter, inclusief stukken die soms door zeewater worden overspoeld, zoals de Slufter op Texel en de Kerf bij Schoorl. Duinbossen, zoetwaterplassen, sprangen en kanalen horen er niet bij.

Noordzee: onderwaterlandschap

Onder de grijze en onafzienbare watervlakte verbergt zich een complex 'zeeschap' waarin verschillende specifieke leefgebieden voor dieren en planten te onderscheiden zijn.

In de laatste ijstijd lag het Nederlandse deel van de Noordzee droog en liepen er rivieren doorheen (Vos, 2015). De bodem draagt daar nog sporen van. Zo zijn er verhoogde zandbanken, met een grote diversiteit aan diersoorten. De Doggersbank - een landtong in de laatste ijstijd - is de grootste en rijst bijna 30 meter uit de zeebodem op. Ook de Bruine Bank vormt een kenmerkende verhoging in de Noordzee.

Bij het Friese Front stuit water dat vanuit het Kanaal de Noordzee instroomt naar het noorden op water dat vanuit de Atlantische Oceaan langs de kust van Schotland en Engeland naar het zuiden gaat. De twee stromen buigen gezamenlijk af naar het oosten en vervolgens naar het noorden. Het water is rijk aan voedingsstoffen, afkomstig van de kusten en van de koude onderlaag, die hier naar de oppervlakte komt. De zeebodem loopt vrij steil af van zuid naar noord waardoor de stroming vertraagt. Daarbij verandert de ondergrond van zand naar slib.

De Centrale Oestergronden vormen een diepe kom met een bodem van slib. De oesterbanken die dit gebied ooit bedekten en hem zijn naam gaven, zijn verdwenen. 's Zomers is het water hier gelaagd: een bovenlaag van warm water op een koude onderlaag. In het najaar mengen de lagen weer door stormen.

Op andere plaatsen bestaat de ondergrond niet alleen uit zand, maar ook uit hard materiaal. Deze gebieden vormen een bijzonder leefgebied. Het grootste is de Klaverbank, het restant van een rivierbedding met een bodem van grof zand, grind en stenen. De Borkumse Stenen - een gebied op de grens met Duitsland - is bezaaid met grind en grote stenen, ooit achtergelaten door gletsjers.

Langs de kust is het water ondieper, warmer en rijker aan voedingsstoffen dan op open zee (CLO, 1243).

Waddenzee: inter-getijdenlandschap

In het Waddengebied gaat land over in zee. De kombergingen - bekkens tussen het vaste land en de eilanden die van elkaar gescheiden zijn door ondiepe wantijen - staan altijd vol water, net als de geulen. De eilanden zijn grotendeels droog. Daartussen, in het inter-getijdengebied, vervaagt de grens. Er zijn grote platen die onderlopen bij vloed en droogvallen bij eb. Platen kunnen los liggen of aan droog land grenzen; in dat laatste geval worden ze ook wel slikken genoemd.

Het verschil in waterdiepte bij eb en vloed is gemiddeld twee meter. Het water is iets minder zout dan dat van de Noordzee doordat water vanuit het IJsselmeer wordt geloosd en aan de grens met Duitsland de Eems in de Waddenzee uitmondt.

De Waddenzee is afwisselend: het westelijke deel is opener naar de Noordzee toe dan het oostelijke deel, de eilanden en kombergingen zijn er groter, het water is dieper en onrustiger en het verschil tussen eb en vloed is kleiner.

Het systeem is veranderlijk. Kombergingen en geulen verleggen zich onder invloed van wind en waterstroming, evenals zand- en slibplaten. De eilanden Rottumeroog en Rottumerplaat verplaatsen zich langzaam doordat zand aan de noordkant wegspoelt en aan de zuidkant zand en slib neerslaat.

Zuidwestelijke Delta: vastgelegd landschap

De Zuidwestelijke Delta grenst aan open zee en bestaat uit eilanden en binnenwateren. Er monden drie grote rivieren in uit: Maas, Rijn en Schelde. Het landschap is grotendeels door mensen vastgelegd. De prominente dijken en dammen zijn harde grenzen die de waterlichamen van land, van zee en van elkaar scheiden.

Naast de Nieuwe Waterweg, die de Rotterdamse havens met de Noordzee verbindt, zijn er vier 'zeearmen'. Zij verschillen sterk van elkaar.

De meest noordelijke van de vier zeearmen, het Haringvliet, vangt het water op dat Maas en Rijn afvoeren en spuit dat op zee. Het is een zoet meer zonder getij, gescheiden van de zee via een grote dam en spuisluisen.

**DE WADDENZEE IS
VERANDERLIJK.
KOMBERGINGEN EN
GEULEN VERLEGGEN
ZICH ONDER INVLOED
VAN WIND EN
WATERSTROMING,
EVENALS ZAND- EN
SLIBPLATEN**

**DE PROMINENTE DIJKEN
EN DAMMEN VAN DE
ZUIDWESTELIJKE
DELTA ZIJN HARDE
GRENZEN DIE DE
WATERLICHAMEN VAN
LAND, VAN ZEE EN VAN
ELKAAR SCHEIDEN**

Het Grevelingenmeer is van riviertakken en zee afgesloten, maar ontvangt zeewater via een doorlaat in de Brouwersdam. Sinds kort is er via de Flakkeese spuisluis bovendien uitwisseling met de Oosterschelde. Het is een zout meer zonder getij, het grootste zoutmeer van Europa.

De Oosterschelde, die ook geen rivierwater ontvangt, heeft een verbinding met zee via de stormvloedkering, die alleen bij extreem hoog water gesloten wordt. Het is daardoor een zoute baai met een getij, uniek voor Nederland.

De Westerschelde, tenslotte, is een geheel open verbinding tussen de Schelde en de Noordzee met een getij en geleidelijke overgangen van zoet naar zout.

Duinen: randen van het droge landschap

**DE ZANDDUINEN LANGS
DE NOORDZEKUST
KENNEN EEN
AFWISSELING IN KAAL
ZAND EN VEGETATIE,
NATTE EN DROGE
VALLEIEN, NOORD-
EN ZUIDHELLINGEN,
GRASLAND, STRUWEEL
EN BOS**

De zandduinen langs de Noordzeekust kennen afwisselend kaal zand en vegetatie, natte en droge valleien, noord- en zuidhellingen, grasland, struweel en bos. Naast deze lokale variaties zijn er twee variaties op grotere schaal. Ten eerste is er een 'kalkgrens' bij Bergen aan Zee: de duinen ten noorden van die grens zijn arm aan kalk en mineralen als ijzer en aluminium, de duinen ten zuiden ervan zijn rijk aan deze stoffen. Ten tweede is er een gradiënt van west naar oost: verder van zee bevat de bodem minder zout, minder kalk en meer organisch materiaal.

In de inter-getijdengebieden, in de Waddenzee en in de Zuidwestelijke Delta, grenzen kwelders – de Zeeuwse naam is schorren - aan het water. Dit zijn stukken land die meestal droog staan, maar bij springtij of stormvloed kunnen overstromen, zoals de Boschplaat op Terschelling. Ze ontstaan als slikken begroeid raken met pionierplanten, die zand of slib vasthouden. Kwelders groeien aan waar het water zo rustig is dat zand of slib kan bezinken. Waar het water met hoge snelheid stroomt en waar wervelingen zijn, kalven ze juist af. Er zijn zoute, zilte, brakke en zoete kwelders, elk met hun eigen kenmerkende planten en dieren.

De Westerschelde heeft de hele reeks van zout tot zoet (Arens et al., 2009; Meire et al., 2005), waaronder het Verdrongen Land van Saeftinghe, het grootste brakwaterschor van Europa.

2. VERANDERINGEN IN ZOUTE EN ZILTE NATUUR

De mens heeft de afgelopen eeuwen veel invloed gehad op de zoute en zilte natuur. Het bouwen van dijken en dammen en het vastleggen van duinen in de strijd tegen het water, de intensieve visserij op schelpdieren, garnalen en vissen, de komst van exoten en in recente jaren de verandering van het klimaat, hebben hun sporen nagelaten op de natuur. Veel natuur is verloren gegaan, maar we zien ook dat sommige soorten zich kunnen herstellen. In dit hoofdstuk beschrijven we de ontwikkelingen in de natuur aan de hand van een historische analyse en de Living Planet Index (LPI), die de gemiddelde verandering in populatieomvang van een groot aantal planten- en diersoorten weergeeft vanaf 1990. We presenteren de index voor zes gebieden - open Noordzee, kustzone, Waddenzee, Oosterschelde, Westerschelde en duinen - en duiden die aan de hand van bestaande kennis.



NATUUR IN DE NOORDZEE

Tot begin vorige eeuw leefden in de Noordzee grote aantallen van vissoorten als haring, heilbot, kabeljauw en vleet; zelfs blauwvintonijn kwam er voor. Rond 1880 was een aanzienlijk deel van de bodem bedekt met oesterbanken en floreerde het bodemleven. Visetende vogels en zeezoogdieren als bruinvis en tuimelaar waren algemeen. De rijkdom aan soorten en hun gemiddelde populatieomvang namen in de vorige eeuw sterk af (Wortelboer, 2010).

De belangrijkste oorzaken van die achteruitgang waren de intensieve visserij en de jacht.

Door de intensieve visserij waren veel commerciële vissoorten rond 1990 - het startpunt van de LPI - schaars geworden of zelfs verdwenen (CLO, 0073; Redeke, 1941; Van Bemmelen, 1866). Ook met niet-commerciële soorten, zoals enkele roggensoorten, ging het slecht doordat ze als bijvangst werden opgevisst (CLO, 1249; Gmelig Meyling, 2009; Heessen & Ellis, 2009; Walker, 1998).

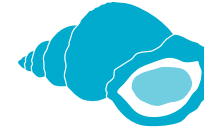
De visserij had ook een groot effect op ongewervelde bodemdieren. Door de boomkorvisserij op platvis, die na 1960 sterk opkwam en de meest gebruikte Nederlandse visserijtechniek werd, verloor de Noordzeebodem veel aan structuur (Lindeboom et al., 2009). Een boomkor is een sleepnet dat wordt opgehouden door een metalen buis. Aan de boomkor bevestigde kettingen worden over en door de bodem getrokken om platvis vanuit de bovenste zandlaag het net in te jagen. Zo ploegden de vissersschepen de bodem om tot een kale zandvlakte. Vroegere grofveenbanken verdwenen, net als veel stenen.

Door met name overbevissing en vernieling van substraat zijn de oesterbanken bijna helemaal verdwenen. Ook veranderingen in het weer en ziektes hebben mogelijk een rol gespeeld (De Bruyne et al., 2013; Olsen, 1883; Smaal et al., 2013). Ongewervelde bodemdieren die zich vestigen op een harde ondergrond, zoals op veenbanken, stenen en oesterbanken, verloren daardoor veel leefgebied. Dodemansduim, een nu zeldzame zachte koraalsoort, verdween bijna helemaal uit het Nederlandse deel van de Noordzee. Met de oesterriffen verdween een foerageergebied, opgroeigebied en schuilgebied voor veel diersoorten.

Ook op zand- en slibbodems was de boomkorvisserij funest voor veel ongewervelde bodemdieren, die werden gedood of beschadigd.

ROND 1880 WAS EEN AANZIENLIJK DEEL VAN DE NOORDZEEBODEM BEDEKT MET OESTERBANKEN EN FLOEREERDE HET BODEMLEVEN

DOOR OVERBEVISSING, VERANDERINGEN IN HET KLIMAAT EN MOGELIJK ZIEKTEN VERDWENEN DE OESTERBANKEN BIJNA HELEMAAL



Langlevende soorten als noordkromp - een schelpdier dat wel 400 jaar oud kan worden - en wulk (een slak) bleken het meest kwetsbaar. De boomkorvisserij is vooral schadelijk in dieper water, waar weinig natuurlijke verstoring is, en op bodems van fijn zand en slib (CLO 1251, 1595; Hiddink et al., 2006; Kaiser et al., 2000; Ten Hallers-Tjabbes & Gmelig-Meyling, 2009; Van Denderen, 2015; Van Denderen et al., 2014; Van Leeuwen & Gmelig Meyling, 2015).

Visetende zeezoogdieren waren sterk achteruit gegaan. De bruinvis was rond 1990 bijna uit het Nederlandse deel van de Noordzee verdwenen (Camphuysen & Trouwborst, 2009; Wolff, 2000); waarschijnlijk speelden het verlaagde voedselaanbod en de jacht een rol. De vogelpopulaties waren voor 1900 al sterk afgenomen door het rapen van eieren en jacht (De Rijk, 2015; Shrubbs, 2013). Maar sommige soorten, zoals drieteenmeeuw, noordse stormvogel en zeekoet, wisten zich deels te herstellen doordat vissers grote vissen wegingen, zodat het aantal kleinere vissen, het voedsel van deze vogels, toenam.

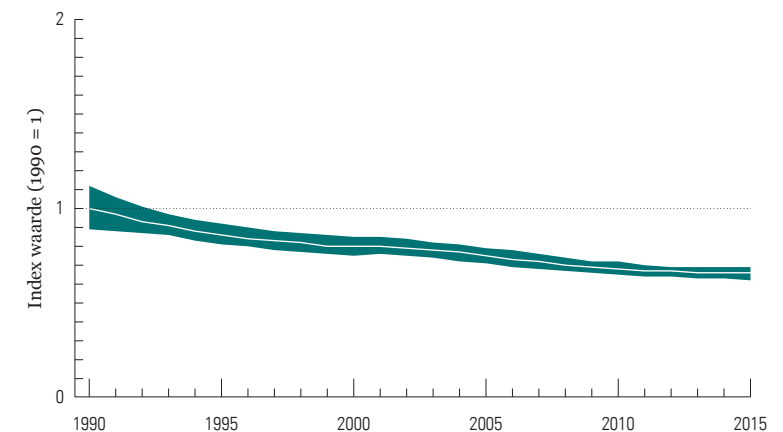
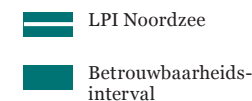
Living Planet Index Noordzee

De populatieomvang van dieren die leven in of foerageren boven de open Noordzee is tussen 1990 en 2015 gemiddeld afgenomen; de laatste tien jaar waren de populaties stabiel (CLO, 1575). Na de grote achteruitgang van de vorige eeuw is het tij dus nog niet gekeerd.

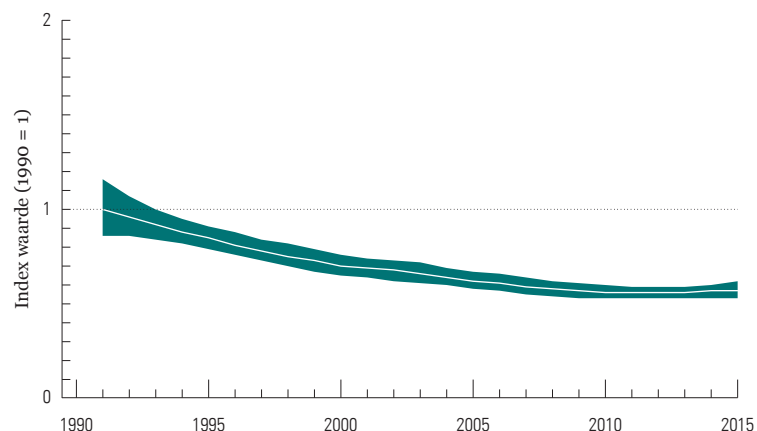
Figuur 1: LPI Noordzee

De omvang van dierpopulaties in de open Noordzee nam sinds 1990 gemiddeld af en bleef de laatste tien jaar stabiel. De index is gebaseerd op 91 soort(groep)en ongewervelde dieren, 31 soorten vissen, 17 soorten foeragerende vogels en bruinvis; totaal 140 soorten.

Legenda



Het totaalbeeld wordt vooral bepaald door de vele soorten ongewervelde bodemdieren die in de LPI zijn opgenomen. Hun populaties zijn gemiddeld achteruitgegaan (CLO, 1595).



Figuur 2: LPI Noordzee, bodemdieren

De omvang van populaties bodemdieren in de open Noordzee nam sinds 1990 gemiddeld af. De index is gebaseerd op 85 soort(groep)en ongewervelde bodemdieren.

Legenda

-  LPI Noordzee, bodemdieren
-  Betrouwbaarheidsinterval

Kwallen (vier soorten) en zeedruif bleven stabiel; van de gevreesde ‘verkwalling’ als gevolg van overbevissing (Purcell, 2012) is in de Noordzee dus niet duidelijk sprake.

Populaties van vissen bleven gemiddeld stabiel (CLO, 1584).

Zeevogelpopulaties bleven gemiddeld stabiel over de hele periode, maar gingen de laatste tien jaar iets achteruit (CLO, 1576).

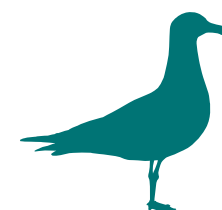
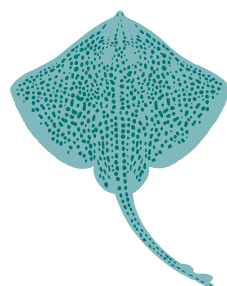
De bruinvis, die rond 1990 nauwelijks meer aanwezig was, nam sterk toe (CLO, 1250) (zie: ‘De bruinvis is terug’).

De visserij bleef van grote invloed op het leven in de Noordzee. De visserij-intensiteit nam sinds het jaar 2000 af vanwege verminderde opbrengsten en dankzij het gemeenschappelijk visserijbeleid van de Europese Unie. Mede daardoor gingen sommige commerciële vissoorten - onder meer haring, schol en tong - vooruit (CLO, 0578, 0587; Fernandes & Cook, 2013). Ook een aantal niet actief-beviste soorten nam toe - waaronder dwergtong, grauwe poon, hondshaai en gevlekte rog. Andere soorten, zoals horsmakreel en schelvis, gingen achteruit (CLO, 0073; Heessen et al., 2015; Heessen & ter Hofstede, 2005; Prins et al., 2011).

Hoewel de gevlekte rog toenam, zijn op het strand geen grotere aantallen eikapsels gevonden (CLO, 1249). Kennelijk is de toename van volwassen dieren deels het gevolg van immigratie vanuit andere gebieden, maar planten ze zich in de Nederlandse Noordzee nauwelijks voort.

De boomkorvisserij is bijna geheel verdwenen en deels vervangen door de pulskorvisserij. Met deze techniek worden bodemvissen

DE VISSERIJ BLEEF VAN GROTE INVLOED OP HET LEVEN IN DE NOORDZEE



NAAST DE VISSERIJ WAS DE HOGERE TEMPERATUUR DOOR KLIMAATVERANDERING VAN INVLOED OP DE DIERPOPULATIES

niet met kettingen, maar met elektrische prikkels opgeschrikt, zodat de bodem minder heftig beroerd wordt. De pulskorvisserij vindt bovendien op kleinere schaal plaats (CLO, 0587, 1251). Toch bleef een herstel van ongewervelde bodemdieren toe nu toe uit. Het is mogelijk dat de boomkorvisserij, hoewel bijna verdwenen, toch nog te intensief was, want een lage intensiteit is al schadelijk (Van Denderen, 2015). Daarnaast worden ook bij pulsvisserij, waarbij het net over de bodem sleept, ongewervelde bodemdieren weggevangen, gedood of verspreid (CLO, 1251; Rasenberg et al., 2013). Hoe groot dit effect is, is nog niet duidelijk (Rijnsdorp et al., 2016). Ook vindt er op de Noordzee zegenvisserij plaats: een vorm van bodemberoerende visserij waarmee een relatief groot oppervlak wordt bevestigd (Eigard, 2016; Verkempynck & van der Reijden 2015). Tenslotte kunnen niet alle soorten die verdwenen zijn weer terugkeren, omdat de bodem als leefgebied door de visserijactiviteiten minder gevarieerd is geworden (Kaiser et al., 2002). In een gebied rond een gasplatform dat was gesloten voor alle vormen van visserij deden verschillende soorten bodemdieren, waaronder de zeer kwetsbare noordkromp (Duineveld et al., 2007), het beter dan in bevestigd gebied.

De aantallen zeevogels hangen voornamelijk af van het voedselaanbod (Prins et al., 2011). Sommige zeevogels profiteerden van de ondermaatse vis die door vissers overboord gegooid werd (Garthe et al., 1996). Met de afname van de visserij verminderde die voedselbron.

Naast de visserij was de hogere temperatuur door klimaatverandering van invloed op de dierpapulaties. Hoewel de populatieomvang van vissoorten gemiddeld genomen stabiel was, traden er wel verschuivingen op in de soortensamenstelling. Vissen met een tot voor kort meer zuidelijk verspreidingsgebied namen toe, waaronder ansjovis en sardien. Daardoor groeide het aantal soorten (CLO, 1583; Beare et al., 2004; Daan et al., 2005; Hiddink & ter Hofstede, 2008; Ter Hofstede et al., 2010).

Het aandeel van grote vissen nam af en het aandeel van kleine vissen toe, waarschijnlijk deels door de visserij en mogelijk ook door klimaatverandering (CLO, 1247; Daan et al., 2005). Als koudbloedige dieren blijven vissen kleiner bij een hogere watertemperatuur, omdat daarin minder zuurstof oplost, terwijl de behoefte aan zuurstof toeneemt; kleinere dieren hebben minder snel een tekort aan zuurstof (Baudron et al., 2014).

De vervuiling van de Noordzee is de laatste jaren afgenomen (I&M & LEI, 2012; Prins et al., 2011). Een probleem dat echter alleen maar groter wordt, is het zwerfvuil, met name plastic. Voor veel vogels en vissen is dit schadelijk (zie: ‘Zwaar op de maag’).

Zwaar op de maag

De consumptie van plastic is schadelijk voor zeevogels en andere zeedieren, zoals vissen. Stukjes plastic kunnen de maag beschadigen of verstopten en opname van voedsel blokkeren, zodat de vogels verhongeren. Bovendien zijn aan plastic vaak zware metalen of moeilijk afbreekbare organische verbindingen zoals vlamvertragers gebonden, die in onder meer veren en vetweefsel worden opgenomen (Browne et al., 2015; Lavers et al., 2014; Tanaka et al., 2013).

De maaginhoud van dood aangetroffen noordse stormvogels weerspiegelt de hoeveelheid plastic die rondrijft op zee. Deze vogels eten vissen, pijlinktvis en plankton, prooien die ze meestal vlak onder het wateroppervlak opscheppen. Zo happen ze ook stukjes drijvend plastic op. Ze braken de onverteerbare resten van hun prooien niet uit, zoals meeuwen dat doen, maar houden het achter in de spiermaag. Ook ingeslikte stukjes plastic blijven daar achter. Binnen een paar weken, en misschien zelfs sneller, zijn ze versleten of vermalen tot kleine deeltjes die via de darmen kunnen worden uitgescheiden. De maaginhoud van een noordse stormvogel geeft dus een beeld van wat hij de laatste weken aan plastic binnenkreeg (van Franeker, 2009; van Franeker et al., 2011; van Franeker & Law, 2015).

Het percentage noordse stormvogels met plastic in de maag liep op van 91 procent in 1980 naar 98 procent in 2000 en de hoeveelheid plastic in de magen verdubbelde bijna. Sinds 2005 was het percentage vogels dat plastic meedraagt stabiel, ongeveer 95 procent, en de hoeveelheid per vogel was lager dan in 1980. Het aandeel van industrieel plastic - kleine korrels die gebruikt worden bij de fabricage van plastic producten - nam af. Het aandeel van gebruiksplastic, vooral afkomstig van scheepvaart, visserij, aquacultuur en offshore-industrie, nam toe (CLO, 1105; van Franeker et al., 2011).

De noordse stormvogel is sinds 1990 sterk in aantal achteruitgegaan.

Wereldwijd stijgt het percentage zeevogels met plastic in de maag. In 2050 zal 99 procent van de vogels plastic hebben ingeslikt als er niets tegen deze vervuiling wordt gedaan (Wilcox et al., 2015).



Leven op wrakken en windmolens

Tot ruim 100 jaar geleden was 20 procent van de Nederlandse Noordzeebodem bedekt met hard materiaal: oesterriffen, stenen en veenbanken (Olsen, 1883). Zij vormden soortenrijke oases met karakteristieke bewoners in een verder vooral zandige omgeving. Veel organismen - waaronder wieren, anemonen en schelpdieren - vestigen zich namelijk graag op harde ondergrond. Hun aanwezigheid trekt weer kruipende en zwemmende dieren aan zoals krabben, kreeften en bepaalde vissen.

Door menselijk toedoen is veel harde ondergrond verdwenen. Alleen op de Klaverbank en bij de Borkumse Stenen zijn nog stenen, grind en keien in grote dichtheden te vinden. Maar er zijn nieuwe structuren bijgekomen in de vorm van scheepswrakken, vliegtuigwrakken, olie- en gasplatforms en windmolens. Ook deze fungeren als vestigingsplaats voor veel organismen; het aantal soorten en de biomassa op en rond de objecten is veel groter dan in het omringende zand (Bouma et al., 2009; Coolen, 2017; Gmelig Meyling et al., 2012, 2013). De functie van stenen en oesters als hard leefgebied op de bodem is nu voor een deel overgenomen door staal, beton en stortsteen.

Hoger in de waterkolom en op de grens van water en lucht kwam hard materiaal van oorsprong niet voor. Hier kunnen nu soorten op nieuwe objecten leven die er anders niet zouden zijn, zoals wieren, mosselen en zeepokken. Daar zit ook een nadeel aan: de objecten kunnen de verspreiding van exoten versnellen. Daarnaast kunnen draaiende windmolens en verlichte olieplatforms vogels en vleermuizen doden, verstoren of verwarren (Dirksen et al., 2009; Marquenie et al., 2009).



© Cor Kuyvenhoven - scheepswrak

De bruinvis is terug

In het Nederlandse deel van de Noordzee verblijven de laatste jaren van september tot april tienduizenden bruinvissen. Een spectaculair verschil met het zeer geringe aantal dieren aan het eind van de vorige eeuw. Vooral het aantal jonge mannetjes nam sterk toe; die kwamen waarschijnlijk uit noordelijker gebied, waar ze weinig voedsel, met name zandspiering, vonden. Zowel vanaf de kust als op open zee worden ook jonge kalfjes waargenomen en in de zomer spoelen geregeld zwangere wijfjes en pas geboren jongen aan. Dat betekent dat de soort zich in Nederlandse wateren voortplant (Camphuysen, 2011; Camphuysen & Peet, 2006; Camphuysen & Trouwborst, 2009; Hammond et al., 2013).

