



Monitoring van het **voor**
vogels oogstbare **voedsel-**
aanbod in de **kombergingen**
van het **Pinkegat** en
Zoutkamperlaag
rapportage t/m
monitoringjaar 2020

Bruno J. Ens,
Karin Troost,
Erik van Winden,
Hans Schekkerman,
Kees Rappoldt,
Jos van Kessel &
Jeroen Nienhuis

Sovon-rapport 2021/35



Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag

Rapportage t/m monitoringjaar 2020

Bruno J. Ens - Sovon Vogelonderzoek Nederland

Karin Troost - Wageningen Marine Research

Erik van Winden - Sovon Vogelonderzoek Nederland

Hans Schekkerman - Sovon Vogelonderzoek Nederland

Kees Rappoldt - EcoCurves

Jos van Kessel - Sovon Vogelonderzoek Nederland

Jeroen Nienhuis - Sovon Vogelonderzoek Nederland



Dit rapport is samengesteld in opdracht van de
Nederlandse Aardolie Maatschappij



NAM Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Colofon

© Sovon Vogelonderzoek Nederland 2021

Dit rapport is samengesteld in opdracht van de Nederlandse Aardolie Maatschappij

Wijze van citeren: Ens B.J., Troost K., van Winden E., Schekkerman H., Rappoldt K., van Kessel J. & Nienhuis J. 2021. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2020. Sovon-rapport 2021/35. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Foto's: Jeroen van Wijk

Opmaak: John van Betteray, Sovon Vogelonderzoek Nederland

ISSN-nummer: 2212 5027

Sovon Vogelonderzoek Nederland

Toernooiveld 1

6525 ED Nijmegen

e-mail: info@sovon.nl

website: www.sovon.nl

Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar worden gemaakt d.m.v. druk, fotokopie, microfilm, of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Nederlandse Aardolie Maatschappij.

Inhoud

Samenvatting	3
2. Inleiding	7
3. Selectie vogelsoorten	9
4. Beslisschema	11
5. Monitoring data	13
5.1. Onderzoeksgebied	13
5.2. Hoogtekaart	13
5.2.1. Lodingen Rijkswaterstaat	13
5.2.2. LiDAR	14
5.3. Waterstanden	14
5.4. Bodemdieren	15
5.4.1. SIBES	15
5.4.2. WOT litorale surveys waddenzee	15
5.5. Vogeltellingen	15
6. Wadmap: van benthos naar proxy	17
6.1. Algemeen	17
6.2. Berekeningswijze Wadmap	17
6.3. Voedseleecologie vogels	19
6.3.1. Functionele respons	19
6.3.2. Prooikeuze	19
6.3.3. Voedselbehoefte en beschikbare foerageertijd	19
6.4. Berekende proxies	20
7. Resultaten monitoring	23
7.1. Ontwikkelingen bodemdieren Waddenzee	23
7.2. Voedselaanbod Pinkegat-Zoutkamperlaag	25
7.3. Vogels	27
7.3.1. Bergeend	28
7.3.2. Pijlstaart	31
7.3.3. Scholekster	33
7.3.4. Kluut	37
7.3.5. Zilverplevier	39
7.3.6. Bontbekplevier	42
7.3.7. Kanoet	45
7.3.8. Drieteenstrandloper	49
7.3.9. Bonte Strandloper	50
7.3.10. Rosse Grutto	52
7.3.11. Wulp	55
7.3.12. Tureluur	57
7.3.13. Steenloper	60
8. Discussie en conclusies	65
8.1. Signaleringsmonitoring & Signalering	65
8.2. Aanbevelingen audit commissie	67
8.3. Ecologische verklaringen van waargenomen veranderingen	68
8.3.1. Draagkrachtmodellen	70
8.3.2. Proxies voor draagkracht	70
8.3.3. Getijdepopulaties en hun leefgebied	71
8.3.4. Drukfactoren en hun effect(en)	76

8.3.5. Voedsellandschap	77
8.3.6. Kwaliteit van de HVP	78
8.3.7. Verstoringlandschap	79
9. Aanbevelingen	85
10. Appendix – trends in de proxies	86
11. Literatuur	89



Samenvatting

De gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (samen: MLV) kan effecten hebben op het Natura 2000 gebied Waddenzee. Uit voorzorg vindt de winning plaats volgens het 'Hand aan de kraan' principe. In dat kader vindt een uitgebreide monitoring plaats van biotische en abiotische parameters, om te controleren of gaswinning vanaf de bovengenoemde locaties geen meetbaar nadelig effect heeft op de instandhoudingsdoelstellingen van de speciale beschermingszone Waddenzee, waaronder een groot aantal vogelsoorten waarvoor het gebied is aangewezen.

Onder invloed van het jaarlijkse commentaar van de auditcommissie is het monitoring programma in de loop der jaren steeds verder ontwikkeld. De op de wadplaten gemonitorde variabelen bodemdieren, bodemhoogte, sedimentatie en waterstanden worden geïntegreerd tot één variabele die zo goed mogelijk de instandhoudingsdoelen representeert. Het is niet mogelijk de draagkracht voor de verschillende wadvogelsoorten direct te bepalen op basis van deze metingen, maar het is wel mogelijk om de metingen te combineren tot proxies voor draagkracht voor een groot aantal soorten wadvogels. Uiteindelijk konden proxies voor draagkracht worden ontwikkeld voor dertien goed onderzochte wadvogelsoorten: Bergeend, Pijlstaart, Scholekster, Kluut, Zilverplevier, Bontbekplevier, Kanoet, Drieteenstrandloper, Bonte Strandloper, Rosse Grutto, Wulp, Tureluur en Steenloper. Behalve de ontwikkelingen in de proxies voor draagkracht worden ook de ontwikkelingen in vogelaantallen gevolgd en vergeleken met de ontwikkelingen elders. Aan de hand van een beslisschema worden de monitoringgegevens gewogen en wordt besloten of er aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling door gaswinning uit de MLV-velden op de instandhoudingsdoelen.

Net als ik voorgaande jaren zijn berekeningen uitgevoerd voor 7 verschillende proxies op basis van de korte prooijlijst:

1. **Opp**: het areaal geschikt foerageerhabitat op basis van de berekende opnamesnelheid van voedsel en een energetisch bepaalde ondergrens aan de opnamesnelheid.
2. **BMaanw**: de aanwezige biomassa aan prooidieren op basis van dieet.
3. **BMoogst**: de oogstbare prooibiomassa. Dit is de biomassa prooidieren in gebieden waar de drempelwaarde in opnamesnelheid gehaald wordt.
4. **BMoogstDr**: de beschikbare oogstbare prooibiomassa. Dit is de oogstbare prooibiomassa vermenigvuldigd met de lokale droogvalduur.
5. **FRaanw**: de opnamesnelheden berekend voor het aanwezige voedsel, gesommeerd over de totale oppervlakte.
6. **FRoogst**: de berekende opnamesnelheden, gesommeerd over de oppervlaktes waar de kritische opnamesnelheid gehaald wordt, d.w.z. waar het voedsel oogstbaar is.
7. **FRoogstDr**: de berekende opnamesnelheden, gesommeerd over de oppervlaktes waar de kritische opnamesnelheid gehaald wordt, en vermenigvuldigd met de lokale droogvalduur.

Voor alle 13 soorten is het verloop van deze 7 proxies berekend voor twee seizoenen. In totaal dus 26 soort-seizoen combinaties.

Voor elk van de 13 onderzoeksoorten wordt het aantalsverloop in de kombergingen van Pinkegat/Zoutkamperlaag over de periode 1994/1995 – 2019/2020 gerapporteerd en vergeleken met het aantalsverloop in de rest van de Nederlandse Waddenzee, alsook met het aantalsverloop in de Duitse en Deense Waddenzee en met dat van de totale *flyway*-populaties van de betreffende soorten. Er zijn trends berekend voor de lange termijn (vanaf 1994) en voor de korte termijn (vanaf 2008).

Toepassing van het beslisschema op de resultaten t/m monitoringjaar 2020 leidt tot de volgende conclusies:

1. Voor 22 onderzochte soort-seizoen combinaties luidt de conclusie dat er geen aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling.
 - a. Voor 4 soort-seizoen combinaties (Zilverplevier en Rosse Grutto in beide seizoenen) is dit gebaseerd op de ontwikkeling van de aantallen in Pinkegat-Zoutkamperlaag die duidelijk in positieve zin verschilt van de aantalsontwikkeling elders (overige delen Nederlandse Waddenzee, Duitse en Deense Waddenzee).
 - b. Voor 5 soort-seizoen combinaties (Scholekster in beide seizoenen, Bonte Strandloper in september, Rosse Grutto in augustus en Wulp in september) was er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht die in alle gevallen geen negatieve trend vertoonde, waarbij voor de Rosse Grutto al op grond van de trendinformatie werd geconcludeerd dat er geen aanwijzingen waren voor een negatief effect van bodemdaling.
 - c. Voor 14 soort-seizoen combinaties werd geen gevalideerde proxy voor draagkracht gevonden, maar waren de proxies onderling sterk gecorrigeerd en was er geen sprake van een negatieve ontwikkeling van de gezamenlijke trend in de

proxy.

2. Voor de Pijlstaart kon in beide seizoenen geen betrouwbare conclusie worden getrokken, omdat (1) de trend informatie als onzeker werd beoordeeld, (2) er geen gevalideerde proxy voor draagkracht bestaat, (3) de proxies niet allemaal dezelfde trend vertoonden.
3. Voor de Steenlopers werd de trendinformatie ook als onzeker beoordeeld, werd ook geen gevalideerde proxy voor draagkracht gevonden in beide seizoenen, maar waren de proxies wel sterk gecorreleerd en allemaal negatief. Of en in welke mate dit een gevolg was van bodemdaling door gaswinning kon niet worden vastgesteld. De facto kon er dus ook hier geen betrouwbare conclusie worden getrokken.

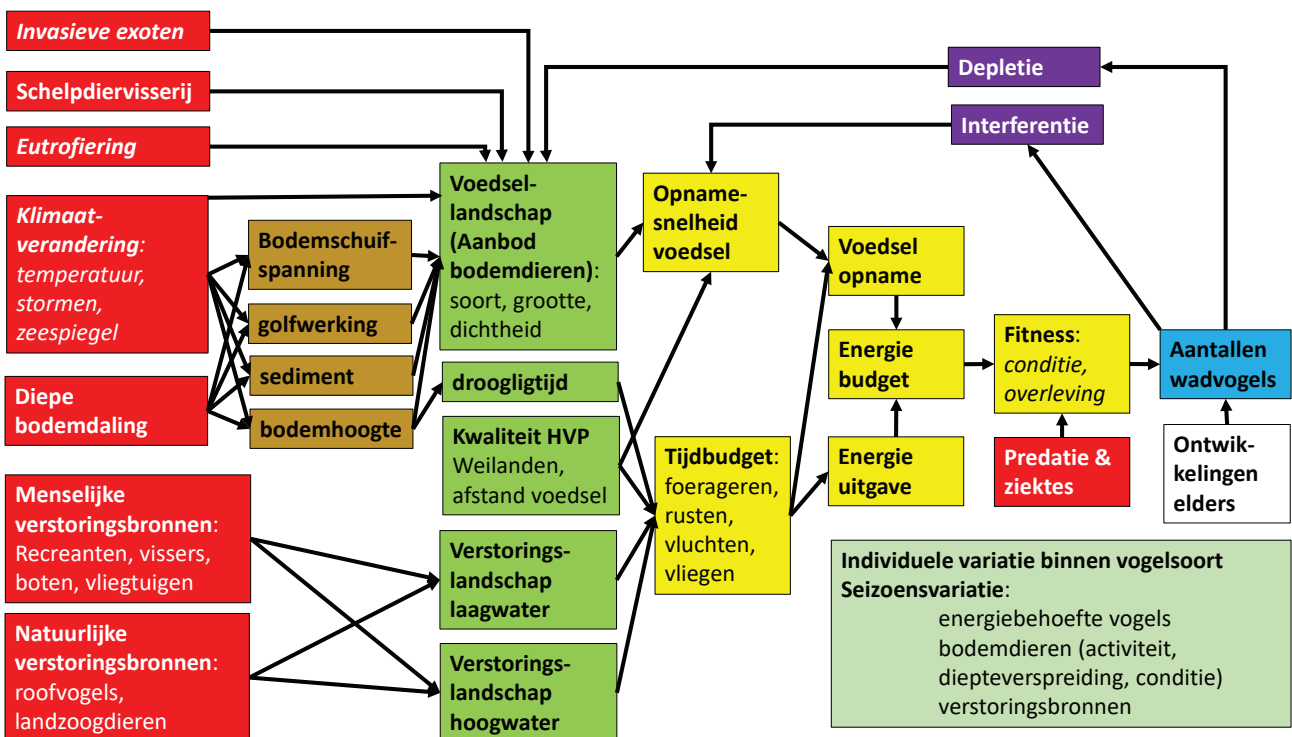
De Auditcommissie komt in haar evaluatie van het meest recente monitoringrapport (Ens *et al.* 2020) tot een drietal adviezen (Auditcommissie 2020):

1. De Auditcommissie adviseert na te gaan of machine learning, binnen de nu beschikbare gegevens, ook nog breder ingezet kan worden, bijvoorbeeld om niet eerder gedetecteerde verbanden tussen diepe-bodemdaling, morfologie en ecologie bloot te leggen.

Naar ons idee is het grootste gemis dat we niet alle verklarende variabelen voor de vogelaantallen goed in beeld hebben. Met name het verstoringlandschap tijdens hoog- en laagwater. Om tot een goede monitoring van het verstoringlandschap te komen kan *machine learning* van zeer groot nut zijn. Dit laten wij in deze rapportage zien aan de hand van de uitgewerkte effectketen.

2. De Auditcommissie adviseert daarom voor de referentie ook bodemdiergegevens van de jaren na 2013 te benutten en daarbij te onderzoeken of, door gericht referentiegebieden te kiezen binnen de Waddenzee, de analyse-inspanning voor het verkrijgen van bodemdiergegevens kan worden verkleind. Zo is een betere vergelijking van de trends en ruimtelijke verschillen in voedselbeschikbaarheid en het aantalsverloop van geselecteerde vogelsoorten mogelijk.

Het was niet mogelijk om deze aanbeveling op te volgen voor deze rapportage omdat (1) Waddenzeebrede gegevens van na 2013 van het SIBES programma, in tegenstelling tot de WMR *surveys*, beperkt beschikbaar zijn, (2) het advies pas op 26 november 2020 beschikbaar kwam. Er is goede kans dat als



Figuur 1. Schematische weergave van de uitgewerkte effectketen die beschrijft hoe verschillende drukfactoren (rood), waaronder bodemdaling door gaswinning, doorwerken op de vogelaantallen (blauw) in het leefgebied van een getidepopulatie (LGP), via abiotiek (bruin), voedsellandschap en verstoringlandschap (groen), en fitness van de vogels (geel). Die vogelaantallen worden ook bepaald door ontwikkelingen elders (wit) en er is een terugkoppeling van vogelaantallen via voedselconcurrentie (paars) naar het voedsel(landschap). Sommige variatiebronnen, zoals veranderingen in de loop van het seizoen, zijn niet expliciet in het schema opgenomen, maar alleen benoemd in een los kader (lichtgroen).

onderdeel van de basismonitoring Wadden <https://basismonitoringwadden.waddenzee.nl/> er voor de volgende rapportage wel gebruik gemaakt kan worden van Waddenzee-brede gegevens uit het SIBES-programma van na 2013. Daarbij kan een betere vergelijking van trends en ruimtelijke verschillen in voedselbeschikbaarheid en het aantalsverloop van geselecteerde vogelsoorten bereikt worden door als analyse eenheid het leefgebied van getijdipopulaties (LGP) van de vogels te kiezen.

3. De Auditcommissie adviseert na te gaan in hoeverre andere ontwikkelingen in de Waddenzee, zoals de toekomstige aanleg van twee ondergrondse stroomkabels zou kunnen interfereren met het monitoringprogramma.

Het ligt voor de hand om hier in volgende rapportages aandacht aan te besteden als er meer informatie over de verschillende plannen beschikbaar is.

Voor 22 soort-seizoen combinaties werd geconcludeerd dat er geen aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling door gaswinning. Voor Pijlstaart en Steenloper konden in geen van beide seizoenen een conclusie worden getrokken. Om na te gaan hoe dit in toekomstige rapportages voorkomen kan worden is de effectketen die beschrijft hoe diepe bodemdaling doorwerkt op bodemdieren en aantallen vogels verder uitgewerkt. Daarbij moet ook het effect van andere drukfactoren, zoals schelpdiervisserij en verstoring, op het voedsellandschap en verstoringslandschap en daarmee de vogels, in kaart worden gebracht (Figuur 1).

In het hoofdstuk discussie en conclusies worden de aanbevelingen van de audit commissie besproken en de discussie over de ecologische verklaringen van de waargenomen veranderingen is opgehangen aan een uitwerking van de effectketen tussen drukfactoren, zoals diepe bodemdaling, en de vogelaantallen (Figuur 0.1). Dit leidt tot de volgende aanbevelingen:

- (1) Neem als eenheid voor de analyse het leefgebied van een getijdipopulatie (LGP). Dit kan op basis van beschikbare kennis en de door Folmer, Ens & van der Zee (in prep.) gehanteerde aanpak. Verzamelen van aanvullende waarnemingen is in sommige gevallen nodig.
- (2) Probeer een inschatting te maken van de omvang van de handkokkelvisserij in de afgelopen jaren in de verschillende LGP's en verdisconteer dit in de draagkrachtproxies voor de Scholekster.
- (3) Als de SIBES gegevens Waddenzee-breed beschikbaar komen kan onderzocht worden of sedimentsamenstelling, naast voedsel, een rol speelt bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee.
- (4) Onderzoek of binnendijkse foerageermogelijkheden, naast voedsel op het wad zelf, van belang zijn bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee.
- (5) Onderzoek of predatierisico en (menselijke) verstoring van belang zijn, naast voedsel op het wad, bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee. Dit vereist een zo compleet mogelijke beschrijving van het verstoringslandschap.





2. Inleiding

De gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (samen: MLV) kan effecten hebben op het Natura 2000 gebied Waddenzee. De voorspelde daling van wadplaten als gevolg van bodemdaling door gaswinning is uitermate gering en er worden geen significante effecten op natuurwaarden verwacht (Meesters *et al.* 2006). Desondanks vindt uit voorzorg de winning plaats volgens het ‘Hand aan de kraan’ principe, waarbij de jaarlijkse zeespiegelstijging en bodemdaling door gaswinning samen niet de komberging specifieke sedimentatie capaciteiten van het Pinkegat en de Zoutkamperlaag mogen overschrijden. Naast de meet- en regelcyclus rondom de bodemdalingssnelheid vindt er een uitgebreide monitoring plaats van biotische en abiotische parameters, om te controleren of gaswinning vanaf de bovengenoemde locaties geen meetbaar nadelig effect heeft op de instandhoudingsdoelstellingen van de speciale beschermingszone Waddenzee, waaronder een groot aantal vogelsoorten waarvoor het gebied is aangewezen.

In het monitoring programma voor de jaren 2014-2019 (NAM 2014) is gekozen voor een analysestrategie waarbij de op de wadplaten gemonitorde variabelen bodemdieren, bodemhoogte, sedimentatie en waterstanden worden geïntegreerd tot één variabele die zo goed mogelijk de instandhoudingsdoelen representeert (Auditcommissie 2014). Het is niet mogelijk de draagkracht voor de verschillende wadvogelsoorten direct te bepalen op basis van deze metingen, maar het is wel mogelijk om de metingen te combineren tot proxies voor draagkracht voor een groot aantal soorten wadvogels. Uiteindelijk konden proxies voor draagkracht worden ontwikkeld voor dertien goed onderzochte wadvogelsoorten: Bergeend, Pijlstaart, Scholekster, Kluut, Zilverplevier, Bontbekplevier, Kanoet, Drieteenstrandloper, Bonte Strandloper, Rosse Grutto, Wulp, Tureluur en Steenloper (Ens *et al.* 2015b; Ens *et al.* 2016; Ens *et al.* 2017a; Ens *et al.* 2018).

In de rapportage over de monitoring t/m het jaar 2018 is uitgebreid aandacht besteed aan het valideren van de proxies (Ens *et al.* 2019a). Uitgangspunt voor die validatie was de aanname dat de proxy die het sterkst correleert met de verspreiding van een vogelsoort in de Waddenzee (bepaald op basis van hoogwatertellingen) de draagkracht voor die soort het dichtste benadert. Uiteindelijk is gekozen voor een hybride aanpak, waarbij zowel is gekeken naar variatie in de ruimte, tussen 12 deelgebieden in de Nederlandse Waddenzee, als in de tijd, tussen de

zes jaren waaruit voor de hele Waddenzee SIBES-gegevens over bodemfauna beschikbaar waren (2008-2013). Het bleek dat bij alle soort/maand combinaties de hypothese van een recht evenredig verband tussen de proportionele vogelaantallen en proportionele proxywaarden moest worden verworpen. Echter, in bijna alle gevallen bleek er sprake van een groot gebiedseffect. Dat wil zeggen dat er systematische verschillen waren tussen gebieden in de relatie tussen de draagkrachtproxy en de proportionele vogelaantallen. Daarnaast bleken de proxies onderling vaak sterk gecorreleerd, zodat het mogelijk was de algemene trend voor de verschillende proxies te interpreteren als de beste schatting voor de trend in het beschikbare voedselaanbod.

Een belangrijke aanname is dat voedsel de allesbepalende factor is in het bepalen van de draagkracht van de Waddenzee voor wadvogels. In de rapportage t/m het monitoringjaar 2019 (Ens *et al.* 2020) is een begin gemaakt met onderzoek naar de vraag of sedimentsamenstelling, naast voedsel, een rol speelt bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee.

In 2019 is het monitoringprogramma opnieuw diepgravend geëvalueerd (Auditcommissie 2019). De auditcommissie concludeert dat *“met het huidige monitoringsprogramma een goede basis aanwezig is om jaarlijkse en trendmatige veranderingen in bodemdaling, morfologie en natuur in en om de Waddenzee te kunnen volgen en verklaren. De binnen het programma ontwikkelde beslisschema’s voor de wadplaten, kwelders en het Lauwersmeer vormen de leidraad voor de bepaling van mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning op beschermde natuur, en zijn bruikbaar als het aangrijpingspunt voor eventuele toepassing van het ‘hand aan de kraan’-principe.”* Toch ziet zij ook ruimte voor verbetering van de vogelmonitoring:

1. *“Het aantal mogelijk verklarende variabelen voor de vogelaantallen en -verspreiding in en rondom de Waddenzee is zeer groot. Gegeven ook de grote ruimtelijke en temporele variatie van uitkomsten van de ecologische metingen, adviseert de Auditcommissie na te gaan in hoeverre ‘machine learning’ ingezet kan worden om niet eerder gedetecteerde verbanden tussen de verklarende variabelen bloot te leggen en beter zicht te krijgen op trends in vogelaantallen.”*
2. *“De Auditcommissie adviseert voor de referentiegebieden meer recente gegevens over de voedselbeschikbaarheid te gebruiken. Tevens adviseert zij onderzoek te doen naar een optimalisatie in de*

keuze van referentiegebieden. Hiermee kunnen trends en ruimtelijke verschillen in voedselbeschikbaarheid naar verwachting beter gerelateerd worden aan die in aantallen wadvogels.”

In de rapportage t/m het monitoringsjaar 2020 worden voorstellen gedaan hoe deze adviezen opgevolgd konden worden, maar concrete invulling bleef grotendeels achterwege (Ens *et al.* 2020). Het verbaast dan ook niet dat de adviezen van de auditcommissie naar aanleiding van deze laatste rapportage een grote gelijkenis vertonen met dit eerdere advies (Auditcommissie 2020). Ook nu ontbrak de mogelijkheid voor concrete invulling van de voorstellen, maar de voorstellen konden wel verder worden uitgewerkt. Centraal daarbij is de bewerking van de effectketen die beschrijft hoe diepe bodemdaling en andere drukfactoren via het voedsellandschap en het verstoringslandschap doorwerken op de aantallen vogels in het leefgebied van een getijdpopulatie (LGP). Hieronder wordt een goed omschreven geografische gebied verstaan met één of meer hoogwatervluchtplaatsen (HVP's) waarvandaan de vogels tijdens laagwater op de wadplaten in dit leefgebied naar voedsel zoeken. Dit leidt tot een aantal concrete

aanbevelingen voor de monitoring en de analyse op basis van de gegevens per LGP.

De hoofdmoot van dit rapport over de monitoring t/m het monitoringjaar 2020 betreft de rapportage per vogelsoort over de ontwikkeling van de proxies voor draagkracht in het bodemdalingsgebied Pinkegat-Zoutkamperlaag. Net als in de vorige rapportage zijn er berekeningen uitgevoerd voor 7 verschillende proxies op basis van de korte prooilijst.

Daarnaast wordt voor elk van de 13 onderzoeksoorten het aantalsverloop in de kombergingen van Pinkegat/Zoutkamperlaag over de periode 1994/1995 – 2017/2018 gerapporteerd en vergeleken met het aantalsverloop in de rest van de Nederlandse Waddenzee, alsook met het aantalsverloop in de Duitse en Deense Waddenzee. Er zijn trends berekend voor de lange termijn (vanaf 1994) en voor de korte termijn (vanaf 2008).

Op basis van de resultaten wordt voor alle soorten het beslisschema doorlopen om tot een conclusie te komen over mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning uit de MLV-velden.



3. Selectie vogelsoorten

De selectie van vogelsoorten is eerder beschreven, maar omdat het een voor de monitoring zeer belangrijke keuze betreft is ervoor gekozen om ook dit rapport het keuzeprocess en de belangrijkste argumenten kort te herhalen.