Toch is de Noordzee geen veilige omgeving voor bruinvissen, zo blijkt uit onderzoek aan gestrande dieren. Jaarlijks spoelen er tegenwoordig honderden dieren aan op Nederlandse stranden, waarvan er vele verminkt zijn. Een deel van de gestrande en verminkte dieren is in visnetten verdrinken. Daarnaast is een roofvijand, de grijze zeehond, verantwoordelijk voor een deel van de sterfte (Leopold et al., 2015 a,b). Vooral jonge dieren in goede conditie, dus met een dikke speklaag, worden slachtoffer.

Vervuiling met PCB's (polychloorbifenylen) is een ander probleem: deze stoffen tasten het afweersysteem en de vruchtbaarheid aan. In aangespoelde bruinvissen in de Nederlandse wateren worden de hoogste gehalten van de hele Noordzee aangetroffen (Camphuysen & Siemensma, 2011).

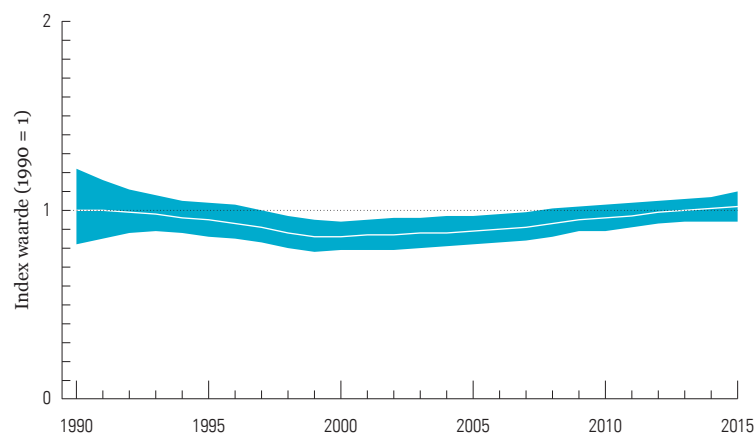
Harde geluiden onder water, zoals van scheepvaart, explosies, seismisch onderzoek, zandwinning en het heien van palen voor windparken, kunnen het gevoelige gehoor van de dieren aantasten, en ze blijven dan ook op afstand van zo'n geluidsbron (Koschinski et al., 2003; Madsen et al., 2006).



© Jieger Heider - bruinvis

Living Planet Index kustzone

Sinds 1990 is de omvang van dierpopulaties in de kustzone gemiddeld genomen stabiel gebleven (CLO, 1596). Er was geen verdere achteruitgang na het grote verlies in de vorige eeuw, maar ook geen herstel.



Figuur 3: LPI kustzone

De omvang van dierpopulaties in de kustzone bleef sinds 1990 gemiddeld stabiel. De index is gebaseerd op 48 soorten ongewervelde bodemdieren, 31 soorten vissen, 23 soorten foeragerende vogels, gewone zeehond, grijze zeehond en bruinvis; totaal 105 soorten.

Legenda

- LPI kustzone
- Betrouwbaarheidsinterval

De populatieomvang van de ongewervelde bodemdieren nam gemiddeld af (CLO, 1596).

Populaties van vissen bleven gemiddeld stabiel. De zogenoemde kinderkamersoorten - vissoorten waarvan de jongen opgroeien in de kustzone, Waddenzee en Zuidwestelijke Delta - namen af (CLO, 1602) (zie: 'Kinderkamers lopen eerder leeg').

Ook populaties van zeevogels waren gemiddeld stabiel (CLO, 1596) (zie: 'Grote sterns verkassen als dat moet').

Gewone zeehond, grijze zeehond en bruinvis namen in aantal toe (CLO, 1250, 1596).

Aan de kust is de natuurlijke verstoring door wind, stroming en golfslag zo sterk dat verstoringgevoelige ongewervelde bodemdieren van nature minder talrijk zijn. Boomkorvisserij op platvis, die de laatste tijd sterk is afgenomen, heeft daardoor in verhouding minder effect op de bodemfauna (Craeymeersch et al., 2015; Hiddink et al., 2006; Van Denderen, 2015; Van Denderen et al., 2014).

Langs de kust vindt ook garnalenvisserij plaats, waarbij garnalenkotters boomkorren op rollers over de bodem trekken.

POPULATIES VAN VISSEN DIE DE KUSTZONE ALS KINDERKAMER GEBRUIKEN NAMEN AF

DAT DE POPULATIES BODEMDIEREN GEMIDDELD TERUGLIEPEN IS VERMOEDELIJK VOOR EEN GROOT DEEL TE WIJTEN AAN DE OPKOMST VAN DE AMERIKAANSE ZWAARDSCHEDEN, EEN EXOOT



Ook die verstoort de bodem en de bodemfauna, zij het minder sterk dan de boomkorvisserij. Hoe groot het effect is, is lastig vast te stellen, want garnalenvisserij vindt plaats in de hele kustzone. Er zijn nog geen effectstudies gedaan met goed gesloten gebieden als controle, en alleen effecten op korte termijn zijn onderzocht (Glorius et al., 2015).

Dat de populaties bodemdieren gemiddeld terugliepen is vermoedelijk voor een groot deel te wijten aan de opkomst van de Amerikaanse zwaardschede, die waarschijnlijk rond 1980 vanaf de Amerikaanse oostkust met ballastwater van schepen is meegekomen naar West-Europa. Als exoot is hij niet opgenomen in de LPI. Hij kan zich goed handhaven in de kustzone, waar hij sinds 2002 meer dan de helft van de totale biomassa aan bodemdieren uitmaakt. Hij droeg waarschijnlijk bij aan de achteruitgang van een aantal inheemse schelpdieren, waaronder de halfgeknotte strandschelp, en nam hun plaats in (CLO, 1596; Gmelig Meyling & de Bruyne, 2009; Prins et al., 2011; Tulp et al., 2010; Van Leeuwen & Gmelig Meyling, 2015). Sinds kort lijkt de nieuwkomer niet meer toe te nemen en vertoont een aantal inheemse schelpen licht herstel (Troost et al., 2015).

Met de halfgeknotte strandschelp ging ook de zwarte zee-eend achteruit, die van de schelpdieren leeft (CLO, 1596). Deze eend eet de Amerikaanse zwaardschede wel, evenals de eider, maar hij kan alleen jonge exemplaren aan die niet diep ingegraven zijn, en die zijn niet altijd beschikbaar (Tulp et al., 2010).

De tweede belangrijke bedreiging voor ongewervelde dieren is zandsuppletie. De Nederlandse kust kalft af als gevolg van de zeespiegelstijging die optreedt sinds de laatste ijstijd. Het proces wordt door klimaatverandering versneld. In 1990 is een basiskustlijn vastgesteld (ELI & I&M, 2012; Janssen & Rozemeijer, 2009). Om die te handhaven wordt regelmatig zand uit de Noordzee gehaald en voor en op de kust opgespoten. De meeste bodemdieren gaan echter dood als ze onder het zand worden bedolven. Herstel van de bodemfauna duurt ongeveer 4 tot 5 jaar (CLO, 1104; Essink, 2005; Gmelig Meyling & de Bruyne, 2009; Janssen & Rozemeijer, 2009; Ten Hallers-Tjabbes & Gmelig Meyling, 2009; Van Dalssen & Essink, 2001; Van Leeuwen & Gmelig Meyling, 2015; Van Moorsel & van Leeuwen, 2013). Sinds 2011 zorgt de 'zandmotor' voor een minder ingrijpende vorm van zandsuppletie (zie: 'De zandmotor blijft 20 jaar draaien').



Een aantal soorten bodemdieren ging vooruit, waaronder breedpootkrab, gewone otterschelp en kleine heremietkreeft. Deze soorten profiteren waarschijnlijk van de hogere watertemperatuur (Craeymeersch et al., 2015; Gmelig Meyling & de Bruyne, 2001).

Grote sterns verkassen als dat moet

De kolonies grote sterns in de Waddenzee behoren tot de grootste van Nederland. In 1990 leefden bijna alle grote sterns van het Waddengebied op het eiland Griend, bijna 8000 broedparen. Dat was zelfs de grootste kolonie van Europa. Maar veel vogels zijn verhuist naar Ameland en Texel. Het Waddengebied telt nu 12.000 broedparen.

De exodus van Griend is al tien jaar gaande (Leopold, 2012). In 2007 vestigde zich een populatie in de Feugelpolle op Ameland, de kwelder aan de zuidwestkant. In 2014 streken veel dieren neer in het nieuw aangelegde binnendijkse natuurgebied Utopia op Texel, en twee jaar later was het eveneens binnendijkse Wagejot op Texel in trek. De kolonie op Ameland was gebleven, terwijl op Griend nog maar weinig sterns over waren.

De nieuwe gebieden op Texel en Ameland lijken voor de grote sterns gunstiger te zijn dan Griend. De vogels leven er veel dichterbij de voedselgebieden, die in de zeegaten en in de kustzone van de Noordzee liggen (Baptist & Leopold, 2007; Stienen et al., 2000). Zo zijn ze minder tijd kwijt om voedsel voor hun jongen te halen. De vogels hebben in de binnendijkse broedplaatsen op Texel bovendien minder last van zomerstormen, die tegenwoordig steeds vaker voorkomen. Van veel kustbroedvogels die op kwelders nestelen spoelen tijdens die stormen de legsels weg of verdrinken de kuikens.

Ook nam op Griend het aantal broedende kokmeeuwen af, die de sterns beschermden tegen predatie door grote meeuwen. De Texelse kolonies zijn dan ook succesvoller dan die op Griend: er worden meer dan twee keer zoveel jongen per paar groot.

Hoewel de vogels hun populatie momenteel goed op peil weten te houden, herstelden de aantallen zich niet tot het vroegere niveau.



© Ruben Smit / Ruben Smit Productions - grote sterns

De zandmotor blijft 20 jaar draaien

Om de kust te verdedigen moet Rijkswaterstaat elke drie à vijf jaar opnieuw zand opspuiten. Die frequentie zal in de toekomst alleen nog maar toenemen vanwege de steeds sneller stijgende zeespiegel. Dat betekent dat de populaties van veel ongewervelde bodemdieren langs de kust, waar het zand wordt gestort, onvoldoende tijd krijgen om zich te herstellen van begraving voordat ze opnieuw worden bedolven. Sinds 2011 wordt een deel van de kustlijn daarom op een andere manier gehandhaafd: met de zandmotor.

Voor de kust van Zuid-Holland, tussen Kijkduin en Ter Heijde, is een haakvormig schiereiland aangelegd met een grote hoeveelheid zand. Dat is een fikse ingreep, maar die treft slechts een klein deel van de kust. Het zand zal zich in de loop van 20 jaar geleidelijk en op natuurlijke wijze langs de kust ten noorden van de zandmotor, tot Scheveningen, verspreiden. De ongewervelde bodemdieren langs de kust zullen dat naar verwachting overleven. Het is een wereldwijd uniek experiment met een natuurvriendelijke kustverdediging (Wijsman, 2016; Wijsman et al., 2015).

Door de zandmotor blijken in de kustzonegebieden met grote zandkorrels en gebieden met fijne zandkorrels te ontstaan. Dat betekent dat er plaatsen zijn met hogere en lagere stroomsnelheid. Dankzij die afwisseling van ruwe en luwe plaatsen zullen veel verschillende diersoorten een leefgebied vinden. Larven van tweekleppige schelpdieren kunnen zich vestigen op plaatsen waar de stroomsnelheid laag is.

Op het zand verschijnen kleine duinen met pionierplanten zoals biestarwegras, zandraket en zandhaver. Soms komen er zehonden rusten. Tussen het nieuwe zand en het oude strand bevindt zich een binnenmeer waar een eigen gemeenschap van bodemdieren is ontstaan. Langs het meer foerageren aalscholver, meeuwen en steltlopers.



© Stichting ANEMOON - zandmotor

NATUUR IN DE WADDENZEE

Net als in de Noordzee was er in de Waddenzee vroeger een grote rijkdom aan leven op en onder water (Wortelboer, 2010). Er leefden onder meer roggren, haaien en tuimelaar. Belangrijk waren de zogenoemde biobouwers: soorten die een geschikte leefomgeving voor zichzelf en andere soorten scheppen. Zo leefden rond omvangrijke mosselbanken en oesterriffen veel diersoorten die de schelpdieren aten of er een woonplaats of schuilplaats hadden. Ook in uitgestrekte zeegrasvelden in de westelijke Waddenzee leefden veel diersoorten (Wolff, 2005).



De diversiteit en aantallen van verschillende dieren zijn in de vorige eeuw sterk afgenomen. De belangrijkste oorzaken van de grote achteruitgang waren exploitatie, die sinds mensenheugenis plaatsvond, en dijkaanleg, die in de middeleeuwen begon (Lotze, 2005, 2007; Lotze et al., 2005, 2006; Reise, 2012; Wolff, 2005).

Voor 1900 haalden mensen ongeremd alles weg wat ze konden gebruiken of waar een markt voor was: ze vingen vrijwel alle vissoorten, staken wormen, oogstten garnalen, kreeften, krabben en schelpdieren. Ze pakten vogels, raapten eieren en bejaagden zeehonden. Veel soorten waren daar niet tegenop gewassen en verdwenen zoals de grijze zeehond, eidereend, steur en roggren. In de twintigste eeuw werden vogels en zoogdieren beschermd, maar de vangst van andere dieren ging door (Lotze, 2005, 2007; Lotze et al., 2005, 2006; Wolff, 2005).

Grote gevolgen had de schelpdiervisserij. Platte-oesterriffen waren voor het jaar 1950 verdwenen en droogvallende mosselbanken gingen rond 1990 verloren (Troost, 2010; Van der Heide et al., 2012). Jonge mosselen (mosselzaad) van nieuw gevormde ondergedoken banken werden opgevisst voor de mosselkwekerij; zo verdwenen banken die mogelijk zelfs hadden kunnen uitgroeien tot rijke leefgebieden (Jansen et al., 2012). Kokkels werden vanaf ongeveer 1960 mechanisch opgezogen, een praktijk die ook schadelijk was voor andere schelpdieren (Kraan et al., 2007, 2011; Piersma et al., 2001).

Voor schelpdieretende vogels zoals eider, kanoet en scholekster kwam minder voedsel beschikbaar, waardoor ze achteruitgingen (Beukema et al., 2010; Ens et al., 2004, 2009; Kraan et al., 2009; Rappoldt et al., 2008). Het is aannemelijk dat de schelpdiervisserij hier een rol in speelde.

DE DIVERSITEIT EN AANTALLEN VAN VERSCHILLENDE DIEREN IN DE WADDENZEE ZIJN IN DE VORIGE EEUW STERK AFGENOMEN DOOR EXPLOITATIE EN DIJKAANLEG



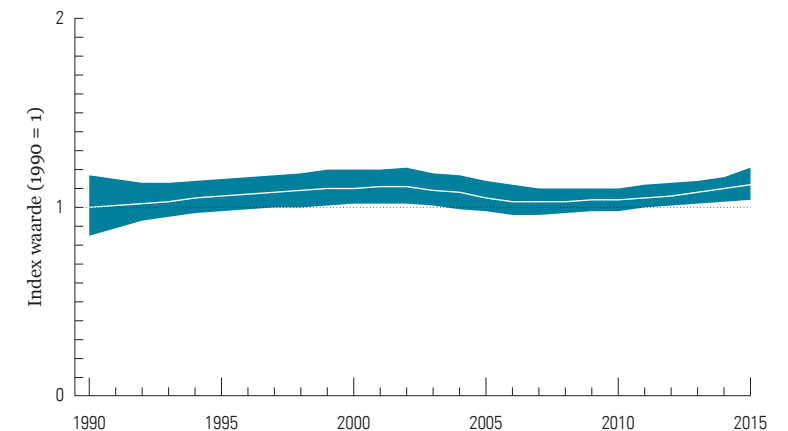
DOOR DE AFSLUITDIJK ONSTOND ER ZANDHONGER OP HET WAD: PLATEN EN KWELDERS SLONKEN

De bouw van de Afsluitdijk, die in 1932 voltooid was, beïnvloedde het waddengebied. Toen de Zuiderzee in open verbinding stond met de Noordzee, stroomde er bij de wisseling van eb en vloed veel zeewater in en uit, vooral via de zeegaten bij Texel en Vlieland. Sinds de afsluiting werd dat veel minder. De zeegaten en geulen werden te groot voor de hoeveelheid water die passeerde, het water stroomde daardoor langzamer en er bezonk zand: de gaten en geulen hadden 'zandhonger'. Het zand werd onttrokken aan de Noordzeekust, en aan platen en kwelders, die dus slonken. Dit proces is nog gaande en zal naar verwachting nog eeuwen doorgaan (CLO, 1230; Dijkema & Van Duin, 2009; ELI & I&M, 2012; Elias et al., 2012).

De aanleg van de Afsluitdijk droeg eraan bij dat de zeegrasvelden zijn verdwenen (zie: 'Rijke weilanden in zee').



Living Planet Index Waddenzee

De omvang van dierpopulaties in de Waddenzee is sinds 1990 gemiddeld stabiel gebleven (CLO, 1597). Er was geen verdere achteruitgang na het grote verlies in de vorige eeuw, maar ook geen herstel.



Figuur 4: LPI Waddenzee
De omvang van dierpopulaties in de Waddenzee bleef sinds 1990 gemiddeld stabiel. De index is gebaseerd op 39 soort(groep) en ongewervelde bodemdieren, 29 soorten vissen en 39 soorten foeragerende vogels; totaal 107 soorten.

Legenda

-  LPI Waddenzee
-  Betrouwbaarheidsinterval

De omvang van populaties ongewervelde bodemdieren veranderde gemiddeld niet (CLO, 1597). Wormen waren stabiel, schelpdieren namen gemiddeld toe (CLO, 1239; Compton et al., 2016; Kraan et al., 2011; Troost et al., 2012 a; Van der Graaf et al., 2009).

Vispopulaties werden gemiddeld kleiner. Vooral populaties van kinderkamersoorten zoals schol namen af (CLO, 1602) (zie: 'Kinderkamers lopen eerder leeg'). Omdat zij een groot aandeel in het visbestand hebben, is de totale visbiomassa gedaald (CLO, 1602; Bolle et al., 2009; Tulp, 2015; Tulp et al., 2008, 2012, 2017; Van der Veer et al., 2011, 2015).

Vogelpopulaties groeiden gemiddeld (CLO, 1560).

Belangrijk voor de dierenpopulaties waren de ontwikkelingen in de schelpdiervisserij. De mechanische kokkelvisserij werd vanaf 1993 beperkt en in 2005 verboden. Het is aannemelijk dat het beginnende herstel van schelpdieren, waaronder kokkel en nonnetje, hiermee samenhangt. Verder herstel zal naar verwachting nog tientallen jaren duren (Versteegh et al., 2004). In 2009 werd het convenant 'Transitie mosselsector en natuurherstel in de Waddenzee' afgesloten, dat voorziet in een stapsgewijze afbouw van mosselzaadvisserij op natuurlijke banken. De dichtheid aan mosselen in voor visserij gesloten gebieden neemt in elk geval op de korte termijn toe, evenals het aantal diersoorten dat er leeft (Jansen et al., 2012; Smaal et al., 2013).

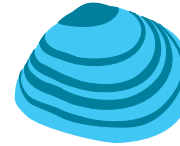
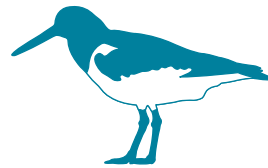
Van de schelpdieretende vogels ging de kanoet vooruit, maar eider, scholekster en zilvermeeuw niet.

De handkokkelvisserij nam toe en de effecten op vogels zijn mogelijk vergelijkbaar met die van de mechanische kokkelvisserij (Ens et al., 2009; Sas & van den Heiligenberg, 2012; Van Leeuwe et al., 2008). Zo kan de scholekster alleen op plaatsen met veel kokkels succesvol foerageren. Juist die plaatsen zijn ook voor handkokkelaars aantrekkelijk, en als daar wordt gevist, kunnen voor de vogels tekorten ontstaan, vooral in jaren met weinig kokkels. Bovendien verstoren de kokkelvisserij foeragerende vogels. Sinds 2010 gelden daarom beperkende regels voor de handkokkelvisserij (Sas & van den Heiligenberg, 2012; Troost et al., 2012 a).

De toenemende garnalenvisserij pakt mogelijk slecht uit voor bodemdieren en kan eraan hebben bijgedragen dat kinderkamersoorten afnamen door bijvangst van jonge vissen. Het is echter moeilijk te meten hoe groot de effecten zijn (Essink, 2005; Glorius et al., 2015; Tulp et al., 2012, 2017).

Het water wordt warmer door klimaatverandering (Van Aken, 2008), maar het is nog onduidelijk wat de invloed op bodemdieren is. Mogelijk is warmer water schadelijk voor het nonnetje (Beukema et al., 2009; Philippart et al., 2003; Troost et al., 2012 a).

BELANGRIJK VOOR DE DIERENPOPULATIES WAREN DE ONTWIKKELINGEN IN DE SCHELDPDIERVISSERIJ



Ook zijn er na milde winters meer garnalen in de Waddenzee aanwezig, en zij eten schelpdierlarven (Beukema & Dekker, 2005). Toch neemt de populatie nonnetjes vooralsnog toe (Compton et al., 2016).

In de Waddenzee komen exoten op, zoals Amerikaanse zwaardschede en Japanse oester (Dekker & Beukema, 2012; Gittenberger et al., 2010; Gittenberger & Rensing, 2012, 2017; Van der Graaf et al., 2009; Van Leeuwen & Gmelig Meyling, 2015).

Exoten komen mee met de import van schelpdieren, met ballastwater in schepen of als aangroei op scheepsrompen en gelden in het algemeen als bedreiging voor de inheemse fauna. De Japanse oester blijkt daarentegen ook positieve effecten te hebben (zie: 'De Japanse oester is ingeburgerd').

DE DICHTHEID AAN MOSSELEN IN VOOR VISSERIJ GESLOTEN GEBIEDEN NEEMT OP DE KORTE TERMIJN TOE, EVENALS HET AANTAL DIERSOORTEN DAT ER LEEFT

Rijke weilanden in zee

In de toenmalige Zuiderzee, vooral op plaatsen die nu in de westelijke Waddenzee liggen, waren tot 1930 volop zeegrasvelden aanwezig; rijke gebieden waarin onder meer jonge haring, schol en tong opgroeiden. Andere vissen, zoals trompetterzeenaald en zeestekelbaars, schuilden er en er leefden garnalen, krabben en schelpdieren. Naast 'weilanden' onder water waren er hoger gelegen zeegrasvelden die droogvielen bij eb. Daar graasden rotganzen.

Het ging om twee soorten: groot zeegras en klein zeegras. Ze behoren niet tot de grassen, maar zijn verwant aan fonteinkruiden en zwanebloem. Groot zeegras werd gebruikt als dijkversterking, isolatiemateriaal in de bouw en vulling voor matrassen en kussens. Er is nu weinig meer van over.

Het ondergedoken zeegras had in de jaren dertig van de vorige eeuw sterk te lijden onder een ziekteverwekkende schimmel die wereldwijd toesloeg, *Labyrinthula zosterae*. Daarnaast ontstond door de aanleg van de Afsluitdijk een ander stromingspatroon en vertroebelde het water. Door het spuien van het IJsselmeer ontstaan er schommelingen in zoutgehalte. Zeegras kan hier niet tegen. Terwijl elders in de wereld het ondergedoken zeegras terugkwam, gebeurde dat door deze ingrijpende veranderingen niet in de Nederlandse Waddenzee.

De droogvallende zeegrasvelden verloren veel terrein in de jaren zeventig, toen er een overmaat aan voedingsstoffen (fosfor en stikstof) in het water verscheen, voornamelijk afkomstig van rioolwater, wasmiddelen en kunstmest. Daardoor gingen algen woekeren die het zeegras verstikten.

Droogvallend zeegras dat niet helemaal verdwenen was, heeft betere kansen op herstel dan ondergedoken zeegras. De belasting met voedingsstoffen is op de meeste plaatsen sterk afgenomen en een groot deel van de Waddenzee lijkt weer geschikt. Toch bleef droogvallend zeegras achteruitgaan (Van der Heide et al., 2006; van Duren & van Katwijk, 2015; van Katwijk, 2012).

Hoewel er planten opkwamen in uitzaaiproeven, hebben zich nog geen blijvende velden gevormd (Folmer et al., 2016; van Duren & van Katwijk, 2015; van Katwijk, 2012).





De Japanse oester is ingeburgerd

Op droogvallende platen in de Waddenzee zijn vanaf 2002 riffen te vinden van de Japanse oester. Deze soort is afkomstig van kustgebieden van het noordelijk deel van de Stille Oceaan, met name Japan en Zuidoost-Azië. Hij is in de jaren zestig uitgezet in de Oosterschelde voor consumptie en heeft later ook de Waddenzee bereikt.

Dat leek aanvankelijk een groot probleem. Het schelpdier vestigt zich op harde ondergrond, onder meer op mosselbanken. Hij zou de mossel verdringen, zo leek het. Schelpdieretende vogels zouden daarmee hun voedsel verliezen, want de Japanse oester is moeilijker te kraken. Inmiddels is het beeld veranderd. De Japanse oester heeft geen inheemse soorten verdrongen en rond de oesterriffen vonden veel diersoorten juist weer een nieuw leefgebied.

De Japanse oester is een biobouwer en neemt die functie over van de inheemse platte oester en de mossel. Op de Japanse oesterriffen kunnen zich jonge mosselen vestigen, zodat gemengde banken ontstaan. De oesters filteren hun voedsel uit het water en nemen daarbij ook mossellarven op; er is dan ook nogal wat sterfte onder mossellarven op een gemengde bank. Maar de larven die gespaard blijven en zich op de riffen vestigen zijn daarna beter beschermd tegen roofvijanden zoals garnalen, krabben en zeesterren, dan op mosselbanken. Gemengde banken verschenen vaak op plaatsen waar droogvallende mosselbanken verdwenen waren: vrij luwe plaatsen die voldoende lang onder water staan. Het totale areaal aan banken nam sinds 1990 toe. Sinds 2008 is het areaal en het aandeel van de Japanse oester stabiel (CLO, 1559; Troost, 2010; Troost, et al., 2012 a; Van der Graaf et al., 2009).

Bij gemengde banken met Japanse oester en mossel leven meer soorten dan bij banken van alleen mossel, en de populaties zijn groter (Markert et al., 2010). Dat komt doordat de structuur van de gemengde banken complexer is, met plekken waar dieren zich kunnen verschuilen.

Tegenover die positieve effecten staat dat de oesters het gebied rond de riffen met voedingsstoffen verrijken, waardoor de bodem zuurstofloos kan worden en bodemdieren en uiteindelijk ook de oesters zelf ten onder kunnen gaan (Wijnhoven et al., 2015).

Sommige scholeksters leren om ook de Japanse oester te eten, en de zilverbreeuw heeft er geen moeite mee (Troost, 2010).

NATUUR IN DE ZUIDWESTELIJKE DELTA

Dit landschap had vroeger een rijke flora en fauna dankzij de geleidelijke overgangen van water naar land en van zout naar zoet en dankzij de natuurlijke dynamiek van water en wind. Er waren zeegrasvelden, oesterriffen, wilde mosselbanken en kokkelbanken. Trekvisen zoals steur en zalm passeerden het deltagebied op hun tocht van zee naar zoetwatergebieden en omgekeerd. Er kwamen veel trekvogels en overwinteraars die typisch zijn voor inter-getijdgebieden, zoals kanoet, kluut, wulp en zilverplevier.



**DOOR DE HARDE
AFSCHEIDINGEN IN
HET KADER VAN DE
DELTAWERKEN IS VEEL
OORSPRONKELIJKE
NATUUR VERDWENEN**

Van die oorspronkelijke natuur is veel verdwenen. De belangrijkste oorzaak daarvan zijn de harde afscheidingen die zijn gebouwd, vooral in het kader van de Deltawerken (Saeijs et al., 2004; Smits et al., 2006; Troost et al., 2012 b; Wortelboer, 2010). Alleen de Oosterschelde en de Westerschelde behielden een open verbinding naar zee.

Het getij in de Oosterschelde is sinds de bouw van de stormvloedkering minder sterk dan vroeger. De zeearm werd afgesloten van rivieren. Omdat er bij de wisseling van het getij minder water in- en uitstroomde, kregen de geulen zandhonger: ze waren in verhouding te groot geworden en gingen zich vullen met zand dat werd onttrokken aan platen. Daarmee verloren veel diersoorten leef- of foerageergebied. Dat proces van zandhonger zet zich nog steeds voort. Door inpolderingen en veranderde stromingspatronen is bovendien het merendeel van de schorren verdwenen, en ook dat proces gaat door (Arens et al., 2009; Troost et al., 2012 b).

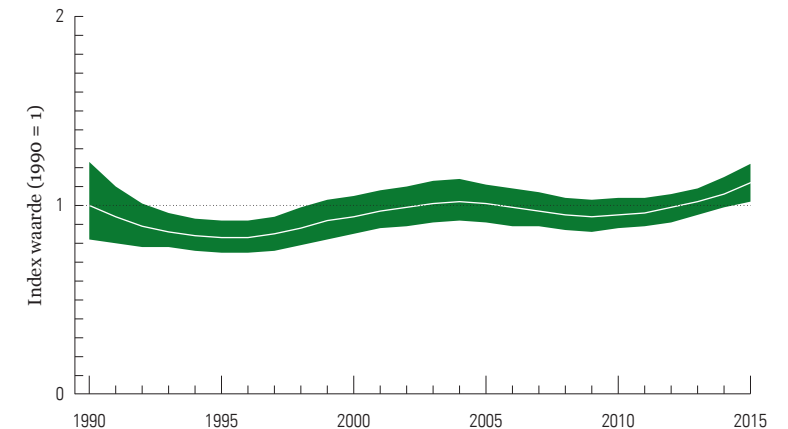
De Westerschelde bleef een rivier die uitmondt in zee en heeft zijn vroegere karakter van inter-getijdgebied met een volledige overgang van zoet naar zout behouden. Maar de platen en schorren kalfden af en gingen voor een groot deel verloren door de sterkere golfslag, het grotere getijverschil en hogere stroomsnelheden. Die waren ontstaan doordat de rivier is versmald door bedijkingen en inpolderingen (onder meer de Sloepolder en Braakmanpolder) en doordat de vaargeul naar Antwerpen in stappen is verdiept (Maris et al., 2014; Meire et al., 2005). Ook hier verloren veel diersoorten leef- en foerageergebied. De afkalving gaat nog steeds door.

Een andere oorzaak van natuurverlies in de Westerschelde was de vervuiling, die er tot ver na 1990 ernstiger was dan in de andere zilte wateren. Industrie, landbouw en huishoudelijk afvalwater belastten de rivier met voedingsstoffen (CLO, 0254), zware metalen (Mubiana et al., 2005; Mubiana & Blust, 2006; Van den Heuvel-Greve, 2009; Wepener et al., 2008) en slecht afbreekbare organische verbindingen, waaronder brandvertragers (Verslycke et al., 2005).

Het Haringvliet en de Grevelingen werden afgesloten van de zee. Het Haringvliet werd een zoetwatermeer, de Grevelingen veranderde in een zout meer. Voor de natuur pakten de afsluitingen slecht uit (zie: 'Het Haringvliet en het Grevelingenmeer snakken naar adem').

Living Planet Index Oosterschelde

Gemiddeld genomen is de omvang van dierpopulaties in de Oosterschelde sinds 1990 licht toegenomen; de laatste tien jaar was de trend stabiel. Er trad dus een licht herstel op van het grote verlies in de vorige eeuw.



Figuur 5: LPI Oosterschelde
De omvang van dierpopulaties in de Oosterschelde is sinds 1990 gemiddeld licht toegenomen en bleef de laatste tien jaar stabiel. De index is gebaseerd op 55 soort(groep)en ongewervelde bodemdieren, 17 soorten vissen en 34 soorten foeragerende vogels; totaal 106 soorten.

Legenda

- LPI Oosterschelde
- Betrouwbaarheidsinterval

De bodemdieren zijn als groep gemiddeld stabiel gebleven (CLO, 1598).

Populaties van vissen waren gemiddeld stabiel (CLO, 1598). Veel kinderkamersoorten namen af (CLO, 1602) (zie: 'Kinderkamers lopen eerder leeg').

Vogelpopulaties groeiden gemiddeld (CLO, 1598). Dat verklaart de totale toename van de omvang van dierpopulaties.

De mechanische kokkelvisserij, die in de Waddenzee zo slecht bleek voor de bodemdieren, lijkt in de Oosterschelde een geringe invloed te hebben gehad op de bodemfauna. De huidige bodemdiergemeenschappen van platen blijken weinig gevoelig voor eenmalige kokkelvisserij (Van Denderen et al., 2014; Wijnhoven et al., 2011).

Ook de afname van het areaal aan droogvallende platen, die inzette na de bouw van de stormvloedkering, heeft tot nu toe geen effect gehad op het voorkomen van bodemdieren, aangezien die vooral in de lagere bodems leven (Escaravage et al., 2013; Troost & Ysebaert, 2011). Maar de afname zet door. De hoogste platen verdwijnen als eerste, daarna zullen ook de lagere platen verloren gaan. De verwachting is dat er uiteindelijk vrijwel niets overblijft (Troost & Ysebaert, 2011; van Zanten & Adriaanse, 2008).

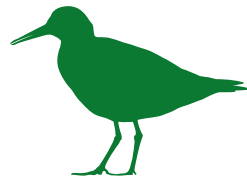
De gemiddelde toename van vogelpopulaties komt vooral op rekening van viseters zoals dodaars, fuut, geoorde fuut en middelste zaagbek (Troost et al., 2012 b). Zij profiteerden waarschijnlijk van het feit dat het water in de Oosterschelde rustiger en helderder is geworden, en van natuurontwikkelingsprojecten in het gebied.

Populaties van andere vogelsoorten namen sinds 2005 sterk af, en dat zal voor een deel komen doordat het oppervlak aan platen afneemt (Van der Winden et al., 2017). Soorten die veel tijd aan foerageren moeten besteden, zoals bonte strandloper en wulp, en soorten die hun voedsel bij voorkeur op hogere bodem zoeken, zoals bergeend en kanoet, zullen niet lang genoeg kunnen foerageren (Schellekens et al., 2013; Troost & Ysebaert, 2011; Zwarts et al., 2011). Als de lagere platen - de rijkste voedselgebieden - ook gaan eroderen zal de aantrekkelijkheid van de Oosterschelde naar verwachting voor alle schelpdier- en wormeters heel snel verdwijnen.

Ook in de Oosterschelde kwamen exoten van buiten Europa op, met name de Amerikaanse zwaardschede en de Japanse oester. Daarnaast verschenen de penseelkrab en de blaasjeskrab, die de gewone strandkrab weg lijken te concurreren. En de Japanse stekelhoren en de Amerikaanse oesterboorder zijn roofslakken die wellicht een bedreiging vormen voor zowel gekweekte oesters en mosselen als wilde schelpdieren (CLO, 1598; Gittenberger & Rensing, 2017; Troost & Ysebaert, 2011; Van Leeuwen & Gmelig Meyling, 2015; Wijnhoven & Hummel, 2009).

Een aantal soorten uit Europa trof in de veranderde Oosterschelde een ideaal leefgebied aan (zie: 'De Oosterschelde als nieuw leefgebied').

**DE VERWACHTING IS
DAT DE PLATEN IN
DE OOSTERSCHELDE
ZULLEN VERDWIJNEN
EN DAARMEE
EEN BELANGRIJK
FOERAGEERGEBIED
VOOR VOGELS**



De Oosterschelde als nieuw leefgebied

De laatste 30 jaar heeft de Oosterschelde zich ontwikkeld tot leefgebied voor een groot aantal nieuwe ongewervelde diersoorten (CLO, 1065; Gmelig Meyling & de Bruyne, 2001; van Leeuwen & Gmelig Meyling, 2015). De meeste zijn Europese soorten.

De Oosterschelde is van zoet water afgesloten door Grevelingendam, Oesterdam en Zandkreekdam, en de stormvloedkering heeft het getij gedempt. Daarmee verminderde de natuurlijke dynamiek, en er kwam een voor Nederland uniek watertype voor in de plaats: een rustige en stabiele zoute baai. Voor zo'n 40 diersoorten van West-Europese (Atlantische) kusten is dat een ideaal leefgebied en zij hebben zich in de Oosterschelde gevestigd. Daar zijn veel zeenaaktslakken bij met bijzondere vormen en kleurpatronen, zoals harlekijnslak, gestippelde knotslak, karmozijnrode knotslak en witgestreepte waaierslak. Daarnaast verschenen onder meer priktolhoren (een schelpdier) en gewimperde zwemkrab.

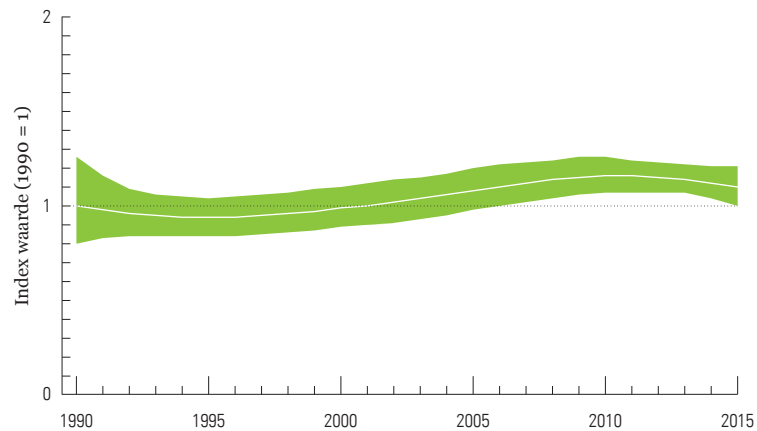
Een deel van deze Atlantische soorten zal hier op eigen kracht gekomen zijn. De volwassen dieren zijn niet of weinig mobiel, maar de larven kunnen zich wel goed verplaatsen. Eitjes en larven van andere soorten zijn ongemerkt meegekomen met jonge mosselen en oesters die naar de Oosterschelde zijn gebracht om te worden opgekweekt voor consumptie.

Onder de nieuwkomers zijn daarnaast ongeveer 15 soorten die oorspronkelijk een wat zuidelijker verspreiding hadden, maar die zich vanwege de huidige zachte winters nu ook in onze omgeving kunnen handhaven. Voorbeeld is de tere hartschelp.



Living Planet Index Westerschelde

Sinds 1990 is de populatieomvang van diersoorten in de Westerschelde gemiddeld toegenomen; de laatste tien jaar was de trend stabiel (CLO, 1599). Ook hier trad dus een licht herstel op na het grote verlies in de vorige eeuw.



Figuur 6: LPI Westerschelde
De omvang van dierspopulaties in de Westerschelde is sinds 1990 gemiddeld toegenomen en bleef de laatste tien jaar stabiel. De index is gebaseerd op 35 soort(groep) en ongewervelde bodemdieren, 18 soorten vissen en 34 soorten foeragerende vogels; totaal 87 soorten.

Legenda

- LPI Westerschelde
- Betrouwbaarheidsinterval



De toename komt op rekening van de populaties van bodemdieren, die gemiddeld groter werden (CLO, 1599).

Vispopulaties bleven gemiddeld genomen stabiel (CLO, 1599). De groep kinderkamersoorten nam gemiddeld af - met name schar en steenbolc gingen achteruit (CLO, 1602) (zie: 'Kinderkamers lopen eerder leeg'). Schol nam daarentegen toe.

Ook vogelpopulaties waren over de hele periode gezien gemiddeld stabiel; ze groeiden tot 2005, maar daarna werden ze weer kleiner (CLO, 1599).

De gemiddelde groei van de populaties bodemdieren in de laatste jaren (Escaravage et al., 2013) is deels verklaarbaar doordat de Westerschelde schoner wordt (zie: 'Purperslak wordt weer seksueel gezond'). In de jaren zestig en zeventig was de Westerschelde een dode rivier; er groeiden geen algen, dus er was geen zuurstofproductie. De situatie verbeterde spectaculair, onder meer doordat sinds 2007 al het afvalwater van Brussel gezuiverd wordt (Depreiter et al., 2013).

De recente afname van vogelpopulaties is mogelijk te wijten aan de krimp van het areaal aan droogvallende platen waar vogels die bodemdieren eten kunnen foerageren (Alkyon, 2006; Vanoverbeke & van Ryckegem, 2015; Van der Winden et al., 2017). Daarbij neemt het areaal aan platen waarover het water langzaam stroomt af ten gunste van het areaal waarover het water sneller stroomt (Depreiter et al., 2013; Maris et al., 2014). Dat is ongunstig voor deze vogels, want platen waarop het water langzaam stroomt zijn in verhouding rijker aan bodemdieren.

Ook in de Westerschelde zijn exoten in opkomst, met name de Amerikaanse zwaardschede en de Japanse oester. De exoten profiteren van het schonere water, en een verdere toename wordt verwacht. (CLO, 1599; Depreiter et al., 2013; Gittenberger & Rensing, 2017; Wijnhoven & Hummel, 2009).

DE RECENTE AFNAME VAN VOGELPOPULATIES IS MOGELIJK TE WIJTEN AAN DE KRIMP VAN HET AREAAL AAN DROOGVALLENDE PLATEN WAAR VOGELS DIE BODEMDIEREN ETEN KUNNEN FOERAGEREN

Purperslak wordt weer seksueel gezond

Na jaren van achteruitgang in Oosterschelde en Westerschelde nemen populaties van de purperslak weer toe (CLO, 1104; Gmelig Meyling et al., 2006, 2007). De stijgende trends bewijzen dat het water schoner is geworden.

De populaties van purperslak begonnen vanaf 1960 te dalen, vermoedelijk door chemische verontreiniging. De soort ging eerst in de Westerschelde, maar daarna ook in de Oosterschelde hard achteruit. De belangrijkste boosdoener was tributyltin (TBT), een stof die rond 1965 in gebruik werd genomen als werkzame stof in verf die de aangroei van organismen op scheepswanden remt. Het middel had een funeste uitwerking op een aantal huisjesslakken: de vrouwtjes kregen mannelijke geslachtsorganen die het voortplantingskanaal blokkeerden, zodat ze geen eitjes meer konden afzetten (Van Moorsel, 1996). De purperslak geldt, samen met de wulk, als de meest gevoelige soort voor TBT, maar het verschijnsel, imposex, is ook bekend van onder meer noordhoren, gevlochten fuikhoren en gewone alikruik (Ten Hallers-Tjabbes et al., 2003).

Op veel plekken in Oosterschelde en Westerschelde werd de purperslak in de jaren rond 1995 niet of nauwelijks meer gevonden. Aan de Noordzeekust deed hij het minder slecht, waarschijnlijk omdat de concentraties TBT daar lager bleven. Vanaf 1990 werd het gebruik van tinhoudende aangroeiwerende verf geleidelijk verboden, en zeven jaar later begon de purperslak weer toe te nemen in de Oosterschelde (Ten Hallers-Tjabbes & Gmelig Meyling, 2009). Nog jarenlang vertoonden veel purperslakovrouwtjes daar imposex (Kaag & Jol, 2007), maar vanaf 2013 is het verschijnsel niet meer aangetroffen (Kotterman et al., 2016). Langs de Noordzeekust begon imposex vanaf 2007 te verdwijnen (Hoek-van Nieuwenhuizen et al., 2013, 2014, 2015) en het is sinds 2016 niet meer aangetroffen.

Pas in 2014 is de purperslak ook weer teruggekeerd in de monding van de Westerschelde. Daar waren in 2016 nog dieren met imposex. Maar het verschijnsel neemt ook daar gestaag af (Kotterman et al., 2016) en de verwachting is dat ook de populatie in de Westerscheldemonding weer gezond zal worden.





Het Haringvliet en het Grevelingenmeer snakken naar adem

Oorspronkelijk vormden het Haringvliet en de Grevelingen een uitgestrekt brak inter-getijdengebied met platen en schorren. Rijn en Maas mondden voornamelijk via het Haringvliet uit in zee. Maar de aanleg van de Haringvlietdam aan de zeezijde in 1971, de Grevelingendam aan de rivierzijde van de Grevelingen in 1965 en de Brouwersdam aan de zeezijde in 1972 veranderde dit systeem rigoureu.

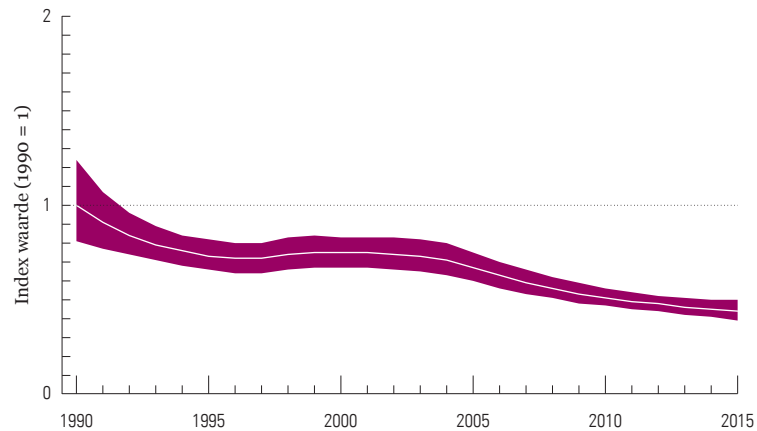
Doordat de zeearmen zijn afgesloten, zijn trekkende vissoorten nagenoeg uit de Rijn en Maas verdwenen (Quak, 2016). Een ander, direct zichtbaar gevolg, was dat droogvallende platen verdwenen toen het getij plaatsmaakte voor een stabiele waterhoogte. Daarmee verdwenen de bodemdieren die aan de afwisseling van nat en droog zijn aangepast (Wijnhoven & Hummel, 2011). De steltlopers die op platen naar bodemdieren zoeken, verloren foerageergebied. Vogels die broeden op zandplaten - veelal visetende sterns - raakten hun broedgebied kwijt en kregen een gebrek aan voedsel doordat vissoorten zoals spiering en haring verdwenen (Troost et al., 2012 b).

Dat het getij in het Grevelingenmeer wegviel, had ook grote gevolgen die niet direct zichtbaar zijn. Het water werd niet meer ververst en gemengd en er ontstonden lagen in. In de onderste laag liep het zuurstofgehalte 's zomers terug, zodat bodemdieren als zeeanemonen, schelpdieren en kreeftachtigen massaal stierven. Bovendien zakte het dode organisch materiaal naar de bodem, waar het zich tot een dikke sliblaag ophoopte. Daarop verschenen witte matten van zwavelbacteriën, *Beggiatoa*-soorten, die de laatste zuurstof uit het water verbruikten. Zuurstofgebrek werd een steeds groter probleem, ook buiten de zomer en ook in ondieper water (Bestuurlijke Commissie MIRT, 2012; Arts et al., 2016; Bouma et al., 2008; Troost et al., 2012 b).

De problemen kunnen worden opgelost door het Haringvliet en de Grevelingen weer met zee te verbinden. De doorstroming zorgt dan voor toevoer van zuurstof en trekkende vissen krijgen weer vrije doorgang. Als ook het getij terugkeert, kan het inter-getijdengebied worden hersteld. Het 'Kierbesluit' om de Haringvlietssluisen in 2018 een beetje open te zetten, is een eerste stap in die richting.

KINDERKAMERS VAN KUST, WADDEN EN DELTA

De kustzone, het Waddengebied en de Zuidwestelijke Delta dienen voor een aantal vissoorten, de zogenoemde kinderkamersoorten, als opgroeigebied. Jonge vissen leven er in warm water met veel voedsel: plankton en larven van bodemdieren. Ze kunnen zich verstoppen voor roofvijanden.



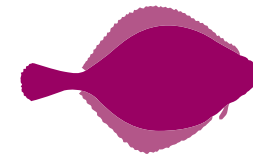
Figuur 7: LPI kinderkamer vissoorten
De omvang van populaties kinderkamer vissoorten in de kustzone, Waddenzee en Zuidwestelijke Delta is sinds 1990 gemiddeld afgenomen. De index is gebaseerd op negen soorten vissen.

Legenda
— LPI kinderkamer vissen
■ Betrouwbaarheidsinterval

Er zijn negen kinderkamersoorten opgenomen in de LPI waarvoor cijfers beschikbaar waren in de meeste leefgebieden: griet, haring, kabeljauw, rode poon, schar, schol, steenbolk, tong en wijting. De populatieomvang van deze groep soorten nam gemiddeld af in de kustzone, de Waddenzee, de Oosterschelde en de Westerschelde, al verschilt het beeld per soort en per leefgebied. De laatste jaren verlaten jonge vissen deze gebieden eerder dan voorheen; ze maken minder lang gebruik van de kinderkamers (CLO, 1602; Tulp et al., 2008).

Bij de schol is dat het meest duidelijk, en dan met name in de Waddenzee. Deze vis paait in de winter en het vroege voorjaar op zandbanken in open zee, zoals de Doggersbank. De eitjes, en later de larven, komen met de getijstroom mee naar de kust, waar ze later in het voorjaar aankomen; een deel trekt de Waddenzee, Oosterschelde of Westerschelde in. Als de winter nadert, trekken de jonge vissen weer naar open zee.

DE KUSTZONE, HET WADDENGEBIED EN DE ZUIDWESTELIJKE DELTA ZIJN VOOR EEN AANTAL VISSOORTEN EEN BELANGRIJK OPGROEIGEBIED. JONGE VISSEN LEVEN ER IN WARM WATER MET VEEL VOEDSEL EN ZE KUNNEN ZICH VERSTOPPEN VOOR ROOFVIJANDEN



In het volgende voorjaar komen ze als 1-jarigen terug, om dan in het najaar voorgoed naar de Noordzee te vertrekken.

Althans: zo ging het tot ongeveer 1985. Tegenwoordig komen jonge schollen die eenmaal naar de Noordzee zijn vertrokken niet meer terug naar de Waddenzee. Daar worden zo goed als geen 1-jarige schollen meer gevonden, terwijl er op zee juist meer aanwezig zijn dan vroeger. En terwijl de 0-jarige schollen vroeger eind oktober vertrokken, verlaten ze de Waddenzee nu al in juli of augustus (Tulp et al., 2009, 2012, 2017; Van der Veer et al., 2011, 2015).

Bij dat vroegere en definitieve vertrek van jonge schollen spelen verschillende factoren een rol, waardoor de puzzel moeilijk te ontrafelen is. Van belang zijn het voedselaanbod in de kinderkamer en op open zee, de visserij op schelpdieren en garnalen in kustzone, Waddenzee en Delta, de visvangst op zee en de aanwezigheid van roofvijanden (zeehonden en aalscholvers in de Waddenzee, grote vissen als kabeljauw in de Noordzee).

Eén factor lijkt echter doorslaggevend: de watertemperatuur, die door klimaatverandering hoger is geworden. Vissen zijn koudbloedig en hun stofwisseling loopt op in warmer water. Ze hebben dan meer energie nodig, dus meer voedsel. In de loop van de zomer lijkt het voedselaanbod voor jonge schol in de Waddenzee beperkend te worden (Teal et al., 2008, 2012; Van Keeken et al., 2007). Ze moeten naar dieper water om af te koelen, zodat ze met minder voedsel toe kunnen.

Niet alle kinderkamersoorten volgden het patroon van schol; griet en tong deden dat niet. Deze soorten hebben een zuidelijker verspreidingsgebied en doen het in warmer water wel goed (CLO, 1602; Ter Hofstede et al., 2010).

DE LAATSTE JAREN VERLATEN JONGE VISSEN DEZE GEBIEDEN EERDER DAN VOORHEEN; ZE MAKEN MINDER LANG GEBRUIK VAN DE KINDERKAMERS

NATUUR IN DE DUINEN

In het dynamische duinlandschap van vroeger groeiden veel bijzondere planten, waaronder verschillende soorten orchideeën (Arens et al., 2009). Diersoorten die bij die vegetaties hoorden zijn onder meer de vlindersoorten duingentiaanblauwtje, grote parelmoervlinder en zilveren maan, en blauwvleugelsprinkhaan en vele soorten bijen.

In de duinen broedden vogels als blauwe kiekendief, grauwe kiekendief, grauwe klauwier, griel, paapje en tapuit.

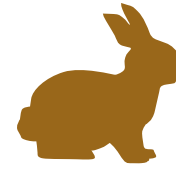
Veel van de kenmerkende duinsoorten zijn zeldzaam geworden of verdwenen. Belangrijkste oorzaken waren verruiging van de vegetatie en verdroging.