Voorafgaand aan de start van de winning uit de velden Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen is onderzoek uitgevoerd naar mogelijke effecten op beschermde natuurwaarden door bodemdaling in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag (Meesters *et al.* 2006). In die studie werd geconcludeerd dat de kans op significante effecten verwaarloosbaar klein was. Desalniettemin is besloten om toch een monitoringprogramma op te zetten om zeker te kunnen zijn dat er inderdaad geen negatieve effecten zijn. In dit hoofdstuk beschrijven we nog even kort de selectie van vogelsoorten voor deze signaleringsmonitoring. Voor een uitgebreide onderbouwing van deze selectie wordt verwezen naar eerdere rapporten (Ens *et al.* 2017a; Ens *et al.* 2018).

De Waddenzee is aangewezen voor 38 soorten niet-broedvogels. In Tabel 3.1 is het instandhoudingsdoel voor de Waddenzee weergegeven voor al deze soorten, als ook de doelstelling voor Nederland. Voor een groot aantal soorten moet de Nederlandse doelstelling gehaald worden in de Waddenzee.

Daling van de diepe ondergrond zal in theorie leiden tot daling van het wadoppervlak. De feitelijke bodemdaling is het resultaat van de daling van de diepe ondergrond ten gevolge van de gaswinning en de compenserende opslibbing. Omdat de gaswinning tijdelijk is leidt dat in theorie tot een tijdelijke verlaging van de wadplaten, die volgens de modelberekeningen de compenserende opslibbing zal verhogen (Wang & Eysink 2005). Na afloop van de gaswinning nadert de plaathoogte weer naar het niveau dat er ook zonder gaswinning zou zijn geweest (Wang & Eysink 2005). Dit zal naar verwachting geen ecologische effect hebben op de delen van de Waddenzee die altijd onder water staan (het sublitoraal), maar het kan betekenen dat wadplaten minder lang droog liggen en daar zouden vogels die op de wadplaten naar voedsel zoeken last van kunnen hebben. Kwelders kunnen vaker overstromen, maar dit zal vooral effect hebben op de vogels die op de kwelder broeden. Overstromingen tijdens het broedseizoen kunnen desastreuze gevolgen hebben voor het broedsucces (van de Pol *et al.* 2010; Hallmann & Ens 2011; Krol & Hallmann 2011; van de Pol *et al.* 2012; Bailey *et al.* 2017; Bailey *et al.* 2019). Deze signaleringsmonitoring richt echter zich op de niet-

broedvogels, en voor de ganzen en eenden die buiten de broedtijd op de kwelder grazen (en goed kunnen zwemmen) zal het effect van een iets verhoogde overstromingskans weinig effect hebben.

In Tabel 3.1 is voor alle beschermde niet-broedvogels het voedsel en het foerageerhabitat aangegeven en op basis daarvan of er een mogelijk effect van bodemdaling is. We verwachten dit effect niet voor (1) vogels die op vis jagen in het sublitoraal, zoals Fuut en Aalscholver, (2) vogels die naar bodemdieren duiken in het sublitoraal, zoals Toppereend en Brilduiker, (3) vogels die op de kwelder grazen, zoals Brandgans en Rotgans. Op in totaal 16 vogelsoorten verwachten wij derhalve geen effect. Voor 17 soorten die naar bodemdieren op de drooggevallen wadplaten zoeken is een effect via droogligtijd niet uit te sluiten. Er zijn vijf vogelsoorten die iets lastiger zijn te classificeren:

- Overwinterende Eidereenden vinden hun voedsel (schelpdieren) vooral in het sublitoraal (Ens & Kats 2004; Cervenci *et al.* 2015) en daar verwachten we geen effect van bodemdaling. Er wordt ook wel op schelpdieren op de wadplaten gefoerageerd, maar dan meestal zwemmend en duikend als die platen onder water staan. Platen die wat lager liggen zijn dan eerder een voordeel dan een nadeel, maar in alle gevallen gaat het om een klein deel van de populatie dat zo zijn voedsel vindt.
- Lepelaars, Groenpootruiters en Zwarte Ruiters jagen vooral op visjes en garnalen, maar ook wel wormen en krabben, in plasjes en slenkjes, waarbij de Lepelaar natuurlijk wel in dieper water foerageert en grotere prooien zal vangen (Jouta *et al.* 2018; Enners *et al.* 2020). We verwachten dat deze vogels hierdoor minder last hebben van bodemdaling, dan de vogels die afhankelijk zijn van het drooggevallen wad.
- Slechtvalken jagen vooral op middelgrote steltlopers (van den Hout 2009). Als die steltlopers in aantal achteruitgaan door bodemdaling, dan kan dit in theorie een effect hebben op de overwinterende Slechtvalken, maar het aantonen van een dergelijk indirect verband zal heel erg moeilijk, zo niet onmogelijk zijn.

Op basis van het bovenstaande plaatsen we de betreffende vijf soorten in de groep waar we geen effect verwachten. Daar komt bij dat de bemonsteringen door WMR en NIOZ van de bodemdieren geen goed beeld leveren van de epibenthische bodemdieren en vissen waar Lepelaar, Groenpootruiter en Zwarte Ruiter op jagen.

Er zijn dus 17 beschermde vogelsoorten waar het op het eerste gezicht zinvol lijkt om de monitoring data te integreren en een proxy voor draagkracht te ontwikkelen. Voor 13 soorten zijn hiertoe de eerste stappen gezet (Ens *et al.* 2015b; Ens *et al.* 2016). Bij nadere inspectie bleek het niet zinvol om voor de resterende vier soorten (Goudplevier,

Grutto, Kievit en Krombekstrandloper) een proxy voor draagkracht te ontwikkelen (Ens *et al.* 2017a). Goudplevieren, Grutto's en Kieviten foerageren vooral op binnendijkse graslanden en soms akkers, en Krombekstrandlopers komen vrijwel alleen voor in waddengebied rond Westhoek langs de Friese kust, buiten het bodemdalingsgebied.

Tabel 3.1. Instandhoudingsdoelen voor 38 soorten niet-broedvogels waarvoor de Waddenzee is aangemeld als Natura2000 gebied. Voor de doelstelling voor de Waddenzee is aangegeven of de kwaliteit van het leefgebied in stand moet worden gehouden (=), of moet verbeteren (>), en het instandhoudingsdoel in termen van het aantal vogels en welk percentage dat is van het instandhoudingsdoel voor Nederland. Voor dat instandhoudingsdoel is aangegeven of het om een seizoensgemiddelde, januari-aantallen of een seizoensmaximum gaat. In de volgende kolommen is aangegeven wat het dieet is (vis, benthos, vogels of planten), het foerageerhabitat (sub = sublitoraal, lit = litoraal, ter = terrestrisch), of bodemdaling een effect zou kunnen hebben, of een proxy voor draagkracht zinvol is en of er al proxies voor draagkracht zijn gemaakt.

Soort nr.	Soort	Doelstelling Waddenzee			Doelstelling Nederland		dieet	habitat	mogelijk effect bodemdaling	model zinvol	model gemaakt
		Kwaliteit leefgebied	Aantal vogels	% van landelijke doel	Aantal vogels	Gemiddelde of maximum waarde					
A005	Fuut	=	310	3%	10900	seizoensgemiddelde	vis	sub	nee		
A017	Aalscholver	=	4200	17%	24500	seizoensgemiddelde	vis	sub	nee		
A034	Lepelaar	=	520	42%	1225	seizoensgemiddelde	vis & benthos	lit	?	nee	nee
A037	Kleine zwaan	=	1600	33%	4820	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A043	Grauwe gans	=	7000	8%	86300	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A045	Brandgans	=	36800	26%	140900	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A046	Rotgans	=	26400	72%	36500	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A048	Bergeend	=	38400	79%	48900	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A050	Smient	=	33100	13%	258200	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A051	Krakeend	=	320	3%	10200	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A052	Wintertaling	=	5000	24%	21000	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A053	Wilde eend	=	25400	20%	128000	seizoensgemiddelde	planten	ter/lit	nee		
A054	Pijlstaart	=	5900	75%	7850	seizoensgemiddelde	planten & benthos	ter/lit	ja	ja	ja
A056	Slobeend	=	750	13%	5750	seizoensgemiddelde	planten	ter	nee		
A062	Toppereend	>	3100	16%	19200	seizoensgemiddelde	benthos	sub	nee		
A063	Eidereend	>	90000-115000	78%-82%	115000-140000	januari-aantallen	benthos	sub/lit	?	nee	nee
A067	Brilduiker	=	100	2%	4380	seizoensgemiddelde	benthos	sub	nee		
A069	Middelste zaagbek	=	150	5%	3310	seizoensgemiddelde	vis	sub	nee		
A070	Grote zaagbek	=	70	4%	1800	seizoensgemiddelde	vis	sub	nee		
A103	Slechtvalk	=	40	22%	180	seizoensmaximum	vogels	ter	?	nee	nee
A130	Scholekster	>	140000-160000	78%-80%	180000-200000	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A132	Kluut	=	6700	70%	9510	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A137	Bontbekplevier	=	1800	80%	2260	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A140	Goudplevier	=	19200	59%	32300	seizoensgemiddelde	benthos	ter/lit	ja	nee	nee
A141	Zilverplevier	=	22300	81%	27600	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A142	Kievit	=	10800	14%	75500	seizoensgemiddelde	benthos	ter/lit	ja	nee	nee
A143	Kanoetstrandloper	>	44400	82%	54400	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A144	Drieteenstrandloper	=	3700	86%	4310	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A147	Krombekstrandloper	=	2000	588%	340	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	nee	nee
A149	Bonte strandloper	=	206000	110%	187300	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A156	Grutto	=	1100	18%	6000	seizoensgemiddelde	benthos	ter/lit	ja	nee	nee
A157	Rosse grutto	=	54400	138%	39500	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A160	Wulp	=	96200	95%	101100	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A161	Zwarte ruiter	=	1200	59%	2040	seizoensgemiddelde	vis & benthos	lit	?	nee	nee
A162	Tureluur	=	16500	89%	18480	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A164	Groenpootruiter	=	1900	86%	2210	seizoensgemiddelde	vis & benthos	lit	?	nee	nee
A169	Steenloper	>	2300-3000	66%-71%	3500-4200	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A197	Zwarte stern	=	23000	46%	49700	seizoensmaximum	vis	sub	nee		

4. Beslisschema

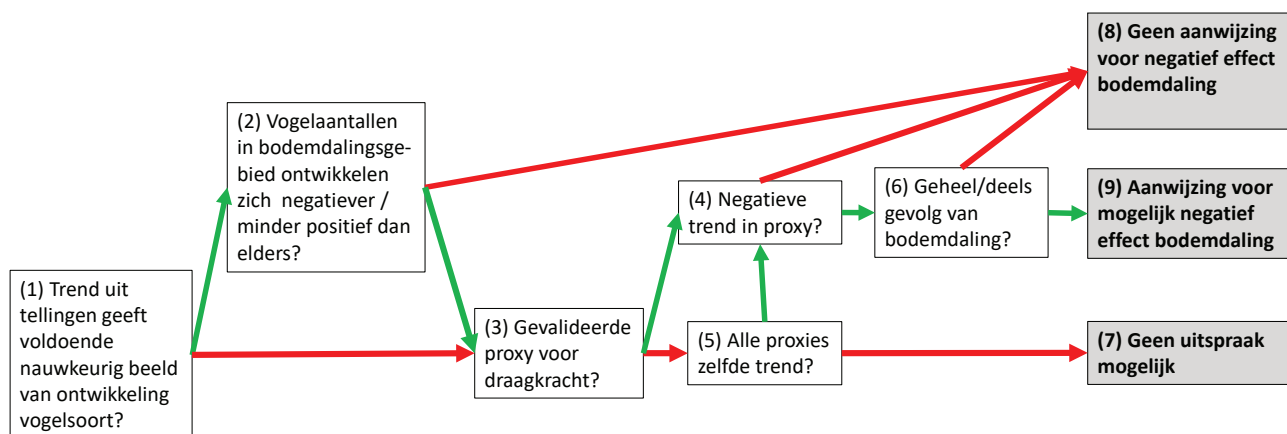
In haar beoordeling van de monitoring rapportage over 2015 sprak de audit commissie haar behoefte uit aan een beslisschema waarmee duidelijk wordt hoe met de draagkrachtproxy berekeningen wordt omgegaan in het kader van het “Hand aan de kraan”-principe (Auditcommissie 2016). Ook gaf zij aan dat ze graag in dat beslisschema zou zien dat zowel de vogeltellingen als de informatie over draagkracht beide benut en geïnterpreteerd worden in het licht van de gaswinning. In de daaropvolgende rapportages is het beslisschema steeds verder ontwikkeld tot het beslisschema zoals weergegeven in Tabel 4.1 en

als schema in Figuur 4.1.

In haar beoordeling van het monitoringsprogramma 2013-2019 adviseert de auditcommissie “in deze beslisschema’s nog expliciet als laatste stap ‘wel of niet aanwijzingen voor hand aan de kraan’ op te nemen” (Auditcommissie 2019). De beslissing over hand aan de kraan ligt bij het bevoegd gezag. Die beslissing zal gebaseerd zijn op de uitkomst “aanwijzing voor mogelijk negatief effect bodemdaling”, die daarmee in onze ogen niet onderscheidbaar is van “aanwijzing voor hand aan de kraan”.

Tabel 4.1. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, nodig om toepassen van het “Hand aan de kraan”-principe mogelijk te maken.

1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y→2	N→3
2	Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders?	Y→3	N→8
3	Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	Y→4	N→5
4	Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	Y→6	N→8
5	Vertonen alle proxies dezelfde trend?	Y→4	N→7
6	Is de negatieve trend in de proxy geheel of deels het gevolg van bodemdaling?	Y→9	N→8
7	Geen uitspraak mogelijk		
8	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling		
9	Aanwijzing voor mogelijk negatief effect bodemdaling		



Figuur 4.1. Weergaven van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, nodig om toepassen van het “Hand aan de kraan”-principe mogelijk te maken. In open boxen vragen over de monitoringresultaten en in grijze boxen de voorgestelde besluitvorming. Pijlen zijn groen als het antwoord ja is en rood als het antwoord nee is.

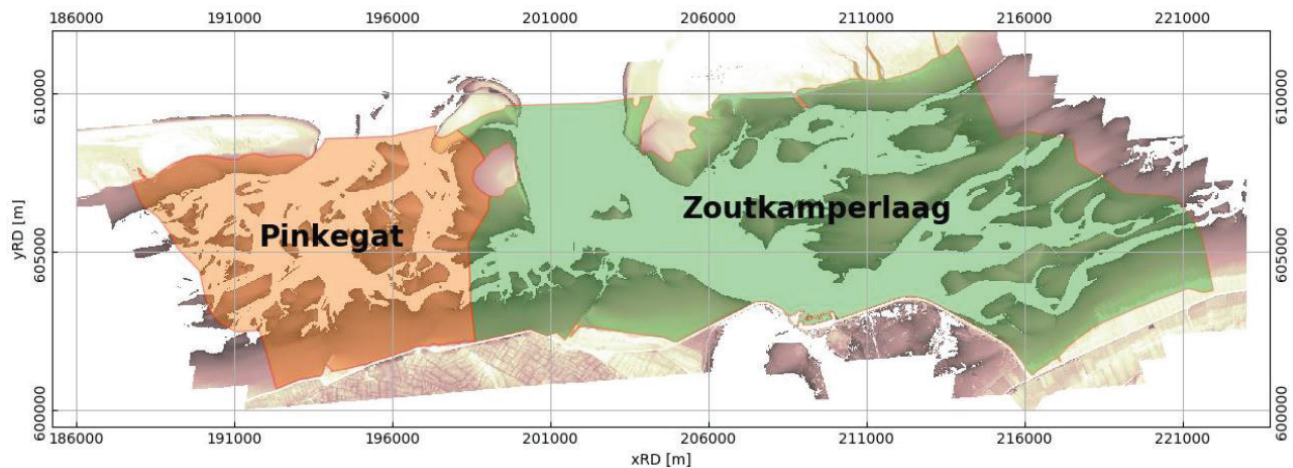


5. Monitoring data

Voor de beschrijving van het onderzoeksgebied en de monitoring data kunnen wij goeddeels verwijzen naar de vorige rapportages (Ens *et al.* 2015b; Ens *et al.* 2016; Ens *et al.* 2017a; Ens *et al.* 2018; Ens *et al.* 2019a; Ens *et al.* 2020). Waar nodig geven wij hier kort aanvullende informatie.

5.1. Onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied betreft de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag. In Figuur 5.1 is de komberging van het Pinkegat aangegeven met een oranje weerschijn en de komberging van de Zoutkamperlaag met een groene weerschijn.



Figuur 5.1. Ligging van het aan Ameland grenzende onderzoeksgebied Pinkegat (oranje weerschijn) en het aan Schiermonnikoog grenzende onderzoeksgebied Zoutkamperlaag (groene weerschijn). Overgenomen uit van der Lugt, Visser & Ketelaar (2020).

5.2. Hoogtekaart

In principe tweemaal jaarlijks wordt in opdracht van de NAM de hoogte van de wadplaten in Pinkegat/Zoutkamperlaag bepaald met LiDAR. De laagstgelegen delen van het wad worden daarbij niet altijd gekarteerd. Die gaten in de hoogtemeting worden

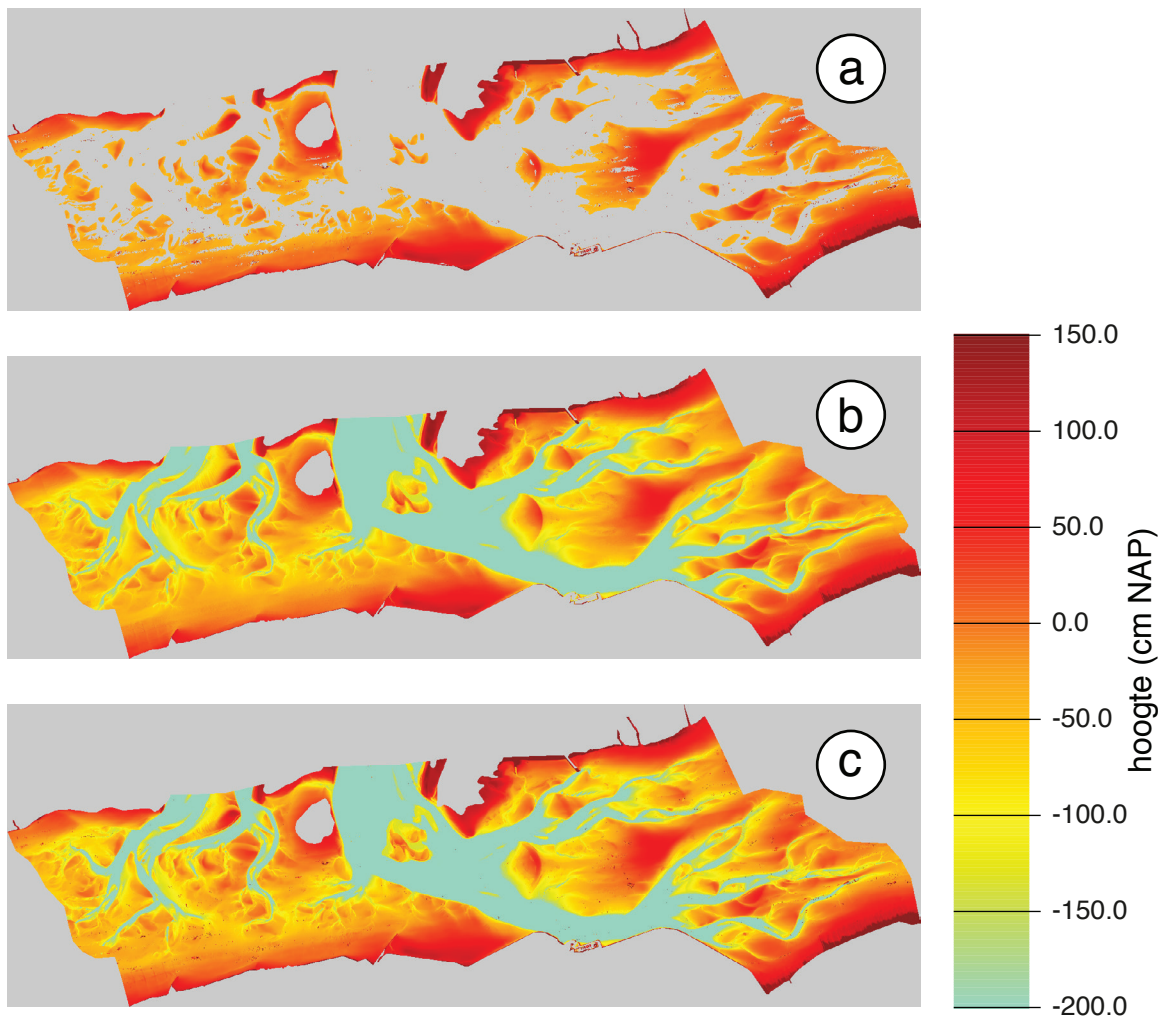
opgevuld met de Waddenzee-brede hoogtemetingen van Rijkswaterstaat, zie Figuur 5.2.

5.2.1. Lodingen Rijkswaterstaat

In de loop van zes jaar worden alle delen van de Waddenzee gekarteerd door Rijkswaterstaat, voornamelijk met lodingen vanaf peilschepen. Voor de

Tabel 5.1. Seizoenen waarvoor gerekend is en de opnamedatum van de LiDAR kaart die bij die berekeningen is gebruikt.

Datum berekening	Datum LiDAR kaart	Datum berekening	Datum LiDAR kaart
2008 voorjaar	2010 voorjaar	2014 najaar/winter	2013 najaar
2008 najaar/winter	2010 voorjaar	2015 voorjaar	2016 voorjaar
2009 voorjaar	2010 voorjaar	2015 najaar/winter	2016 najaar
2009 najaar/winter	2010 voorjaar	2016 voorjaar	2016 voorjaar
2010 voorjaar	2010 voorjaar	2016 najaar/winter	2016 najaar
2010 najaar/winter	2011 najaar	2017 voorjaar	2017 voorjaar
2011 voorjaar	2011 voorjaar	2017 najaar/winter	2017 najaar
2011 najaar/winter	2011 najaar	2018 voorjaar	2018 voorjaar
2012 voorjaar	2011 voorjaar	2018 najaar/winter	2018 najaar
2012 najaar/winter	2012 najaar	2019 voorjaar	2019 voorjaar
2013 voorjaar	2014 voorjaar	2019 najaar	2019 voorjaar
2013 najaar/winter	2013 najaar	2020 voorjaar	2020 najaar
2014 voorjaar	2014 voorjaar	2020 najaar	2020 najaar



Figuur 5.2. Gebruik van de LiDAR gegevens in de hoogtekaart. (a) De LiDAR kaart voor het voorjaar 2010. (b) De cyclus 5 hoogtekaart (Elias & Wang 2013). (c) De LiDAR kaart aangevuld met de hoogtes afgelezen op de cyclus 5 hoogtekaart.

periode 2006-2012 wordt in de berekeningen de hoogtekaart cyclus5 (Elias & Wang 2013) gebruikt om de gaten in de LiDAR metingen op te vullen. Voor de periode 2013-2020 wordt daarvoor de hoogtekaart gebruikt uit de “zoute ecotopenkaart Waddenzee 2017” (Paree *et al.* 2020), die is gebaseerd op lodingen in de jaren 2013 t/m 2019, en dus ook aangeduid zou kunnen worden als cyclus6.

5.2.2. LiDAR

In Tabel 5.1 zijn de beschikbare LiDAR kaarten weergegeven en de periode waarvoor ze gebruikt zijn in de berekeningen van de verschillende proxies. De LiDAR kaarten voor het najaar van 2014 en 2015 zijn mislukt en vervangen door respectievelijk 2013 en 2016. Op de voorjaarskaart van 2018 ontbreken stukken die op andere Lidar kaarten wel aanwezig zijn. Deze kaart is daarom aangevuld met de najaarsmetingen uit hetzelfde jaar voorzover die boven -0.5m liggen. In 2020 is alleen een najaarsmeting uitgevoerd. Daarom is voor 2020 voorjaar ook deze najaarsmeting gebruikt.

5.3. Waterstanden

De waterstandsmetingen zijn aangevuld met de metingen over de periode t/m december 2020. Voor interpolatie van waterstanden tussen stations is gebruik gemaakt van het programma InterTides (Rappoldt, Roosenschoon & van Kraalingen 2014). Deze interpolatie van waterstanden tussen stations kan in principe verbeterd worden met behulp van een “amplitudekaart” van het gebied. Dat is een kaart met het verschil tussen gemiddeld hoog- en gemiddeld laagwater of een relatieve maat daarvoor. De interpolatie verloopt dan met relatieve waterstanden, de waterstanden gedeeld door de amplitudes op de meetlocaties. Het resultaat van de interpolatie kan dan weer vermenigvuldigd worden met de amplitude op de plek waarvoor gerekend wordt. Deze procedure is bedoeld om te corrigeren voor eventuele systematische getijverschillen tussen de zeegaten, wantijen en de meetstations die meestal bij de grote geulen liggen. Ten behoeve van het maken van zo’n amplitudekaart zijn gesimuleerde waterstanden be-

schikbaar gesteld door Janine Nauw van het NIOZ voor meer dan 200.000 punten rondom en in de Waddenzee (Nauw *et al.* 2017). In de rapportage over het monitoringjaar 2016 is uitgelegd waarom deze gegevens helaas niet bruikbaar bleken (Ens *et al.* 2017a). Zie ook appendix E in EcoCurves rapport 30 (Rappoldt, Ens & Schekkerman 2019).

5.4. Bodemdieren

5.4.1. SIBES

Doordat het NIOZ de analyse van de SIBES-monsters wist te versnellen konden voor deze rapportage de gegevens t/m het seizoen 2020 worden gebruikt voor Pinkegat/Zoutkamperlaag.