De verruiging van de duinen begon toen aan het begin van de twintigste eeuw de dynamiek verdween, zodat vegetaties ouder werden. Het kruidenrijke duingrasland met stukjes kaal zand maakte plaats voor een dichte begroeiing met hoog gras en struweel.

Vanaf 1853 was de drinkwaterwinning op gang gekomen waardoor de duinen verdroogden. Ze werden weer natter toen vanaf 1940 rivierwater in werd gelaten om de zoete grondwatervoorraad aan te vullen. Maar de natte vegetaties werden toen ruig doordat het ingelaten water rijk was aan voedingsstoffen. Sinds 1975 wordt het rivierwater voorgezuiverd om belasting met voedingsstoffen te voorkomen.

De verruiging van de droge duinen werd inmiddels versterkt doordat steeds meer stikstof op de bodem neerdaalde vanuit de lucht; dat proces is nog steeds gaande. De directe invloed van de stikstofbronnen landbouw, verkeer en industrie is langs de kust kleiner dan elders in Nederland. De hoge stikstofneerslag wordt voor een groot deel toegeschreven aan de verhoogde uitstoot van ammoniak (een stikstofverbinding) door algen in zee. De stikstof zou afkomstig zijn van de landbouw en via rivieren, met name de Rijn, naar zee worden gevoerd, maar helemaal zeker is dit nog niet (Noordijk et al., 2014).

**VEEL VAN DE
KENMERKENDE
DUINSOORTEN ZIJN
ZELDZAAM GEWORDEN
OF VERDVENEN DOOR
VERRUIGING VAN
DE VEGETATIE EN
VERDROGING**



Konijnen wisten de vegetatie enigszins kort te houden, maar vanaf ongeveer 1990 lukte dat niet meer; na myxomatose kregen de konijnen te maken met een nieuwe virusziekte, rabbit haemorrhagic disease (RHD).

Door veroudering, vergrassing en verstruiking van de duinen verarmden de flora en fauna. Zo nam het aantal insecten en andere ongewervelde dieren sterk af. Maar sommige soorten zoals nachtegaal en roodborsttapuit hebben juist van vergrassing en verruiging geprofiteerd.

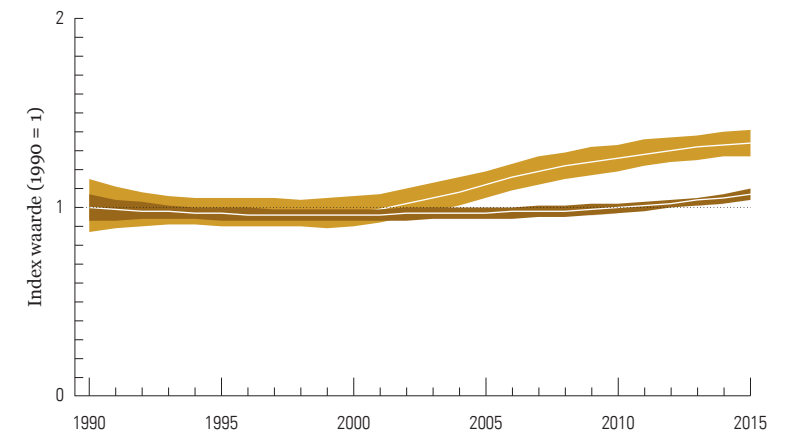
Living Planet Index duinen

De verspreiding van plantensoorten is sinds 1990 gemiddeld toegenomen (216 soorten) (CLO, 1603): een gedeeltelijk herstel van het grote verlies van de vorige eeuw.

Figuur 8: LPI duinen, planten
De verspreiding van duinplanten is sinds 1990 gemiddeld toegenomen. De index is gebaseerd op 216 plantensoorten.

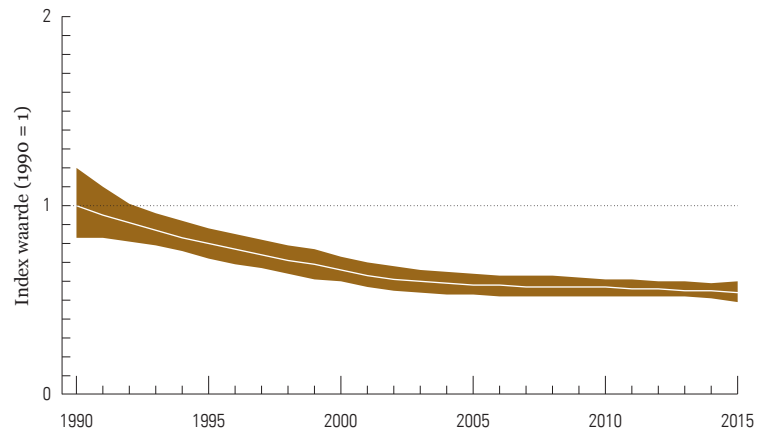
Legenda

- LPI planten natte duinen
- Betrouwbaarheidsinterval
- LPI planten droge duinen
- Betrouwbaarheidsinterval



Dat de verspreiding van planten toenam, is het resultaat van lokale maatregelen die duinbeheerders namen om vergrassing en verruiging tegen te gaan en pioniervegetaties te behouden of terug te brengen. Ze brachten het waterpeil omhoog, lieten gebieden begrazen, plaggen en maaien en creëerden stukken kaal zand en verstuivingen (Arens & Geelen, 2006; Grootjans et al., 2001, 2002; Nijssen et al., 2014; Van der Hagen et al., 2008). Plantensoorten van natte duinvaleien namen sterker toe dan soorten van droge gebieden (CLO, 1603) (zie: 'Natte planten komen terug'). In droge milieus deden bijenorchis en grote teunisbloem het goed.

De populaties van dieren zijn sinds 1990 gemiddeld afgenomen; de laatste tien jaar waren ze stabiel (CLO, 1123).



Figuur 9: LPI duinen, dieren
De omvang van dierpopulaties in de duinen is sinds 1990 gemiddeld afgenomen en bleef de laatste tien jaar stabiel. De index is gebaseerd op zeven soorten sprinkhanen, acht soorten dagvlinders, zandhagedis en levenbarende hagedis en 19 soorten broedvogels; totaal 36 soorten.

Legenda

- LPI duinen, dieren
- Betrouwbaarheidsinterval

Sprinkhaanpopulaties namen gemiddeld toe (CLO, 1123) (zie: 'Zandliefhebber'). Dagvlinders namen af (CLO, 1123). Zandhagedis en levendbarende hagedis namen toe (CLO, 1123).

Broedvogelpopulaties namen gemiddeld af (CLO, 1123).

De maatregelen van duinbeheerders hebben ook effect op diersoorten; soms is dat effect gunstig, in andere gevallen niet. Begrazing is de meest toegepaste beheersmaatregel. Karakteristieke duinsoorten als duinparelmoervlinder, kleine parelmoervlinder en kleine vuurvlinder (Van Swaay & Plate, 2003) doen het goed in gebieden die licht worden begraasd, maar groot dikkopje, zwartsprietdikkopje en oranjetipje gaan achteruit doordat grazers hun nectarplanten en de planten waarop de rupsen leven opeten (Wallis de Vries & Raemakers, 2001). Bij intensieve vraat door damherten, zoals in de Amsterdamse Waterleidingduinen en in Nationaal Park Zuid-Kennemerland, gaan de meeste dagvlindersoorten achteruit (Wallis de Vries et al., 2016).



Ook broedvogels reageren verschillend. Door begrazing veranderen de vegetatie- en bodemstructuur en loopt het aantal ongewervelde dieren - het voedsel voor de jongen - terug. Bovendien neemt het risico toe dat een nest door roofvijanden wordt gevonden. De blauwe kiekendief, die als broedvogel nagenoeg is verdwenen, mijdt elk begraasd terrein, en de reactie van onder meer scholekster en veldleeuwerik is afhankelijk van de soort begrazer en de graasdruk (Maier, 2013; Mandema et al., 2013, 2015; Nijssen et al., 2014;

Van Oosten et al., 2008; Van Oosten, 2015; Van Turnhout & van Beusekom, 2014).



Heivlinder en tapuit hebben grote, kale stukken zand nodig (Maes & Bonte, 2006; Maes et al., 2006; Van Duinen et al., 2004; Van Turnhout & van Beusekom, 2014; Van Turnhout et al., 2003). De grauwe klauwier blijft weg omdat de insecten waarop hij jaagt niet zijn teruggekomen (Esselink et al., 2007; Van Oosten et al., 2008).

Op kale open gronden met weinig begroeiing in dynamische kustgebieden, zoals stranden, broeden strandplevier en bontbekplevier. Zij gingen achteruit doordat deze gebieden verdwijnen. Bovendien zijn ze gevoelig voor recreatie (Strucker et al., 2013).

DAGVLINDERS IN DE DUINEN PROFITEREN NIET VAN HET HERSTEL VAN DE DUINPLANTEN EN GAAN ACHTERUIT

Zandliefhebber

Alleen als de blauwvleugelsprinkhaan wordt opgejaagd, toont hij zijn helderblauwe vleugels terwijl hij opspringt. Na landing is het blauw niet meer zichtbaar en lijkt het dier, dat verder een schutkleur heeft, plotseling verdwenen. Deze sprinkhaan laat zich steeds meer in de duinen zien.

De blauwvleugelsprinkhaan is een warmteminnaar en een van de meest kenmerkende insectensoorten van open schrale vegetaties (Maes et al., 2006; Van Turnhout et al., 2003). De vrouwtjes hebben een stukje kaal zand nodig om er hun eitjes in te leggen. Die open plekken moeten klein en beschermd zijn en er moet vegetatie in de buurt staan; de sprinkhaan eet vooral grassoorten. De vrouwtjes verplaatsen zich niet makkelijk, dus de geschikte open plekken mogen niet ver van elkaar liggen.

Vroeger was de blauwvleugelsprinkhaan algemeen, maar toen het open zand onder struiken en grassen verdween, ging hij achteruit, samen met andere diersoorten die aan open zand gebonden zijn.

Het areaal open zand in de duinen neemt nu weer toe, en dat doet de blauwvleugelsprinkhaan goed. Ook de warmere zomers werken in zijn voordeel. Inmiddels is de soort in een groot deel van de duinen weer talrijk aanwezig. De toename van open zand zal ook goed uitpakken voor veel bijen en wespen zoals de harkwesp - al is over de eisen van deze dieren minder bekend.



© René Kerkels - Blauwvleugelsprinkhaan

Natte planten komen terug

Vroeger ontstonden natte duinvalleien vanzelf als zich nieuwe duinen voor de kust vormden: in de laagte tussen de oude en de nieuwe duinen kwam een laagblijvende, kalkminnende moerasvegetatie op. Nu de zeereep is vastgelegd, gebeurt dat niet meer. Nieuwe duinvalleien ontstaan alleen nog op een paar plaatsen op de Waddeneilanden. Bestaande duinvalleien verdroogden door grootschalige drinkwaterwinning en verzuigen. Plantensoorten als draadgentiaan, groenknolorchis, oeverkruid, parnassia en teer guichelheil verdwenen massaal en kwamen als bedreigde soorten op de Rode Lijst te staan.

Duinbeheerders hebben zich niet neergelegd bij dat verlies; nu natte duinvalleien niet meer vanzelf ontstaan grijpen ze in om bestaande valleien te herstellen. Meestal nemen ze hydrologische maatregelen die kalkrijk water aan de oppervlakte brengen en voorkomen dat de gebieden in de zomer uitdrogen. De kalk zorgt dat afgestorven plantenresten snel vergaan en bindt fosfaat - in ongebonden vorm een voedingsstof voor planten die verzuiging in de hand werkt. Daarbij verwijderen de beheerders de voedselrijke bovenlaag van de verdroogde moerassen en graven ze soms zelfs nieuwe duinplassen.

Dat heeft succes: veel kenmerkende plantensoorten komen terug (Bekker & Lammerts, 2002; Everts et al., 2013; Van der Hagen et al., 2008) en voor het eerst sinds 1980 is teer guichelheil geen bedreigde soort meer (Sparrus et al., 2012). Sinds 2000 laten planten van natte duinvalleien een positieve trend zien (CLO, 1603); onder meer herfstbitterling, moeraswespenorchis en strandduizendguldenkruid deden het goed. Dat de ingrepen zijn geslaagd, wil niet zeggen dat het werk af is. Omdat verdroging en verzuiging doorgaan, blijven herstelmaatregelen voortdurend nodig om bijzondere soorten, zoals de groenknolorchis, te behouden.



© Eulien-BeeldHH - parnassia

SAMENVATTING ZOUTE EN ZILTE NATUUR VANAF 1990



NOORDZEE

LPI gedaald

| | |
|-------------|---------|
| bodemdieren | afname |
| vissen | stabiel |
| vogels | stabiel |
| zoogdieren | toename |

KUSTZONE

LPI stabiel

| | |
|-------------|---------|
| bodemdieren | afname |
| vissen | stabiel |
| vogels | stabiel |
| zoogdieren | toename |

WADDENZEE

LPI stabiel

| | |
|-------------|---------|
| bodemdieren | stabiel |
| vissen | afname |
| vogels | toename |
| zoogdieren | - |

OOSTERSCHELDE

LPI gestegen

| | |
|-------------|---------|
| bodemdieren | stabiel |
| vissen | stabiel |
| vogels | toename |
| zoogdieren | - |

WESTERSCHELDE

LPI gestegen

| | |
|-------------|---------|
| bodemdieren | toename |
| vissen | stabiel |
| vogels | stabiel |
| zoogdieren | - |

DUINEN

LPI planten gestegen

LPI dieren gedaald

| | |
|-------------|---------|
| sprinkhanen | toename |
| dagvlinders | afname |
| reptielen | toename |
| broedvogels | afname |

DE ZOUTE EN ZILTE LIVING PLANET INDEX IN PERSPECTIEF

Nederland heeft met andere Europese landen afspraken gemaakt over de gewenste staat van milieu en natuur. De belangrijkste zijn: de Kaderrichtlijn Mariene Strategie, de Kaderrichtlijn Water, de Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn. Ook ondertekende Nederland met 14 andere landen het OSPAR-verdrag. Voor deze regelingen wordt regelmatig over de staat van de natuur gerapporteerd. Daarnaast werken Nederland, Duitsland en Denemarken samen in het monitoringsprogramma TMAP (in het Engels: Trilateral Monitoring and Assessment Program) om de staat van de Waddenzee te volgen. De Europese Unie stelde vorig jaar een Rode Lijst van leefgebieden (habitattypen) op. Om de LPI in perspectief te plaatsen, vergelijken we de LPI-analyses met recente rapportages en beschrijven we de belangrijkste overeenkomsten en verschillen in methodologie en uitkomst. De laatste TMAP-rapportage stamt uit 2009 en is niet meegenomen.

De Kaderrichtlijn Mariene Strategie

De Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM) uit 2008 verplicht de lidstaten om een strategie te ontwikkelen om het mariene milieu te beschermen en te herstellen. In 2020, zo is het doel, is de Noordzee schoon, gezond en productief, functioneert het ecosysteem optimaal en is elk gebruik van de zee duurzaam. De hele Noordzee valt onder de richtlijn, behalve een strook van 1 zeemijl breed (1,852 kilometer) langs de kust, die onder de Kaderrichtlijn Water valt. Nederland heeft de KRM in 2010 opgenomen in de Waterwet (I&M & EZ, 2014, 2015 a; I&M & LEI, 2012).

Tot nu toe is een eerste kwaliteitsbeoordeling van de Noordzee gemaakt (I&M & LEI, 2012). Die komt goed overeen met de LPI-resultaten: het bodemleven is verarmd, voornamelijk door de boomkorvisserij; een aantal vissoorten herstelt zich dankzij het Europese visserijbeleid; vogels die op open zee jagen doen het goed, een aantal kustvogels doet het minder goed; zeezoogdieren nemen toe.

De Kaderrichtlijn Water

De Kaderrichtlijn Water (KRW) uit 2000 streeft ernaar dat oppervlaktewater en grondwater uiterlijk in 2027 voldoende schoon en in ecologisch evenwicht zijn. Gebruik moet dan duurzaam zijn. Kustzone, Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde vallen onder deze richtlijn.

In 2015 werd de waterkwaliteit voor de tweede keer beoordeeld (CLO, 1412, 1420). De biologische kwaliteit van kustzone en Oosterschelde werd als matig beoordeeld, die van Waddenzee en Westerschelde als onvoldoende. Vergeleken met de eerste beoordeling in 2009 was er over het algemeen een lichte verbetering.

De LPI meet een verbetering in Oosterschelde en Westerschelde, maar niet in kustzone en Waddenzee.

Er zijn belangrijke verschillen tussen de LPI en de KRW. De KRW brengt veranderingen in waterkwaliteit in beeld ten opzichte van de natuurlijke referentie. Met behulp van watertype-specifieke maatlatten voor algen, waterplanten, ongewervelde dieren en vissen wordt elk gebied beoordeeld op de soorten die er voorkomen. De LPI is een meer algemene graadmeter voor de staat van de natuur, op basis van veranderingen in populaties van onder andere vissen, vogels en zeezoogdieren.

Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn

De Vogelrichtlijn (1979) en de Habitatrichtlijn (1992) schrijven voor welke soorten dieren en planten en welke typen leefgebieden (habitattypen) de lidstaten moeten beschermen. Op grond van de Vogelrichtlijn zijn alle inheemse vogelsoorten (zowel broedvogels als overwinteraars) beschermd. Volgens de Habitatrichtlijn is een selectie van planten- en diersoorten en leefgebieden aangewezen voor bescherming.

De lidstaten rapporteren elke zes jaar over de staat en trends van beschermde soorten en habitattypen. In 2015 is op basis van de twee rapportageperioden (2001-2006 en 2007-2012) het eerste overzichtsrapport gepubliceerd (CLO, 1483; EEA, 2015).

De EU-rapportage over vogels, soorten van de Habitatrichtlijn en habitattypen laat zich om verschillende redenen moeilijk met de LPI-analyses van zoute en zilte natuur vergelijken. De EU-rapportage is gebaseerd op populatiegrootte en -trend, verspreiding en verspreidingstrend, grootte en kwaliteit van het leefgebied, bedreigingen en toekomstperspectief, en voor habitattypen ook op structuur en functie. Al die aspecten worden beoordeeld ten opzichte van een gewenste staat en moeten allen op orde zijn voor een gunstige beoordeling. De LPI is alleen gebaseerd op veranderingen in populatiegroottes en geeft een relatieve verandering weer in de tijd. Daarnaast zijn in de Habitatrichtlijn vooral zeldzame en kwetsbare soorten opgenomen, en in verhouding weinig mariene soorten en habitattypen, terwijl in de LPI een breed scala aan soorten is opgenomen. Voor vogelsoorten in de Vogelrichtlijnrapportage wordt, anders dan bij de LPI-analyses, geen onderscheid gemaakt naar leefgebied.

De EU-rapportage beschrijft ook de toestand van ecosystemen in het licht van beide richtlijnen, waaronder vier typen mariene ecosystemen: grens van water en land (onder andere estuaria, fjorden, wadden), kust, zee op continentaal plat (zoals Noordzee), en oceaan. Het beeld is veelal ongunstig. De meeste vogelsoorten in mariene ecosystemen zijn op een veilig niveau, maar de populaties van ongeveer de helft van de soorten nemen af. Verreweg de meeste soorten van de Habitatrichtlijn en habitattypen in mariene ecosystemen staan er slecht voor: er is veel achteruitgang en er zijn weinig tekenen van verbetering (EEA, 2015). Dit is een somberder beeld dan in de LPI-analyses wordt geschetst.

OSPAR-verdrag

Het OSPAR-verdrag (1998) richt zich op de bescherming van het mariene milieu in het noordoostelijk deel van de Atlantische Oceaan, waar ook de Nederlandse natte zoute en zilte gebieden onder vallen. Dit verdrag heeft veelal dezelfde doelen als de KRM, maar is minder dwingend. In 2017 verscheen een tussentijdse rapportage over de staat van de biodiversiteit in delen van de Atlantische Oceaan, waaronder de Noordzee.

De OSPAR-beoordeling komt grotendeels overeen met de LPI-analyse:

- In 2010-2015 zijn grote delen van de zeebodem verstoord, vooral door bodemberoerende visserij. Dat strookt met de LPI, die in de open Nederlandse Noordzee en kustzone een afname van bodemdieren laat zien.
- Zeehonden nemen toe en bruinvis heeft zich verplaatst richting zuidelijke Noordzee. Dat komt overeen met de LPI-analyses.
- Voor visserij gevoelige vissoorten lijken toe te nemen. Ook de LPI-analyse laat zien dat een aantal gevoelige vissoorten in de open Noordzee toeneemt, waaronder hondshaai en gevlekte rog.
- Zeevogelpopulaties nemen de laatste 25 jaar gemiddeld af. De LPI-analyses van open Noordzee, kustzone, Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde geven een gunstiger beeld.

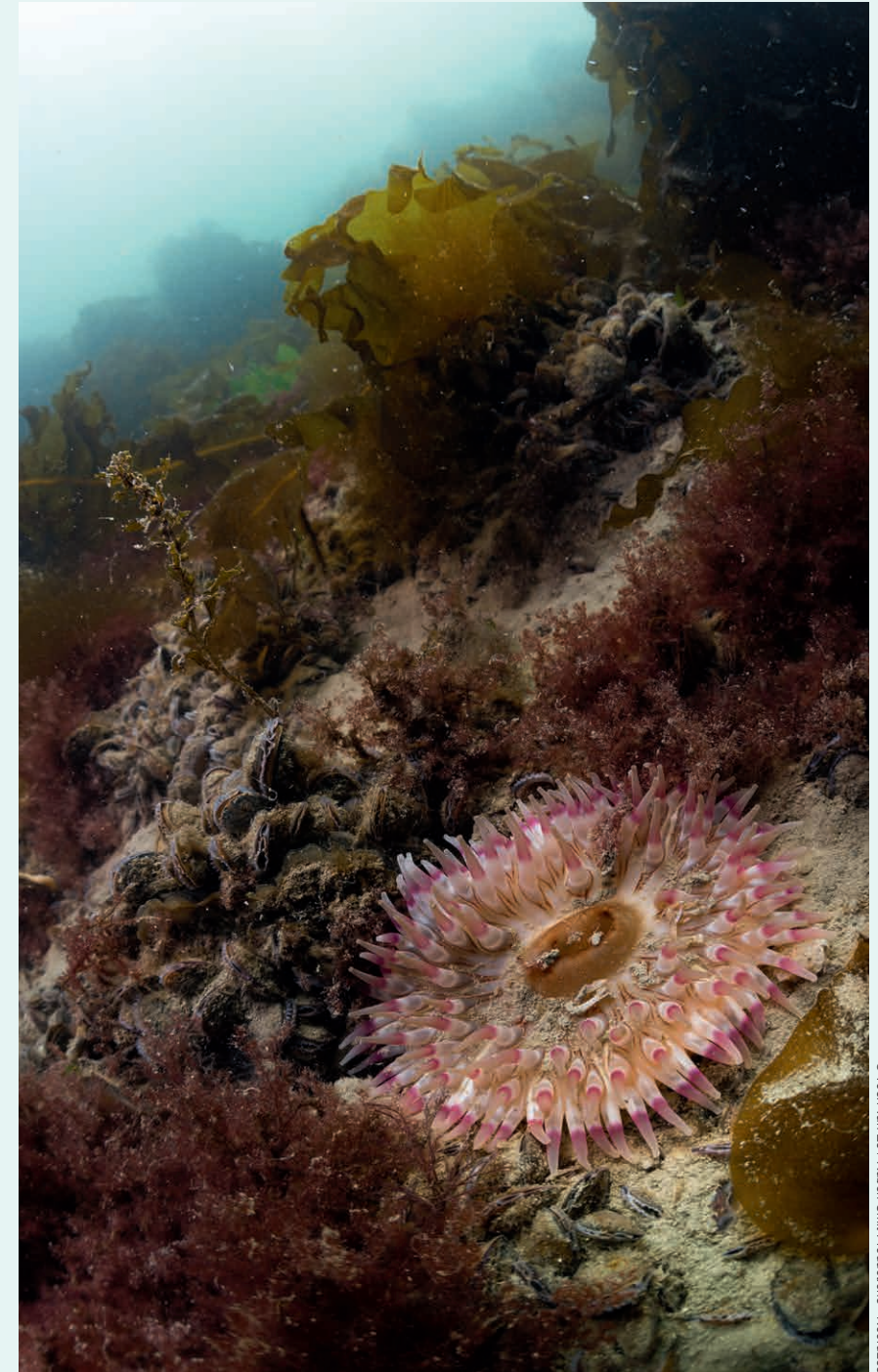
Een belangrijk verschil tussen de OSPAR-rapportage en de LPI-analyse is dat OSPAR de internationale Noordzee als geheel beoordeelt, inclusief estuaria, fjorden, kusten en wadden. Daarmee beslaat het een veel groter en gevarieerder gebied dan voor de verschillende LPI's is geanalyseerd. Ook worden in de OSPAR-beoordeling, anders dan bij de LPI, internationaal de kustbroedvogels gescheiden van de niet-broedvogels. Voor de niet-broedvogels worden in de OSPAR-rapportage de leefgebieden zee, kust en intergetijdengebieden samengenomen, terwijl daar aparte LPI's voor zijn berekend. Dit maakt vergelijking tussen de twee graadmeters voor met name vogels moeilijk.

Rode Lijst van leefgebieden

In 2016 heeft de EU een Rode Lijst van habitattypen laten opstellen, in navolging van de Rode Lijsten van planten en dieren.

Van de verschillende typen leefgebieden in het noordoostelijk deel van de Atlantische Oceaan, waar ook de Nederlandse zoute en zilte gebieden onder vallen, is bijna een kwart bedreigd. De situatie is kritisch voor zeegrasvelden. Mosselbanken, platen en slikken zijn bedreigd. De belangrijkste bedreigingen zijn: vervuiling, aantasting van de bodem en visserij (Gubbay et al., 2016).

Langs de kust zijn duingraslanden, kwelders en stranden kwetsbaar, met als belangrijkste bedreigingen: verstedelijking, exploitatie, recreatie en exoten (Janssen et al., 2016).