5.4.2. WOT litorale surveys waddenzee

De WOT litorale schelpdiersurveys (bestanden van kokkels en mossels en contouren van mosselbanken,

oesterbanken en gemengde banken), die jaarlijks worden uitgevoerd door WMR, waren beschikbaar t/m 2020 (Troost *et al.* 2021). Daarbij moet aangekend worden dat de contouren van de schelpdierbanken uit 2020 nog niet definitief zijn omdat het niet altijd lukt om alle contouren in een jaar in kaart te brengen en informatie uit latere jaren nodig is om de contouren van de niet in kaart gebrachte schelpdierbanken te reconstrueren.

5.5. Vogeltellingen

Voor de analyse van de vogelaantallen konden de watervogeltellingen van de Waddenzee t/m de winter van 2019/2020 worden gebruikt. Op zowel de korte termijn (vanaf 2008) als de lange termijn (vanaf 1994) is de trend geassocieerd zoals dat ook gebeurt in de meetnetten van het NEM (Figuur 5.3).

Beoordeling	Symbool	gemiddelde jaarlijkse verandering			Criteria (BI = betrouwbaarheidsinterval)	Omschrijving
		0,95	1,00	1,05		
sterke toename (strong increase)	++				•—	ondergrens BI >1,05 <i>sign. >5% toename/jaar (verdubbeling in 15 jaar)</i>
matige toename (moderate increase)	+				•—	1,00 < ondergrens BI ≤ 1,05 <i>sign. toename, maar niet zeker of deze > 5% / jaar is</i>
stabiel (stable)	0				•—	BI omvat 1,00 maar ondergrens BI ≥ 0,95 en bovengrens BI ≤ 1,05 <i>geen significante aantalsverandering</i>
matige afname (moderate decline)	-				•—	0,95 ≤ bovengrens BI < 1,00 <i>sign. afname, maar niet zeker of deze >5% / jaar is</i>
sterke afname (steep decline)	--				•—	bovengrens BI <0,95 <i>sign. >5% afname/jaar (halvering in 15 jaar)</i>
onzeker (uncertain)	?				•—	BI omvat 1,00 en ondergrens BI <0,95 of bovengrens BI >1,05 <i>BI te groot voor betrouwbare trendclassificatie</i>

• = gemiddelde jaarlijkse verandering (bijv. 0,95 betekent dat de soort ieder jaar gemiddeld met 5% afneemt)
 — = betrouwbaarheidsinterval van de berekende gemiddelde jaarlijkse verandering

Figuur 5.3. Trendclassificatie voor NEM-meetnetten. De zwarte stippen zijn de berekende trendwaarden, de horizontale lijnen zijn de 95% betrouwbaarheidsintervallen (BI). Ook de beoordeling van de trend en het daarbij behorende symbool is weergegeven.



6. Wadmap: van benthos naar proxy

6.1. Algemeen

Voor de beschrijving van het model wordt verwezen naar de rapportages over de monitoringjaren 2015 t/m 2018 (Ens *et al.* 2015b; Ens *et al.* 2016; Ens *et al.* 2017a; Ens *et al.* 2018; Ens *et al.* 2019a). Uitvoerige documentatie van technische details is te vinden in EcoCurves Rapport 30 (Rappoldt, Ens & Schekkerman 2019). In het kort worden hieronder de belangrijkste elementen herhaald van het model dat de naam wadmap heeft gekregen.

6.2. Berekeningswijze Wadmap

Wadmap rekent een getal uit dat een maat is voor de geschiktheid van het beschouwde gebied voor een bepaalde wadvogelsoort. Daarmee is deze habitat geschiktheid een proxy voor draagkracht. De berekening wordt gedaan voor het bemonsteringsgrid van SIBES. Aan elk van de gridpunten wordt een oppervlak toegekend. Het is dan een gridcel. Voor de benthos soorten in het dieet van een vogelsoort kunnen we dan een totale biomassa schatten.

Om aan een monsterpunt een bijbehorend oppervlak toe te kennen wordt een maximale afstand gehanteerd van 400 m – de straal van een cirkelvormig gebied rond het monsterpunt. Als er binnen 800 m een ander monsterpunt ligt, dan wordt er een lijn getrokken tussen de twee punten op even grote afstand van beide punten. Aan monsterpunten die verder dan 400 m verwijderd zijn van alle andere punten zou op die manier een oppervlak van 50 ha toegewezen worden. In de berekeningen wordt dat echter begrensd

tot 30 ha, iets meer dan het oppervlak dat hoort bij een gridafstand van 500 m. De berekeningen worden gedaan op een resolutie van 20m, dus voor kaartvakken van 20 x 20 m. Zo'n "pixel" wordt toegerekend aan een SIBES punt P als: (1) Het op minder dan 400m afstand van P ligt, en (2) Het dichterbij P ligt dan bij elk ander SIBES punt. Komt hierdoor het totaal aan P toegekend oppervlak boven de 30 ha, dan worden pixels verwijderd, te binnen met degene die het verst van P verwijderd zijn; zie Figuur 6.1.

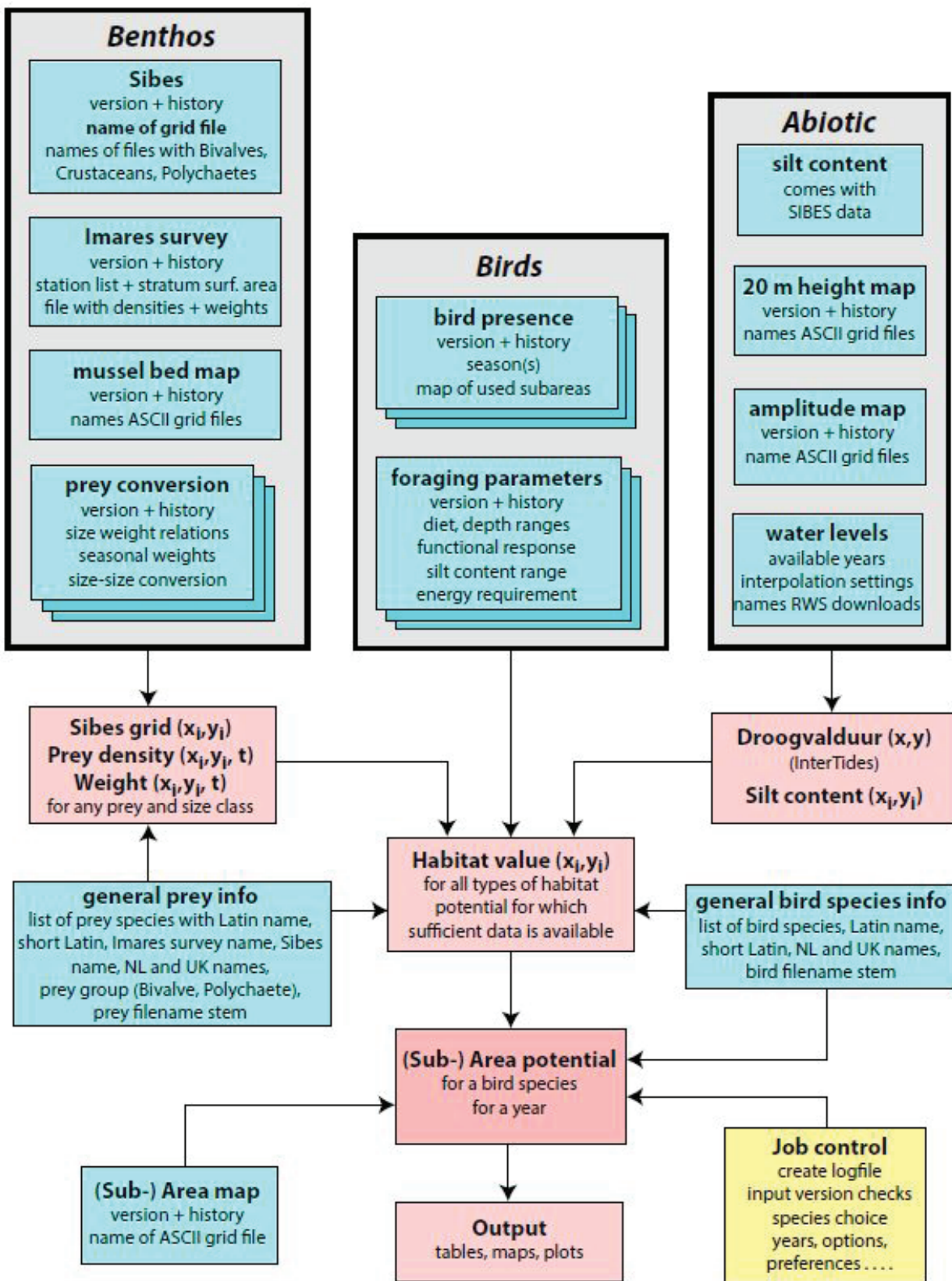
Voor de Scholekster en de Kanoet worden behalve de SIBES monsters ook de punten van de WMR schelpdiersurvey meegenomen. Dat is echter alleen gebeurd voor zover die punten binnen de contouren van een mosselbank liggen. Doordat de WMR schelpdiersurvey de mosselbanken relatief intensief bemonstert leidt dat tot een duidelijke toename van het totaal aantal monsterpunten binnen de mosselbank contouren.

Voedsel dat bijna nooit droogvalt levert naar verwachting een kleinere bijdrage aan de habitat geschiktheid. Om daar rekening mee te houden kunnen we de totale biomassa op een gridcel vermenigvuldigen met de droogvalduur (een fractie van de tijd).

Kennen we ook de functionele respons en de voedselbehoefte van de vogels, dan kunnen we alleen gridcellen beschouwen waar de opnamesnelheid groter is dan de gemiddeld te realiseren snelheid bij een gemiddelde foerageerduur van 12 uur per etmaal. Daarnaast kunnen we ook de kwaliteit van een dergelijke gridcel karakteriseren als de opnamesnelheid die de vogels er kunnen halen.



Figuur 6.1. Toekenning van oppervlaktes aan SIBES monsterpunten, zichtbaar gemaakt door elk van die oppervlakjes een eigen kleur te geven. Droogvallend wad dit niet aan een monsterpunt wordt toegekend is zwart gekleurd. De kaart heeft betrekking op 2012.



Figuur 6.2. Schema van wadmap met data modules (cyaan) en programma modules (roze). De pijlen geven weer waar de onderdelen aan bijdragen. Het geel gekleurde onderdeel “job control” bepaalt aan de hand van de “user input” wat er wordt uitgerekend. De berekeningen worden gedaan op het SIBES grid ($x_i; y_i$). Bron: Ens et al. (2019a).

Het schema in Figuur 6.2 geeft de structuur van het model. Input data en parameter files zijn cyaankleurig en programma modules zijn roze. Sommige para-

meter files zijn getekend als een stapel op elkaar liggende rechthoeken. In die gevallen is er voor iedere vogelsoort of voor iedere prooi een dergelijke file.

6.3. Voedselecolgie vogels

6.3.1. Functionele respons

Een centrale relatie in wadmap is de functionele respons, die het verband beschrijft tussen de opnamesnelheid van voedsel en de dichtheid van de prooidieren. Dit verband kan worden uitgebreid door ook interferentie mee te nemen, dat wil zeggen de toenemende last die dieren van elkaar ondervinden bij het voedselzoeken als de dichtheid soortgenoten toeneemt (Goss-Custard 1980). Als de opnamesnelheid wordt beschreven als functie van zowel de dichtheid prooidieren als de dichtheid soortgenoten, wordt gesproken van de gegeneraliseerde functionele respons (van der Meer & Ens 1997). Bij berekeningen die zich louter baseren op metingen aan het voedselaanbod is het per definitie onmogelijk om interferentie mee te nemen, en dus concentreren wij ons op de “simpele” functionele respons om het oogstbare voedselaanbod te berekenen.

Goede metingen aan de functionele respons zijn slechts beschikbaar voor een beperkt aantal vogelsoorten en prooidieren. Als eerste stap gebruiken we daarom een empirisch bepaalde functionele respons die geacht wordt “algemeen” geldig te zijn. Op basis van een groot aantal gepubliceerde veldmetingen van opnamesnelheden van op het wad foeragerende steltlopers en dichtheden van hun prooien zijn voorspellende vergelijkingen afgeleid voor de relaties tussen deze grootheden (Goss-Custard *et al.* 2006). Daarbij is de volgende beschrijving van de functionele respons gebruikt:

$$R = AD / (B + D),$$

waarin R de opnamesnelheid is (mg asvrij drooggewicht (AVD) per sec), D de dichtheid aan prooidieren (n/m^2), A de asymptoot van de hyperbolische functie (d.w.z. het plafond aan de opnamesnelheid dat wordt bereikt bij grotere prooidichtheden), en B de prooidichtheid waarbij R de helft van de asymptotische waarde bereikt ('half-asymptootwaarde').

Hoewel op basis van andere parameters beschrijven bovenstaande formule en Holling's *disc equation* dezelfde functie (Holling 1959). De parameters zijn dan ook gerelateerd. De zoeksnelheid a (ook wel 'instantane ontdekkingsoppervlak') uit Holling's model is gelijk aan de verhouding A/B uit de Goss-Custard formulering, en de *handling* tijd h is gelijk aan $1/A$.

Voor vogelsoorten en prooien waar daadwerkelijke metingen aan functionele respons beschikbaar waren, met name Scholekster en verschillende schelpdieren zijn deze gebruikt. Voor de Kanoet is het door (Hirakawa 1995) ontwikkelde en door van Gils *et al.* (2005) voor de Kanoet aangepaste *Digestive Rate*

Model (DRM). Dit model houdt rekening met het feit dat Kanoeten de prooien, meestal schelpdieren, in hun geheel inslikken en dus niet alleen te maken hebben met de energie-inhoud van het ingeslikte vlees, maar ook met de ballast van de schelp. Voor een uitgebreide beschrijving van de wijze waarop de parameters voor de functionele respons voor de verschillende vogelsoorten is geschat verwijzen wij naar Ens *et al.* (2015b).

6.3.2. Prooikeuze

Om te bepalen welke prooi-soorten potentieel voedsel zijn is voor elk van de geselecteerde vogelsoorten een uitgebreide literatuurstudie verricht (Ens *et al.* 2015b; Ens *et al.* 2016). Op basis van die literatuurstudie hebben we voor elke vogelsoort de prooien verdeeld in:

1. Stapelvoedsel. Dit zijn prooi-soorten die met grote regelmaat het hoofdvoedsel van de populatie vormen.
2. Aanvullende voedselbronnen. Dit zijn prooi-soorten die regelmatig gegeten worden, maar zelden het hoofdvoedsel vormen.
3. Sporadische voedselbronnen. Dit zijn prooi-soorten die wel eens in het dieet worden vastgesteld, maar nooit het hoofdvoedsel vormen.

De resultaten zijn samengevat in Tabel 6.1. Proxies voor draagkracht kunnen berekend worden voor (a) alleen het stapelvoedsel (korte prooijijst), en (b) stapelvoedsel en aanvullende voedselbronnen (lange prooijijst).

6.3.3. Voedselbehoefte en beschikbare foerageertijd

De energieuitgaven kunnen worden onderverdeeld in een aantal componenten.

1. Het van lichaamsgewicht afhankelijke 'basaal-metabolisme' (*Basal Metabolic Rate* BMR) is gedefinieerd als het energieverbruik van een (warmbloedig) dier in rust in een thermoneutrale omgeving, waarin hij geen extra energie hoeft te spenderen aan het handhaven van zijn lichaamstemperatuur.
2. De uitgaven van vrij levende vogels in het veld (veldmetabolisme of *Field Metabolic Rate* FMR) liggen gemiddeld gesproken bij de meeste soorten ongeveer tussen twee en driemaal BMR (Bryant & Tatner 1991); bij wadvogels rond de 2.5 x BMR (van de Kam *et al.* 1999). Ze variëren echter in de loop van het seizoen, in de Waddenzee vooral onder invloed van variatie in de temperatuur, en daarnaast door seizoensspecifieke activiteiten zoals rui en opvetten.

De gehanteerde schattingen voor gewicht, BMR en FMR staan in Tabel 6.2.

De totale beschikbare foerageertijd voor een wad-

Tabel 6.1 Prooikeuze van de onderzochte wadvogelsoorten op basis van een review van gepubliceerde literatuur (Ens et al. 2015b; Ens et al. 2016). XX = Stapelvoedsel. Dit zijn prooisoorten die met grote regelmaat het hoofdvoedsel van de populatie vormen; X = Aanvullende voedselbronnen. Dit zijn prooisoorten die regelmatig gegeten worden, maar zelden het hoofdvoedsel vormen. + = Sporadische voedselbronnen. Dit zijn prooisoorten die wel eens in het dieet worden vastgesteld, maar nooit het hoofdvoedsel vormen.

prooisoort	wetenschappelijke naam	Scholekster	Kluut	Zilverplevier	Kanoet	Drieteenstrandloper	Rosse Grutto	Wulp	Bontbekplevier	Bonte Strandloper	Tureluur	Steenloper
Witte dunschaal	<i>Abra alba</i>	+		+	X	X	+			X		
Tere dunschaal	<i>Abra tenuis</i>				X	X				X		
Ambergele Zeeduizendpoot	<i>Alitta succinea</i>	+					X					
Groene Zeeduizendpoot	<i>Alitta virens</i>						X					
Wadpier	<i>Arenicola marina</i>	X		+			XX	XX	+			
Slangpier	<i>Capitella capitata</i>		X	X			+		XX	X	+	
Strandkrab	<i>Carcinus maenas</i>	+	+	X	X	XX	+	XX	X		XX	XX
Kokkel	<i>Cerastoderma edule</i>	XX	+	+	XX	X	+	+		+	+	X
Slijkgarnaal	<i>Corophium volutator</i>		XX	X	+		+		X	X	XX	XX
Garnaal	<i>Crangon crangon</i>		+	+	X	XX	+	+		X	X	
Japanse oester	<i>Crassostrea gigas</i>	+										
Amerikaanse Zwaardschede	<i>Ensis directus</i>	XX					+					
Groengele wadpier	<i>Eteone longa</i>						+	+				
vlokreeftje	<i>Gammarus sp.</i>		+				+					XX
Veelkleurige Zeeduizendpoot	<i>Hediste diversicolor</i>	X	XX	XX	+	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X
Draadworm	<i>Heteromastus filiformis</i>		X	X			+		XX	X	+	
Wadslakje	<i>Hydrobia ulvae</i>		+	X	XX		+		X	XX	XX	XX
Schelpkokerworm	<i>Lanice conchilega</i>	+		X			X	X			X	
Alikruik	<i>Littorina littoralis</i>	+	+	+	+		+	+		+		X
Nonnetje	<i>Macoma balthica</i>	XX		+	XX	X	+	X		XX	X	X
Marenzelleria	<i>Marenzelleria viridis</i>		X	X					X	X	+	
Strandgaper	<i>Mya arenaria</i>	XX	+		X			XX				
Mossel	<i>Mytilus edulis</i>	XX		+	+	X	+	+		+	+	XX
Zandzager	<i>Nephtys hombergii</i>			X		X	X		X	XX	XX	
Zandkokerworm	<i>Pygospio elegans</i>						+					
Gemshoornworm	<i>Scolecopsis squamata</i>					XX						
Wapenworm	<i>Scoloplos armiger</i>	+		X		X	X		XX	X	X	
Platte Slijkgaper	<i>Scrobicularia plana</i>	XX	+		X	X	+	X		X		
Tere platschelp	<i>Tellina tenuis</i>				X	X	+			X		
'kleine wormen' 1			X	X	+				XX	X	+	

vogel is in het rekenmodel op 12 uur per etmaal gesteld, uitgaande van de aannamen dat alle voedsel in het intergetijdengebied wordt verzameld, dat dit habitat gemiddeld 12 uur per etmaal beschikbaar is, en dat de vogels er zowel bij daglicht als in het donker kunnen foerageren.

6.4. Berekende proxies

Met wadmap kunnen de volgende proxies voor draagkracht worden berekend:

1. **Opp:** het areaal geschikt foerageerhabitat op basis van de berekende opnamesnelheid van voedsel en een energetisch bepaalde ondergrens aan de opnamesnelheid. Dit is de proxy voor draagkracht zoals toegepast door Kraan et al. (2009).
2. **BMaanw:** de aanwezige biomassa aan prooidieren op basis van dieet.
3. **BMoogst:** de oogstbare prooibiomassa. Dit is de biomassa prooidieren in gebieden waar de drempelwaarde in opnamesnelheid gehaald wordt en komt overeen met de proxy voor draagkracht zoals toegepast door Zwarts, Wanink & Ens (1996).

Tabel 6.2 Gebruikte gemiddelde gewichten, basaalmetabolisme (BMR), en geschatte energieuitgaven (Field Metabolic Rate FMR) in twee 'rekenmaanden', voor de dertien modelsoorten die in dit rapport beschreven worden. Bron: Ens et al. (2016).

	gewicht (g)	BMR (kJ/d)	maand 1	FMR (kJ/d)	maand 2	FMR (kJ/d)
Bergeend	1050	453	sep	1087	jan	1359
Pijlstaart	758	357	nov	1000	jan	1071
Scholekster	500	263	jan	843	sep	685
Kluut	337	198	sep	514	nov	593
Zilverplevier	219	144	mei	404	jan	461
Bontbekplevier	55	53	mei	142	sep	137
Kanoet	120	93	sep	241	jan	316
Drieteenstrandloper	49	48	mei	129	sep	125
Bonte Strandloper	49	48	mei	130	sep	125
Rosse Grutto	321	191	aug	496	mei	534
Wulp	757	357	jan	1070	sep	856
Tureluur ¹	125/150	96/109	jul	237	jan	386
Steenloper	110	87	aug	215	jan	297

¹ Tureluurs aanwezig in juli zijn *T.t. totanus* (125g), in januari *T.t. robusta* (150g).

- BMoogstDr:** de beschikbare oogstbare prooibio-massa. Dit is de oogstbare prooibiomassa vermenigvuldigd met de lokale droogvalduur
 - FRaanw:** de opnamesnelheden berekend voor het aanwezige voedsel, gesommeerd over de totale oppervlakte
 - FRoogst:** de berekende opnamesnelheden, gesommeerd over de oppervlaktes waar de kritische opnamesnelheid gehaald wordt, d.w.z. waar het voedsel oogstbaar is
 - FRoogstDr:** de berekende opnamesnelheden, gesommeerd over de oppervlaktes waar de kritische opnamesnelheid gehaald wordt, en vermenigvuldigd met de lokale droogvalduur
- In deze rapportage zijn voor alle zeven proxies voor alle vogelsoorten de proxy waarden berekend voor Pinkegat/Zoutkamperlaag over de monitoring jaren 2008 t/m 2020. Daarbij zijn de volgende beslissingen genomen:
- Berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de korte prooilijs.
 - Diepteverspreiding van schelpdieren afhankelijk van grootte en seizoen is overeenkomstig de reeds eerder gerapporteerde verbanden (Ens et al. 2018).
 - Diepteverspreiding van wormen afhankelijk van grootte is overeenkomstig de eerder gerapporteerde verbanden (Ens et al. 2018).
 - Er is besloten om de slecht bekende seizoensvariatie in diepte voor wormen niet in rekening te brengen.
 - Voor de Wadpier is seizoensactiviteit in rekening gebracht op basis van de eerder beschreven analyse van die activiteit (Ens et al. 2018).
 - Net als eerder zijn voor Bontbekplevier, Drieteenstrandloper, Kluut, Pijlstaart, Steenloper en Tureluur delen van het wad aangemerkt als ongeschikt en niet meegenomen in de berekening (Ens et al. 2017a).



7. Resultaten monitoring

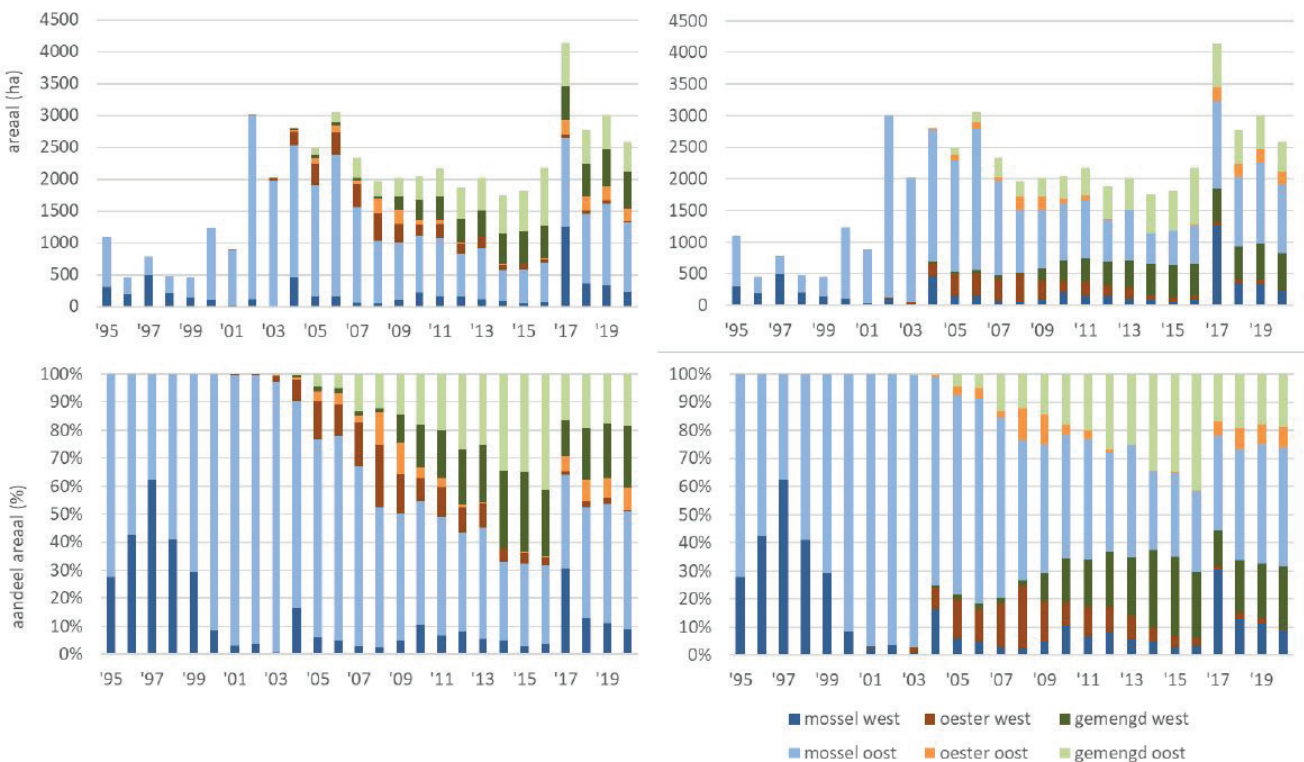
7.1. Ontwikkelingen bodemdieren Waddenzee

De ontwikkelingen van het voedselaanbod voor de vogels in het bodemdalingsgebied vinden plaats binnen de context van de veranderingen in de Waddenzee. Het lijkt daarom nuttig deze veranderingen en kennis over onderliggende processen eerst kort te bespreken. Vooral ook omdat het deels om grootschalige processen op lange termijn gaat, waarbij de invloed kan verschillen tussen delen van de Waddenzee.

De gegevens verzameld in het kader van de SIBES bemonsteringen zijn recentelijk gebruikt voor een zeer gedetailleerde analyse van de habitateisen van de voldoende algemene bodemdiersoorten (Folmer *et al.* 2017). De meeste bodemdiersoorten van de Waddenzee blijken in hun voorkomen af te hangen van de omgevingsvariabelen overspoelingsduur, korrelgrootte en zoutgehalte. Voor sommige soorten is ook golfimpact en bodemschuifspanning door stroming van belang. De meeste bodemdiersoorten hebben een relatief brede niche: ze komen voor onder een breed spectrum van fysische condities, en

zijn niet bijzonder kieskeurig voor het habitat waarin ze voorkomen. Er zijn geen kritische drempels in de omgeving gevonden rond welke de gemeenschap sprongsgewijs verandert.

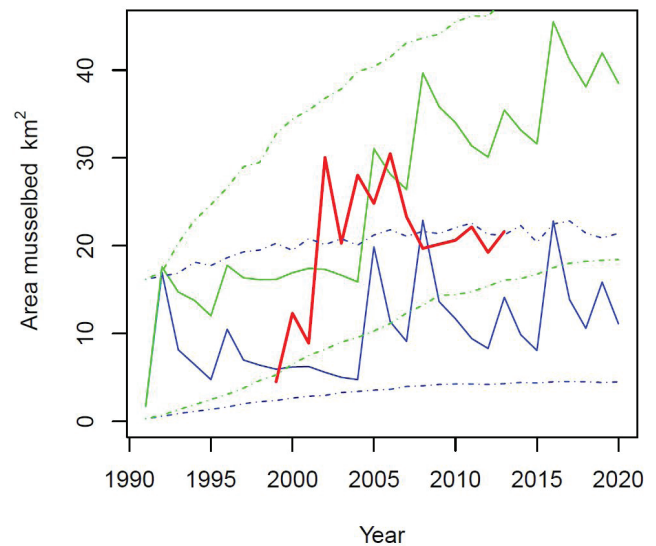
Misschien wel de meest ingrijpende ecologische gebeurtenis in de afgelopen decennia was het vrijwel volledige verdwijnen van de droogvallende mosselbanken rond 1990. Dit was het gevolg van een toename van de visserij op droogvallende mosselbanken in een periode met weinig broedval (Beukema & Cadée 1996; Ens, Smaal & de Vlas 2004; Ens 2006). Na een betere bescherming zijn de droogvallende mosselbanken langzaam teruggekeerd. In 1994 is er nog grootschalig op droogvallende mosselbanken gevist en in 2001 heeft er een kleinschalige experimentele bevissing plaatsgevonden (Smaal *et al.* 2004). Daarna zijn de banken niet meer bevist als gevolg van de aangescherpte beschermingsmaatregelen en is er sprake van een sprongsgewijs herstel (Figuur 7.1).



Figuur 7.1. Ontwikkeling van de arealen schelpdierbanken op de droogvallende platen van de Waddenzee: mosselbanken ($\geq 5\%$ mosselbedekking en $< 5\%$ oesterbedekking), Japanse oesterbanken ($\geq 5\%$ oesterbedekking en $< 5\%$ mosselbedekking) en gemengde banken (beide $\geq 5\%$), uitgesplitst naar de westelijke en oostelijke Waddenzee. Linksboven: de ontwikkeling in areaal (ha). Linksonder: het aandeel van het totale areaal. Rechts dezelfde figuren maar in een andere volgorde gestapeld: niet per soort maar per deelgebied. Bron: Troost *et al.* (2021).

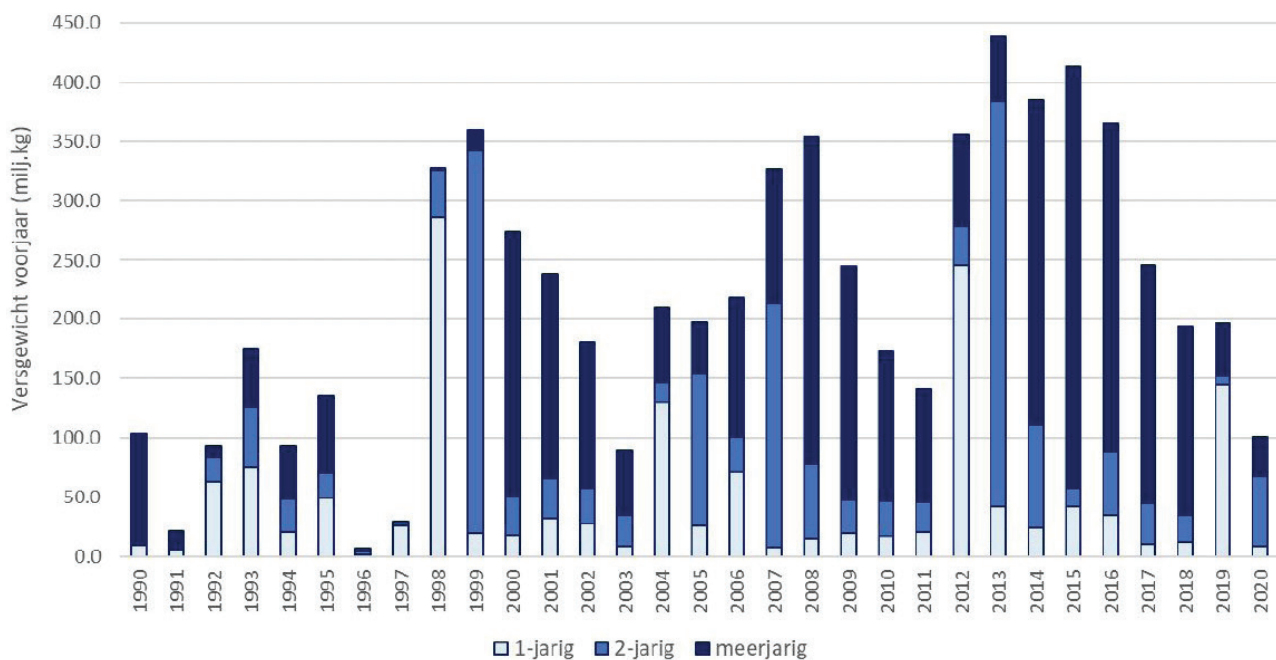
Herstel van die banken vereiste grootschalige broedval en die is zeldzaam en onvoorspelbaar. Van grootschalige broedval van mosselen in de Nederlandse Waddenzee was slechts sprake in 1994, 2001, 2003, 2016 en 2018 (van den Ende *et al.* 2020), gemiddeld eens in de zeven jaar. Tijdens het herstel van de droogvallende mosselbanken vond ook een enorme uitbreiding van de Japanse oester plaats, een exoot die al sinds 1983 in de Nederlandse Waddenzee voorkwam (Dankers *et al.* 2004), maar zich pas rond 2003 massaal begon uit te breiden. Aanvankelijk leek het alsof de Japanse oesters de mosselbanken overwoekerden en de mossel misschien geheel zouden verdringen, maar ondertussen ontwikkelen zich steeds meer gemengde banken waar de mossels zich tussen de oesters vestigen. Na 30 jaar is het areaal “mosselbanken” weer op het niveau van voor de verdwijning, al zal het aandeel gemengde banken waarschijnlijk blijven groeien en ook het totale areaal zou nog kunnen toenemen (van der Meer *et al.* 2018). De gegevens die van der Meer *et al.* gebruiken voor hun berekeningen zijn gebaseerd op de jaren 1999-2013 (Figuur 7.2). De toen voorspelde toename is inderdaad opgetreden (Figuur 7.1).

Tot 2017 nam het aandeel oester- en gemengde banken gestaag toe tot van 0% in 2002 tot 65% in 2016 (Figuur 7.1). Na de grote mosselbroedval in 2016 daalde dit aandeel tot 35%, maar is inmiddels weer gestegen tot 50% (Figuur 7.1). De samenstelling van de banken is belangrijk, omdat Scholeksters en Kanoeten, die op de banken voornamelijk mossels eten, negatief worden beïnvloed naarmate de dicht-



Figuur 7.2 Gesimuleerde totale oppervlakte van alle schelpdierbanken voor de eerste 30 jaar na de volledige verdwijning in 1990. Blauwe lijnen verwijzen naar simulaties waarbij alle bedden zijn verondersteld pure mosselbanken te zijn, terwijl dat voor groen geldt dat het allemaal pure oesters of gemengde banken zijn. Doorgetrokken lijnen zijn voorbeelden van een enkele realisatie, en stippellijnen geven de 90% voorspellingsintervallen. De rode lijn toont het ware oppervlakte schelpdierbanken gedurende de onderzoeksperiode 1999-2013. Bron: van der Meer *et al.* (2018).

heid Japanse oesters hoger is (Waser *et al.* 2016). Scholeksters kunnen wel Japanse oesters openen (Cadée 2008; Markert *et al.* 2013), maar dit zijn al-



Figuur 7.3. De geschatte litorale kokkelbiomassa (miljoen kg vergewicht) bij de voorjaarsbemonstering in de Waddenzee in de periode 1990-2020, onderverdeeld in jaarklassen (1-jaarig (inclusief incidenteel aangetroffen broed = 0-jaarig), 2-jaarig en meerjarig). Bron: Troost *et al.* (2021).

leen de kleinere exemplaren.

Behalve mosselvisserij op de platen was er rond 1990 ook sprake van grootschalige mechanische kokkelvisserij op de wadplaten. In sommige jaren kon een aanzienlijk deel van het kokkelbestand worden opgevist (Ens, Smaal & de Vlas 2004). Volgens sommige onderzoeken zouden er ook lange termijn effecten zijn op de sediment huishouding met een negatief effect op de rekrutering van veel schelpdier-soorten (Piersma *et al.* 2001), maar verschillende meer recente onderzoeken maken dit onaannemelijk (Wijnhoven *et al.* 2011; Beukema & Dekker 2018). In 2005 werd de mechanische kokkelvisserij verboden. Ten tijde van de mechanische kokkelvisserij was er sprake van kleinschalige handmatige kokkelvisserij, maar de omvang daarvan is toegenomen na het beëindigen van de mechanische kokkelvisserij (Troost & Van Asch 2019). De kokkelbestanden zijn toegenomen, maar net als bij mossels is er maar af en toe sprake van een massale broedval (Figuur 7.3). Bij Kokkels ging het om broedval in 1996 (die de strenge winter van 1996/1997 niet overleefde), 1997, 2003, 2011 en 2018. Net als bij mossels gemiddeld eens in 7 jaar, maar m.u.v. 2003 en 2018 wel in andere jaren.

Een ander belangrijk schelpdier, het Nonnetje, vertoont een heel ander patroon. Deze soort werd gekenmerkt door een hele stabiele populatie opbouw, tot aan het begin van deze eeuw de populatie instortte (Figuur 7.4). Dit patroon werd eerst beschreven voor het Balgzand, maar is ook elders in de Waddenzee waargenomen (Beukema, Dekker & Drent 2017b). De verklaring wordt gezocht in negatieve gevolgen van hogere temperaturen als gevolg van klimaatverandering en daarnaast de uitbraak van een

onbekende ziekte (Beukema, Dekker & Drent 2017a).

Sommige soorten bodemdieren, zoals de Kokkel, de Schelpkokerworm *Lanice conchilega* en de Zandzager *Nephtys hombergi*, zijn gevoelig voor vorstperiodes en kunnen massaal sterven in een strenge winter, zodat er overal schaarste optreedt (Beukema *et al.* 1993). Na zo'n strenge is er dan vaak weer massale broedval. Die broedval levert veel voedsel voor de kortsnavelige kleine wadvogels, maar als de prooidieren ouder en groter worden graven ze zich dieper in en worden ze prooi voor de grotere wadvogels met een langere snavel (Zwarts & Wanink 1993).

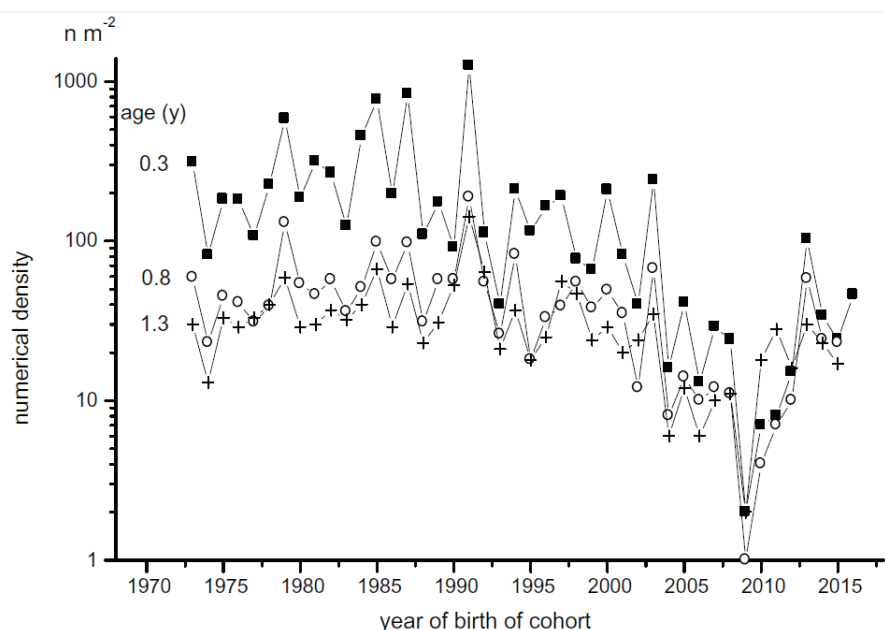
Door deze natuurlijke en door menselijke activiteiten veroorzaakte variatie kan het voedselaanbod voor een specifieke wadvogelsoort van jaar op jaar sterk verschillen.

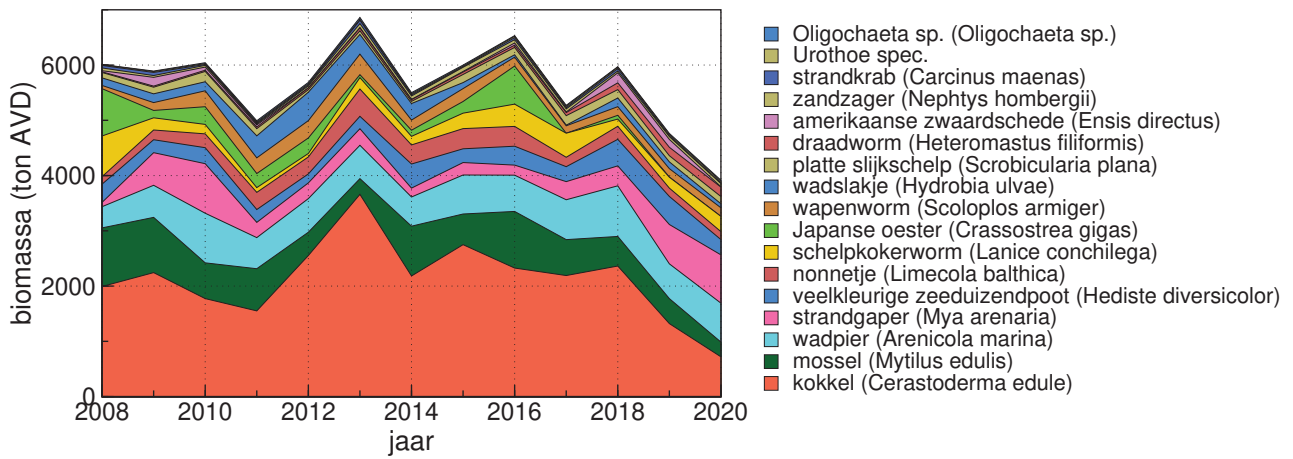
7.2. Voedselaanbod Pinkegat-Zoutkamperlaag

De ontwikkeling van het totale bestand (in termen van biomassa) van de bodemdieren in Pinkegat-Zoutkamperlaag is weergegeven in Figuur 7.5. De Kokkel domineert: 25% - 50% van de biomassa bestaat uit Kokkels. Er is geen duidelijke trend over de hele periode, maar de laatste jaren lijkt er wel sprake van een afname, als gevolg van een afname in het kokkelbestand. Die afname van het kokkelbestand is zichtbaar in de hele Waddenzee (Figuur 7.3).

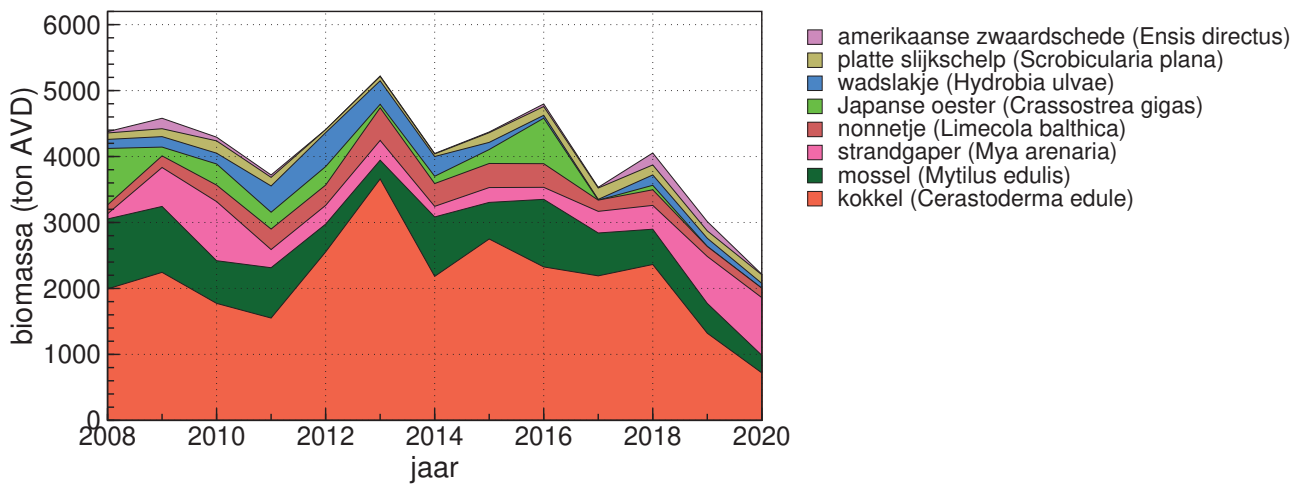
Er is ook geen trend over de hele periode als alleen naar de schelpdieren wordt gekeken, maar dan is de dominantie van de Kokkel natuurlijk nog sterker (Figuur 7.6). De kokkelbiomassapiek in 2013 is het

Figuur 7.4. Lange-termijn (1973-2016) gegevens van de halfjaarlijkse (einde winter en einde zomer) schattingen van de dichtheid recruten van het Nonnetje (*Limecola balthica*) op het Balgzand, in aantallen per m^2 (gemiddeld over 15 raaien). Dichtheden zijn bepaald voor drie leeftijden van elke recruit van elk cohort: (dichte vierkanten) in de zomer op een leeftijd van 0,3 jaar, (open rondjes) in de winter op een leeftijd van 0,8 jaar, en (kruizen) in de zomer op een leeftijd van 1,3 jaar. Bron: Beukema, Dekker & Drent (2017a).

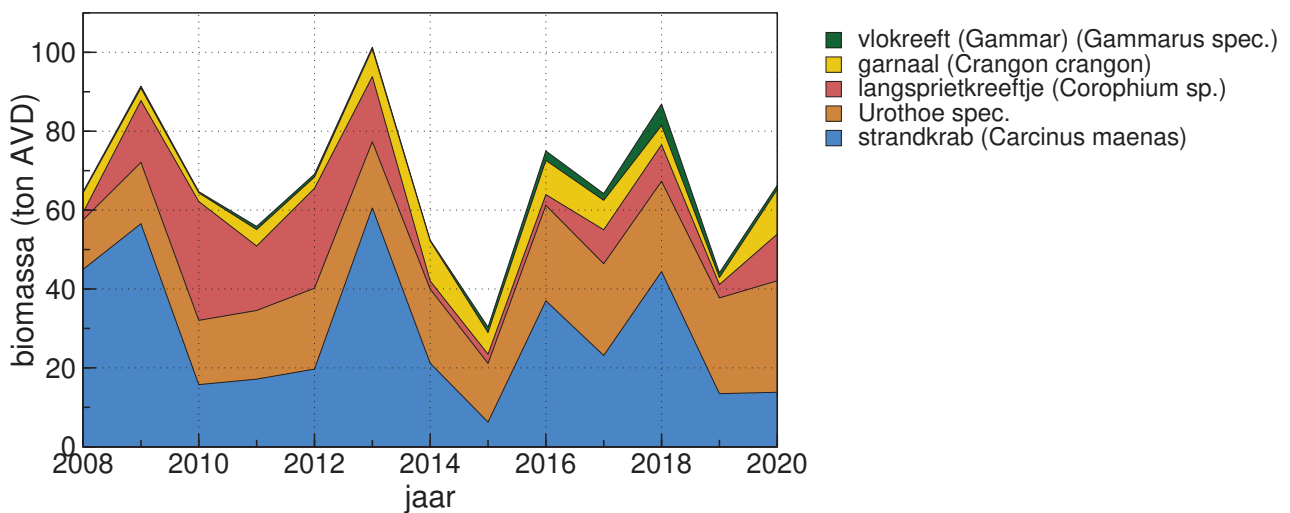




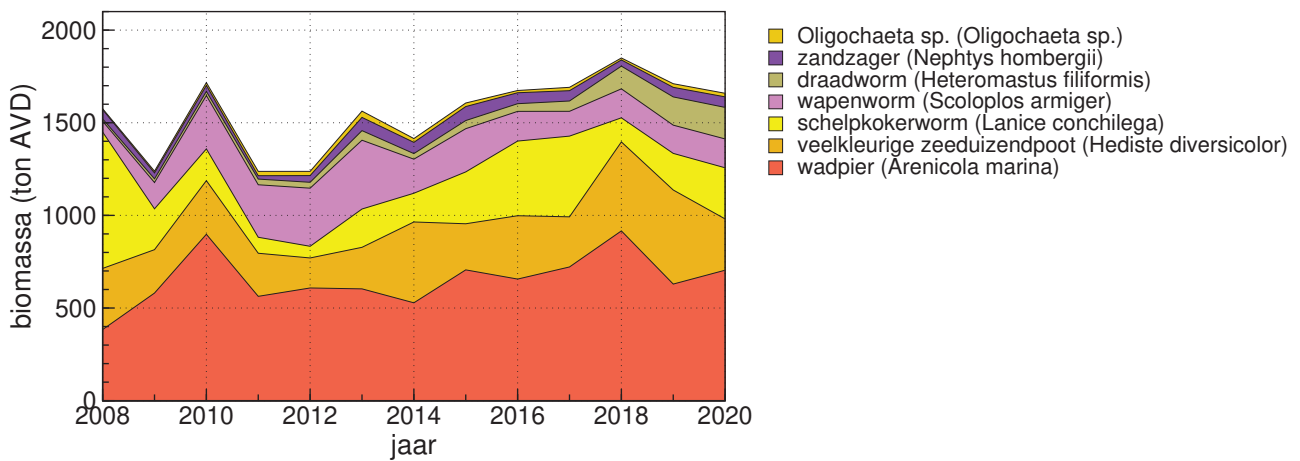
Figuur 7.5. Ontwikkeling van de totale biomassa bodemdieren (in tonnen asvrij drooggewicht) in de kombergingen van Pinkegat-Zoutkamperlaag in de zomer, onderverdeeld naar de verschillende soorten prooidieren.



Figuur 7.6. Ontwikkeling van de totale biomassa schelpdieren (in tonnen asvrij drooggewicht) in de kombergingen van Pinkegat-Zoutkamperlaag in de zomer, onderverdeeld naar de verschillende soorten schelpdieren.



Figuur 7.7. Ontwikkeling van de totale biomassa kreeftachtigen (in tonnen asvrij drooggewicht) in de kombergingen van Pinkegat-Zoutkamperlaag in de zomer, onderverdeeld naar de verschillende soorten kreeftachtigen.



Figuur 7.8. Ontwikkeling van de totale biomassa wormen (in tonnen asvrij drooggewicht) in de kombergingen van Pinkegat-Zoutkamperlaag in de zomer, onderverdeeld naar de verschillende wormensoorten.

gevolg van de massale broedval in 2011, waarvan de Kokkels in 2013 sterk gegroeid waren (Figuur 7.3). Ook de bestanden van Mossel, Strandgaper, Nonnetje en Wadslakje zijn substantieel. De bestanden van de Amerikaanse Zwaardschede daarentegen zijn marginaal. In de Nederlandse kustwateren is dit tegenwoordig veruit de algemeenste soort (Troost *et al.* 2017; Troost *et al.* 2021). Het is een sublitorale soort die alleen in de laagste delen van het litoraal voorkomt. Scholeksters kunnen een zeer hoge predatiedruk uitoefenen op die schaarse litorale mesheften (Dokter *et al.* 2017). De laatste jaren lijkt er wel sprake van een afname in het bestand schelpdieren als gevolg van de afname in het Kokkelbestand, een Waddenzee-breed fenomeen (Figuur 7.3). In 2020 is er zelfs sprake van een absoluut dieptepunt in de biomassa Kokkels door het uitblijven van broedval.