3. KANSEN VOOR ZOUTE EN ZILTE NATUUR

Sinds 1900 zijn de zoute en zilte leefgebieden van Nederland ingrijpend veranderd. In veel leefgebieden zijn kenmerkende soorten verdwenen en populaties sterk achteruitgegaan. De LPI-analyses laten zien dat het in verschillende leefgebieden met sommige soortgroepen sinds 1990 nog steeds slecht gaat. Waar bedreigingen worden aangepakt zijn ook hoopgevende trends van beginnend herstel te zien. Inzicht in de onderliggende oorzaken en factoren levert ideeën op over wat we kunnen doen om positieve ontwikkelingen te behouden en te versterken en negatieve ontwikkelingen om te buigen. Dat is niet alleen een vereiste om aan de doelstellingen van de Europese richtlijnen te voldoen, maar ook de enige manier om ons land mooi, leefbaar en veilig te houden.



NAAR EEN RIJKE NATUUR DIE TEGEN EEN STOOTJE KAN

Aan de achteruitgang van de natuur liggen verschillende oorzaken ten grondslag die elkaar onderling beïnvloeden. Hoewel we nu meer gegevens hebben dan voorheen, weten we in veel gevallen nog niet genoeg om oorzaak en gevolg eenduidig aan elkaar te kunnen koppelen. Toch kunnen we bij de meest opvallende veranderingen wel factoren aanwijzen die een rol spelen. In de strijd tegen het water is de kustlijn bijna volledig vastgelegd. Er wordt grootschalig en intensief gevestigd. Water is vervuild met voedingsstoffen en chemicaliën. Exoten nemen toe en het klimaat verandert. Hierdoor zijn natuurlijke processen verstoord.

Voor een aantal soortgroepen in de verschillende leefgebieden is de achteruitgang een halt toegeroepen of is zelfs sprake van een voorzichtig herstel. Daar zijn de positieve effecten te zien van natuurgericht beleid en beheer. Naast gerichte bescherming van soorten en leefgebieden kunnen slimme koppelingen van natuur aan andere functies, zoals waterveiligheid, ook een bijdrage leveren. Dat vereist samenwerking tussen natuurbeschermingsbeleid en aanpalende beleidsterreinen zoals visserij, landbouw, energie, vervoer en recreatie.

Uiteindelijk kan dit een robuuste en veerkrachtige natuur opleveren. Dat wil zeggen: een rijke natuur die tegen een stootje kan en waarin de kenmerkende soorten van de zoute en zilte gebieden kunnen meebewegen met grote verstoringen, bijvoorbeeld als gevolg van klimaatverandering. Dat vereist wel dat natuur overal in goede staat verkeert en dat er voldoende onderling verbonden beschermde kerngebieden zijn waar gezonde populaties ongestoord kunnen leven. Als de natuur er goed voor staat is er ook ruimte voor duurzaam gebruik, zoals visserij. Gezien de grote achteruitgang die plaatsvond voor 1990, is er voor veel soorten en leefgebieden nog een flink herstel nodig om op dat niveau te komen.

**AAN DE
ACHTERUITGANG VAN
DE NATUUR LIGGEN
VERSCHILLENDE
OORZAKEN
TEN GRONDSLAG**

**SLIMME KOPPELINGEN
VAN NATUUR AAN
ANDERE FUNCTIES
KUNNEN EEN BIJDRAGE
LEVEREN AAN
NATUURHERSTEL**

Zet succesvol beleid voort

**POSITIEVE TRENDS
ZIJN MEDE TE DANKEN
AAN VERSCHILLENDE
ONTWIKKELINGEN IN
BELEID EN BEHEER**

De LPI-analyses laten een aantal positieve ontwikkelingen zien. In de open Noordzee namen de populaties van vissen gemiddeld niet verder af en een aantal commerciële vissoorten nam zelfs weer toe. In de Waddenzee lieten populaties van schelpdieren en vogels gemiddeld een groei zien. In de Westerschelde begon de bodemfauna zich te herstellen en de purperslak kwam terug in Oosterschelde en Westerschelde, waar hij bijna was verdwenen. In de open duinen deden de planten het goed, met name in vochtige duinvalleien.

Deze positieve trends zijn mede te danken aan verschillende ontwikkelingen in beleid en beheer. Dankzij het EU-visserijbeleid zijn de visserij-intensiteit en vangsthoeveelheden aan banden gelegd, de mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee is verboden en de mosselzaadvisserij is afgebouwd. Milieubeleid heeft bijgedragen aan een betere waterkwaliteit. In de duinen zijn door lokale beheermaatregelen de negatieve effecten van stikstofbelasting teruggedrongen, en heeft het vergroten van de grondwaterinvoer en het terugbrengen van dynamiek geleid tot herstel van vochtige duinvalleien (zie: 'Kerven in de duinenrij').

Maar de verbeteringen zijn beperkt in verhouding tot het historische verlies aan natuur. Bodemdieren in de Noordzee gaan nog altijd achteruit en veel vispopulaties zijn nog lang niet hersteld. Het areaal kwelders en platen in inter-getijdengebieden blijft slinken, en daarmee nemen de populaties af van soorten die ervan afhankelijk zijn, zoals foeragerende vogels. In de duinen blijven verruiging en vergrassing een probleem, en dagvlinders en broedvogels herstellen zich daar nog niet. Verder natuurherstel vereist dat succesvol beleid wordt voortgezet en versterkt, maar ook dat nieuwe maatregelen genomen worden.

**VERBETERINGEN ZIJN BEPERKT IN
VERHOUDING TOT HET HISTORISCHE
VERLIES AAN NATUUR**

Bescherm, verbind en beheer natuurgebieden op zee

In de open Noordzee deden de populaties van ongewervelde bodemdieren het slecht volgens de LPI-analyse. Ook is het aantal vissen nog lang niet op het oude niveau. Met name langlevende vissen, roofvissen en grote vissen blijven achter.

Om dit te verbeteren moet een deel van de Noordzee gevrijwaard worden van bodemberoerende visserij en andere schadelijke activiteiten. Bescherming van ten minste 30 procent van dit gebied, verspreid over de verschillende habitattypen die er voorkomen, kan naar verwachting een grote bijdrage leveren aan het herstel van bodemdieren en vissen (O'Leary et al., 2016), zowel binnen als buiten de beschermde gebieden (Gell & Roberts, 2003). Daar heeft niet alleen de natuur, maar ook de visserij baat bij (Harrisson et al., 2012). Deze beschermde zeegebieden moeten onderling zijn verbonden via eveneens beschermde corridors, zodat dieren ongestoord kunnen migreren van bijvoorbeeld voedsel- naar paaigebieden.

Belangrijke onderdelen van dit netwerk zijn plekken met een bijzondere natuur of grote soortenrijkdom, zoals de Doggersbank, Borkumse Stenen, Centrale Oestergronden, Friese Front en Klaverbank. Internationale samenwerking, goede beheerplannen en controle op handhaving zijn vereist om deze gebieden veilig te stellen.

Verschiedende internationale richtlijnen en verdragen verplichten de Nederlandse overheid om in ieder geval tien procent van de Noordzee te beschermen, waaronder gebieden met belangrijke natuurwaarden. Maar van daadwerkelijke bescherming is nog amper sprake, waardoor zelfs aan deze minimumeis niet wordt voldaan. Voor een aantal gebieden is nog geen beheerplan opgesteld en slechts een kwart procent van de Noordzee is volledig gevrijwaard van alle vormen van bodemberoerende visserij (CLO, 2159).

Voor effectief natuurbeleid moet het ecosysteem het uitgangspunt zijn, maar in de praktijk overheersen vaak andere belangen, bijvoorbeeld bij de begrenzing van beschermde gebieden. Hierdoor zijn beschermde gebieden vaak klein en versnipperd, waardoor bescherming minder effectief is (zie: 'Klaverbank gedeeltelijk beschermd').

**BESCHERMING VAN TEN
MINSTE 30 PROCENT
VAN DE NOORDZEE KAN
EEN GROTE BIJDRAGE
LEVEREN AAN
NATUURHERSTEL**



Ook in de kustzone en de Waddenzee is de natuur gebaat bij uitbreiding van gebieden die zijn gesloten voor bodemberoerende visserij. Dat deze aanpak resultaat heeft, blijkt in de Waddenzee. Het grootste areaal meerjarige mosselbanken ligt in gebieden die sinds 2008 zijn gesloten voor mosselvisserij (Van den Ende et al., 2016). Bij Rottum ligt een gebied dat sinds 2005 is gesloten voor alle menselijke activiteiten; daar floreert het bodemleven (Fey-Hofstede et al., 2012).

Klaverbank gedeeltelijk beschermd

De Klaverbank is een bijzonder gebied in de Noordzee, waarvan de bodem bestaat uit een combinatie van stenige en zachte ondergrond. Op dit moment zijn slechts de gedeelten met harde ondergrond gesloten voor visserij.

Tussen de steengebieden loopt de Botney Cut, een 60 meter diepe, slibrijke geul, waar veel vis leeft. Daar mag wel gevestigd worden, waardoor het beschermde gebied de vorm van een hoefijzer heeft. Vissers moeten dus tijdelijk hun netten omhooghalen zodra ze de stenige gebieden invaren. De precieze timing hiervan is moeilijk te handhaven, waardoor bescherming ondermijnd wordt. Ook blijven in de geul na passage van een vissersboot dode en beschadigde dieren achter, waar aasetende mobiele dieren uit de stenige omgeving op af komen. Bij de volgende trek worden zij gevangen, gedood of beschadigd (Lindeboom, 2014). Bovendien komen veel soorten bodemdieren in verschillende fasen van hun levenscyclus in zowel gedeelten met harde als met zachte ondergrond.

Alleen als het hele gebied beschermd wordt, kan de unieke natuur van de Klaverbank behouden blijven.

Kerven in de duinenrij

Sinds grote hoeveelheden zand voor de kust worden neergelegd om de kustlijn te handhaven, slaat het strand niet meer af, maar groeit het aan. Daardoor hoeft de duinenrij aan zee niet meer overal intact te blijven. Waar het achterliggende duingebied breed is en bebouwing en infrastructuur voor waterwinning ontbreken, mogen gaten vallen.

Gaten, of kerven in de zeereep hebben verschillende voordelen. De wind blaast er zand door naar binnen, zodat het duingebied meegroeit met de stijgende zeespiegel en meer veiligheid geeft. De vegetatie in de duinen stuift plaatselijk onder, waardoor stukken met kaal zand en pioniervegetatie ontstaan. Bij hoogwater kan de zee een stukje de duinen instromen, waardoor een zilte vegetatie opkomt. Verstuiving en overstroming vergroten de soortenrijkdom.

Afgelopen jaren zijn grootschalige experimenten uitgevoerd met het openbreken van de zeereep. Allereerst is in 1997 een inkeping gemaakt in de duinen bij Schoorl (de Kerf) op een plek waar tussen zee en bebouwing zo'n anderhalve kilometer duin ligt. Er kwamen meer kerven, onder meer op Terschelling, tussen Wijk aan Zee en Castricum aan Zee en bij Heemskerk. Voorwaarde is een blijvende aanvoer van voldoende zand, zodat de kust een stevig fundament houdt (Arens en Mulder, 2008; Löffler, 2010; Van de Valk et al., 2013).



© Silmen Hendike / HH - de Kerf

Nieuwe schelpdierbanken langs de kust

Schelpdierbanken zijn hotspots van biodiversiteit, verbeteren de waterkwaliteit en kunnen een rol spelen bij kustverdediging. Ze vormen een belangrijk leefgebied voor soorten die afhankelijk zijn van een harde ondergrond, zoals haaien en roggen die op schelpdierbanken hun eieren afzetten (Reuchlin & Van Zonneveld, 2015; Sas et al., 2016). Vroeger lagen er uitgebreide mosselbanken en platte-oesterbanken in de Noordzee, maar deze zijn door overbevissing en ziektes verdwenen. Omdat niet bekend is onder welke omstandigheden deze banken kunnen herstellen en waar zij het best gedijen, is een proefproject opgezet. Daarbij worden de mogelijkheden onderzocht om mosselbanken en platte-oesterbanken aan te leggen in de kustzone.

In 2016 zijn oesters en mosselen uitgezet op verschillende plaatsen in de Voordelta, de ondiepe zee langs de Zuid-Hollandse en Zeeuwse eilanden. Dit is een Natura 2000-gebied waar schelpdierbanken niet mogen ontbreken volgens het Beheerplan (Rijkswaterstaat, 2016). Vooronderzoek voor deze proef leverde een ontdekking op: een natuurlijk gevormde bank van Zeeuwse platte oesters en Japanse oesters, waarschijnlijk gevormd door larven uit het Grevelingenmeer, waar nog platte oesters leven. Het is de enige bekende wilde oesterbank in de Nederlandse Noordzee, die bovendien ook nog eigen aanwas lijkt te produceren. Onderzoek naar deze bank kan belangrijke informatie opleveren voor het herstel en de bescherming van schelpdierbanken in de Noordzee.



© Pieter van Rodijnen / Onderwaterbeelden.nl - schelpdierbank Brouwersdam

Stimuleer innovaties in de visserij

Niet alleen binnen beschermde gebieden, maar ook daarbuiten is herstel noodzakelijk. Daar moet duurzame visserij de norm worden. Dat betekent dat bij het bepalen van visquota het uitgangspunt moet zijn dat vispopulaties ruim boven het veilig biologisch minimum blijven, zodat de visstand zich kan herstellen. Ook moeten de bijvangst en de schade aan bodem en bodemleven als gevolg van visserij tot een minimum beperkt worden.

Een belangrijke opgave is de ontwikkeling van duurzame visserijtechnieken. Een recente innovatie is de pulskor als alternatief voor de boomkor. Hoewel deze vorm van visserij in Europese wateren verboden is, heeft een aantal vissers ontheffing gekregen om de pulskor een aantal jaren te gebruiken. Voordelen van de pulskor zijn dat het minder nadelig is voor de zeebodem (Rasenberget al., 2013) en dat vissers brandstof besparen, omdat dit vistuig veel lichter is.

Maar er zitten ook nadelen aan. Schepen met een pulskor kunnen in gebieden komen die voor de zware boomkorschepen ontoegankelijk waren. Bovendien is onbekend wat op lange termijn de gevolgen zijn voor soorten die gevoelig zijn voor elektriciteit, zoals haaien, roggen en strandkrabben (Rijnsdorp et al., 2016). Verder onderzoek naar verbetering van vistechneken blijft dan ook nodig.

Aan de kust en in de Waddenzee vindt garnalenvisserij plaats. Hoewel er in Nederland nog geen grote studies zijn gedaan naar de gevolgen van deze vorm van visserij, is wel bekend dat de bijvangst groot is en de bodem niet onberoerd blijft. Vissers en onderzoekers zijn bezig met het zoeken naar mogelijkheden om selectief te vissen, de bijvangst te verkleinen en bodemberoering te verminderen. Er wordt ook in de garnalenvisserij geëxperimenteerd met pulsvisserij (Goldsborough et al., 2014), maar dat staat nog in de kinderschoenen.

EEN BELANGRIJKE
OPGAVE IS DE
ONTWIKKELING VAN
DUURZAME
VISSERIJTECHNIKEN



Herstel waar mogelijk de natuurlijke dynamiek

Het Waddengebied en de Zuidwestelijke Delta zijn van cruciaal belang voor trekvogels die reizen langs de Oost-Atlantische trekroute tussen het hoge noorden en de westkust van Afrika (Buiter et al., 2016; Van de Kam et al., 1999, 2004; Van Roomen et al., 2015). De vogels rusten of overwinteren in de Wadden en de Delta en foerageren bij eb op de platen. De vraag is of die mogelijkheid blijft bestaan. De platen in de Waddenzee dreigen te verdrinken, de platen in Oosterschelde en Westerschelde kalven af. Oorzaak is de verandering van dynamiek in combinatie met de versnelde zeespiegelstijging door klimaatverandering. De LPI-analyses laten zien dat populaties van niet-visetende vogels in de Oosterschelde en vogels in de Westerschelde sinds 2005 gemiddeld kleiner worden, onder meer door het verlies aan platen.

Daarnaast is het areaal kwelders gekrompen, waardoor soorten van kwelders sterk in aantal zijn afgenomen. Doordat brakwatermilieus verdwenen, gingen brakwatersoorten achteruit, en vissen die van zout naar zoet water trekken, zoals de paling, vinden geen doorweg meer. Het afgesloten Grevelingenmeer is zo zuurstofloos geworden dat kwalen, oesters en anemonen massaal sterven.

Waddenzee

De platen en kwelders in de Waddenzee konden van nature de stijging van de zeespiegel bijhouden doordat het water zand en slib aanvoert en op de platen en kwelders afzet. Maar het water moet daarvoor voldoende dynamiek hebben. Afsluitingen en bedijkingen hebben die dynamiek juist beteugeld en zandhonger veroorzaakt in de geulen. Dat belemmert de opbouw van platen en kwelders, terwijl het tempo vanwege de versnelde zeespiegelstijging door klimaatverandering juist omhoog zou moeten. Het hele waddensysteem zou landinwaarts verschuiven als dat mogelijk was, maar de dijken die overal zijn aangelegd houden dat tegen en daardoor dreigt de Waddenzee te verdrinken (Schuttenhelm, 2017).

HERSTEL VAN
NATUURLIJKE
DYNAMIEK DRAAGT
BIJ AAN HET BEHOUD
VAN PLATEN EN
KWELDERS

De toegepaste oplossing is zandsuppletie, maar op lange termijn lijkt dat niet voldoende te zijn om de zeespiegelstijging bij te houden (Oost et al., 2012). Het is dus van belang om na te gaan waar kansen liggen om de natuurlijke dynamiek te herstellen en zo bij te dragen aan het behoud van platen en kwelders. Een mogelijkheid is om dijken op bepaalde plaatsen doorlaatbaar te maken en het gebied daarachter bij vloed gecontroleerd te laten onderlopen (Reise, 2012). Zo'n 'getijdepolder' zal steeds hoger worden omdat het water zand en slib meevoert, en kan dienen als blijvend foerageergebied voor vogels.

Doorlaatbare dijken zijn ook voor trekvisserij belangrijk wanneer daarmee de verbinding tussen zout en zoet water wordt hersteld (zie: 'Een rivier door de dijk').

Ook onze veiligheid vraagt om nieuwe oplossingen. De dijken moeten nu steeds worden verhoogd en verstevigd om de hogere waterdruk te weerstaan en het land, dat niet met de zeespiegelstijging heeft kunnen meegroeien en op veel plaatsen is ingeklonken, te beschermen. Dat is op termijn geen houdbare situatie. Er is onderzoek gaande naar nieuwe, minder harde dijktypen (Van Loon-Steensma & Schelfhout, 2013; Van Loon-Steensma et al., 2014), zoals ontwerpen waarbij natuurlijke vooroevers worden aangelegd om de dijksterkte te verbeteren (Vuik et al., 2016). Verder wordt er geëxperimenteerd met herstel van zeegrasvelden en schelpdierbanken die de sedimentatie bevorderen, om zo de zeebodem mee te laten groeien met zeespiegelstijging (zie: 'Nieuwe schelpdierbanken langs de kust').

Zuidwestelijke Delta

Ook in de Oosterschelde verdwijnen platen en kwelders. Hier is de dynamiek nog sterker beteugeld dan in de Waddenzee. De geulen hebben zandhonger en het water is niet in staat om zand naar de platen te verplaatsen. Bovendien belemmert de stormvloedkering de import van zand uit zee. Met de platen verdwijnt foerageergebied voor vogels. Ook elders in de Zuidwestelijke Delta is door de Deltawerken een groot areaal aan platen en kwelders verloren gegaan. Dat heeft ook gevolgen voor de veiligheid: waar platen en begroeide kwelders ontbreken, slaan hogere golven tegen de dijken, die dus extra sterk moeten zijn (Vuik et al., 2016).

Zandsuppleties zijn een oplossing om het plaatverlies te stoppen (De Ronde et al., 2013; Van Zanten & Adriaanse, 2008). Bij wijze van experiment heeft Rijkswaterstaat zand aangebracht op de Galgeplaat, midden in de Oosterschelde. Dat zand heeft zich langzaam over de plaat verspreid. Hoewel de suppletie plaatselijk schadelijk was voor het bodemleven en herstel een paar jaar vergde, was het nettoresultaat toch dat vogels jarenlang betere foerageermogelijkheden hadden dankzij de ophoging. Met name scholekster en wulp hebben daarvan geprofiteerd (van der Werf et al., 2015).

In de Westerschelde verdwijnen platen juist door een te krachtige golfslag, dus een teveel aan dynamiek. Dat kan worden tegengegaan door de Westerschelde niet verder te verdiepen en door grootschalig te ontpolderen (Maris et al., 2014; Saeijs et al., 2004; Smits et al., 2006).

DOOR HERSTEL VAN ZEEGRASVELDEN EN SCHELPIERBANKEN KAN DE ZEEBODEM MEEGROEIEN MET DE ZEEPIEGELSTIJGING

NATUURHERSTEL MOET HAND IN HAND GAAN MET GARANTIES VOOR ONZE VEILIGHEID



De meest duurzame, robuuste, klimaatbestendige en onderhoudsarme oplossing is om de natuurlijke dynamiek in de hele Zuidwestelijke Delta zo veel mogelijk te herstellen, dat wil zeggen om dammen en stormvloedkeringen zo veel mogelijk weg te halen of zo doorlaatbaar mogelijk te maken. Dan staan alle zearmen weer in verbinding met rivieren en zee en met elkaar, en wordt het gebied weer één geheel (Saeijs et al., 2004; Smits et al., 2006; van der Hoek et al., 2013). Op dit moment is het 'Kierbesluit' om de Haringvlietsluizen een beetje te openen een kleine stap in die richting (zie: 'De sluis op een kier'). Voor de wat langere termijn (rond 2050) bestaan er plannen voor herstel van de natuurlijke dynamiek in de Zuidwestelijke Delta die veel verder gaan (EZ, 2014; I&M & EZ, 2015 b).

Deze plannen moeten hand in hand gaan met garanties voor onze veiligheid. De aanleg van dammen en dijken heeft onomkeerbare gevolgen gehad: het land achter de dijken is niet meegegroeid met de zee en op veel plaatsen ingeklonken. Het ligt dus laag ten opzichte van de zeespiegel en moet blijvend beschermd worden. Net zoals voor de Waddenzee wordt ook voor de Zuidwestelijke Delta gedacht over nieuwe, minder harde dijkontwerpen, zoals dijken met begroeide schorren of oesterriffen ervoor om de golven te dempen. Of dijken die bij vloed gecontroleerd water doorlaten, zodat getijddepolders ontstaan die kunnen meegroeien met de zee (Tangelder et al., 2013). Bij de Punt van Voorne in de Zuidwestelijke Delta is door versterking van het natuurlijke zandtransport de zeevering sterker en veiliger geworden en is de kustnatuur nu rijker en dynamischer (Van der Valk et al., 2013).

De natuurwinst zal groot zijn. Overgangen van water naar land en van zout naar zoet worden hersteld en brakke milieus komen terug als leefgebied voor soorten die aan die situaties zijn aangepast. Haringvliet en Grevelingen knappen op. Trekvisserij kunnen weer onbelemmerd de rivieren opzwellen richting hun paaigebieden tot in Zwitserland en Frankrijk, of juist naar zee trekken om daar te paaien. En vogels behouden hun foerageergebied. Kortom, er ontstaat een gezonde, natuurlijke, rijke en veilige delta die weer meegroeit met de zee.

Een rivier door de dijk

De Afsluitdijk is een vrijwel onneembare barrière voor vissen die het zoete water willen optrekken of juist naar zee willen. Maar dat verandert: medio 2018 wordt aan de Friese kant van de Afsluitdijk een vismigratierivier aangelegd waardoor trekvisseren weer kunnen migreren, net als vroeger (Mulder, 2017).

De ingang tot de rivier komt naast de spuisluisen bij Kornwerderzand in de Waddenzee. Die lozen een grote hoeveelheid zoetwater, waar miljoenen kleine visjes zoals glasaal, spiering en stekelbaars op af komen. Ook zeldzamere soorten als zeeforel, fint, zalm en zeeprick zoeken deze 'lokstroom' op. Via de vismigratierivier kunnen deze vissen straks door de Afsluitdijk heen zwemmen en via een sterk slingerend traject komen ze in het IJsselmeer uit. De migratierivier moet een estuarium in het klein worden, met schuilplaatsen, variaties in diepte en stroomsnelheid, een geleidelijke overgang van zout naar zoet en een getijdenstroom: bij vloed stroomt water uit de Waddenzee de rivier op richting IJsselmeer, bij eb is de stroomrichting omgekeerd.

De rivier is ongeveer vier kilometer lang en met dijken gescheiden van Waddenzee en IJsselmeer. In de doorgang door de Afsluitdijk komt een stormvloedkering die bij hoog water dicht kan; aan het uiteinde in het IJsselmeer komen sluisen die gesloten worden als zout water het IJsselmeer dreigt te bereiken.



© Siebe Swart / HH - spuisluisen Kornwerderzand

De sluisen op een kier

Sinds de Deltawerken zijn afgerond, kunnen trekvisseren als zalm en steur niet meer vanuit de rivieren de zee optrekken of omgekeerd. Rijn en Maas komen uit in het Haringvliet, dat in 1971 met de Haringvlietdam van de zee is afgesloten. Maar in 2018 wordt de verbinding hersteld. De Haringvlietssluisen in de dam gaan dan op een kier, zodat er wat zeewater naar binnen kan. Het Haringvliet, dat nu zoet is, wordt dan deels brak. Dat is voor trekvisseren van doorslaggevende betekenis: ze kunnen er weer door en ze kunnen wennen aan de overgang van zout naar zoet. Jonge haring kan er weer opgroeien, net als vroeger (Quak, 2016).

Het 'Kierbesluit', dat al in 2000 is genomen, is een goede aanleiding om het landschap op verschillende plaatsen in en om het Haringvliet zo veel mogelijk klaar te maken voor de terugkeer van verschillende soorten trekvis. Het idee is dat er uiteindelijk een meer natuurlijk estuarium ontstaat, met platen, slikken en schorren. Daar zullen veel planten- en diersoorten van profiteren die leefgebied kwijtgeraakt waren, waaronder soorten van schorren en brak water.



© Rens Jacobs / Rijkswaterstaat / <https://beeldbank.rws.nl> - Haringvlietssluisen

Zorg dat goede kennis beschikbaar is

Voor natuur op land worden systematisch gegevens verzameld via het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM), een samenwerkingsverband tussen overheidsorganisaties, soortenorganisaties en een groot aantal vrijwilligers. De gegevens uit deze meetnetten vormden de basis voor het eerste Nederlandse Living Planet Report 'Natuur in Nederland' (WNF, 2015). Voor de zoute en zilte natte natuur was het veel moeilijker om gegevens te verkrijgen, te bewerken en te duiden.

De gegevens, afkomstig van verschillende organisaties en onderzoeksinstellingen, zijn versnipperd en vaak niet vrij beschikbaar. Ook is kwaliteitsbewaking van de gegevens niet altijd goed geregeld. Een deel van de gegevens is in de loop van de tijd door verschillende partijen verzameld, bijvoorbeeld de gegevens over de bodemdieren van de Noordzee. Daarnaast zijn monitoringsmethodes moeilijk vergelijkbaar en ze veranderen regelmatig.

De trendanalyses waren daardoor niet eenvoudig uit te voeren. Gegevens over zoute en zilte natte natuur zouden beter beschikbaar moeten zijn en zodanig opgeschoond en opgeslagen moeten worden dat kwaliteit en uniformiteit gewaarborgd zijn. Een stap in die richting zou zijn om de gegevensvoorziening over zoute en zilte natte natuur beter te organiseren, zoals in het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM).

Gericht onderzoek naar relaties tussen verschillende dier- en plantensoorten onderling en met de leefomgeving, en onderzoek naar invloeden van de mens, is voor zoute en zilte gebieden schaars. Vergeleken met onderzoek op land weten we nog maar weinig van onze onderwaternatuur.

Langlopend en fundamenteel onderzoek is van groot belang om bestaande processen te begrijpen en scenario's te ontwikkelen voor de toekomst. Experimenteel onderzoek is nodig om innovaties te ontwikkelen die kunnen bijdragen aan herstel van soorten, leefgebieden en natuurlijke processen, en aan verduurzaming van gebruik, zoals nieuwe vistechnieken, herintroductieprogramma's, kunstmatige riffen of dynamisch kustbeheer. Dit vraagt om structurele overheidsfinanciering, zodat een gedegen onderzoeksagenda kan worden opgesteld en uitgevoerd.

**GEGEVENS OVER
ZOUTE EN ZILTE NATTE
NATUUR MOETEN
BETER BESCHIKBAAR
ZIJN EN KWALITEIT EN
UNIFORMITEIT MOETEN
GEWAARBORGD ZIJN,
ZOALS IN HET NEM**

Waddenmonsters

Voor de berekening van de LPI voor de Waddenzee waren gegevens over bodemdieren van een beperkt aantal meetpunten beschikbaar. In de toekomst kan dat veel meer zijn, want sinds 2008 worden alle droogvallende delen intensief onderzocht in het project Synoptic Intertidal Benthic Surveys of the Wadden Sea (SIBES). Elk jaar gaan SIBES-onderzoekers maar liefst 4.500 monsterpunten langs (Compton et al., 2013).

De basis werd gelegd in de jaren zeventig, toen het Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) het bodemleven begon te inventariseren op een paar vaste punten op het wad. Om de verspreiding van met name schelpdieretende wadvogels als kanoeten beter te begrijpen, werd aan het einde van de jaren tachtig het onderzoek naar het bodemleven in de Waddenzee uitgebreid naar de wadplaten rond Griend. Daarbij ontdekten de NIOZ-onderzoekers bij toeval hoe de schelpdiervisserij het bodemleven vernietigde, zodat het voedsel voor deze vogels – en daarmee ook de vogels zelf – verdwenen.

De Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) maakte de eerste stap naar bemonstering van de hele Waddenzee mogelijk. Omdat de NAM 'met de hand aan de kraan' naar gas boort en de kraan dichtdraait als er schade optreedt, moeten eventuele veranderingen in het bodemleven kunnen worden gesignaleerd. Momenteel wordt gezocht naar mogelijkheden om het verzamelen van deze gegevens te verankeren in de basismonitoring van de Waddenzee.



© Kees van de Veen / HH - SIBES onderzoek

BIJLAGE EN REFERENTIES



BEREKENING VAN DE LIVING PLANET INDEX

De Living Planet Index (LPI) is samengesteld uit de trends (veranderingen in omvang van populaties in de tijd) van afzonderlijke soorten. Eerst zijn de trends per soort berekend, vervolgens zijn die geaggregeerd tot LPI.

Opgenomen soorten en herkomst gegevens

Zo veel mogelijk inheemse soorten zijn opgenomen waarvan voldoende gegevens te vinden waren om een betrouwbare trend te bepalen. Heel zeldzame soorten en sterk fluctuerende soorten ontbreken.

Planten, sprinkhanen, dagvlinders en reptielen

- Karakteristieke soorten van open duinen.
- De gegevens van dagvlinders en reptielen komen uit het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM, zie www.netwerkecologischemonitoring.nl). De gegevens van planten en sprinkhanen zijn afkomstig uit de Nationale Databank Flora en Fauna (NDFF).

Mariene ongewervelde dieren

- Bodemdieren die leven op zachte ondergrond: ringwormen, snoerwormen, schaaldieren, stekelhuidigen en weekdieren. Daarbij in de Noordzee vier soorten kwallen, zeedruif en gewone zeekat.
- In Waddenzee zijn zowel de platen als de geulen onderzocht; in Oosterschelde en Westerschelde alleen droogvallende platen en slikken.
- In veel gevallen zijn soorten moeilijk van elkaar te onderscheiden. Dan kan de ene soort uit een tijdreeks verdwijnen en de andere soort verschijnen, terwijl er in werkelijkheid niets verandert. Om die vertekening te voorkomen zijn moeilijk onderscheidbare soorten bijeengevoegd, meestal tot het niveau van geslacht. Het gaat bij de groep ongewervelde bodemdieren dan ook niet om het aantal soorten, maar soort(groep)en.
- Bodemfaunagegevens van de Noordzee en de kustzone zijn ontleend aan het MWTL-programma (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands) van Rijkswaterstaat. Daarnaast komen gegevens van de kustzone uit de jaarlijkse inventarisatie van commerciële schelpdieren en andere soorten door WMR (Wageningen Marine Research, voorheen IMARES).

Ook zijn gegevens gebruikt uit het Strandaanspoelsel Monitoring Project van Stichting Anemoon. De aangespoelde dieren komen vooral van een strook vlak onder de kust, maar enkele soorten (kwallen en zeekat) zijn aan de open Noordzee toegerekend.

- De gegevens van bodemfauna in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde komen van het MWTL-programma van Rijkswaterstaat en van schelpdiermetingen van WMR.

Vissen

- Voor de Noordzee: soorten die op NCP voorkomen (Heessen et al., 2015), maar data zijn van hele Noordzee.
- Elders: alle aangetroffen vissoorten.
- Visgegevens van de Noordzee zijn ontleend aan de International Bottom Trawl Survey (IBTS) en de Beam Trawl survey (BTS), beide gecoördineerd door het International Council for the Exploration of the Sea (ICES, Kopenhagen). De data zijn gedownload van de DATRAS database van ICES in voorjaar 2017.
- Gegevens van de kustzone, Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde komen uit de Demersal Fish Survey (DFS) van WMR.

Vogels

- Noordzee, kust, Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde: op zee, platen en slikken foeragerende vogels, zowel broedvogels als trekvogels en overwinteraars.
- Duinen: karakteristieke broedvogelsoorten van de open duinen.
- De gegevens van vogels van de Noordzee en de kustzone zijn ontleend aan het MWTL-meetprogramma van zeevogels, waarbij vanuit een vliegtuig in een nauwe waarnemingstrip wordt geteld. Door middel van lange transecten wordt de Noordzee steekproefsgewijs gedekt. In aanvulling daarop zijn voor sommige schaarse soorten zeevogels gebruikt: waarnemingen van al dan niet trekkende zeevogels in de kustzone.
- In de andere gebieden zijn gegevens van het NEM gebruikt van watervogels, enkele soorten kolonievogels en voor open duinen van broedvogels.

Zeezoogdieren

- Zeehonden zijn geteld tijdens de rui op platen in Waddengebied en het Deltagebied door WMR en Delta Project Management. Ze zijn opgenomen in de LPI kust, omdat ze het meest in de kustzone foerageren.
- Voor bruinvissen waren er twee telreeksen: één voor de open Noordzee en één voor de kust.
- Bruinvisgegevens in de Noordzee komen van de vliegtuigtellingen van zeevogels; bruinvisgegevens van de kustzone van zeevogeltellingen.

Trends per soort(groep)

- Voor de meeste soorten is de verandering in aantallen – dus de populatiegrootte – gemeten. Voor planten en sprinkhanen in de duinen ontbraken die cijfers; voor deze groepen is de verandering in verspreiding genomen als benadering van de populatiegrootte.
- Populatietrends zijn berekend met het statistische programma TRIM van het CBS, waarbij is gecorrigeerd voor verschillen in bemonsteringsinspanning. Trends in verspreiding zijn berekend met logistische regressie en met zogenaamde ‘occupancy modellen’ (Van Strien et al., 2013).
- Om het populatieverloop vergelijkbaar te maken, is voor elke soort de waarde in 1990 op 1 gesteld en zijn de waarden voor de overige jaren naar evenredigheid berekend (geïndexeerd). Bij sommige soorten zijn geen gegevens van 1990 voorhanden; dan is het eerste jaar op 1 gezet.
- De trend van een soort en van een LPI noemen we stabiel als deze niet significant is gestegen of gedaald en de onzekerheid van de trend klein is.

Aggregatie tot LPI voor de leefgebieden

- Per jaar is het indexcijfer voor alle opgenomen soorten meetkundig (geometrisch) gemiddeld. Daardoor telt niet het verschil, maar de verhouding tussen getallen: een verdubbeling (bijvoorbeeld van 1 naar 2) telt even zwaar als een halvering (van 1 naar 0,5) (CLO, 1591; Van Strien et al., 2016).
- We volgen de rekenwijze van de mondiale LPI (WWF, 2014), maar met enige aanpassingen. Jaarcijfers van een soort die meer dan tien keer zo groot of tien keer zo klein zijn als in het jaar ervoor, worden afgekapt op tien keer de waarde van het jaar ervoor om uitschieters te vermijden. Verder worden indexcijfers onder de waarde 0.01 op 0.01 gezet om al te invloedrijke soortindexen tegen te gaan.
- Om grote toevalsschommelingen te dempen is vervolgens voor elk jaar het gemiddelde over een aantal jaar genomen door een ‘smoothing’ algoritme toe te passen. De smoothing is zo ingeregeld dat de LPI in het eerste jaar de waarde 1 krijgt.
- De betrouwbaarheidsintervallen van de LPI zijn gebaseerd op de betrouwbaarheidsintervallen van de indexcijfers van de afzonderlijke soorten (Soldaat et al., 2017).
- De LPI is op dezelfde wijze ook berekend voor groepen planten of dieren per leefgebied.



Het Compendium voor de Leefomgeving (CLO)

Er zijn veel verwijzingen naar het Compendium voor de Leefomgeving (CLO), een website met feiten en cijfers over milieu, natuur en ruimte in Nederland. De informatie in dit rapport is gekoppeld aan de informatie in het Compendium. Het is een uitgave van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en Wageningen Universiteit en Researchcentrum (Wageningen UR). Het CLO wordt regelmatig bijgewerkt, waardoor de hier gebruikte versie van een pagina achterhaald kan zijn. Oudere versies van een CLO-pagina zijn terug te vinden in het pagina-archief.

De volledige referentie van het CLO is:
CBS, PBL en Wageningen UR. 2015. Compendium voor de Leefomgeving. www.compendiumvoordeleefomgeving.nl.
Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen University & Research Centre, Wageningen.

Hier volgt een lijst met de CLO-webpagina's waarnaar de nummers in dit rapport verwijzen.

- 0073. Visbestanden in de Noordzee, 1947-2016 (versie 17, 20 september 2016).
- 0254. Vermestende stoffen in zout oppervlaktewater, 1985-2004 (versie 06, 17 maart 2006).
- 0578. Visserijsterfte bij visbestanden in de Noordzee, 1947-2015 (versie 05, 20 september 2016).
- 1065. Aantal nieuwe soorten in de Oosterschelde, 1977-2016 (versie 10, najaar 2017).
- 1104. Purperslak en wulk en aangroeiwerende verven, 1960-2015 (versie 09, najaar 2017).
- 1105. Noordse stormvogel en zwerfvuil, 1980-2015 (versie 08, 1 november 2016).
- 1123. Fauna van de duinen, 1990-2015 (versie 16, najaar 2017).
- 1227. Intrek paling (glasaal) (versie 06, 9 november 2015).
- 1230. Kwelders en schorren, circa 1800-2009 (versie 03, 10 juli 2012).

- 1239. Kokkels in Waddenzee en Zeeuwse Delta, 1990-2014 (versie 07, 2 juli 2015).
- 1243. Beschrijving van de Noordzee (versie 03, 12 juni 2008).
- 1247. Aandeel grote vissen, 1970-2013 (versie 10, 3 februari 2015).
- 1249. Roggen en haaien, 1945-2016 (versie 10, najaar 2017).
- 1250. Bruinvis langs de Nederlandse kust, 1970 - 2015 (versie 06, 9 maart 2017).
- 1251. Bodemfauna Noordzee en bodemvisserij (versie 05, 26 januari 2017).
- 1254. Zeevogels en olieverontreiniging langs de Nederlandse kust, 1971-2015 (versie 04, 15 maart 2016).
- 1412. Europese Kaderrichtlijn Water (versie 04, 14 mei 2014).
- 1420. Biologische waterkwaliteit KRW, 2015 (versie 03, 12 januari 2016).
- 1483. Staat van instandhouding en trends soorten en habitattypen Vogel- en Habitatrichtlijn, 2007-2012 (versie 04, 20 september 2016).
- 1559. Areaal mossel- en oesterbanken in de Waddenzee, 1995 - 2012 (versie 02, 2 juli 2015).
- 1560. Vogels van het internationaal meetprogramma Waddenzee, 1990-2015 (versie 02, najaar 2017).
- 1575. Mariene fauna, 1990-2016 (versie 02, najaar 2017).
- 1576. Zeevogels in de Noordzee buiten de kustzone, 1991-2013 (versie 01, najaar 2017).
- 1583. Invloed klimaatverandering op koude- en warmteminnende zeevissen, 1990-2016 (versie 02, najaar 2017).
- 1584. Zeevissen, 1990-2016 (versie 02, najaar 2017).
- 1591. Wat is de samenhang tussen biodiversiteitsindicatoren? (versie 01, 1 juni 2017).
- 1595. Bodemfauna in de Noordzee, 1991-2015 (versie 01, najaar 2017).
- 1596. Fauna in de kustzone, 1990-2015 (versie 01, najaar 2017).
- 1597. Fauna in de Waddenzee, 1990-2015 (versie 01, najaar 2017).
- 1598. Fauna in de Oosterschelde, 1990-2015 (versie 01, najaar 2017).
- 1599. Fauna in de Westerschelde, 1990-2015 (versie 01, najaar 2017).
- 1601. Brakwater- en kwelderweekdieren 1900-2015 (versie 01, najaar 2017).
- 1602. Zoutwatervissen kinderkamersoorten, 1990-2015 (versie 01, najaar 2017).
- 1603. Flora van de duinen, 1990-2016 (versie 01, najaar 2017).
- 2159. Ruimtelijke verdeling biodiversiteit in de Noordzee, 1991-2010 (versie 01, 25 september 2012).
- 1603. Flora van de duinen, 1990-2016 (versie 01, najaar 2017).
- 2159. Ruimtelijke verdeling biodiversiteit in de Noordzee, 1991-2010 (versie 01, 25 september 2012).

Literatuur

- Alkyon. 2006. Plaatmorfologie Westerschelde; Veranderingen in de plaatmorfologie van de Westerschelde en de gevolgen voor het steltloperhabitat. Rapport A1774R1r2. Alkyon Hydraulic Consultancy & Research, Marknesse.
- Arens, S.M. & L.H.W.T. Geelen. 2006. Dune landscape rejuvenation by intended destabilisation in the Amsterdam Water Supply Dunes. *Journal of Coastal Research* 22: 1094-1107.
- Arens, S.M. & J.P.M. Mulder. 2008. Dynamisch kustbeheer goed voor veiligheid en natuur. *Land + Water* 9: 33-35.
- Arens, S.M., Van den Burg, A.B., Esselink, P., Grootjans, A.P., Jungerius, P.D., Kooijman, A.M., De Leeuw, C., Löffler, M., Nijssen, M., Oost, A.P., Van Oosten, H.H., Stuyfzand, P.J., Van Turnhout, C.A.M., Vogels, J.J. & M. Wolters. 2009. Preadvies Duin- en Kustlandschap. Rapport 2009/dk113-O. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede.
- Arts, F.A., Lilipaly, S. & R.C.W. Strucker. 2016. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2014/2015. BM 16.09. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening, Lelystad.
- Baptist, M. & M. Leopold. 2007. De relatie tussen zichtdiepte en vangstsucces van de Grote Sterns van De Petten, Texel. Rapport C97.07. Wageningen Marine Research, Den Burg.
- Baudron, A.R., Needle, C.L., Rijnsdorp, A.D. & C.T. Marshall. 2014. Warming temperatures and smaller body sizes: synchronous changes in growth of North Sea fishes. *Global Change Biology* 20: 1023-1031.
- Beare, D., Burns, F., Peach, K., Portilla, E., Greig, T., McKenzie, E. & D. Reid. 2004. An increase in the abundance of anchovies and sardines in the north-western North Sea since 1995. *Global Change Biology* 10: 1209-1213.
- Bekker, R. & E.J. Lammerts. 2002. Groene stippen voor Rode Lijstsoorten: evaluatie van herstelmaatregelen. *De Levende Natuur* 103: 48-52.
- Bestuurlijke Commissie MIRT-Verkenning Grevelingen. 2012. MIRT-Verkenning Grevelingen – Verkenningnota: Resultaten & Conclusies, Port Zélande.
- Beukema, J.J. & R. Dekker. 2005. Decline of recruitment success in cockles and other bivalves in the Wadden Sea: possible role of climate change, predation on postlarvae and fisheries. *Marine Ecology Progress Series* 287: 149-167.
- Beukema, J.J., Dekker, R. & J.M. Jansen. 2009. Some like it cold: populations of the tellinid bivalve *Macoma balthica* (L.) suffer in various ways from a warming climate. *Marine Ecology Progress Series* 384: 135-145.
- Beukema, J.J., Dekker, R. & C.J.M. Philippart. 2010. Long-term variability in bivalve recruitment, mortality, and growth and their contribution to fluctuations in food stocks of shellfish-eating birds. *Marine Ecology Progress Series* 414: 117-130.
- Bolle, L.J., Neudecker, T., Vorberg, R., Damm, U., Diederichs, B., Jager, Z., Scholle, J., Daenhardt, A., Lüerßen, G. & H. Marencic. 2009. Trends in Wadden Sea fish fauna. Part I: Trilateral cooperation. Rapport C108/08. IMARES Wageningen UR, Wageningen, IJmuiden.
- Bouma, S., Lengkeek, W., Boudewijn, T.J., Turlings, L.G., Abma, R. & R.L.J. Nieuwkamer. 2008. Notitie knelpunten autonome ontwikkeling. Onderdeel verkenning 'Grevelingen water en getij'. Rijkswaterstaat, Den Haag.
- Bouma, S., Liefveld, W.M., Lengkeek, W. & H.W. Waardenburg. 2009. Onderwaternatuur op harde substraten in de Noordzee. *De Levende Natuur* 110: 288-289.
- Bremer, J.T. 1996. Van Zuiderzee tot Waddenzee. *De Zijper Historische Bladen* 2: 14-16.
- Browne, M.A., Underwood, A.J., Chapman, M.G., Williams, R., Thompson, R.C. & J.A. van Franeker. 2015. Linking effects of anthropogenic debris to ecological impacts. *Proceedings of the Royal Society B* 282: 20142929.
- Buckland, S.T. & A. Johnston. 2017. Monitoring the biodiversity of regions: key principles and possible pitfalls. *Biological Conservation* 214: 23-34.
- Buiter, R., Govers, L. Piersma, T. & Metawad Team. 2016. Knooppunt Waddenzee. Bornmeer, Gorredijk.
- Camphuysen, C.J. 2011. Recent trends and spatial patterns in nearshore sightings of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Netherlands (Southern Bight, North Sea), 1990-2010. *Lutra* 54: 39-47.
- Camphuysen, C.J. 2012. Olieslachtoffers op de Nederlandse kust, 2011/2012. Koninklijk Nederlands Instituut voor Zeeonderzoek (NIOZ), Texel.
- Camphuysen, C.J. & G. Peet. 2006. Walvissen en dolfinen in de Noordzee. Fontaine Uitgevers, Kortenhof.
- Camphuysen, C.J. & M.L. Siemensma. 2011. Conservation plan for the Harbour Porpoise *Phocoena phocoena* in The Netherlands: towards a favourable conservation status. Rapport 2011-07, Koninklijk Nederlands Instituut voor Zeeonderzoek (NIOZ), Texel.
- Camphuysen, K. & A. Trouwborst. 2009. De Bruinvis in de Noordzee: ongreepbaar visvarken verstrikt in visnetten en regelgeving. *De Levende Natuur* 110: 253-256.
- Compton, T.J., Bodnar, W., Koolhaas, A., Dekinga, A., Holthuijsen, S., ten Horn, J., McSweeney, N., van Gils, J.A. & T. Piersma. 2016. Burrowing behavior of a deposit feeding bivalve predicts change in intertidal ecosystem state. *Frontiers in Ecology and Evolution* 4: 19.
- Compton, T.J., Holthuijsen, S., Kolhaas, A., Dekinga, A., Horn, J., Klunder, L., McSweeney, N., Brugge, M., Smelter, M., van der Veer H.W., Piersma, T. & J. van der Meer. 2013. Progress report for the 2012 sampling of the Synoptic Intertidal Benthic Surveys across the Dutch Wadden Sea. Rapport 2013-9. Koninklijk Nederlands Instituut voor Zeeonderzoek (NIOZ), Texel.
- Coolen, J.W.P. 2017. North Sea Reefs. Benthic biodiversity of artificial and rocky reefs in the southern North Sea. PhD Thesis. Wageningen University & Research, Wageningen.

Craeymeersch, J.A., Escaravage, V., Adema, J., van Asch, M., Tulp, I. & T. Prins. 2015. PMR Monitoring natuurcompensatie Voordelta - bodemdieren 2004-2013. Rapport Co91/15. IMARES Wageningen UR, Wageningen.

Daan, N., Gislason, H., Pope, J.G. & J.C. Rice. 2005. Changes in the North Sea fish community: evidence of indirect effects of fishing? ICES Journal of Marine Science 62: 177-188.

De Bruyne, R.H., van Leeuwen, S.J., Gmelig Meyling A.W. & R. Daan (red.). 2013. Schelpdieren van het Nederlandse Noordzeegebied. Ecologische atlas van de mariene weekdieren (Mollusca). Uitgeverij Tirion, Utrecht en Stichting ANEMOON, Lisse.

Deen, M. 2015. De Wadden, een geschiedenis. Thomas Rap, Amsterdam.

Dekker, R. & J.J. Beukema. 2012. Long-term dynamics and productivity of a successful invader: The first three decades of the bivalve *Ensis directus* in the western Wadden Sea. *Journal of Sea Research* 71: 31-40. Tonnon, P.K. & J.P.M. Mulder. 2013. Voorlandsuppleties; een verkenning van een kansrijke optie voor een sedimentstrategie in de Zuidwestelijke delta. Rapport 1207694-002. Deltares, Delft.

Depreiter, D., Cleveringa, J., van der Laan, T., Maris, T., Ysebaert, T. & S. Wijnhoven. 2013. T2009 rapportage Schelde estuarium. IMDC, ARCADIS, Universiteit Antwerpen, IMARES, NIOZ.

De Rijk, J.H. 2015. Vogels en mensen in Nederland 1500-1920. Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam.

De Ronde, J.G., Mulder, J.P.M., van Duren, L.A. & T. Ysebaert. 2013. Eindadvies ANT Oosterschelde. Project 1207722-000. Deltares, Delft.

De Schipper, P. 2008. De slag om de Oosterschelde. Atlas, Amsterdam.

Dijkema, K.S. & W.E. van Duin. 2009. 50 jaar monitoring van kwelderwerken. *De Levende Natuur* 113: 118-122.

Dirksen, S., Krijgsveld, K.L. & R.C. Fijn. 2009. Offshore windenergie: effecten op vogels. *De Levende Natuur* 110: 284-286.

Duineveld, G.C.A., Bergman, M.J.N. & M.S.S Lavaleye. 2007. Effects of an area closed to fisheries on the composition of the benthic fauna in the southern North Sea. *ICES Journal of Marine Science* 64: 899-908.

EEA. 2015. State of nature in the EU. Results from reporting under the nature directives 200-2012.

EEA Technical report no2/2015. European Environment Agency, Luxembourg.

Eigard, O.R., Bastardie, F., Breen, M., Dinesen, G.E., Hintzen, N.T. 2016. Estimating seabed pressure from demersal trawls, seines, and dredges based on gear design and dimensions. *ICES Journal of Marine Science* 73: i27-i47.

ELI & I&M. 2012. Hoe werkt het Wad? Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie en het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Den Haag.

Elias, E.P.L., van der Spek, A.J.F., Wang, Z.B. & J. de Ronde. 2012. Morphodynamic development and sediment budget of the Dutch Wadden Sea over the last century. *Netherlands Journal of Geosciences* 91: 293-310.

Ens, B.J., Aarts, B., Oosterbeek, K., Roodbergen, M., Sierdsema, H., Slaterus, R. & W. Teunissen. 2009. Onderzoek naar de oorzaken van de dramatische achteruitgang van de scholekster in Nederland. *Limosa* 89: 83-92.

Ens, B.J., Smaal, A.C. & J. de Vlas. 2004. The effects of shellfish fishery on the ecosystems of the Dutch Wadden Sea and Oosterschelde; Final report on the second phase of the scientific evaluation of the Dutch shellfish fishery policy (EVA II). Alterra-rapport 1011, RIVO-rapport Co56/04, RIKZ-rapport RKZ/2004.031. Alterra, Wageningen.