De bestanden kreeftachtigen fluctueren zeer sterk als gevolg van sterke fluctuaties in het bestand Strandkrabben en het bestand aan Langsprietkreeftjes, maar er is geen duidelijke trend (Figuur 7.7). Er kan niet worden uitgesloten dat deze fluctuaties voor een deel het gevolg zijn van *sampling variance*. In vergelijking tot de andere bodemdieren is de fractie kreeftachtigen minimaal (maximaal 100 ton AVD, terwijl het totale bestand aan bodemdieren fluctueert tussen 5000 en 7000 ton AVD). Rapportage over kreeftachtigen is wel belangrijk, want kreeftachtigen zijn zeer in trek als prooidier bij wadvogels.

Er lijkt sprake van een lichte stijging in het bestand wormen (Figuur 7.8). Wormen vormen na de schelpdieren een belangrijk deel van de biomassa bodemdieren. Binnen de wormen heeft de Wadpier het grootste aandeel, gevolgd door de Veelkleurige Zeeduizendpoot, de Schelpkokerworm en de Wapenworm.

7.3. Vogels

De resultaten worden per soort beschreven. De soortbeschrijvingen bestaan uit de volgende onderdelen:

1. De resultaten van de trend in aantallen in Pinkegat/Zoutkamperlaag en de vergelijking met de aantalsontwikkelingen elders: de rest van de Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee (waarvoor de gegevens t/m 2017 beschikbaar waren) en de populatieaantallen langs de Oost-Atlantische vliegroute (Van Roomen *et al.* 2018). De trends worden geclassificeerd volgens de NEM-criteria (Figuur 5.3).
2. Figuren over het verloop van alle proxies voor beide seizoenen in Pinkegat-Zoutkamperlaag. De resultaten van de trendberekeningen over de proxies staan in de appendix.
3. Er wordt gezocht naar mogelijke verklaringen voor de waargenomen trends in aantallen en proxies.
4. Voor de proxies voor draagkracht worden de volgende resultaten in de tekst herhaald van de validatie-berekeningen uit de rapportage over het monitoringjaar 2018 (Ens *et al.* 2019a):
 - a. Of er een gevalideerde proxy voor draagkracht werd gevonden. Hierbij is een grenswaarde van 25% verklaarde variantie voor model 1 aangehouden (Ens *et al.* 2019a).
 - b. De mate waarin de proxies onderling correleren. Hierbij is een grenswaarde van 0,65 aangehouden: beneden deze waarde wordt de gemiddelde correlatie als laag beoordeeld (Ens *et al.* 2019a).
5. Het beslisschema wordt toegepast op de resultaten, wat leidt tot een van de volgende conclusies:
 - a. Geen uitspraak mogelijk
 - b. Geen aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling

c. Aanwijzingen voor een mogelijk negatief effect van bodemdaling

7.3.1. Bergeend

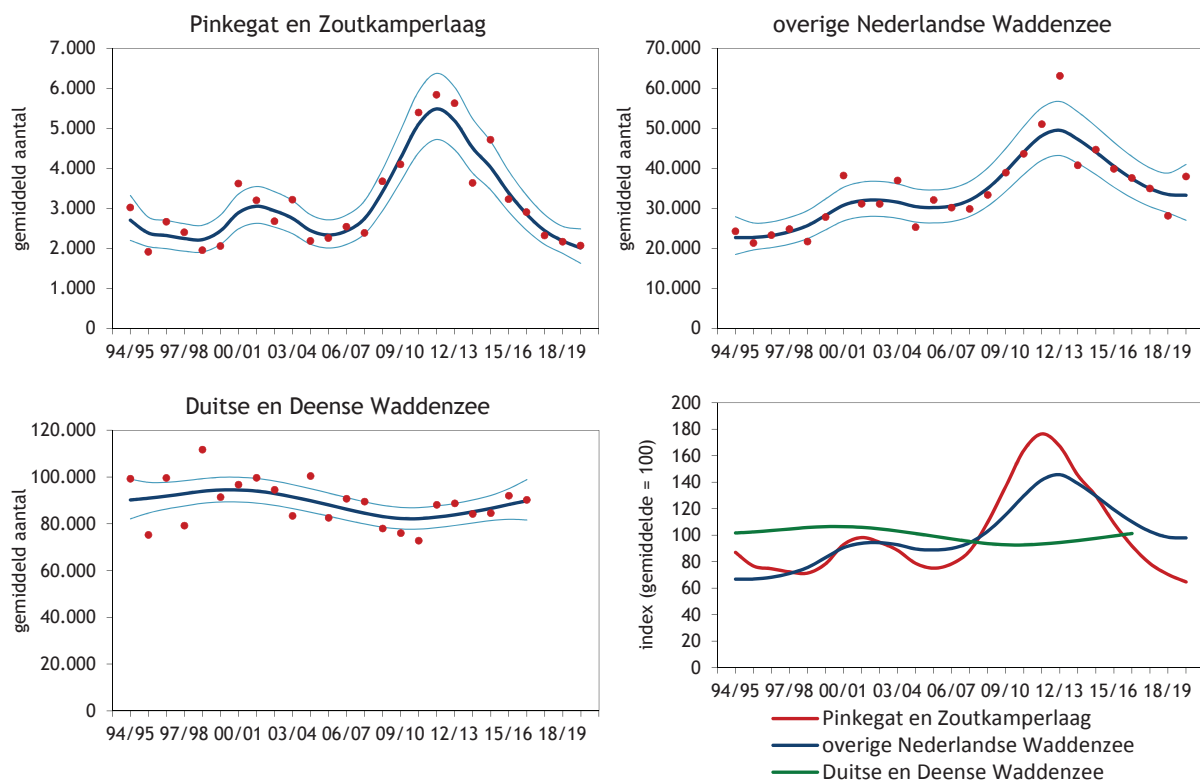
Over de periode 1994-2020 waren de aantallen Bergeenden in Pinkegat en Zoutkamperlaag stabiel, maar er is sprake van een matige afname over de afgelopen tien jaar (Figuur 7.9; Tabel 7.1). Dit contrasteert in negatieve zin met de korte-termijn trends in de rest van de Waddenzee, die zowel in het Nederlandse als het Duitse en Deense deel stabiel zijn. De Europese flyway-populatie is over de lange termijn (1976-heden) matig toegenomen, maar op de korte termijn (2008-heden) stabiel (Van Roomen *et al.* 2018).

De Waddenzee is van groot belang voor ruiende en overwinterende Bergeenden (Kleefstra *et al.* 2019). Het Nederlandse deel daarvan wordt vooral steeds belangrijker als ruigebied (Kleefstra *et al.* 2011). De in augustus ruiende Bergeenden concentreren zich in enorme groepen langs de Friese kust ten westen van Holwerd, dus buiten de komberging Pinkegat/Zoutkamperlaag (Figuur 7.10). Lagere aantallen komen voor op Balgzand, in de Dollard, onder de Rottums en soms kleine groepen langs de Friese en Groningse kust. Tijdens de rui worden alle vliegveren tegelijkertijd afgeworpen en kunnen de eenden dus niet vliegen, wat een verhoogde kwetsbaarheid voor predatie met zich meebrengt. Het is aanneme-

lijk dat de eenden dan extra schuw zijn en de rustigste gebieden in de Waddenzee opzoeken, waar ook nog voldoende voedsel ligt.

Na de ruiperiode (dus ook in de rekenmaanden september en januari) komt de soort veel meer verspreid voor in de slikkiger delen van de Waddenzee – mogelijk wordt de verspreiding dan vooral bepaald door het voedselaanbod en in mindere mate door verstoring.

Naar de oorzaken van de grote aantallen in Pinkegat/Zoutkamperlaag in de periode 2010-2013 en de afname sindsdien kunnen wij slechts gissen. Kraan *et al.* (2006) en Kleefstra *et al.* (2011) lieten zien dat de toename van ruiende Bergeenden langs de Friese kust samenviel met een forse toename van de Slijkgarnaal *Corophium* sp. (ook wel aangeduid als Langsprietkreeft), een belangrijke prooi-soort. Het wad langs de westelijke en centrale delen van de Friese noordkust kent recent de hoogste dichtheden aan Slijkgarnalen in de gehele Nederlandse Waddenzee. Meer oostwaarts, richting Pinkegat/Zoutkamperlaag, zijn ze aanzienlijk lager (Folmer *et al.* 2017), en daarnaast blijkt uit de SIBES-data dat de biomassa van *Corophium* in Pinkegat/Zoutkamperlaag in 2014-2019 aanzienlijk lager was dan in 2009-2013 (Figuur 7.7). De voor de Bergeend berekende proxies voor voedselbeschikbaarheid, die ook andere prooi-soorten dan de Slijkgarnaal omvat-



Figuur 7.9. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Bergeend in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 7.1. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Bergeend voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Bergeend Label	Vanaf 1994			Vanaf 2008		
	Jaarverand	Symbool	Beoordeling	Jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	0.99	0	Stabiel	0.95	-	Matige afname
Rest Nederlandse Waddenzee	1.02	0	Matige toename	1.00	0	Stabiel
Duitse en Deense Waddenzee	1.00	0	Stabiel	1.01	0	Stabiel
Oost-Atlantische vliegroute (NW-Eur)	1.01*	+	Matige toename	1.00	0	Stabiel

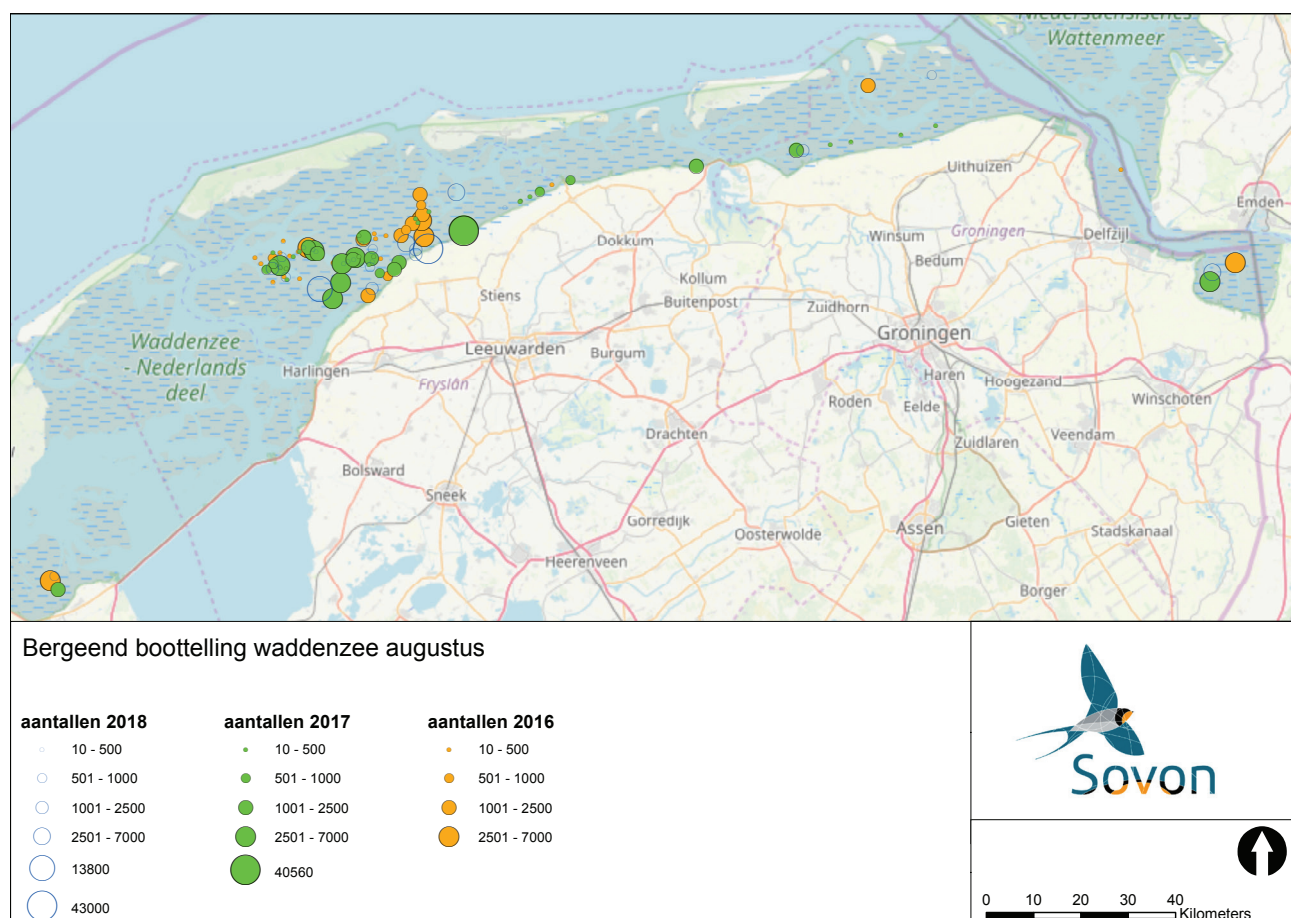
* Betreft de periode 1976-2016 (Van Roomen *et al.* 2018)

ten, laten echter geen significante trends in de tijd zien, of juist een toename (Opp. in september, +4.1 %/jr). Het is daarmee niet duidelijk dat de aantalsafname van Bergeenden in Pinkegat/ Zoutkamperlaag wordt veroorzaakt door een afnemend voedselaanbod. Het is ook denkbaar dat deze een herverdeling weerspiegelt die wordt gestuurd doordat het voedselaanbod elders op het westelijke Friese wad aanzienlijk gunstiger is.

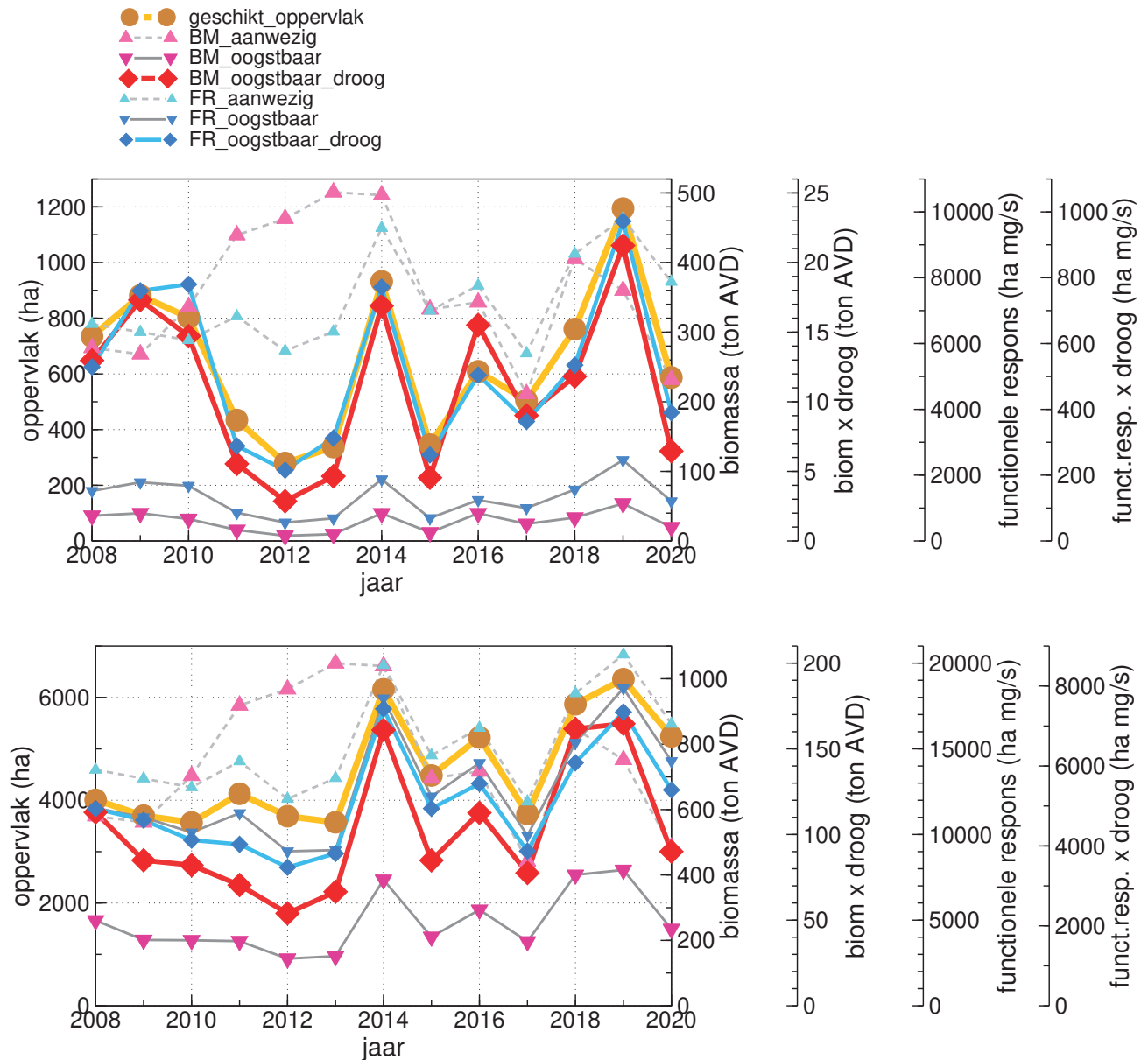
Voor de Bergeend kon geen gevalideerde proxy voor draagkracht ontwikkeld worden (Ens *et al.* 2019a).

De meeste proxies zijn wel sterk gecorreleerd en geen van de proxies laat een negatieve trend zien in Pinkegat-Zoutkamperlaag (Figuur 7.11). Een aantal proxies laat zelfs een significante positieve toename zien (appendix). Dit geldt zowel voor de winterperiode als voor de nazomer.

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de winterperiode, noch in de nazomer zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 7.2).



Figuur 7.10 Verspreiding van de ruiende Bergeenden in de Nederlandse Waddenzee eind juli 2016, 11 augustus 2017 en 13 augustus 2018. Gebaseerd op boottellingen door de WaddenUnit met vrijwilligers van Sovon. Bron: Ens *et al.* (2019c).



Figuur 7.11. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Bergeend in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2020 in de winter (boven) en de nazomer (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Tabel 7.2. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Bergeend in januari en september.

		jan.	sept.
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y→2	Y→2
2	Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders?	Y→3	Y→3
3	Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	N→5	N→5
4	Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	N→8	N→8
5	Vertonen alle proxies dezelfde trend?	Y→4	Y→4
8	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

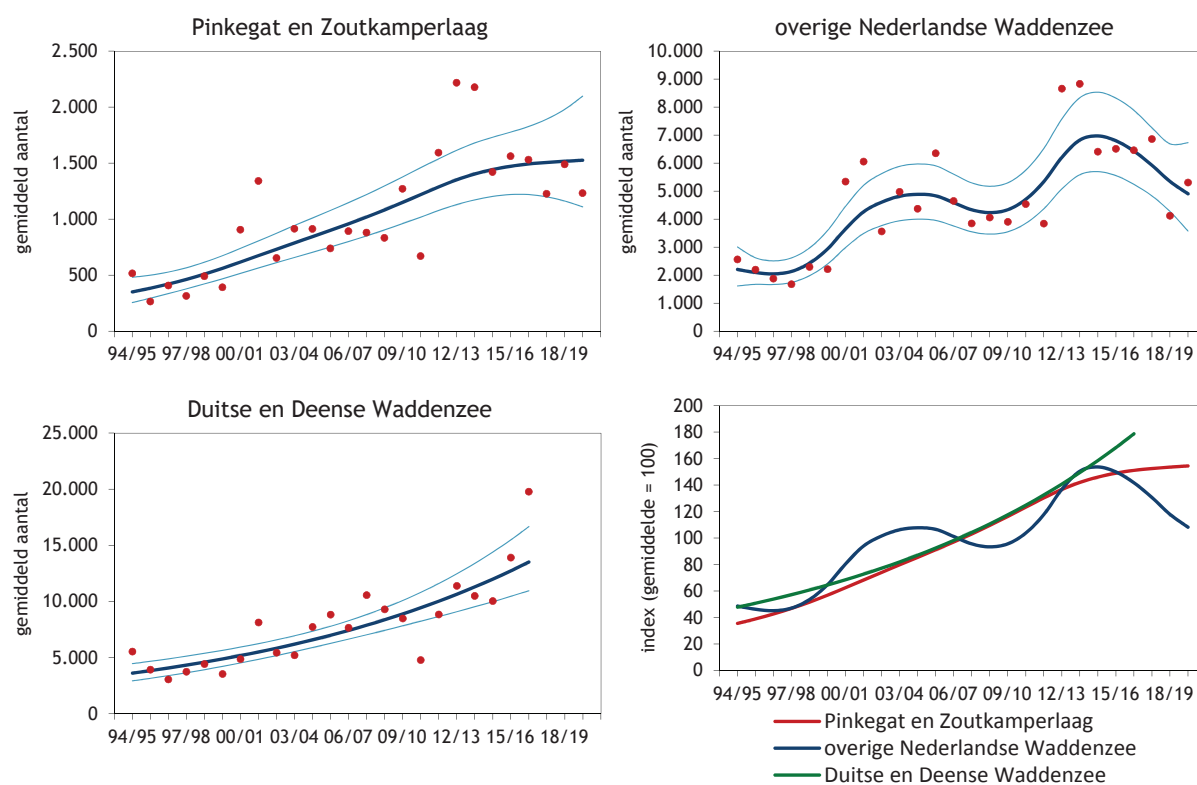
7.3.2. Pijlstaart

Op de lange termijn nemen de aantallen Pijlstaarten sterker toe in Pinkegat/Zoutkamperlaag dan in de rest van de Waddenzee (Figuur 7.12; Tabel 7.3).

Op de korte termijn is de trend onzeker. In andere delen van de Nederlandse Waddenzee is de recente trend stabiel na een langdurige toename, maar in het Duitse en Deense deel neemt de soort nog steeds toe. De Waddenzee is van groot belang voor de Europese populatie (Kleefstra *et al.* 2019). De trend van de in West-Europa overwinterende flyway-populatie is positief op de lange termijn (1976-2017), maar op de korte termijn stabiel (2008-2017) (Van Roomen *et al.* 2018). Er zijn al met al geen aanwijzingen dat de aantalsontwikkeling in Pinkegat/Zoutkamperlaag in negatieve zin afwijkt van de andere gebieden, maar als gevolg van de recente onzeker trend in de aantal-

len in Pinkegat en Zoutkamperlaag kunnen de aantallen niet de doorslag geven in het beslisschema.

Een verklaring voor toenemende trend is moeilijk te geven. De meeste voor deze soort berekende proxies voor voedselbeschikbaarheid geven sinds 2008 geen significante trend te zien, maar voor drie ervan is wel sprake van een significante toename met ongeveer 3% per jaar (FRaanw in november en januari, FRoogst in januari). Pijlstaarten op het wad zijn voor hun voedsel echter niet alleen aangewezen op de daar aanwezige bodemfauna. Bladdelen en zaden van kwelderplanten kunnen ook een belangrijke rol spelen in het dieet (Dessborn *et al.* 2011), en (veranderingen in) de beschikbaarheid daarvan is niet gemeten en dus ook niet verwerkt in de proxies.

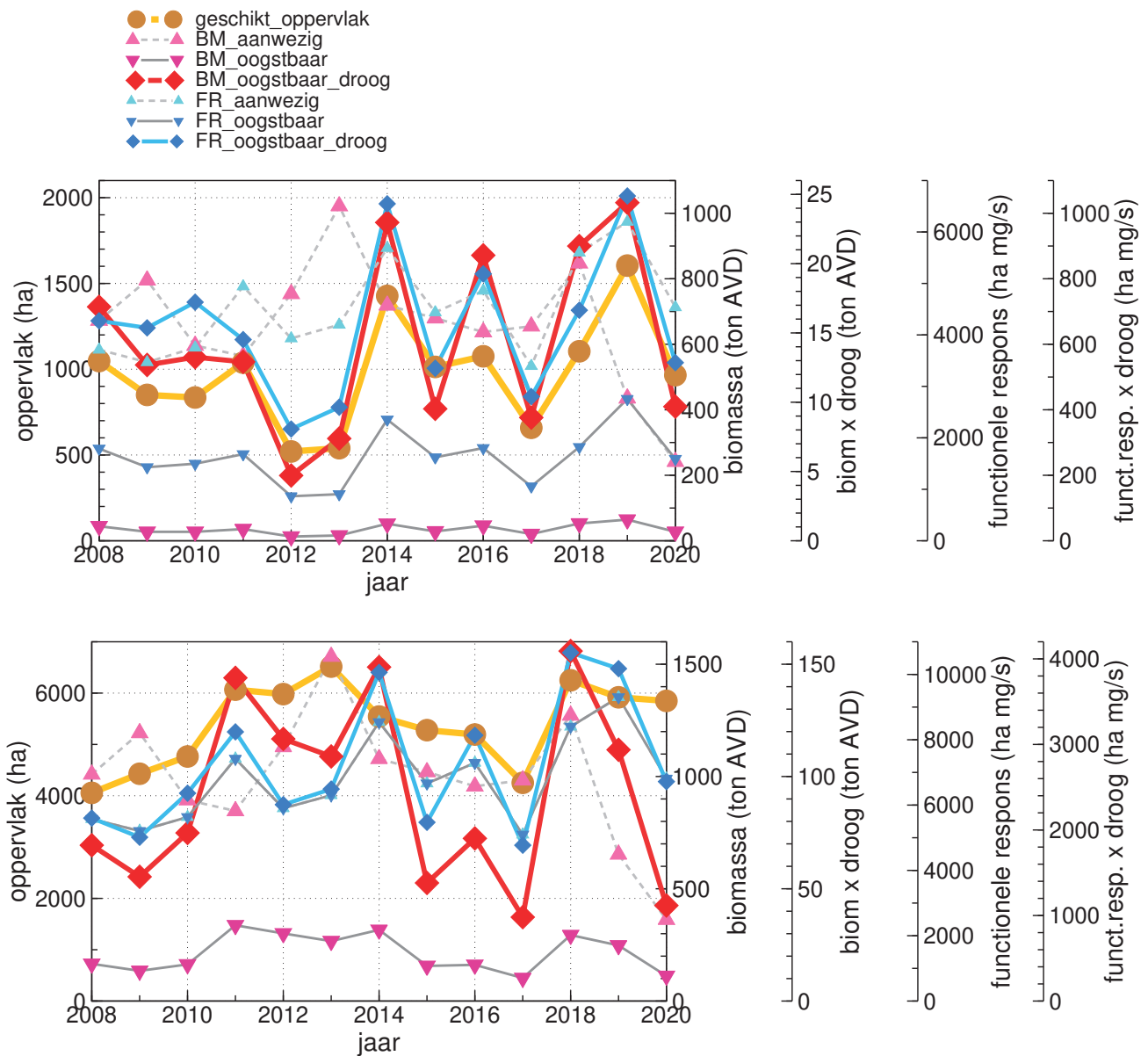


Figuur 7.12. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Pijlstaart in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 7.3. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Pijlstaart voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Pijlstaart Label	Vanaf 1994			Vanaf 2008		
	Jaarverand	Symbool	Beoordeling	Jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.06	+	Matige toename	1.03	?	Onzeker
Overige Nederlandse Waddenzee	1.03	+	Matige toename	1.01	0	Stabiel
Duitse en Deense Waddenzee	1.06	+	Matige toename	1.06	+	Matige toename
Oost-Atlantische vliegroute (NW Eur)	1.01*	+	Matige toename	1.01	=	Stabiel

* Betreft periode 1976-2016 (Van Roomen *et al.* 2018)



Figuur 7.13. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Pijlstaart in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2020 in de winter (boven) en de herfst (onder). De berekende trendwaarden voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Tabel 7.4. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Pijlstaart in januari en september.

		jan.	sept.
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	N→3	N→3
3	Gevalideerde proxy voor draagkracht	N→5	N→5
4	Negatieve trend in proxy?	N→8	N→8
5	Alle proxies zelfde trend?	Y→4	Y→4
8	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

Voor de Pijlstaart kon geen gevalideerde proxy voor draagkracht ontwikkeld worden, maar de meeste proxies zijn sterk gecorreleerd (januari gemiddeld 0,61 en november gemiddeld 0,61; Ens *et al.* 2019a). Geen van de proxies laat een duidelijke negatieve trend zien (Figuur 7.13). Voor een aantal proxies is de trend zelfs significant positief (appendix). Deze conclusies gelden zowel voor de herfst als de winter.

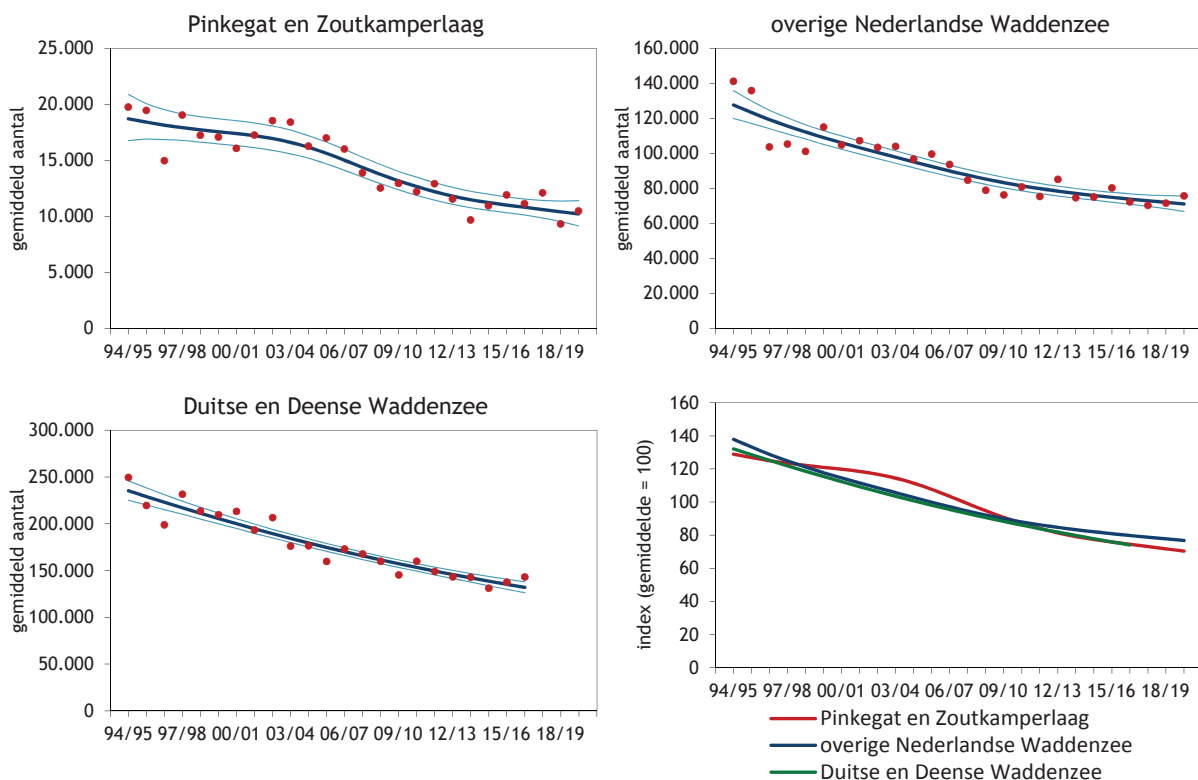
Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de winterperiode, noch in de herfst zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 7.4).

7.3.3. Scholekster

De aantallen Scholeksters die in de Waddenzee overwinteren nemen al jaren af sinds 1990 (van de Pol *et al.* 2014; Van der Jeugd *et al.* 2014; Blew *et al.* 2016). In heel West-Europa is de trend negatief over de periode 1990-2010 (van Roomen *et al.* 2015). Merkwaardig genoeg wordt de trend voor de totale populatie langs de Oost-Atlantische vlieg-route zowel op de korte termijn (2008-2016) als de lange termijn (1976-2016) als stabiel beoordeeld (Van Roomen *et al.* 2018). Voor de lange termijn heeft dit te maken met het feit dat er tot ongeveer 1990 sprake was van een toename. In de Waddenzee nemen de Scholekster overal af, zowel op de lange termijn (vanaf 1994) als op de korte termijn (vanaf 2008)(Figuur 7.14, Tabel 7.5). Er is sprake van een

afnemende populatie en de trendverschillen zijn niet groot, maar er kan niet worden uitgesloten dat de trend in Pinkegat/Zoutkamperlaag een iets sterkere afname laat zien dan elders (Tabel 7.5).

Een groot aantal factoren spelen een rol bij de achteruitgang van de Scholekster in de Waddenzee in de winterperiode: overbevissing van de mosselbanken eind jaren tachtig van de vorige eeuw, het sindsdien overgroeid raken van de terugkerende mosselbanken door Japanse oester, de kokkelvisserij (de mechanische kokkelvisserij is stopgezet in 2004, maar de handmatige kokkelvisserij heeft meer ruimte gekregen) en het instorten van de populatie Nonnetjes (Ens 2006; Ens *et al.* 2009a; Ens *et al.* 2011; Rappoldt & Ens 2013a). Veel Scholeksters die in de Waddenzee overwinteren broeden op de kwelders in het gebied, of binnendijks op de eilanden of in Noord-Nederland. Ook daar zijn problemen: een toename van het overstromingsrisico van de kwelders (van de Pol *et al.* 2010; van de Pol *et al.* 2012) en het relatieve onvermogen van Scholeksters om zich aan te passen (Bailey *et al.* 2017; Bailey *et al.* 2019), een toename van predatierisico op de vastelandskwelders en de intensivering van de landbouw (Ens *et al.* 2011; Kampichler *et al.* 2013). Om het relatieve belang en de cumulatieve bijdrage van al deze factoren aan de achteruitgang van de Scholekster vast te stellen is een groot onderzoek gestart met

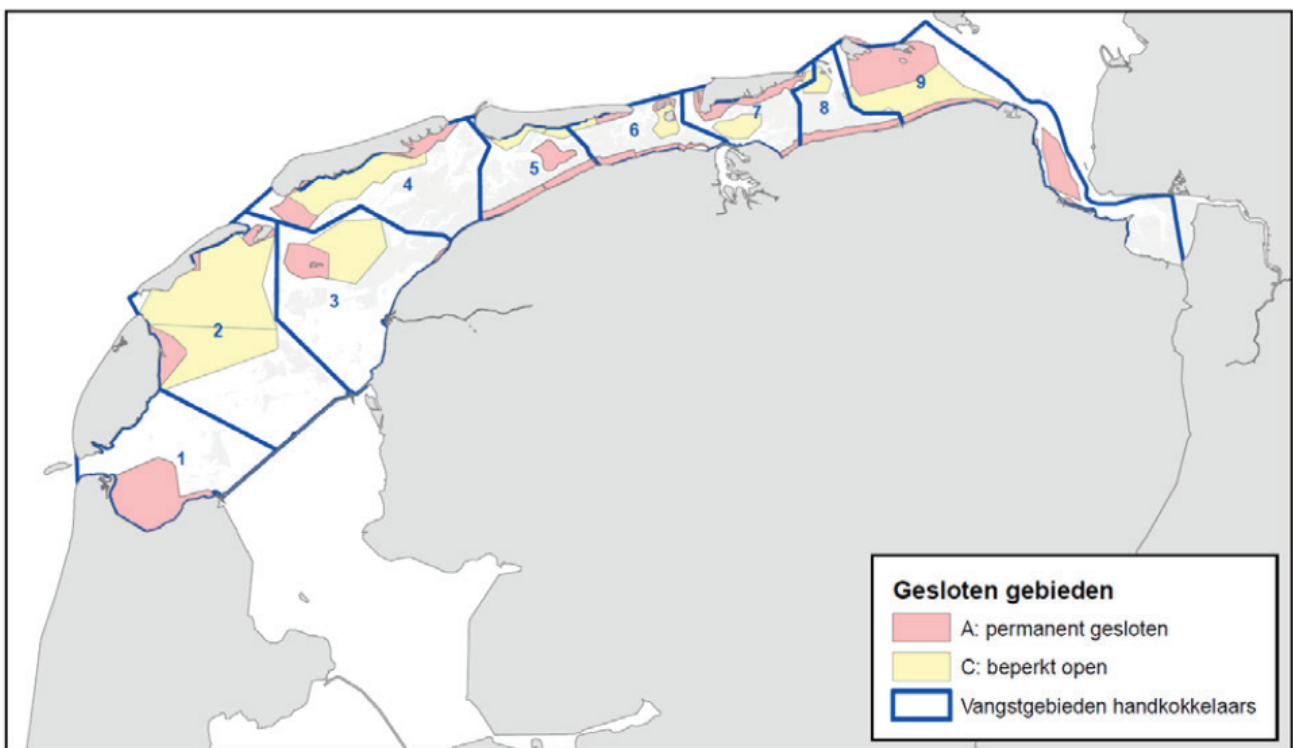
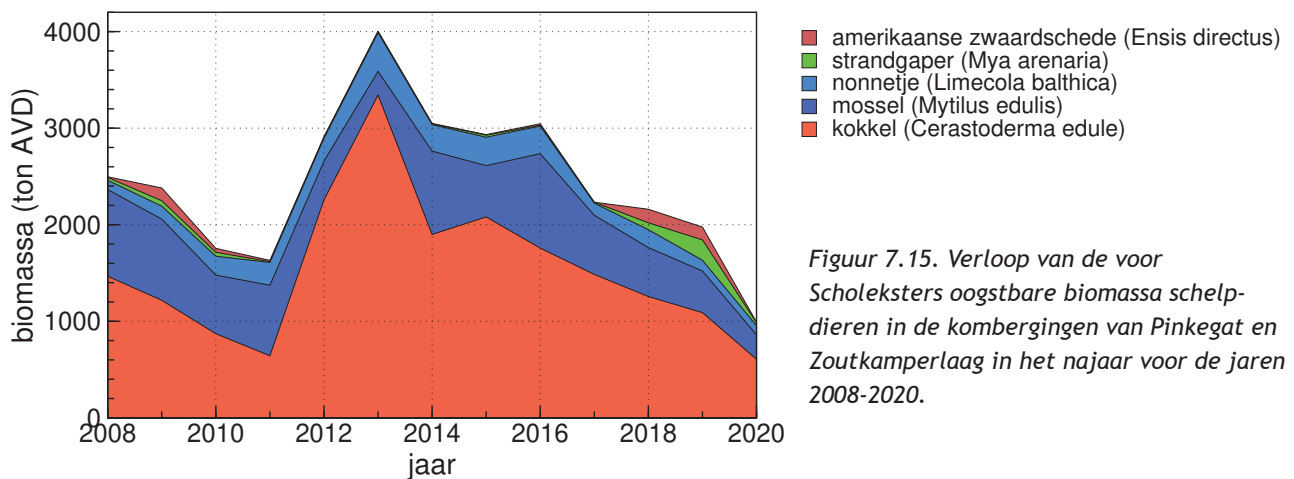


Figuur 7.14. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Scholekster in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 7.5. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Scholekster voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Scholekster Label	Vanaf 1994			Vanaf 2008		
	Jaarverand	Symbool	Beoordeling	Jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	0.98	-	Matige afname	0.97	-	Matige afname
Overige Nederlandse Waddenzee	0.98	-	Matige afname	0.98	-	Matige afname
Duitse en Deense Waddenzee	0.97	-	Matige afname	0.98	-	Matige afname
Oost-Atlantische vliegroute (NW Eur)	1.00*	0	Stabiel	0.99	0	Stabiel

*Dit betreft de periode 1976-2016 (Van Roomen *et al.* 2018)



Tabel 7.6. Oogst van Kokkels uitgedrukt als percentage van het oogstbare bestand (versgewicht, bij dichtheden >50m⁻²) in het najaar, per seizoen (1 sep t/m 31 aug), voor de verschillende vangstgebieden en de gehele Waddenzee. Oogstpercentages hoger dan 2,5% zijn vet gedrukt. Bron: Troost & Van Asch (2019).

Seizoen	Vangstgebied								gehele Waddenzee
	1	2	3	4	5	6	7	8+9	
2012-2013	0,0	2,7	6,7	1,6	0,4	0,1	0,2	1,9	1,5
2013-2014	0,0	7,3	0,1	0,3	0,2	0,1	0,0	0,7	1,8
2014-2015	0,1	8,0	0,1	0,5	0,0	0,0	0,1	0,0	2,5
2015-2016	0,0	6,6	0,7	0,6	0,6	0,4	0,7	0,8	1,9
2016-2017	0,0	5,7	0,0	0,9	0,6	0,0	2,6	2,8	1,6

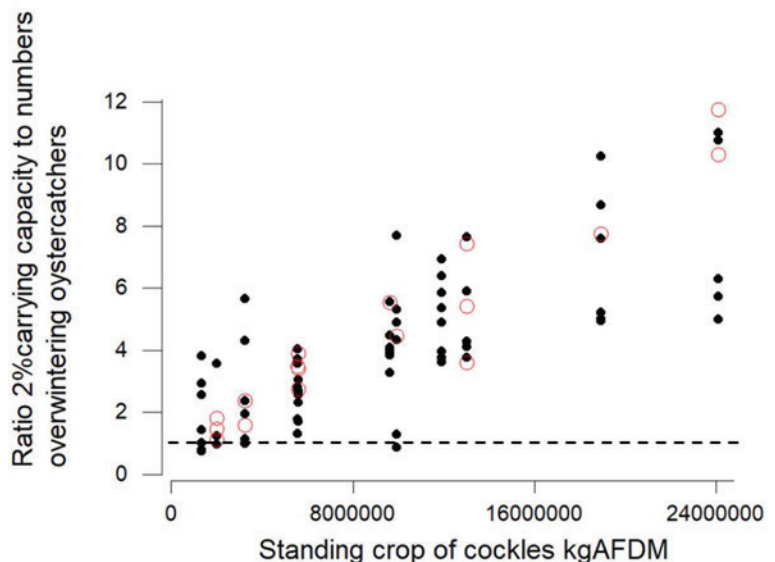
de naam CHIRP = *Cumulative Human Impact on biRd Populations* <http://www.chirpscholekster.nl/>. Een eerste bevinding uit dit onderzoek is dat er sprake lijkt van een afnemende overleving bij de Scholeksters in de oostelijke Waddenzee (Allen *et al.* 2019). De Scholeksters die daar overwinteren komen vooral uit het waddengebied zelf en het binnenland van de noordelijke provincies Friesland en Groningen (Allen *et al.* 2019; Ens *et al.* 2019b).

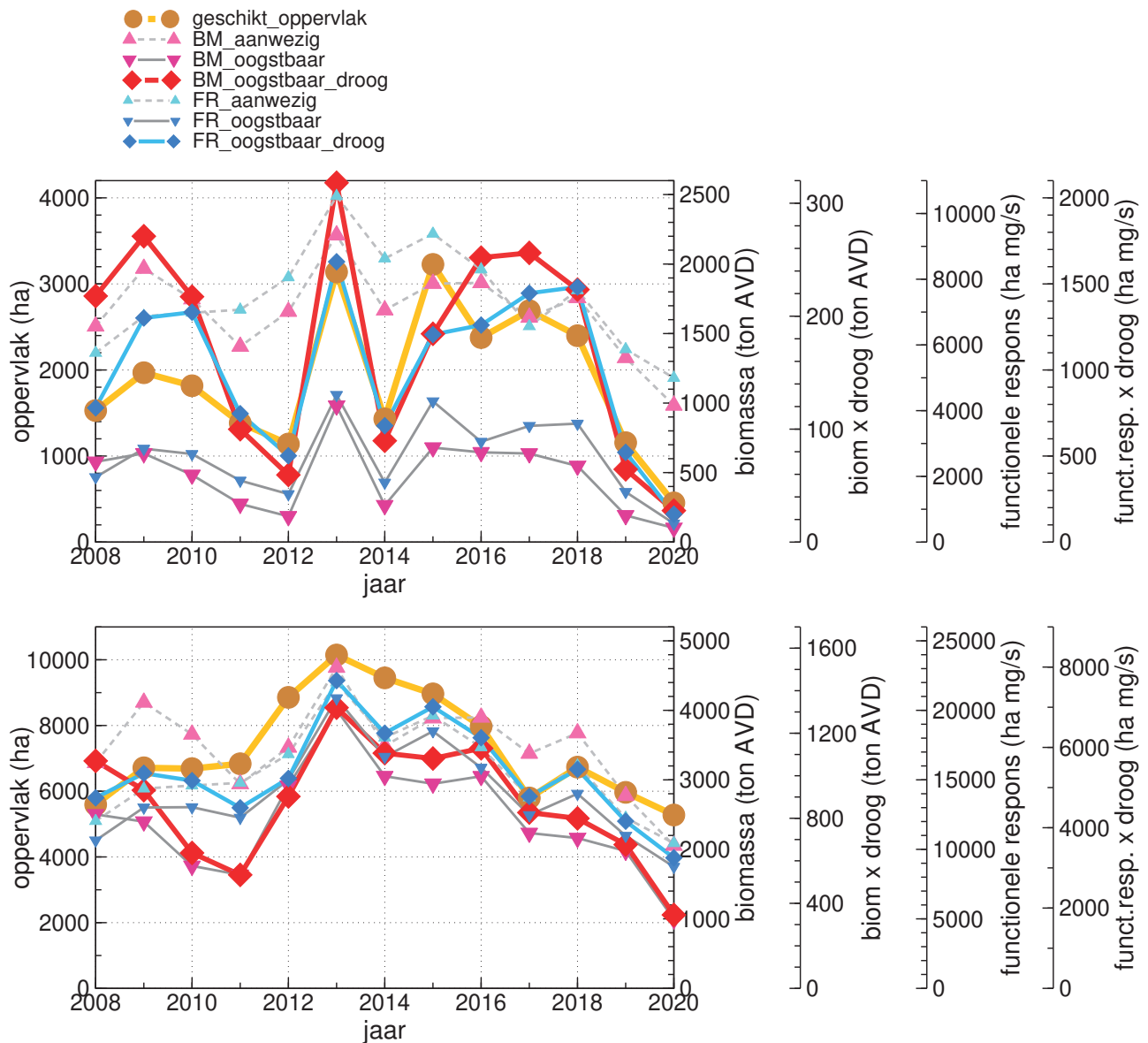
Kokkels zijn de belangrijkste voedselbron voor Scholeksters in Pinkegat – Zoutkamperlaag volgens de berekeningen met wadmap (Figuur 7.15). De eerder geconstateerde afname in het Kokkelbestand in de hele Waddenzee sinds de grote broedval in 2011 (Figuur 7.3, Figuur 7.6) is ook hier zichtbaar. De kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag komen ruwweg overeen met vangstgebieden 6 en 7 van de handkokkelvisserij (Troost & Van Asch 2019), zie Figuur 7.16. In de jaren 2012/2013 – 2016/2017 is in de gehele Nederlandse Waddenzee gemiddeld 1,5% - 2,5% van het oogstbare bestand opgevist (Troost & Van Asch 2019); zie Tabel 7.6. In de meeste jaren is de bevissing in Pinkegat-Zoutkamperlaag daar ver onder. Lokaal kan de vangst aanzienlijk zijn, zeker als een aantal jaren in hetzelfde gebied veel wordt

gevist, zoals in visgebied 2 in de jaren 2013/2014 – 2016/2017. Zonder goede vangstgegevens over alle jaren van de monitoring is het echter onmogelijk om het effect op het voedselaanbod voor de Scholekster in kaart te brengen.

Recent zijn door John Goss-Custard en Richard Stillman “berekeningen” uitgevoerd met het model MORPH om na te gaan of “concentrated fishing” in one or more of the eight areas in the Dutch Wadden Sea that have been partially or completely open to manual cockle-fishing over the fishing seasons (1 September to 31 August) of 2007-08 to 2018-19 might have affected food availability to oystercatchers wintering in that area and in the Wadden Sea as a whole, particularly in years when the stocks of harvestable cockles were generally low” (Goss-Custard & Stillman 2020). Ze hanteren daarbij als definitie voor draagkracht dat de met het model berekende mortaliteit als gevolg van voedseltekort onder adulte Scholeksters in de winter niet boven de 2% mag komen. In plaats van een werkelijke doorrekening gebruiken ze berekeningen met MORPH voor de Burry Inlet, een estuarium in Wales, en passen deze toe op de Waddenzee. In hun berekeningen over de kokkelvisserij in de 8 deelgebieden voor de jaren

Figuur 7.17. De verhouding tussen de voorspelde draagkracht in termen van het kokkelbestand en de schatting van de aanwezige Scholeksters als functie van het aanwezige kokkelbestand per deelgebied per jaar. De waarde 4 betekent dat de draagkracht vier keer hoger was dan nodig om de geschatte aanwezige Scholeksters in het deelgebied van voldoende voedsel te voorzien tot de lente. De rode cirkels geven de gebiedjaar combinaties aan waarin de kokkelvangst meer bedroeg dan het aanwezige bestand op 1 september. Bron: Goss-Custard & Stillman (2020).





Figuur 7.18. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Scholekster in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2020 in de winter (boven) en de nazomer (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Tabel 7.7. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Scholekster in januari en september.

		jan.	sept.
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y→2	Y→2
2	Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders?	Y→3	Y→3
3	Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	Y→4	Y→4
4	Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	N→8	N→8
8	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

2008 t/m 2018 vinden ze 3 jaar-gebied combinaties waarin de draagkracht werd overschreden: gebied 4 in 2011 en gebieden 1 en 3 in 2018 (Figuur 7.17). Ze concluderen dat ook al komt het regelmatig voor dat er lokaal meer dan 2,5% van het kokkelbestand (het quotum voor de Waddenzee als geheel) wordt opgevist, soms wel 27%, er altijd voldoende overbleef voor de Scholeksters volgens hun draagkracht definitief. Ze geven toe dat er sprake was van grote beperkingen aan de beschikbare gegevens. Ook op de aannames in de berekeningen valt nog wel wat af te dingen.