Escaravage, V., Hummel, H., Blok, D., Dekker, A., Engelberts, A., van Hoesel, O., Kleine Schaars, L., Markusse, R., Meliefste, T., Sistermans, W. & S. Wijnhoven. 2013. Macrozoöbenthosonderzoek MWTL in de Delta 2012. Waterlichamen:Oosterschelde en Westerschelde (najaar). Rapportage in het kader van Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL). NIOZ-MON, Yerseke, the Netherlands. RWS rapportnummer: BM:13.14. Monitor Taskforce Publication Series 2013-23.

Esselink, H., van Duinen, G-J., Nijssen, M., Geertsma, M., Beusink, P. & A. van den Burg. 2007. De grauwe klauwier mist kevers door verruigende duinen. *Vlakblad Natuur, Bos en Landschap* 4: 22-24.

Essink, K. 2005. Bodemfauna en beleid. Een overzicht van 35 jaar bodemfauna onderzoek en monitoring in Waddenzee en Noordzee. Rapport RIKZ-2005.028. Rijkswaterstaat, Den Haag.

Everts, F.H., de Vries, N.P.J., Tolman, M.J., Jongman, M., Pranger, D.P., Lammerts, E.J., Grootjans, A.P. & A.M. Kooijman. 2013. Vegetatie-trends van N-depositie gevoelige duinhabitats op de Waddeneilanden. Rapport 2013/OBN180-DK. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.

EZ. 2014. Natuurambitie grote wateren 2050 en verder. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.

Fernandes, P.G. & R.M. Cook. 2013. Reversal of fish stock decline in the Northeast Atlantic. *Current Biology* 23: 1432-1437.

Fey-Hofstede, F.E., Dankers, N.M.J.A., Meijboom, A., van Leeuwen, P.W., Lewis, W.E., Cuperus, J., van der Weide, B.E., de Vos, L., de Jong, M.L., Dijkman, E.M. & J.S.M. Cremer. 2012. Ecologische ontwikkeling in een voor menselijke activiteiten gesloten gebied in de Nederlandse Waddenzee : tussentijdse analyse van de ontwikkeling in het gesloten gebied in vergelijking tot niet-gesloten gebieden, vijf jaar na sluiting. Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT-rapport 118).

Folmer, E.O., van Beusekom, J.E.E., Dolch, T., Gräwe, U., van Katwijk, M.M., Kolbe, K. & C.J.M. Philippart. 2016. Consensus forecasting of intertidal seagrass habitat in the Wadden Sea. *Journal of Applied Ecology* 53: 1800-1813.

Garthe, S., Camphuysen, C.J. & R.W. Furness. 1996. Amounts of discards by commercial fisheries and their significance as food for seabirds in the North Sea. *Marine Ecology Progress Series* 136: 1-11.

Gell, F.R. & C.M. Roberts. 2003. Benefits beyond boundaries: the fishery effects of marine reserves. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 448-455.

Gittenberger, A. & M. Rensing. 2012. Nieuwe exoten in de Waddenzee. *De Levende Natuur* 113: 96-100.

- Gittenberger, A. & M. Rensing. 2017. Exoten in de Nederlandse kustwateren. *De Levende Natuur* 118: 159-163.
- Gittenberger, A., Rensing, M., Stegenga, H. & B. Hoeksema. 2010. Native and non-native species of hard substrata in the Dutch Wadden Sea. *Nederlandse Faunistische Mededelingen* 33: 21-75.
- Glorius, S., Craeymeersch, J., van der Hammen, T., Rippen, A., Cuperus, J., van der Weide, B., Steenbergen, J. & I. Tulp. 2015. Effecten van garnalenvisserij in Natura 2000 gebieden. Rapport C013/15. IMARES Wageningen UR, Wageningen.
- Gmelig Meyling, A.W. 2009. Eikapsels van roggen zeldzamer dan ooit. *De Levende Natuur* 110: 261-262.
- Gmelig Meyling, A.W., Borren, H. & J. Willemsen. 2007. Purperslak (*Nucella lapillus*). Inventarisatie en monitoringsproject. Jaarverslag 2007. Stichting ANEMOON, Bennebroek.
- Gmelig Meyling, A.W. & de R.H. Bruyne. 2001. Een duik in mariene gegevens. Lange termijnveranderingen van populaties van enkele mariene organismen (roggen, weekdieren, kreeftachtigen e.a.) als gevolg van menselijk handelen. Stichting ANEMOON, Heemstede.
- Gmelig Meyling, A.W. & R.H. de Bruyne. 2009. Onder het zand beland. Effecten van strand- en onderwatersuppleties op het macro- en epibenthos van de nabije kustzone onderzocht met behulp van Systematisch Strandonderzoek (pilotstudie) Periode 1978-2008. *Metridium*, Bennebroek; Stichting ANEMOON, Bennebroek.
- Gmelig Meyling, A.W., Coolen, J.W.P., Gittenberger, A., Schrieken, N. & W. Vlierhuis. 2013. Monitoring van wrakken op de Noordzee. Verslag over 2013. *Zoekbeeld* 3: 13-18.
- Gmelig Meyling, A., Schrieken, N. & J. Coolen. 2012. Drie jaar monitoring van wrakken op de Noordzee. *Zoekbeeld* 2: 4-18.
- Gmelig Meyling, A.W., Willemsen, J. & R.H. de Bruyne. 2006. Verspreiding en trends in Nederland van de Purperslak *Nucella lapillus*. Stichting ANEMOON, Bennebroek.
- Goldsborough, D., Steenbergen, J., Jager, Z. & W. Zaalink. 2014. Toekomst van de pulsvisserij in de Waddenzee. Een verkenning met relevantie voor de internationale Waddenzee en de Noordzeekustzone. IMARES Wageningen UR, Wageningen; Wageningen Economic Research, Wageningen; Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag; Coöperatieve Visserij Organisatie, Emmeloord.
- Grootjans, A.P., Everts, H., Bruin, K. & L. Fresco. 2001. Restoration of wet dune slacks on the Dutch Wadden Sea Islands: recolonization after large-scale sod cutting. *Restoration Ecology* 9: 137-146.
- Grootjans, A.P., Geelen, H.W.T., Jansen, A.J.M. & E.J. Lammerts. 2002. Restoration of coastal dune slacks in the Netherlands. *Hydrobiologia* 478: 181-203.
- Gubbay, S., Sanders, N., Haynes, T., Janssen, J.A.M., Rodwell, J.R., Nieto, A., García Criado, M., Beal, S., Borg, J., Kennedy, M., Micu, D., Otero, M., Saunders, G. & M. Calix. 2016. European Red List of Habitats. Part 1. Marine habitats. EU, Luxembourg.
- Hammond, P.S., Macleod, K., Berggren, P., Borchers, D.L., Burt, L., Canadas, A., Desportes, G., Donovan, G.P., Gilles, A., Gillespie, D., Gordon, J., Hiby, L., Kuklik, I., Leaper, R., Lehnert, K., Leopold, M., Lovell, P., Øien, N., Paxton, C.G.M., Ridoux, V., Rogan, E., Samarra, F., Scheidat, M., Sequeira, M., Siebert, U., Skov, H., Swift, R., Tasker, M.L., Teilmann, J., Van Canneyt, O. & J.A. Vazquez. 2013. Cetacean abundance and distribution in European Atlantic shelf waters to inform conservation and management. *Biological Conservation* 164: 107-122.
- Harrison, H.B., Williamson, D.H., Evans, R.D., Almany, G.R., Thorrold, S.R., Russ, G.R., Feldheim, K.A., van Herwerden, L., Planes, S., Srinivasan, M., Berumen, M.L. & G.P. Jones. 2012. Larval export from marine reserves and the recruitment benefit for fish and fisheries. *Current Biology* 22: 1023-1028.
- Havinga, B. 1924. Levenswijze van de spiering. Rijksinstituut voor Biologisch Visscherij Onderzoek, Amsterdam.
- Heessen, H.J.L., Daan, N. & J.R. Ellis. 2015. Fish atlas of the Celtic Sea, North Sea, and Baltic Sea. Wageningen Academic Publishers, Wageningen; KNNV Publishing, Zeist.
- Heessen, H. & J. Ellis. 2009. Haaien en roggen in de Noordzee. *De Levende Natuur* 110: 257-260.
- Heessen, H.J.L. & R. ter Hofstede. 2005. Time series of 60 North Sea Fish species based on data from the ICES coordinated International Bottom Trawl Survey IBTS. Rapport C013.05. Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO), IJmuiden.
- Hiddink, J.G., Jennings, S., Kaiser, M.J., Queirós, A.M., Duplisea, D.E. & G.J. Piet. 2006. Cumulative impacts of seabed trawl disturbance on benthic biomass, production, and species richness in different habitats. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63: 721-736.
- Hiddink, J.G. & R. ter Hofstede. 2008. Climate induced increases in species richness of marine fishes. *Global Change Biology* 14: 453-460.
- Hoek-van Nieuwenhuizen, M., Jol J. & N.H.B.M. Kaag. 2013. TBT-gehalten en effecten bij de Gewone Alikruik, de Gevlochten Fuikhoorn en de Purperslak langs de Nederlandse kust in 2013. Rapport C176/13. Wageningen Marine Research, Wageningen.
- Hoek-van Nieuwenhuizen, M., Jol, J. & N.H.B.M. Kaag. 2014. TBT-gehalten en effecten bij de Gewone Alikruik, de Gevlochten Fuikhoorn en de Purperslak langs de Nederlandse kust in 2014. Rapport C148/14. Wageningen Marine Research, Wageningen.
- Hoek-van Nieuwenhuizen, M., Jol, J. & N.H.B.M. Kaag. 2015. TBT-gehalten en effecten bij de Gewone Alikruik, de Gevlochten Fuikhoorn en de Purperslak langs de Nederlandse kust in 2015. Rapport C147/15. Wageningen Marine Research, Wageningen.
- ICES. 2016. Report of the Working Group on Eels (WGEEEL), 15-22 September 2016, Cordoba, Spain.
- ICES CM 2016/ACOM:19. International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen.
- I&M & EZ. 2014. Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2012-2020, deel 2. KRM-monitoringprogramma. Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.

I&M & EZ. 2015 a. Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2012-2020, deel 3. KRM-programma van maatregelen. Bijlage 5 bij het Nationaal Waterplan 2016-2021. Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.

I&M & EZ. 2015 b. Nationaal Waterplan 2016-2021. Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.

I&M & LEI. 2012. Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2012-2020, Deel 1. Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag.

Jansen, J., van Stralen, M., Kamermans, P. & H. Sas. 2012. Mosseltransitie in de Waddenzee. *De Levende Natuur* 113: 113-115.

Janssen, J.A.M. & J.H.J. Schaminée (red.). 2009. Europese Natuur in Nederland. Natura 2000-gebieden van zee en kust. KNNV Uitgeverij, Zeist.

Janssen, J.A.M., Rodwell, J.S., Garcia Criado, M., Gubbay, S., Haynes, T., Nieto, A., Sanders, N., Landucci, F., Loidi, J., Ssymank, A., Tahvanainen, T., Valderrabano, M., Acosta, A., Aronsson, M., Arts, G., Attorre, F., Bergmeier, E., Bijlsma, R.-J., Bioret, F., Biță-Nicolae, C., Biurrun, I., Calix, M., Capelo, J., Čarni, A., Chytrý, M., Dengler, J., Dimopoulos, P., Essl, F., Gardfjell, H., Gigante, D., Giusso del Galdo, G., Hajek, M., Jansen, F., Jansen, J., Kapfer, J., Mickolajczak, A., Molina, J.A., Molnar, Z., Paternoster, D., Piernik, A., Poulin, B., Renaux, B., Schaminee, J.H.J., Šumberova, K., Toivonen, H., Tonteri, T., Tsiropidis, I., Tzonev R. & M. Valachovič. 2016. European Red List of Habitats. Part 2. Terrestrial and freshwater habitats. European Union, Luxembourg.

Janssen, G. & M. Rozemeijer. 2009. Zandwinning en kustsuppleties: het samengaan van kustverdediging en natuurbescherming. *De Levende Natuur* 110: 280-283.

Jukema, J. & T. Piersma. 2002. Occurrence of Pacific Golden Plovers in The Netherlands; historical perspectives from the 'Wilsternetters'. *Waterbirds* 25: 93-99.

Jukema, j. & T. Piersma. 2004. Were Slender-billed Curlews *Numenius tenuirostris* once common in The Netherlands, and do they have patches of powder feathers? *Ibis* 146: 165-167.

Kaag, N.H.B.M. & J. Jol. 2007. Monitoring imposex bij de purperslak, *Nucella lapillus*, in de Zeeuwse wateren. Rapport C112/07. Wageningen Marine Research, Wageningen.

Kaiser, M.J., Collie, J.S., Hall, S.J., Jennings, S. & I.R. Poiner. 2002. Modification of marine habitats by trawling activities: prognosis and solutions. *Fish and Fisheries* 3: 114-136.

Kaiser, M.J., Ramsay, K., Richardson, C.A., Spence, F.E. & A.R. Brand. 2000. Chronic fishing disturbance has changed shelf sea benthic community structure. *Journal of Animal Ecology* 69: 494-503.

Koschinski, S., Culik, B.M., Damsgaard Henriksen, O., Tregenza, N., Ellis, G., Jansen, C. & G. Kathe. 2003. Behavioural reactions of free-ranging porpoises and seals to the noise of a simulated 2 MW windpower generator. *Marine Ecology Progress Series* 265: 263-273.

Kotterman, M., Jol, J. & E. van Barneveld. 2016. TBT-gehalten en effecten bij de Gewone Alikruik, de Gevlochten Fuikhoorn en de Purperslak langs de Nederlandse kust in 2016. Rapport C110/16. Wageningen Marine Research, Wageningen.

Kraan, C., Dekinga, A. & T. Piersma. 2011. Now an empty mudflat: past and present benthic abundances in the western Dutch Wadden Sea. *Helgoland Marine Research* 65: 51-58.

Kraan, C., Piersma, T., Dekinga, A., Koolhaas, A. & J. van der Meer. 2007. Dredging for edible cockles (*Cerastoderma edule*) on intertidal flats: short-term consequences of fisher patch-choice decisions for target and non-target benthic fauna. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1735-1742.

Kraan, C., van Gils, J.A., Spaans, B., Dekinga, A., Bijleveld, A.I., van Roomen, M., Kleefstra, R. & T. Piersma. 2009. Landscape-scale experiment demonstrates that Wadden Sea intertidal flats are used to capacity by molluscivore migrant shorebirds. *Journal of Animal Ecology* 78: 1259-1268.

Lavers, J.L., Bond, A.L. & I. Hutton. 2014. Plastic ingestion by Flesh-footed Shearwaters (*Puffinus carneipes*): implications for fledgling body condition and the accumulation of plastic-derived chemicals. *Environmental Pollution* 187: 124-129.

Leopold, M. 2012. Grote Sterns in Ottersaat: nieuw-nieuw-nieuw? Of toch niet? *Skor* 31: 14-24.

Leopold, M.F., Begeman, L., Heße, E., van der Hiele, J., Hiemstra, S., Keijl, G., Meesters, E., Mielke, L., Verheyen, D. & A. Gröne. 2015 a. Porpoises: from predators to prey. *Journal of Sea Research* 97: 14-23.

Leopold M.F., Begeman, L., van Bleijswijk, J.D.L., IJsseldijk, L.L., Witte, H.J. & A. Gröne. 2015 b. Exposing the grey seal as a major predator of harbour porpoises. *Proceedings of the Royal Society B* 282: 20142429.

Lindeboom, H. 2014. De Klaverbank, één van de eerste beschermde gebieden in de open Nederlandse Noordzee. *De Levende Natuur* 115: 57-60.

Lindeboom, H., Heessen, H., Lavaley, M. & M. Leopold. 2009. Gebiedsbescherming en biodiversiteit in de Noordzee. *De Levende Natuur* 110: 246-252.

Löffler, M. 2010. 'Hoe verder met dynamisch kustbeheer?' Een visie op grond van een workshop met betrokkenen. Rapport 2010-w05. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), Amersfoort.

Lotze, H.K. 2005. Radical changes in the Wadden Sea fauna and flora over the last 2,000 years. *Helgoland Marine Research* 59: 71-83.

Lotze, H.K. 2007. Rise and fall of fishing and marine resource use in the Wadden Sea, southern North Sea. *Fisheries Research* 87: 208-218.

Lotze, H.K., Lenihan, H.S., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R.G., C. Kay, M.C., Kidwell, S.M., Kirby, M.X., Peterson, C.H. & J.B.C. Jackson. 2006. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science* 312: 1806-1809.

- Lotze, H.K., Reise, K., Worm, B., Van Beusekom, J., Busch, M., Ehlers, A., Heinrich, D., Hoffmann, R.C., Holm, P., Jensen, C., Knottnerus, O.S., Langhanki, N., Prummel, W., Vollmer, M. & W.J. Wolff. 2005. Human transformations of the Wadden Sea ecosystem through time: a synthesis. *Helgoland Marine Research* 59: 84-95.
- Madsen, P.T., Wahlberg, M., Tougaard, J., Lucke, K. & P. Tyack. 2006. Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs. *Marine Ecology Progress Series* 309: 279-295.
- Maes, D. & D. Bonte. 2006. Using distribution patterns of five threatened invertebrates in a highly fragmented dune landscape to develop a multispecies conservation approach. *Biological Conservation* 133: 490-499.
- Maes, D., Ghesquiere, A., Logie, M. & D. Bonte. 2006. Habitat use and mobility of two threatened coastal dune insects: implications for conservation. *Journal of Insect Conservation* 10: 105-115.
- Maier, M. 2013. Managing mainland salt marshes for breeding birds. Interactions with plants, food and predation. Proefschrift Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg.
- Mandema, F.S., Tinbergen, J.M., Ens, B.J. & J.P. Bakker. 2013. Spatial diversity in canopy height at Redshank and Oystercatcher nest-sites in relation to livestock grazing. *Ardea* 101: 105-112.
- Mandema, F.S., Tinbergen, J.M., Ens, B.J., Koffijberg, K., Dijkema, K.S. & J.P. Bakker. 2015. Moderate livestock grazing of salt, and brackish marshes benefits breeding birds along the mainland coast of the Wadden Sea. *The Wilson Journal of Ornithology* 127: 467-476.
- Marencic, H. & J. de Vlas (eds). 2009. Quality Status Report 2009. Wadden Sea Ecosystem No. 25. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Wilhelmshaven, Germany.
- Maris, T., Coen, L., Dauwe, W., Mertens, W., Van den Bergh, E., & P. Meire. 2014. Naar een duurzaam beheer van de Schelde. *De Levende Natuur* 115: 84-89.
- Markert, A., Wehrmann, A. & I. Kröncke. 2010. Recently established *Crassostrea*-reefs versus native *Mytilus*-beds: differences in ecosystem engineering affects the macrofaunal communities (Wadden Sea of Lower Saxony, southern German Bight). *Biological Invasions* 12: 15-32.
- Marquenie, J.M., van de Laar, F.J.T. & H. Poot. 2009. Groen licht voor vogels. *De Levende Natuur* 110: 290-291.
- Meire, P., Ysebaert, T., van Damme S., van den Bergh, E., Maris, T. & E. Struyf. 2005. The Scheldt estuary: a description of a changing ecosystem. *Hydrobiologia* 540: 1-11.
- Mubiana, V.K. & R. Blust. 2006. Metal content of marine mussels from Western Scheldt estuary and nearby protected marine bay, The Netherlands: impact of past and present contamination. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 77: 203-210.
- Mubiana, V.K., Qadah, D., Meys, J. & R. Blust. 2005. Temporal and spatial trends in heavy metal concentrations in the marine mussel *Mytilus edulis* from the Western Scheldt estuary (The Netherlands). *Hydrobiologia* 540: 169-180.
- Mulder, R. 2017. De vismigratierivier: het ecoduct door de Afsluitdijk. *Vakblad Natuur Bos Landschap* 135: 4-7.
- Nijssen, N., Wouters, B., Vogels, J., Kooijman, A., van Oosten, H., van Turnhout, C., Wallis de Vries, M., Dekker, J. & I. Janssen. 2014. Begrazingsbeheer in relatie tot herstel van faunagemeenschappen in droge duingraslanden: eindrapportage 2009-2013. Rapport 2014/OBN190-DK. Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics (IBED), Universiteit van Amsterdam.
- Noordijk, H., Hollander, H., Sauter, F. & W.A.J. van Pul. 2014. Ammoniakdepositie in de duinen langs de Noordzee- en Waddenzeeekust. Analyse van het verschil tussen gemeten en met OPS gemodelleerde concentraties. Rapport 680030001/2014. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven.
- O'Leary, B., Winther-Janson, M., Bainbridge, J.M., Aitken, J., Hawkins, J.P. & C.M. Roberts. 2016. Effective Coverage Targets for Ocean Protection. *Conservation Letters* 9: 398-404.
- Olsen, O.T. 1883. The piscatorial atlas of the North Sea, English and St. George's Channels, illustrating the fishing ports, boats, gear, species of fish (how, where, and when caught), and other information concerning fish and fisheries. Grimsby, London.
- Oost, A.P., Hoekstra, P., Wiersma, A., Flemming, B., Lammerts, E.J., Pejrup, M., Hofstede, J., van der Valk, B., Kiden, P., Bartholdy, J., van der Berg, M.W., Vos, P.C., de Vries, S. & Z.B. Wang. 2012. Barrier island management: lessons from the past and directions for the future. *Ocean & Coastal Management* 68: 18-38.
- Philippart, C.J.M., van Aken, H.M., Beukema, J.J., Bos, O.G., Cadée, G.C. & R. Dekker. 2003. Climate-related changes in recruitment of the bivalve *Macoma balthica*. *Limnology and Oceanography* 48: 2171-2185.
- Piersma, T., Koolhaas, A., Dekinga, A., Beukema, J.J., Dekker, R. & K. Essink. 2001. Long-term indirect effects of mechanical cockle-dredging on intertidal bivalve stocks in the Wadden Sea. *Journal of Applied Ecology* 38: 976-990.
- Prins, T.C., Slijkerman, D.M.E., de Mesel, I., Schipper, C.A. & M.J. van den Heuvel-Greve (eds). 2011. Initial assessment. Implementation of the Marine Strategy Framework Directive for the Dutch part of the North Sea. Background document 1 (of 3). Deltares, Delft.
- Provoost, S., Laurence, M., Jones, M. & S.E. Edmondson. 2011. Changes in landscape and vegetation of coastal dunes in northwest Europe: a review. *Journal of Coastal Conservation* 15: 207-226.
- Purcell, J.E., 2012. Jellyfish and Ctenophore blooms coincide with human proliferations and environmental perturbations. *Annual Review of Marine Science* 4: 209-235.
- Quak, J. 2016. Van Aal tot Zalm tussen zoet en zout. Een beschouwing over de visstand in het Haringvliet, Hollands Diep en Goereesche Gat tussen 1870-1970. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.
- Rappoldt, C., Ens, B.J. & A.G. Brinkman. 2008. Het kokkelbestand 2001-2007 en het aantal scholeksters in de Waddenzee. Een beknopte modelstudie naar het effect van visserij. EcoCurves rapport 8 / SOVON-onderzoeksrapport 2008/09. EcoCurves, Haren; Sovon Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.

Rasenberg, M., van Overzee, H., Quirijns, F., Warmerdan, M., van Os, B. & G. Rink. 2013. Monitoring catches in the pulse fishery. Rapport C122/13. IMARES Wageningen UR, Wageningen.

Redeke, H.C., 1941. Pisces (Cyclostorni-Euichthyes). Fauna van Nederland X: 1-329.

Reise, K. 2012. A natural history of the Wadden Sea. Riddled by contingencies. Waddenacademie, Leeuwarden.

Reuchlin, E. & G. van Zonneveld. 2015. Plan van Aanpak Schelpdierbanken in de Voordelta, Deelproject voor Natuurherstel Haringvliet. WNF, Zeist; ARK Natuurontwikkeling, Nijmegen.

Rijkswaterstaat. 2016. Beheerplan Natura 2000 Voordelta, 2015-2021. Rijkswaterstaat, Den Haag.

Rijnsdorp, A., de Haan, D., Smith, S. & W.J. Strietman. 2016. Pulse fishing and its effects on the marine ecosystem and fisheries. An update of the scientific knowledge. Rapport C117/16. Wageningen Marine Research (University & Research Centre), Wageningen.

Saeijs, H.L.F., Smits, A.J.M., Overmars W. & D. Willems. 2004. Changing estuaries, changing views. Erasmus University Rotterdam, Radboud University Nijmegen, XXL Press, Nijmegen.

Santini, L., Belmaker, J., Costello, M.J., Pereira, H.M., Rossberg, A.G., Schipper, A.M., Ceauşu, S., Dornelas, M., Hilbers, J.P., Hortal, J., Huijbregts, M.A.J., Navarro, L.M., Schiffers, K.H., Visconti, P. & C. Rondinini. 2016. Assessing the suitability of diversity metrics to detect biodiversity change. *Biological Conservation* 213: 341–350.

Sas, H., Kamermans, P., van der Have, T., Lengkeek, W. & A. Smaal. 2016. Shellfish reef restoration pilots Voordelta The Netherlands. Annual report 2016. Sas consultancy; Bureau Waardenburg, Culemborg; WNF, Zeist.

Sas, H. & T. van den Heiligenberg. 2012. Programma Naar een rijke Waddenzee: waarom is het nodig en wat is er inmiddels bereikt? *De Levende Natuur* 113: 148-151.

SCBD. 2014. Global Biodiversity Outlook 4. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (Montréal, Canada).

Schellekens, T., Ens ,B. & T. Ysebaert. 2013. Energiehuishouding van steltlopers en de effecten van verandering in foerageer-oppervlak op populaties. Rapport C 0671/13. IMARES Wageningen UR, Wageningen.

Schuttenhelm, R. 2017. De toekomst van de Waddenzee: een stijgende zeespiegel over een dalende bodem. Wetenschappelijke inzichten over zeespiegelstijging, sedimentatie en bodemdaling - en een concreet verdrinkingsrisico binnen de 21ste eeuw. De Waddenvereniging, Harlingen.

Shrubb, M. 2013. Feasting, fowling and feathers: a history of the exploitation of wild birds. T & AD Poyser, London.

Smaal, A.C., Craeymeersch, J., Drent, J., Jansen, J.M., Glorius, S. & M.R. van Stralen. 2013. Effecten van mosselzadvisserij op sublitorale natuurwaarden in de westelijke Waddenzee: samenvattend eindrapport. Rapport Co06/13 PR1. IMARES Wageningen UR, Wageningen.