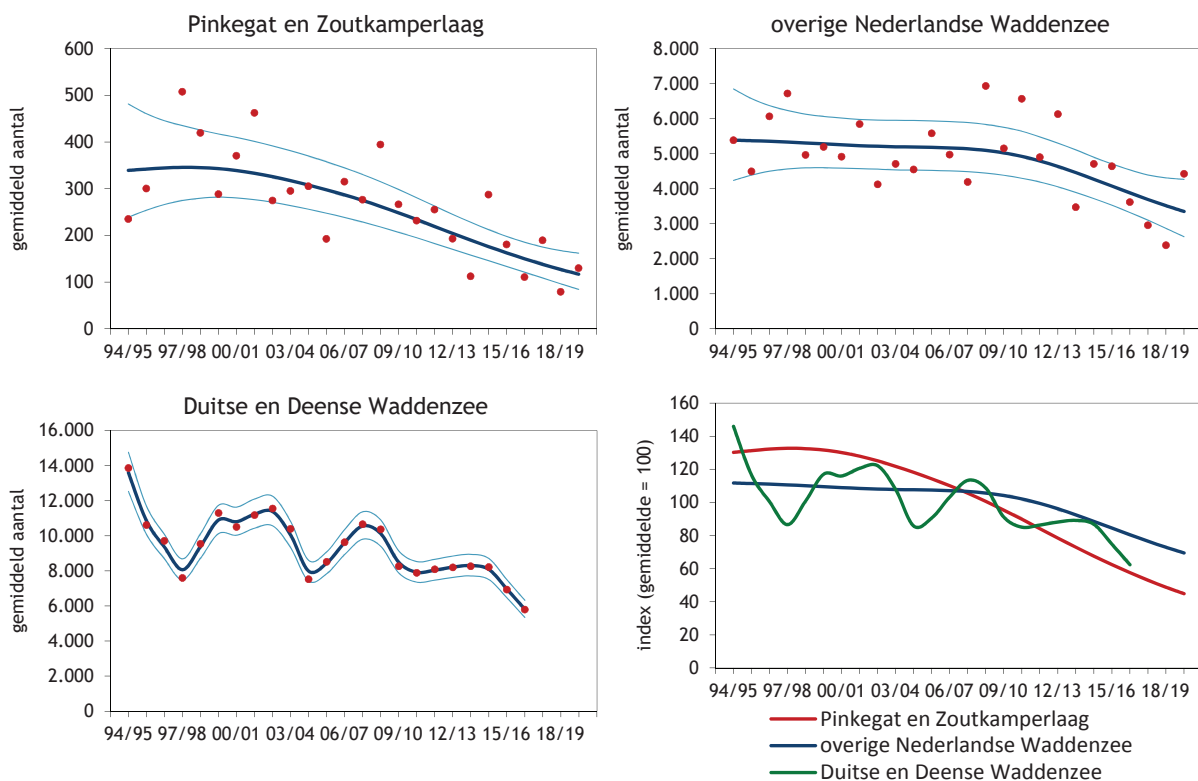
Zowel voor de nazomer als voor de winter beschouwen wij BMAanw als een gevalideerde proxy voor draagkracht (Ens *et al.* 2019a). De trend voor deze proxy is niet significant (Figuur 7.18). De meeste proxies zijn onderling sterk gecorreleerd (januari gemiddeld 0,77 en september gemiddeld 0,81). Ook de andere proxies vertonen geen significante trend (appendix). Dit ondanks het feit dat het voedselaanbod een minimum bereikte in het seizoen 2019/2020 als gevolg van het uitblijven van nieuwe broedval van Kokkels in het bodemdalingsgebied. Die uitblijvende broedval is niet beperkt tot het bodemdalingsgebied, maar het geval in de hele Waddenzee (Figuur 7.3; Troost *et al.* 2021).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de winterperiode, noch in de nazomer zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 7.7).

7.3.4. Kluut

Er is sprake van een duidelijke afname in de aantallen in Pinkegat en Zoutkamperlaag (Figuur 7.19; Tabel 7.8). Ook elders in de Waddenzee nemen de aantallen af (Blew *et al.* 2016; Figuur 7.19). Zowel op de korte als de lange termijn wordt de afname overal als matig beoordeeld, waarbij de getallen suggereren dat de afname in Pinkegat/Zoutkamperlaag misschien iets sterker is dan in de rest van de Nederlandse Waddenzee. Dit contrasteert met de ontwikkelingen langs de gehele Oost-Atlantische vliegroute, waar de populatie toeneemt op de lange termijn, en onzeker is op de korte termijn (Tabel 7.8). De populatiegrootte wordt geschat op 89.000 – 99.000, wat betekent dat maar een klein deel van die populatie gebruik maakt van de Waddenzee (Van Roomen *et al.* 2018).

Deze discrepantie betekent dat de toename in het zuidelijke deel van de Europese populatie zo sterk is dat de afname in het noordelijke deel van de populatie meer dan gecompenseerd wordt. Het noordelijke deel van de populatie is ook meteen het noordelijkste deel van de populatie. Er broeden geen Kluten ten noorden van de Waddenzee. Het merendeel van deze Kluten overwintert ten zuiden van de Waddenzee. De afname van het noordelijke deel van de populatie is het gevolg van een laag broedsucces (Van der Jeugd *et al.* 2014; Thorup & Koffijberg 2016).



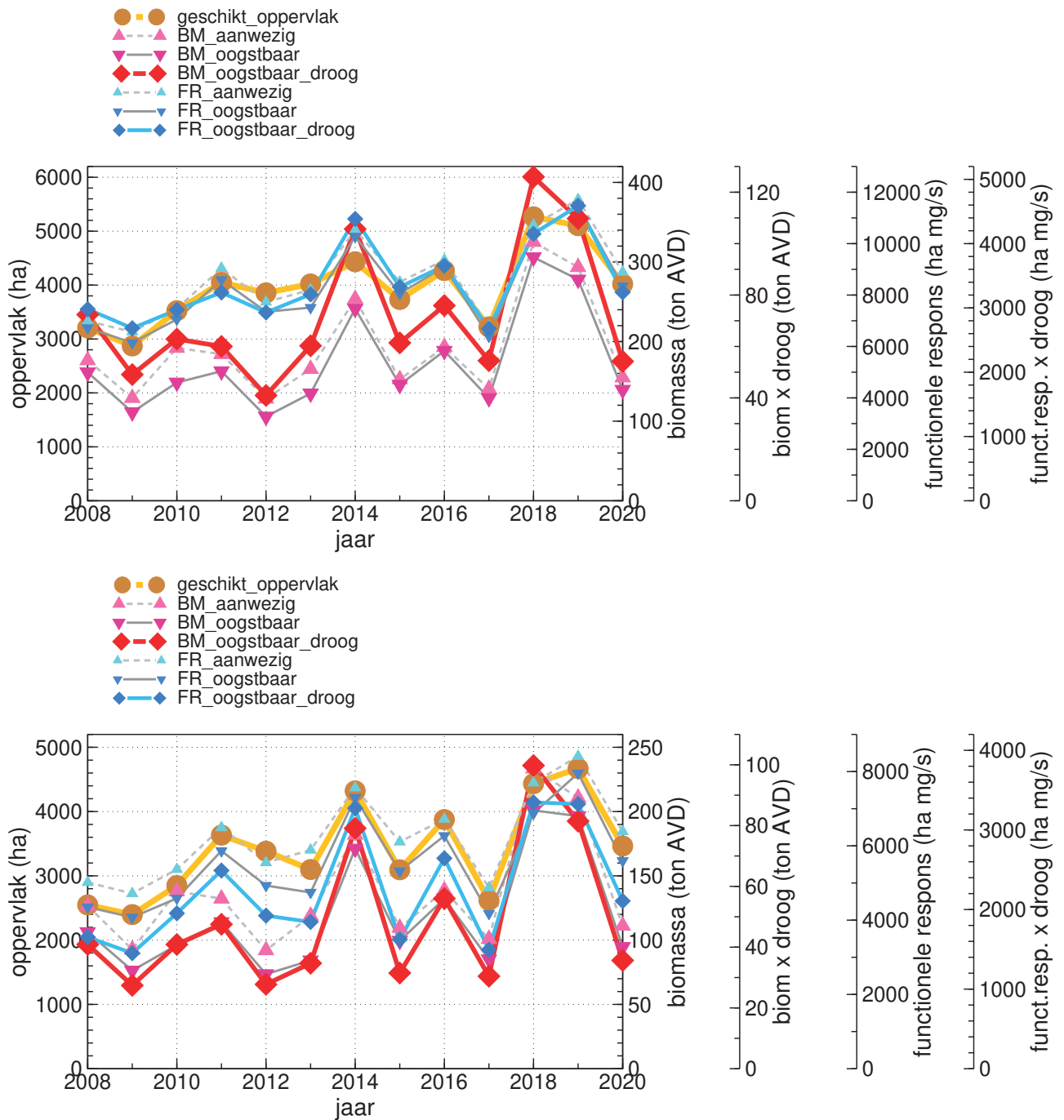
Figuur 7.19. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Kluut in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 7.8. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Kluut voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008). Ook weergegeven de trend van de hele populatie die gebruikt maakt van de Oost-Atlantische vlieg-route.

Kluut Label	Vanaf 1994			Vanaf 2008		
	Jaarverand	Symbool	Beoordeling	Jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	0.96	-	Matige afname	0.93	-	Matige afname
Overige Nederlandse Waddenzee	0.98	-	Matige afname	0.96	-	Matige afname
Duitse en Deense Waddenzee	0.96	-	Matige afname	0.93	--	Sterke afname
Oost-Atlantische vliegroute (NW Eur)	1.01*	+	Matige toename	1.02**	?	Onzeker

* gebaseerd op de periode 1990-2016 (Van Roomen *et al.* 2018)

** gebaseerd op de periode 2005-2012 (Van Roomen *et al.* 2018)



Figuur 7.20. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Kluut in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2020 in de nazomer (boven) en het najaar (onder). De berekende trendwaarden voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Tabel 7.9. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Kluut in september en november.

		Sept.	Nov.
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y→2	Y→2
2	Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders?	Y→3	Y→3
3	Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	N→5	N→5
4	Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	N→8	N→8
5	Vertonen alle proxies dezelfde trend?	Y→4	Y→4
8	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

Mogelijke oorzaken van dit lage broedsucces zijn een verhoogd predatierisico van nesten en jongen (vooral langs de vastelandskust), verhoogd overstromingsrisico en mogelijk een verslechtering van het voedselaanbod voor de jongen (Koffijberg *et al.* 2017), maar dit blijft onzeker (Koffijberg *et al.* 2016).

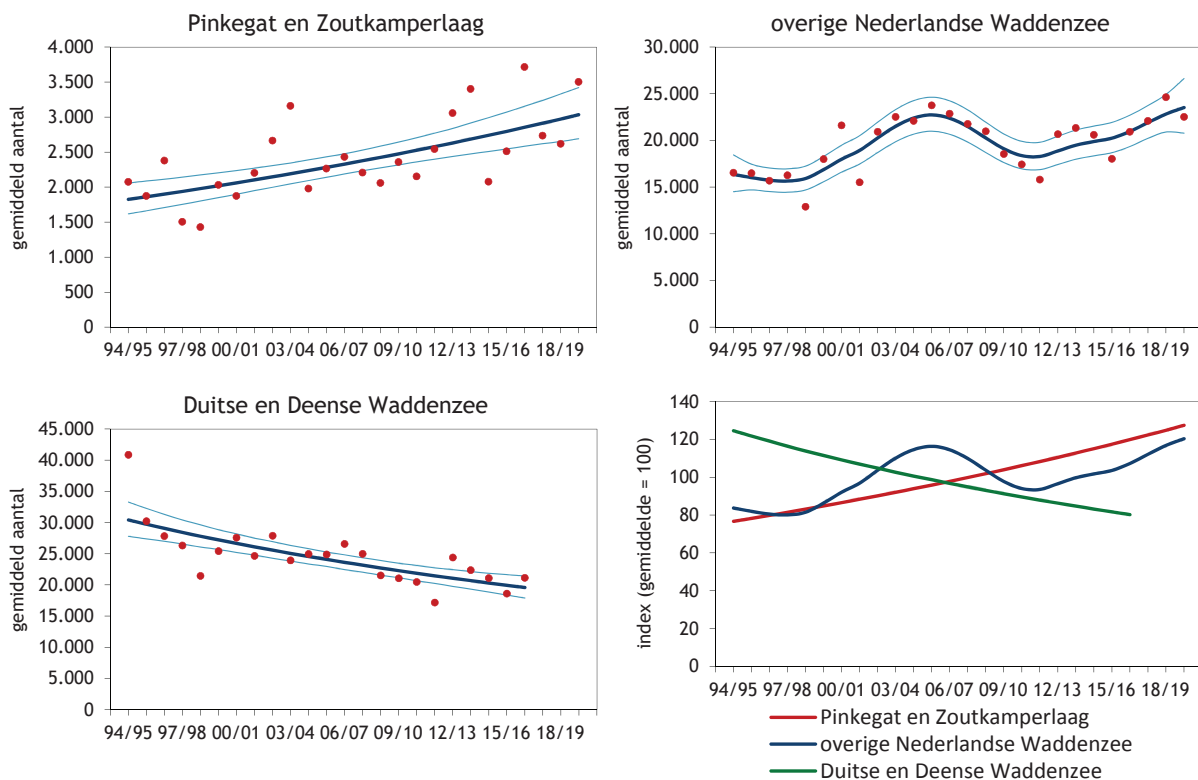
Noch in nazomer, noch in najaar is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht (Ens *et al.* 2019a). De onderliggende correlatie tussen de verschillende proxies is echter zeer hoog (zowel in september als november 0,87). Alle proxies laten een positieve trend zien (Figuur 7.20) en die trend is voor verschillende proxies significant (zie appendix).

Zo stijgt Oppervlak met respectievelijk 2,9% en 3,4% per jaar in respectievelijk september en november. Dit is het gevolg van het hoge voedselaanbod in Pinkegat-Zoutkamperlaag in 2018 en 2019.

Conclusie na doorlopen beslissingschema luidt dat zowel in de nazomer als in het najaar aanwijzingen ontbreken voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 7.9).

7.3.5. Zilverplevier

De trend van de aantallen Zilverplevieren in Pinkegat/Zoutkamperlaag is al langere tijd toenemend (Figuur 7.21; Tabel 7.10). Ook in de rest van de



Figuur 7.21. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Zilverplevier in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 7.10. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Zilverplevier voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Zilverplevier Label	Vanaf 1994			Vanaf 2008		
	Jaarverand	Symbool	Beoordeling	Jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.02	+	Matige toename	1.02	+	Matige toename
Rest Nederlandse Waddenzee	1.01	+	Matige toename	1.01	+	Matige toename
Duitse en Deense Waddenzee	0.98	-	Matige afname	0.98	-	Matige afname
Oost-Atlantische vliegroute	1.02*	+	Matige toename	0.98	-	Matige afname

* Betreft de periode 1979-2016 (Van Roomen *et al.* 2018)

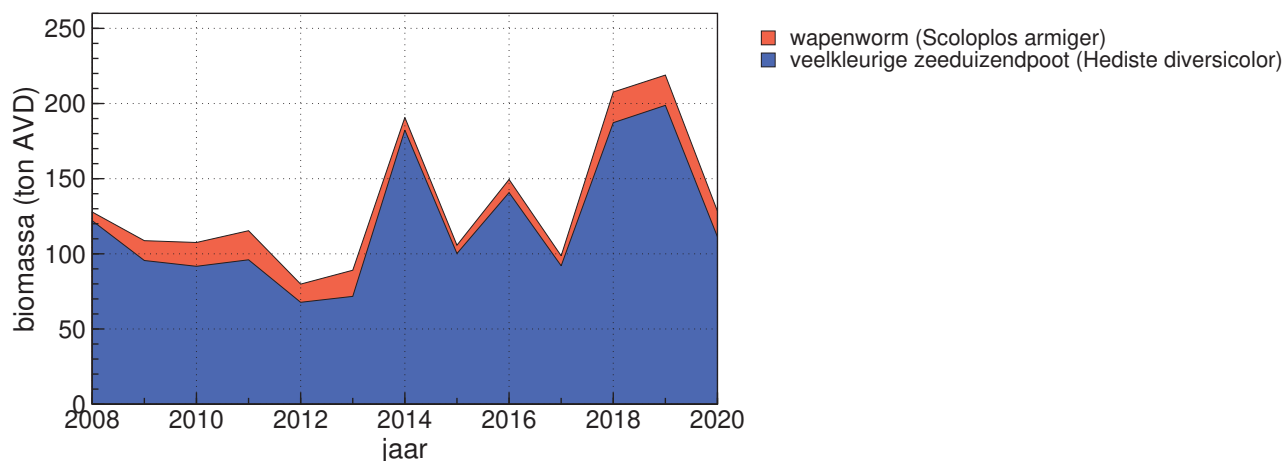
Nederlandse Waddenzee is een toename zichtbaar. Deze positieve trends steken gunstig af tegen de ontwikkelingen elders. In de Duitse Waddenzee neemt de soort af (Blew *et al.* 2016). De Oost-Atlantische flywaypopulatie als geheel is op de lange termijn toegenomen maar toont recent ook een matige afname (Van Roomen *et al.* 2018).

De belangrijkste broedgebieden van Zilverplevieren die de Waddenzee aandoen liggen in de in de toendra van Noord-Siberië, met name Yamal en Taimyr (Exo, Hillig & Bairlein 2019). De geconstateerde afname deelt deze flywaypopulatie met enkele andere steltlopersoorten die hier broeden (o.a. Krombekstrandloper, de ondersoort *canutus* van de Kanoet, de ondersoort *taimyrensis* van de Rosse Grutto), maar niet met soorten uit westelijker gelegen delen van de Arctis (Bonte Strandloper, Bontbekplevier). Er speelt hier dus mogelijk een gemeenschappelijke 'regionale' oorzaak in het broedgebied. Naast klimaatverandering (fenologische vervroeging en toename van droogte in de zomer) is ook het afzwakken van driejarige lemmingcycli in deze regio sinds het midden van de jaren '90 benoemd als mogelijke factor van belang; hierdoor treden 'topjaren' waarin de vogels bijna ongehinderd door pre-

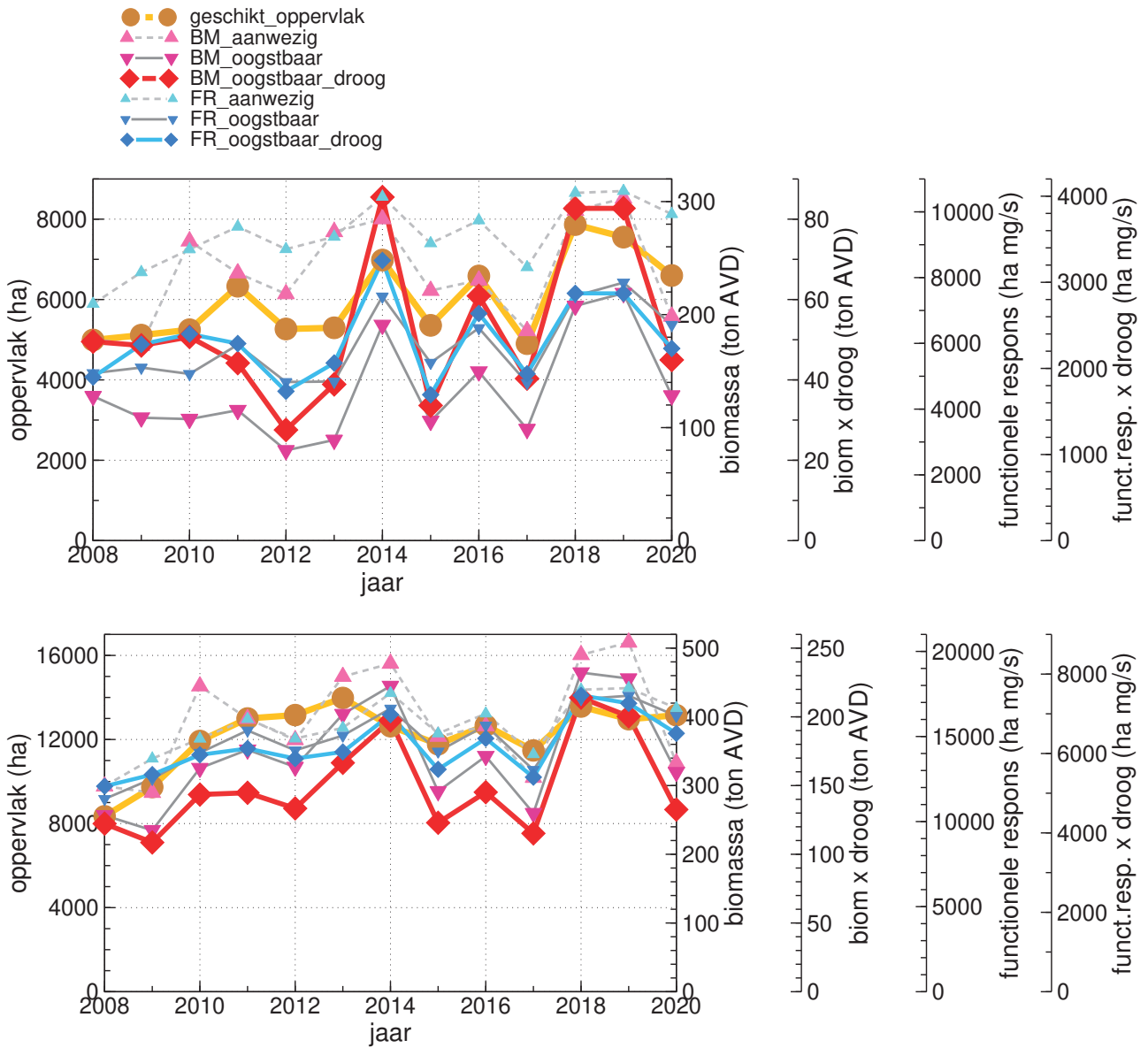
dators jongen kunnen produceren minder vaak op (Schekkerman *et al.* 2018).

Een mogelijke verklaring voor de met het bovenstaande contrasterende toename van Zilverplevieren in de Waddenzee is dat door het minder frequent optreden van winterse vorstperioden als gevolg van klimaatverandering een groter aandeel van de vogels hier blijft overwinteren in plaats van verder naar het zuiden en/of westen te trekken. Maclean *et al.* (2008) stelden vast dat van zeven in West-Europa overwinterende steltlopersoorten de Zilverplevier na de Wulp de grootste noordoostwaartse verschuiving in winterverspreiding te zien geeft, en dat regionale aantalsveranderingen samenhangen met toenemende januaritemperatuur. Deze hypothese kan echter niet verklaren waarom de trend in de eveneens opwarmende Duitse en Deense Waddenzee negatief is in plaats van toenemend.

Het contrast tussen de toename van Zilverplevieren in de Nederlandse Waddenzee en de populatieontwikkeling elders kan wijzen op een 'lokale' oorzaak. De Zilverplevier is een uitgesproken wormeneter. De Zeeduizendpoot is de belangrijkste prooisort in veel gebieden, en een toename van de beschik-



Figuur 7.22. Verloop van voor Zilverplevieren oogstbare biomassa bodemdieren in de winter in Pinkegat-Zoutkamperlaag.



Figuur 7.23. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Zilverplevier in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2020 in de winter (boven) en voorjaar (onder). De berekende trendwaarden voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Tabel 7.11. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Zilverplevier in januari en mei.

		jan.	mei
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y→2	Y→2
2	Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders?	N→8	N→8
8	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

baarheid hiervan zou zo'n lokale factor kunnen vormen (Figuur 7.22). Er is wel geopperd dat de grootschalige afname van schelpdierbestanden in de Nederlandse Waddenzee in begin jaren '90 - samenvallend met een periode van intensieve visserij op schelpdieren - heeft geleid tot een toename van wormen en daarmee van wormenetende wadvogels (Kraan *et al.* 2004; Leopold *et al.* 2004; van Roomen *et al.* 2006). In Pinkegat/Zoutkamperlaag is sinds 2008 inderdaad een algehele toename van de biomassa van wormen opgetreden, met ca. 30% over de periode 2008-2019 (Figuur 7.8). Dit is eenzelfde grootteorde als de gelijktijdige toename van het seizoensgemiddelde aantal Zilverplevieren in dit gebied (+22%).

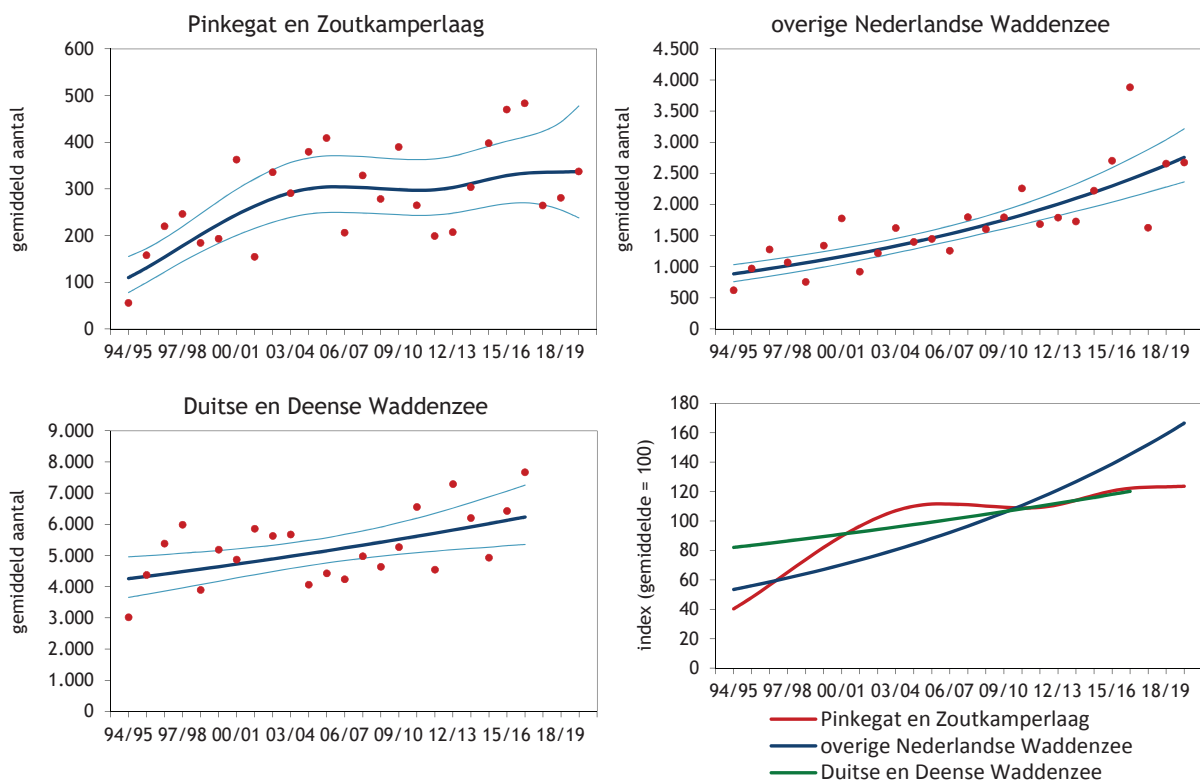
De validatieberekeningen leiden voor de Zilverplevier niet tot een gevalideerde proxy voor voedselbeschikbaarheid (Ens *et al.* 2019a). Er is wel een sterke onderlinge correlatie tussen de verschillende proxies en met name in het voorjaar is het patroon opvallend gelijk (Figuur 7.23). Alle proxies laten een stijgende trend zien (1,6-3,9 %/jr), en deze is in ongeveer de helft van de gevallen significant (Opp, FRAanw en FRoogst in januari en mei, FRoogstDr alleen in mei).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de winter, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 7.11).