Smaal, A.C., Kamermans, P., van der Have, T.M., Engelsma, M., Sas, H.J.W. 2015. Feasibility of Flat Oyster (*Ostrea edulis* L.) restoration in the Dutch part of the North Sea. IMARES Report Co28/15

Smits, A.J.M., Nienhuis, P.H. & H.L.F. Saeijs. 2006. Changing estuaries, changing views. *Hydrobiologia* 565: 339-355.

Soldaat, L.L., Pannekoek, J., Verweij, R.J.T., van Turnhout, C.A.M. & A.J. van Strien. 2017. A Monte Carlo method to account for sampling error in multispecies indicators. *Ecological Indicators* 81: 340-347.

Sparrius, L.B., Odé, B. & R. Beringen. 2012. Basisrapport voor de Rode Lijst vaatplanten 2012. Rapport 57. FLORON, Nijmegen.

Stienen, E.W.M., van Beers, P.W.M., Brenninkmeijer, A., Habraken, J.M.P.M., Raaijmakers, M.H.J.E. & P.G.M. van Tienen. 2000. Reflections of a specialist: patterns in food provisioning and foraging conditions in Sandwich Terns *Sterna sandvicensis*. *Ardea* 88: 33-49.

Strucker, R.C.W., Hoekstein, M.S.J. Hoekstein & P.A. Wolf. 2013. Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2013. BM 14.12. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening Lelystad.

Tanaka, K., Hideshige Takada, H., Yamashita, R., Mizukawa, K., Fukuwaka, M. & Y. Watanuki. 2013. Accumulation of plastic-derived chemicals in tissues of seabirds ingesting marine plastics. *Marine Pollution Bulletin* 69: 219-222.

Tangelder, M., Groot, A., van Sluis, C., van Loon-Steensma, J., van Meurs, G., Schelfhout, H., Ysebaert, T., Luttkik, J., Ellen, G. & N. Eernink. 2013. Innovatieve dijkconcepten in de Zuidwestelijke Delta. Kansen voor toepassing en meerwaarde ten opzichte van traditionele dijken in het kader van Beleidsondersteuning voor het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta. Rapport Co29/13. IMARES Wageningen UR, Wageningen.

Teal, L.R., de Leeuw, J.J., van der Veer, H.W. & A.D. Rijnsdorp. 2008. Effects of climate change on growth of o-group sole and plaice. *Marine Ecology Progress Series* 358: 219-230.

Teal, L.R., van Hal, R., van Kooten, T., Ruardij, P. & A.D. Rijnsdorp. 2012. Bio-energetics underpins the spatial response of North Sea plaice (*Pleuronectes platessa* L.) and sole (*Solea solea* L.) to climate change. *Global Change Biology* 18: 3291-3305.

Ten Hallers-Tjabbes, C. & A. Gmelig-Meyling. 2009. Wulk en purperslak, naast TBT bedreigd door visserij en zandsuppletie. *De Levende Natuur* 110: 270-272.

Ten Hallers-Tjabbes, C.C., Wegener, J.W., van Hattum, A.G.M., Kemp, J.F., ten Hallers, E., Reitsema, T.J. & J.P. Boon. 2003. Imposéx and organotin concentrations in *Buccinum undatum* and *Neptunea antiqua* from the North Sea: relationship to shipping density and hydro-graphical conditions. *Marine Environmental Research* 55: 203-233.

Ter Hofstede, R., Hiddink, J.G. & A.D. Rijnsdorp. 2010. Regional warming changes fish species richness in the eastern North Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 414: 1-9.

Troost, K. 2010. Causes and effects of a highly successful marine invasion: Case-study of the introduced Pacific oyster *Crassostrea gigas* in continental NW European estuaries. *Journal of Sea Research* 64: 145-165.

Troost, K., Drent, J., Folmer, E. & M. van Stralen. 2012 a. Ontwikkeling van schelpdierbestanden op de droogvallende platen van de Waddenzee. *De Levende Natuur* 113: 83-88.

Troost, K., Perdon, K.J., Jol, J. van Asch, M. & D. van den Ende. 2015. Bestanden van mesheften, halfgenotte strandschelpen en andere schelpdieren in de Nederlandse kustwateren in 2015. Rapport C143/15. IMARES Wageningen UR, Wageningen.

Troost, K., Tangelder, M., van den Ende, D. & T.J.W. Ysebaert. 2012 b. From past to present: biodiversity in a changing delta. Werkdocument 317, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. Wageningen UR, Wageningen.

Troost, K. & T. Ysebaert. 2011. ANT Oosterschelde: Long-term trends of waders and their dependence on intertidal foraging grounds. Rapport Co63/11. IMARES Wageningen UR, Wageningen.

Tulp, I. 2015. Analyse visgegevens DFS (Demersal Fish Survey) ten behoeve van de compensatiemonitoring Maasvlakte 2. Rapport Co80/15. IMARES Wageningen UR, Wageningen.

Tulp, I., Bolle, L.J. & A.D. Rijnsdorp. 2008. Signals from the shallows: In search of common patterns in long-term trends in Dutch estuarine and coastal fish. *Journal of Sea Research* 60: 54-73.

Tulp, I., Craeymeersch, J., Leopold, M., van Damme, C., Fey, F. & H. Verdaat. 2010. The role of the invasive bivalve *Ensis directus* as food source for fish and birds in the Dutch coastal zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 90: 116-128.

Tulp, I., van der Veer, H.W., Walker, P., van Walraven, L., & L.J. Bolle. 2017. Can guild- or site-specific contrasts in trends or phenology explain the changed role of the Dutch Wadden Sea for fish? *Journal of Sea Research* 127: 150-163.

Tulp, I., van Hal, R., ter Hofstede, R. & A.D. Rijnsdorp. 2009. Klimaatverandering in de Noordzee: gevolgen voor vis. *De Levende Natuur* 110: 273-276.

Tulp, I., Walker, P. & L. Bolle. 2012. Ontwikkelingen van vis en visserij in de Nederlandse Waddenzee. *De Levende Natuur* 113: 89-95.

Van Aken, H.M. 2008. Variability of the water temperature in the western Wadden Sea on tidal to centennial time scales. *Journal of Sea Research* 60: 227-234.

Van Bemmelen, A.A. 1866. Lijst van visschen in Nederland waargenomen. *Fauna van Nederland*, III: 318-413.

Van Dalfsen, J.A. & K. Essink. 2001. Benthic community response to sand dredging and shoreface nourishment in Dutch Coastal Waters. *Senckenbergiana maritima* 31: 329-332.

Van Denderen, P.D. 2015. Ecosystem effects of bottom trawl fishing. Proefschrift Wageningen Universiteit.

Van Denderen, P.D., Hintzen, N.T., Rijnsdorp, A.D., Ruardij, P. & T. van Kooten. 2014. Habitat-specific effects of fishing disturbance on benthic species richness in marine soft sediments. *Ecosystems* 17: 1216-1226.

Van den Ende, W.P. 1847. Verslagen van de Vereeniging tot Bevordering der Inlandsche Ichthyologie. Deel 1. Nijhoff, Arnhem.

Van den Ende, D., Troost, K., van Asch, M., Brummelhuis, E. & C. van Zweeden. 2016. Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen in de Nederlandse kustwateren in 2016: bestand en arealen. Rapport C109/16. Wageningen Marine Research (University & Research Centre), Wageningen.

Van den Heuvel-Greve, M.J. 2009. Datarapport: To monitoring van gehalten aan zware metalen in biotamonsters van de Oosterschelde en Westerschelde. Rapport C136/09. IMARES Wageningen UR, Wageningen.

Van de Kam, J., Ens, B.J., Piersma, T. & L. Zwarts. 1999. Ecologische Atlas van de Nederlandse Wadvogels. Schuyt & Co, Haarlem.

Van de Kam, J., Ens, B.J., Piersma, T. & L. Zwarts. 2004. Shorebirds: an illustrated behavioural ecology. KNNV Publishers, Utrecht.

Van der Graaf, S., de Vlas, J., Herlyn, M., Voss, J., Heyer, K. & J. Drent. 2009. Macrozoobenthos. Thematic Report No. 10. In: Marencic, H. & Vlas, J. de (eds). 2009.

Van der Hagen, H.G.J.M., Geelen, L.H.W.T. & C.N. de Vries. 2008. Dune slack restoration in Dutch mainland coastal dunes. *Journal for Nature Conservation* 16: 1-11.

Van der Heide, T., van Katwijk, M.M. & G.W. Geerling. 2006. Een verkenning van de groeimogelijkheden van ondergedoken Groot zeegras (*Zostera marina*) in de Nederlandse Waddenzee. Radboud University, Nijmegen.

Van der Heide, T., Weerman E.J. & H. Olf. 2012. Waddensleutels: mosselbanken en andere biobouwers aan de basis voor een gezonde Waddenzee? *De Levende Natuur* 113: 101- 106.

Van der Hoek, D.-J., Wortelboer, R. & J. Diederiks. 2013. Ontwikkelingsvarianten voor de Zuidwestelijke Delta. Achtergronden bij Samenhang in de Zuidwestelijke Delta. Naar een vitale, veerkrachtige en veilige delta. Publicatie 1274. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Den Haag/Bilthoven.

Van der Valk, L., Reinders, J., van der Spek, A.J.F. & C. van Gelder-Maas. 2013. Voorbeelden van dynamisch kustbeheer. Een inventarisatie van dynamisch kustbeheer projecten langs de Nederlandse kust. Rapport 1207724-002. Deltares, Delft.

Van der Veer, H.W., Dapper, R., Henderson, P.A., Jung, A.S., Philippart, C.J.M., Witte, J. IJ. & A.F. Zuur. 2015. Changes over 50 years in fish fauna of a temperate coastal sea: Degradation of trophic structure and nursery function. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 155: 156-166.

Van der Veer, H.W., Koot, J., Aarts, G., Dekker, R., Diderich, W., Freitas, V. & J.IJ. Witte. 2011. Long-term trends in juvenile flatfish indicate a dramatic reduction in nursery function of the Balgzand intertidal, Dutch Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series* 434: 143-154.

Van der Werf, J., Reinders, J., van Rooijen, A., Holzhauer, H. & T. Ysebaert. 2015. Evaluation of a tidal flat sediment nourishment as estuarine management measure. *Ocean & Coastal Management* 114: 77-87.

Van der Winden, J., De Fouw, J., Dreef, C., Van Horssen, P.W., Dirksen, S. 2017. Deltagebied: nationaal en internationaal topgebied voor vogels. Status, trends, bedreigingen en toekomst voor watervogels in het Deltagebied. Rapport SjDE 17-02, Sjoerd Dirksen Ecology, Utrecht / Vogelbescherming Nederland, Zeist

Van de Wolfshaar, K.E., Tien, N., Griffioen, A.B., Winter, H.V. & M. de Graaf. 2015. Evaluation of the Dutch Eel Management Plan 2015: status of the eel population in the periods 2005-2007, 2008-2010 and 2011-2013. Rapport Co78/15. IMARES Wageningen UR, Wageningen.

Van Duinen, G.-J., van Kleef, H., Nijssen, M., van Turnhout, C., Verberk, W., Holtland, J. & H. Esselink. 2004. Schaal en intensiteit van herstelmaatregelen: hoe reageert de fauna? In: G.A. van Duinen et al. (eds). 2004. Duurzaam natuurherstel voor behoud van biodiversiteit: 189-240. Expertisecentrum LNV, Ede.

Van Duren, L.A. & M.M. van Katwijk. 2015. Herstelmaatregel groot zee gras in de Nederlandse Waddenzee. Haalbaarheid van de doelstellingen onder de Kaderrichtlijn Water. Deltares, Delft.

Van Franeker, J.A. 2009. Zwerfvuil in de Noordzee: klein afval met grote gevolgen. De Levende Natuur 110: 278-279.

Van Franeker, J.A., Blaize, C., Danielsen, J., Fairclough, K., Gollan, J., Guse, N., Hansen, P-L, Heubeck, M., Jensen, J-K., Le Guillou, G., Olsen, B., Olsen, K-O., Pedersen, J., Stienen, E.W.M. & D.M. Turner. 2011. Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar *Fulmarus glacialis* in the North Sea. *Environmental Pollution* 159: 2609-2615.

Van Franeker, J.A. & K.L. Law. 2015. Seabirds, gyres and global trends in plastic pollution. *Environmental Pollution* 203: 89-96.

Van Ginneken, V., Antonissen, E., Müller, U.K., Booms, R., Eding, E., Verreth, J. & G. van den Thillart. 2005. Eel migration to the Sargasso: remarkably high swimming efficiency and low energy costs. *The Journal of Experimental Biology* 208: 1329-1335.

Van Katwijk, M.M. 2012. Zee gras in de Waddenzee. De Levende Natuur 113: 107-109.

Van Keeken, O.A., van Hoppe, M., Grift, R.E. & A.D. Rijnsdorp. 2007. Changes in the spatial distribution of North Sea plaice (*Pleuronectes platessa*) and implications for fisheries management. *Journal of Sea Research* 57: 187-197.

Van Leeuwe, M., Folmer, E., Dekinga, A., Kraan, C., Meijer, K. & T. Piersma. 2008. Staat handkorkelvisserij op gespannen voet met behoud biodiversiteit in de Waddenzee? De Levende Natuur 109: 15-19.

Van Leeuwen, S. & A.W. Gmelig Meyling. 2015. Weekdierfauna in de Nederlandse mariene wateren sterk veranderd. De Levende Natuur 116: 177-184.

Van Loon-Steensma, J.M., Henkens, R.J.H.G. & A.V. de Groot. 2014. Baten innovatieve dijkconcepten Waddengebied. Een overzicht van de generieke baten voor natuur en recreatie & toerisme van innovatieve dijkconcepten. Rapport 2529. Alterra Wageningen UR, Wageningen.

Van Loon-Steensma, J.M. & H.A. Schelfhout. 2013. Gevoeligheidsanalyse Innovatieve Dijken Waddengebied. Een verkenning naar de meest kansrijke dijkconcepten voor de Waddenkust. Rapport 2483. Alterra Wageningen UR, Wageningen.

Van Moorsel, G.W.N.M. 1996. Ecologisch profiel Purperslak (*Nucella lapillus*). Watersysteemverkenningen. Rapport 96.01. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Van Moorsel, G. & S. van Leeuwen. 2013. Effecten van menselijk gebruik op mariene weekdieren in Nederland. Achtergrondrapport bij: Schelpdieren van het Nederlandse Noordzeegebied. Ecologische atlas van de mariene weekdieren (Mollusca). Ecosub, Doorn; Stichting ANEMOON, Lisse.

Van Oosten, H.H. 2015. On the brink of extinction: biology and conservation of Northern Wheatears in the Netherlands. Proefschrift, Radboud Universiteit, Nijmegen.

Van Oosten, H.H., Beusink, P., De Boer, P., van den Bremer, L., Dijkens, L., Klaassen, O., Majoor F., van Turnhout, C., & S. Waasdorp. 2008. De laatste karakteristieke vogels van het open duin: de dynamiek van populaties op de rand van uitsterven - en oplossingen. SOVON-onderzoeksrapport 2008/17. Stichting Bargerveen, Nijmegen; SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.

Vanoverbeke, J. & G. Van Ryckegem. 2015. Statistische analyse van het gebruik van het litoraal door steltlopers in de Westerschelde. Rapport INBO.R.2015.11358580. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Roomen, M., Nagy, S., Foppen, R., Dodman, T., Citegetse, G. & A. Ndiaye. 2015. Status of coastal waterbird populations in the East Atlantic Flyway 2014. With special attention to flyway populations making use of the Wadden Sea. Programme Rich Wadden Sea, Leeuwarden, The Netherlands, Sovon, Nijmegen, The Netherlands, Wetlands International, Wageningen, The Netherlands, BirdLife International, Cambridge, United Kingdom & Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.

Van Strien, A.J., Gmelig Meyling, A.W., Herder, J.E., Hollander, H., Kalkman, V.J., Poot, M.J.M, Turnhout, S., van der Hoorn, B., van Strien-van Liempt, W.T.F.H., van Swaay, C.A.M., van Turnhout, C.A.M., Verweij, R.J.T. & N.J. Oerlemans. 2016. Modest recovery of biodiversity in a western European country: the Living Planet Index for the Netherlands. *Biological Conservation* 200: 44-50.

Van Strien, A.J., van Swaay, C.A.M. & T. Termaat. 2013. Opportunistic citizen science data of animal species produce reliable estimates of distribution trends if analysed with occupancy models. *Journal of Applied Ecology* 50: 1450-1458.

Van Swaay, C. & C. Plate. 2003. Onze duinen: meer gewoon, minder bijzonder. *Vlinders* 4: 8-9.

Van Turnhout, C., Stuijzand, S., Nijssen, M. & H. Esselink. 2003. Gevolgen van verzuring, vermeting en verdroging en invloed van herstelbeheer op duinfauna. Rapport 2003/153. Expertisecentrum Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ede.

Van Turnhout, C. & R. van Beusekom. 2014. Toevlucht voor de tapuit. Bescherming van een bijzondere trekvogel. Vogelbescherming Nederland, Zeist.

- Van Zanten, E. & L.A. Adriaanse. 2008. Verminderd getij. Verkenning van mogelijke maatregelen om de erosie van de platen, slikken en schorren van de Oosterschelde te beperken. Rijkswaterstaat Zeeland, Middelburg.
- Verkempynck, R., Van der Reijden, K. 2015. Overview Flyshoot data. In: UR IW, editor. Wat voor gegevens zijn er bekend bij IMARES? Wageningen: Kenniskring Flyshoot. pp. 16.
- Verslycke, T., Vethaak, A.D., Arijs, K. & C.R. Janssen. 2005. Flame retardants, surfactants and organotins in sediment and mysid shrimp of the Scheldt estuary (The Netherlands). *Environmental Pollution* 136: 19-31.
- Versteegh, M., T. Piersma & H. Olf. 2004. Mogelijke implicaties van de verwaarlozing van kennis over zeeboderverstoringen. *De Levende Natuur* 105: 6-9.
- Vos, P.C. 2015. Origin of the Dutch coastal landscape. Long-term landscape evolution of the Netherlands during the Holocene, described and visualized in national, regional and local palaeogeographical map series. Barkhuis Publishing, Eelde
- Vuik, V., Jonkman, S.N., Borsje, B.W. & T. Suzuki. 2016. Nature-based flood protection: the efficiency of vegetated foreshores for reducing wave loads on coastal dikes. *Coastal Engineering* 116: 42-56.
- Walker, P.A. 1998. Fleeting images: dynamics of North Sea ray populations. Proefschrift Universiteit van Amsterdam.
- WallisDeVries, M.F. & I. Raemakers. 2001. Does extensive grazing benefit butterflies in coastal dunes? *Restoration Ecology* 9: 179-188.
- Wallis de Vries, M., Mourik, J., Odé, B., Kalkman, V., Hollander, H. & D. Bekker. 2016. Hoe damherten de duinen veranderen: effecten op flora en fauna. *Vakblad Natuur, Bos, Landschap* 11: 10-13.
- Wepener, V., Bervoets, L., Mubiana, V. & R. Blust. 2008. Metal exposure and biological responses in resident and transplanted blue mussels (*Mytilus edulis*) from the Scheldt estuary. *Marine Pollution Bulletin* 57: 624-631.
- Wijnhoven, S., Engelberts, A., Dekker, A., et al. 2015. Non-indigenous species inventory of estuarine intertidal areas; a comparison of estuaries and habitats using a hard substrate transect methodology. Pilot study within the frame of the INTERREG IV A 2 Seas project SEFINS commissioned by the NVWA. NIOZ, Monitor Taskforce Publication Series 2015-07.
- Wijnhoven, S., Escaravage, V., Herman, P.M.J., Smaal, A.C. & H. Hummel. 2011. Short and mid-long term effects of cockle-dredging on non-target macrobenthic species: a before-after-control-impact experiment on a tidal mudflat in the Oosterschelde (The Netherlands). *Marine Ecology* 32: 117-129.
- Wijnhoven, S. & H. Hummel. 2009. Historische analyse exoten in de Zeeuwse delta. De opkomst, verspreiding, ontwikkeling en impact van exoten onder de macrofauna van het zachte substraat in de Zeeuwse brakke en zoute wateren. Monitor Taskforce Publication Series 2009-11. Nederlands Instituut voor Ecologie-Centrum voor Estuariene en Marine Ecologie (NIOO-CEME), Yerseke.
- Wijnhoven, S. & H. Hummel. 2011. Patterns in macrozoobenthic assemblages indicate the state of the environment: insights from the Rhine-Meuse estuary. *Marine Ecology Progress Series* 435: 29-50.
- Wijsman, J.W.M. 2016. Monitoring en evaluatie pilot Zandmotor fase 2. Datarapport benthos bemonstering vooroever en strand najaar 2015. Rapport CO06/16, IMARES Wageningen UR, Wageningen.
- Wijsman, J.W.M., van Hal, R. & R.H. Jongbloed. 2015. Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor - Fase 2 Evaluatie benthos, vis, vogels en zeezoogdieren 2010-2014. Deltares, Delft; IMARES Wageningen UR, Wageningen.
- Wilcox, C., van Sebille, E., & B.D. Hardesty. 2015. Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112: 11899-11904.
- WNF. 2015. Living Planet Report. *Natuur in Nederland*. Wereld Natuur Fonds, Zeist.
- Wolff, W.J. 2000. The south-eastern North Sea: losses of vertebrate fauna during the past 2000 years. *Biological Conservation* 95: 209-217.
- Wolff, W.J. 2005. The exploitation of living resources in the Dutch Wadden Sea: a historical overview. *Helgoland Marine Research* 59: 31-38.
- Wortelboer, F.G. 2010. Natuurkwaliteit en biodiversiteit van de Nederlandse zoute wateren. Rapport 500402016/2010. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Den Haag/Bilthoven.
- WWF. 2014. Living Planet Report 2014. Species and spaces, people and places. WWF International, Gland, Switzerland.
- Zwarts, L., Blomert, A.-M., Bos, D. & M. Sikkema. 2011. Exploitation of intertidal flats in the Oosterschelde by estuarine birds. Rapport 1657. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Wereld Natuur Fonds

Het Wereld Natuur Fonds (WNF) beschermt de natuur wereldwijd en in Nederland door te bouwen aan een toekomst waarin de mens in harmonie leeft met de natuur. Om natuur te kunnen beschermen is inzicht nodig in de staat van de soortenrijkdom en de bedreigingen die natuur en ecosystemen ondermijnen. Het WNF publiceert daarom tweejaarlijks het mondiale Living Planet Report. In navolging van deze mondiale versie is nu voor de tweede keer een Living Planet Report uitgebracht dat de natuur in Nederland in kaart brengt. De focus van deze tweede editie is zoute en zilte natuur in Nederland.

Naturalis Biodiversity Center

Bij Naturalis Biodiversity Center willen we biodiversiteit beschrijven, begrijpen en verklaren. Voor het welzijn van de mensen en het voortbestaan van de aardse natuur. Aan de hand van de collectie kunnen onze onderzoekers baanbrekend onderzoek verrichten. Dat doen zij wereldwijd op locatie én in onze laboratoria in Leiden. Zo komen we steeds meer te weten over de werking van de natuur én haar toepassingsmogelijkheden.

Anemoon

Stichting ANEMOON (ANalyse Educatie en Marien Oecologisch ONderzoek) ondersteunt al ruim 20 jaar vrijwilligers bij het monitoren, onderzoeken en inventariseren van de fauna en flora in het Nederlandse mariene milieu.

EIS Kenniscentrum Insecten

Stichting EIS is het kenniscentrum voor insecten en andere ongewervelden. De stichting verricht en stimuleert onderzoek en geeft adviezen over beleid en beheer. Daarnaast is voorlichting en educatie een belangrijke taak. Het bureau ondersteunt zo'n 50 werkgroepen met samen zo'n 2000 vrijwilligers, elk gericht op een specifieke diergroep.

FLORON

FLORON coördineert het onderzoek naar de verspreiding van wilde planten in Nederland. Met inventarisatieprojecten brengt FLORON de verspreiding en trend van planten in kaart. Hierbij maken we gebruik van de expertise van meer dan 1000 vrijwilligers. Daarnaast werkt FLORON samen met provincies en terreinbeheerders aan het opstellen en uitvoeren van plannen voor het behoud en herstel van bedreigde soorten. Kennis over planten publiceert FLORON op verspreidingsatlas.nl.

RAVON

RAVON is een kennisorganisatie die zich richt op de studie en bescherming van in Nederland voorkomende amfibieën, reptielen en vissen. RAVON voert onderzoek uit en zet de hieruit voortvloeiende kennis en data in voor advies, voorlichting en bescherming. Er zijn circa 1500 vrijwilligers actief voor RAVON die meewerken aan verspreidingsonderzoek en monitoring van soorten.

Sovon Vogelonderzoek

Sovon Vogelonderzoek bestudeert het voorkomen en de ontwikkeling van Nederlandse vogels. Sovon kijkt daarbij naar de voor- of achteruitgang, en de oorzaken daarvan. De resultaten van de tellingen die Sovon organiseert vormen een basis voor het natuurbeleid- en beheer. Ruim 10.000 vrijwillige vogelwaarnemers zijn de spil van de organisatie. De belangrijkste ontwikkelingen presenteren we jaarlijks in de Vogelbalans. Wil je zelf meedoen aan vogeltellingen, ga naar sovon.nl/iktelmee.

Vlinderstichting

De Vlinderstichting is hét kenniscentrum op het gebied van vlinders en libellen in Nederland en Europa. Op basis van o.a. eigen onderzoek naar trends en ecologie van soorten ondersteunt De Vlinderstichting iedereen die aan de realisatie van een natuur vol vlinders en libellen kan bijdragen. De Vlinderstichting heeft een achterban van meer dan 20.000 mensen.

Zoogdiervereniging

De Zoogdiervereniging zet zich sinds 1952 in voor onderzoek naar en bescherming van alle in het wild levende zoogdieren en hun leefgebieden in Nederland. Het Bureau van de Zoogdiervereniging voert onderzoek uit en zet de hieruit voortvloeiende kennis en data in voor advies, voorlichting en bescherming. De Zoogdiervereniging heeft circa 2500 actieve vrijwilligers die meewerken aan verspreidingsonderzoek en monitoring van soorten.

100%
RECYCLED



Onze missie

Bouwen aan een toekomst waarin de mens leeft in harmonie met de natuur, dat is wat het Wereld Natuur Fonds doet. In het belang van de natuur en in het belang van de mens die de natuur nodig heeft.

www.wnf.nl