7.3.6. Bontbekplevier

Er is een duidelijke toename zichtbaar in het aantalsverloop voor Pinkegat en Zoutkamperlaag (Figuur 7.24), al is de trend onzeker op de korte termijn (Tabel 7.12). Ook in de rest van de Nederlandse en in de Duitse en Deense Waddenzee neemt de Bontbek toe. Mogelijk is de trend in Pinkegat/Zoutkamperlaag iets minder positief dan in omliggende gebieden.

Bontbekplevieren in de Nederlandse Waddenzee behoren tot verschillende flyway-populaties. De ondersoort *hiaticula* omvat broedvogels uit West-Europa en Zuid-Scandinavië, en *psammmodromus* arctische vogels uit IJsland, Groenland en Canada. Broedvogels van noordelijk Eurazië behoren tot de ondersoort *tundrae* (Thies *et al.* 2018). Waarschijnlijk zijn de grootste aantallen doortrekkers in de Waddenzee in de rekenmaanden september en mei Scandinavische broedvogels uit deze populatie. De trend hiervan is onzeker (Wetlands-International 2015), mede omdat het winterareaal langs de kusten van ZW-Europa en W-Afrika overlapt met dat van *psammmodromus*. De recente trend voor *psammmodromus* is gekenschetst als stabiel, na een eerdere afname (Van Roomen *et al.* 2018). De veel kleinere aantallen in de Waddenzee broedende en overwinterende Bontbekplevieren behoren tot de in aantal afnemende *hiaticula* populatie.



Figuur 7.24. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Bontbekplevier in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Over de oorzaken van de in de Waddenzee optredende toename kunnen wij alleen speculeren. Een milder winterklimaat zal voor deze soort, die in de wintermaanden nog steeds vrijwel afwezig is in het gebied, geen belangrijke rol spelen in de geconstateerde toename. De Bontbekplevier is een echte

wormeneter die naast Zeeduizendpoten en Wapenwormen ook relatief veel kleinere wormen eet zoals Draadwormen *Heteromastus* (Figuur 7.25). Net als de Zilverplevier zou de soort daarom kunnen profiteren van een ‘verworming’ van de bodemfauna van de Waddenzee (van Roomen *et al.* 2006). Inderdaad

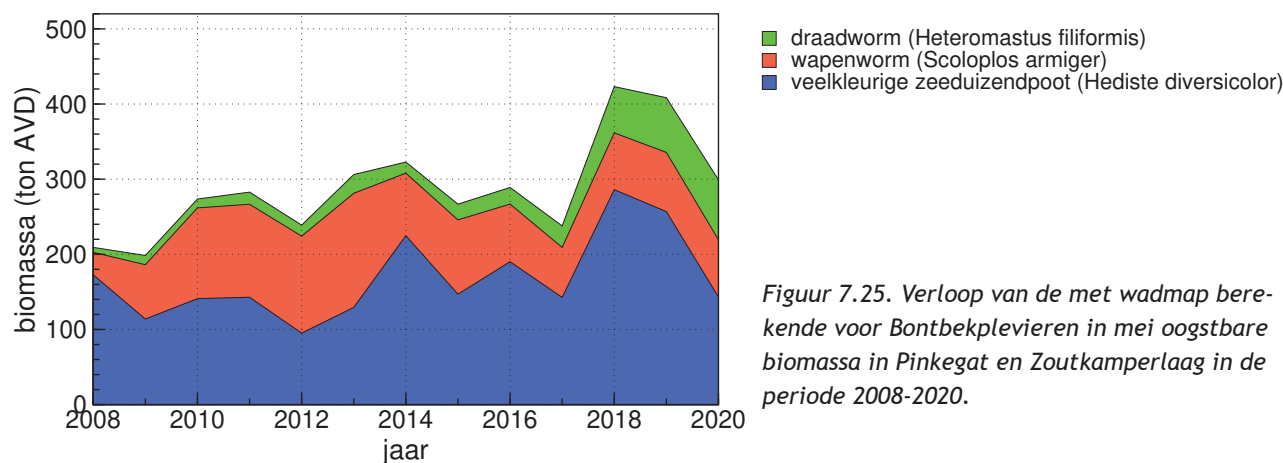
Tabel 7.12. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Bontbekplevier voor Pinkegat/ Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Bontbekplevier Label	Vanaf 1994			Vanaf 2008		
	Jaarverand	Symbol	Beoordeling	Jaarverand	Symbol	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.05	+	Matige toename	1.01	0	Stabiel
Rest Nederlandse Waddenzee	1.05	+	Matige toename	1.05	+	Matige toename
Duitse en Deense Waddenzee	1.02	+	Matige toename	1.02	+	Matige toename
Oost-Atlantische vliegroute, <i>hiaticula</i>	1.01*	0	Stabiel	1.02	+	Matige toename
Oost-Atlantische vliegroute, <i>tundrae</i>	?	?	Onzeker	?	?	Onzeker
Oost-Atlantische vliegr., <i>psammodroma</i>	0.99**	-	Matige afname	1.00***	0	Stabiel

* Betreft 1990-2016 (Van Roomen *et al.* 2018)

** Betreft 1980-2017 (Van Roomen *et al.* 2018)

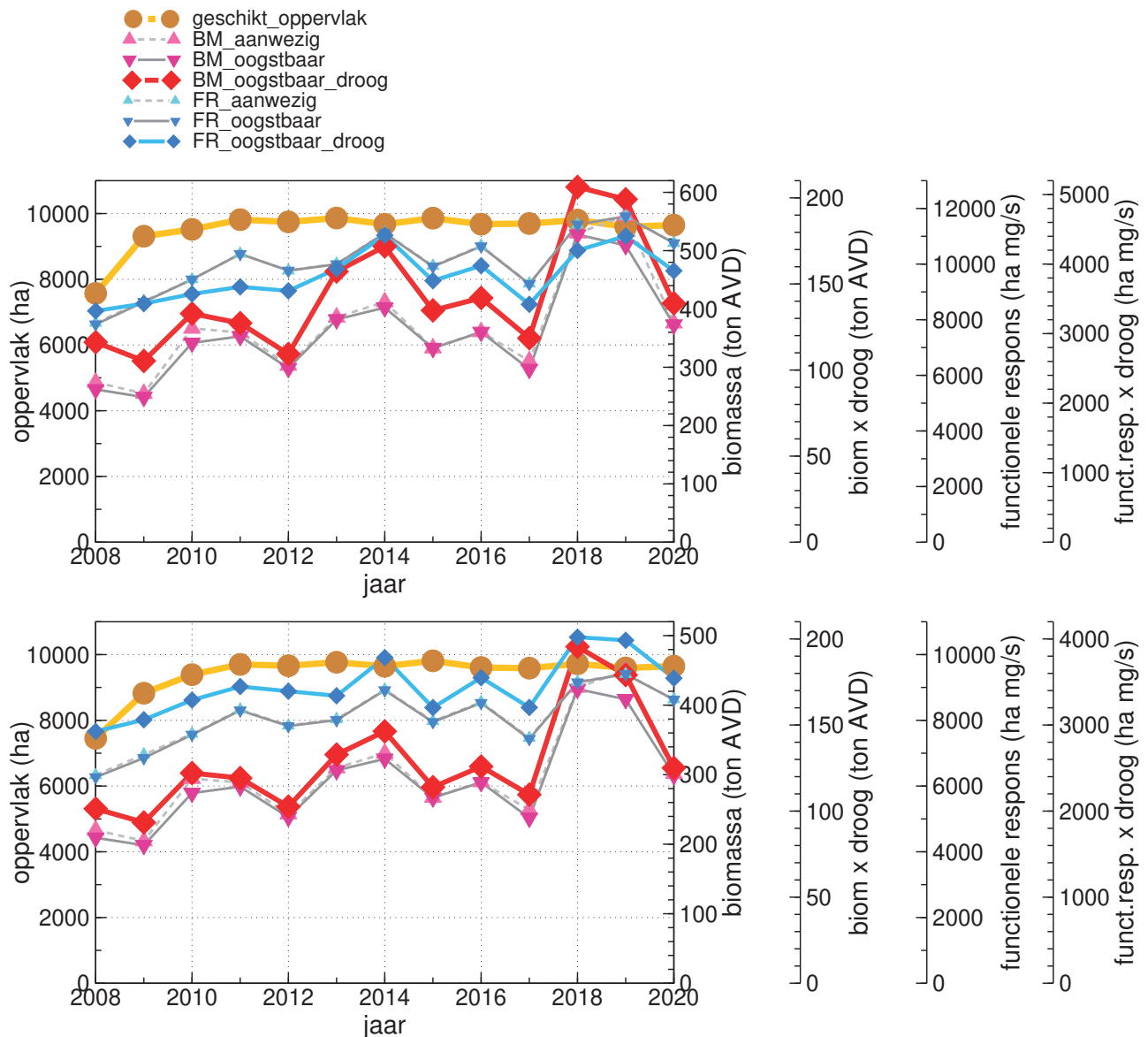
*** Betreft 2010-2014 (Van Roomen *et al.* 2018)



Figuur 7.25. Verloop van de met wadmap berekende voor Bontbekplevier in mei oogstbare biomassa in Pinkegat en Zoutkamperlaag in de periode 2008-2020.

Tabel 7.13. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Bontbekplevier voor mei en september.

		mei	sept.
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y→2	Y→2
2	Ontwikkelen vogelaantallen in bodemdalingsgebied zich negatiever / minder positief dan elders?	Y→3	Y→3
3	Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	N→5	N→5
4	Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	N→8	N→8
5	Vertonen alle proxies dezelfde trend?	Y→4	Y→4
8	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y



Figuur 7.26. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Bontbekplevier in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2020 in de nazomer (boven) en het voorjaar (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

vertonen de meeste voor de Bontbekplevier berekende proxies voor voedselaanbod, die vooral wormensoorten omvatten, een significante toenemende trend, met 0,9 tot 4,0 %/jr (Figuur 7.26). Alleen het Oppervlak geschikt gebied in september veranderde niet significant (appendix).

Hoewel de verschillende proxies noch in het voorjaar, noch in het najaar voldeden aan het criterium van een gevalideerde proxy vertonen ze wel hoge onderlinge correlaties (Ens *et al.* 2019a), en allemaal dezelfde (toenemende) trendrichting (appendix).

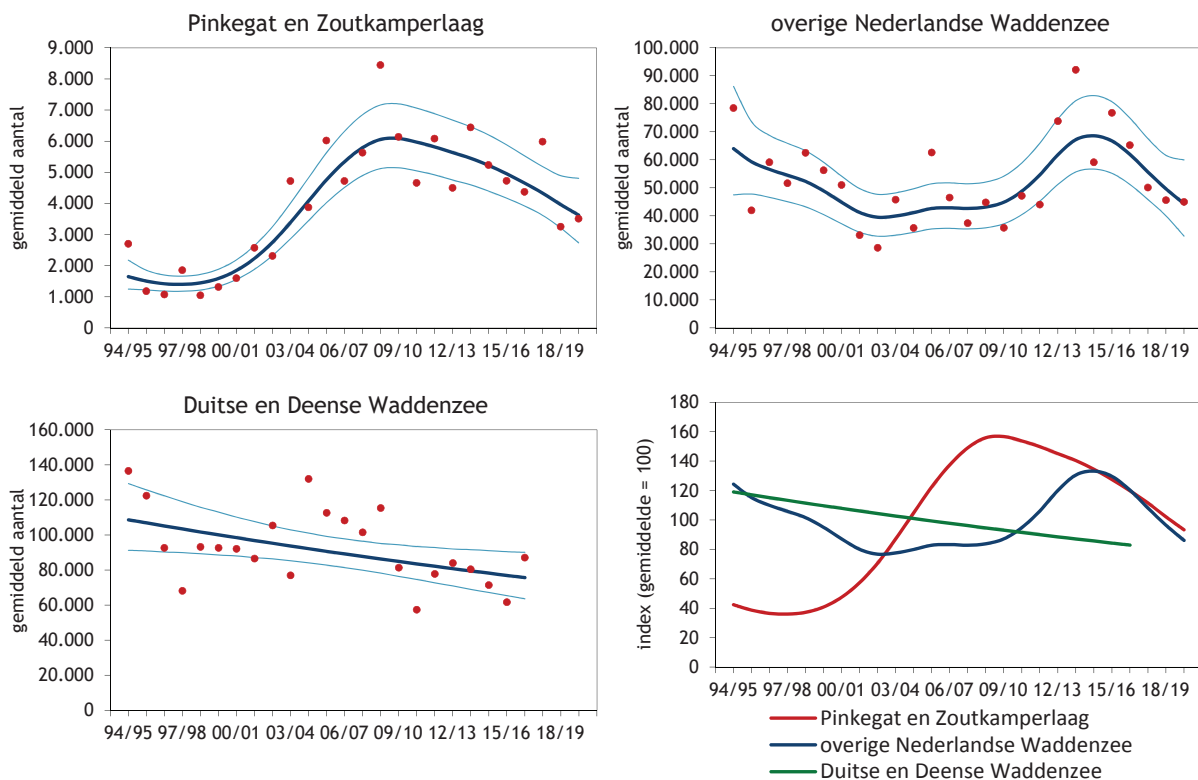
Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de nazomer, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 7.13).

7.3.7. Kanoet

In de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag nemen de aantallen Kanoeten toe tot 2008, maar daarna is sprake van een afname (Figuur 7.27). In de Nederlandse Waddenzee nemen de aantallen toe vanaf 2000, maar vanaf 2015 is sprake van een afname. In Nedersaksen zijn de aantallen stabiel, in Sleeswijk-Holstein nemen de aantallen af en in Denemarken nemen de aantallen eerst toe en daarna af (Blew *et al.* 2016). Een formele beoordeling van de trend op korte termijn leidt tot de conclusie dat er in de Duitse en Deense Waddenzee sprake is van een matige afname, net als

in Pinkegat/Zoutkamperlaag, maar dat de treind in de rest van de Nederlandse Waddenzee onzeker is (Tabel 7.14).

Twee ondersoorten maken gebruik van de Waddenzee. De ondersoort *islandica* broedt op de toendra van Groenland en Canada en overwintert in de Waddenzee (Bauer, Ens & Klaassen 2010). De ondersoort *canutus* broedt op de Siberische toendra, trekt in de nazomer door in de Nederlandse Waddenzee en overwintert in Afrika (Piersma, Prokosch & Bredin 1992). In het voorjaar wordt de Duitse Waddenzee als tussenstop gebruikt. De totale



Figuur 7.27. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Kanoet in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 7.14. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Kanoet voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de totale populatie van de ondersoorten *islandica* en *canutus* voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Kanoet Label	Vanaf 1994			Vanaf 2008		
	Jaarverand	Symbol	Beoordeling	Jaarverand	Symbol	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.03	+	Matige toename	0.95	-	Matige afname
Rest Nederlandse Waddenzee	0.99	0	Stabiel	1.00	0	Stabiel
Duitse en Deense Waddenzee	0.98	-	Matige afname	0.98	-	Matige afname
Oost-Atlantische vliegrouete (<i>islandica</i>)	1.01*	+	Matige toename	1.00	0	Stabiel
Oost-Atlantische vliegrouete (<i>canutus</i>)	0.99**	-	Matige afname	0.94***	-	Matige afname

* Betreft de periode 1976-2016 (Van Roomen *et al.* 2018)

** Betreft de periode 1979-2017 (Van Roomen *et al.* 2018)

*** Betreft de periode 2006-2017 (Van Roomen *et al.* 2018)

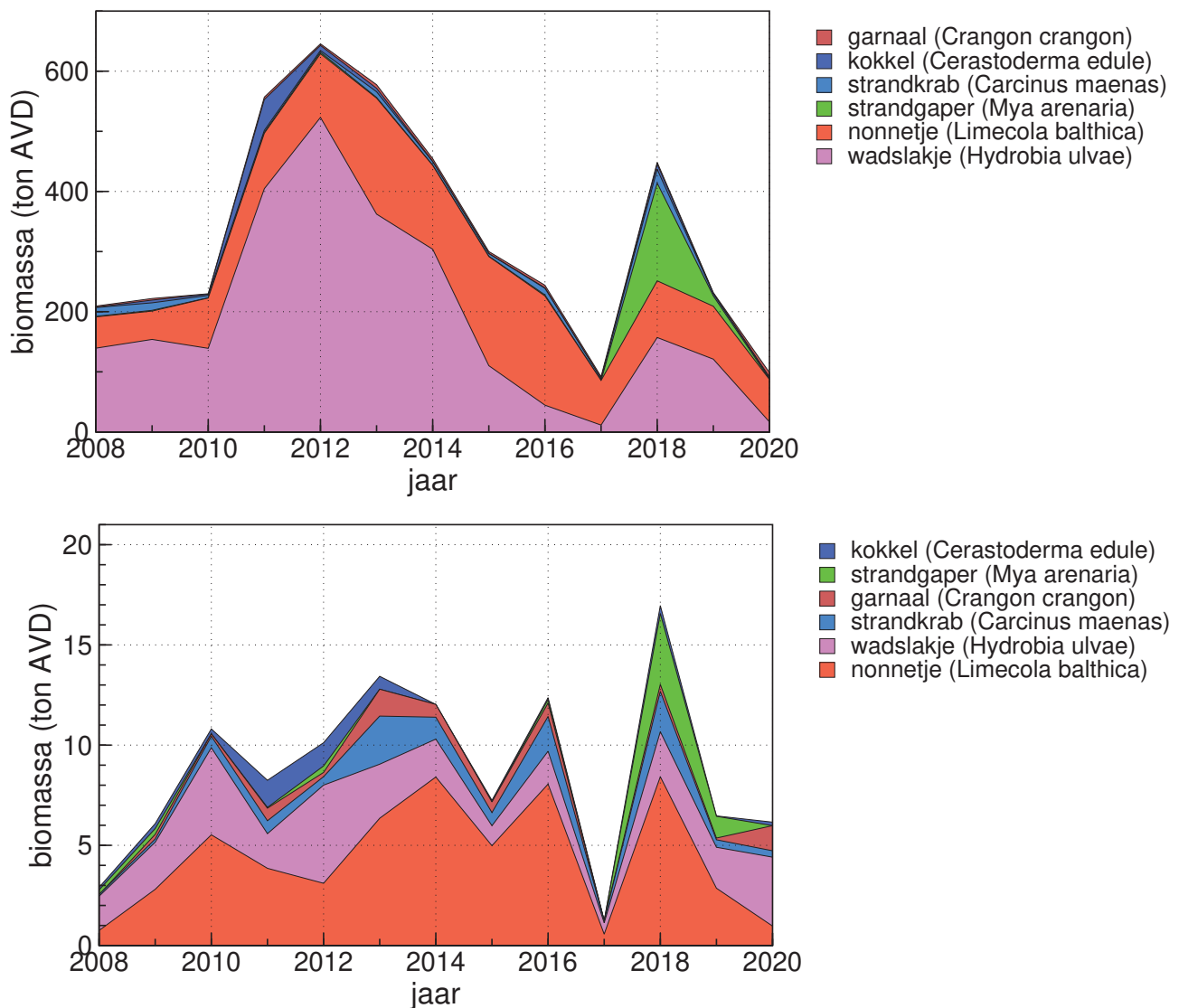
populatie van de ondersoort *islandica* lijkt na een toename stabiel, terwijl de ondersoort *canutus* afneemt (Tabel 7.14).

De afname van de ondersoort *canutus* heeft mogelijk te maken met de door klimaatverandering veroorzaakte mismatch tussen de beschikbaarheid van insecten en de *timing* van de opgroei van de kuikens (van Gils *et al.* 2016). Daardoor groeien de kuikens minder goed en worden ze minder groot en hebben ze ook minder lange snavels, waardoor ze in het overwinteringsgebied in Afrika minder voedsel kunnen vinden.

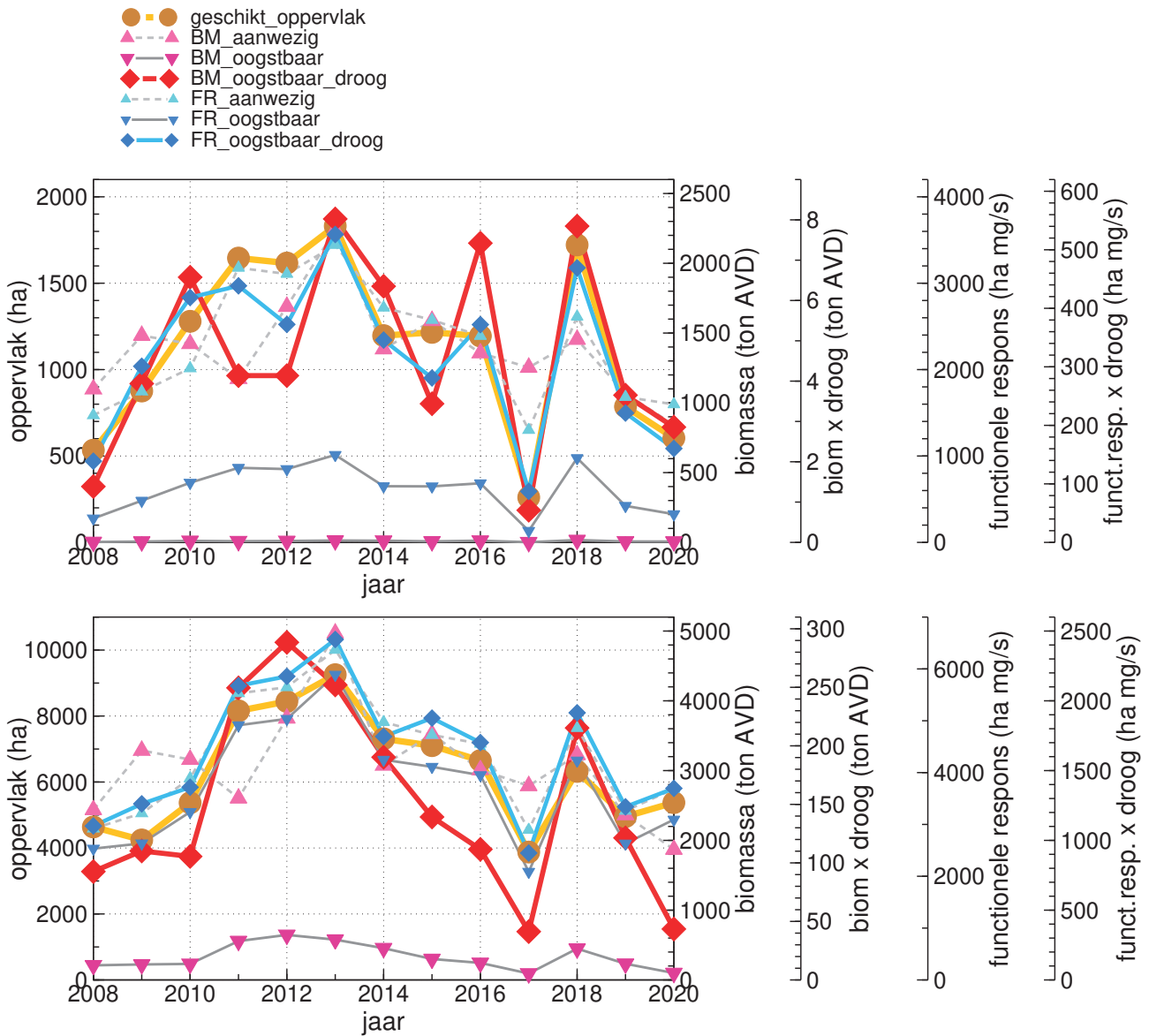
Gemiddeld genomen verblijven er veel meer Kanoeten in het westelijke deel van de Nederlandse Waddenzee dan in het oostelijke deel (Ens *et al.* 2009b). In de periode 1990-2006 namen de aantallen in het westen steeds verder af, terwijl de aantallen in het oosten zo sterk toenamen, dat er

op het laatst zelfs gemiddeld meer Kanoeten in het oosten dan in het westen voorkwamen. Die toename in de oostelijke Waddenzee in die periode is ook goed te zien in het aantalsverloop in Pinkegat-Zoutkamperlaag (Figuur 7.27). Het verschil in aantalsverloop viel samen met het herstel van schelpdieren na de overbevissing rond 1990 (Ens 2006). Kokkel en Mossel namen sneller weer toe in de oostelijke Waddenzee en ook het Nonnetje was veel talrijker in de oostelijke Waddenzee na 1997 (Ens *et al.* 2009b). De schaarste aan Nonnetjes in de westelijke Waddenzee in die periode betekende dat de minder profijtlijke dikschalige Kokkels het hoofdvoedsel vormden (van Gils *et al.* 2006a). De afname in geschikte Kokkels in de periode 1996-2006 in de westelijke Waddenzee ging gepaard met een afname van Kanoeten aldaar, en een toename van de sterfte (Kraan *et al.* 2009).

In 2012-2014 was er sprake van duidelijk her-



Figuur 7.28. Verloop van de voor Kanoeten oogstbare biomassa in Pinkegat-Zoutkamperlaag in de periode 2008-2020 voor nazomer (boven) en winter (onder).



Figuur 7.29. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Kanoet in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2020 in de winter (boven) en de nazomer (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

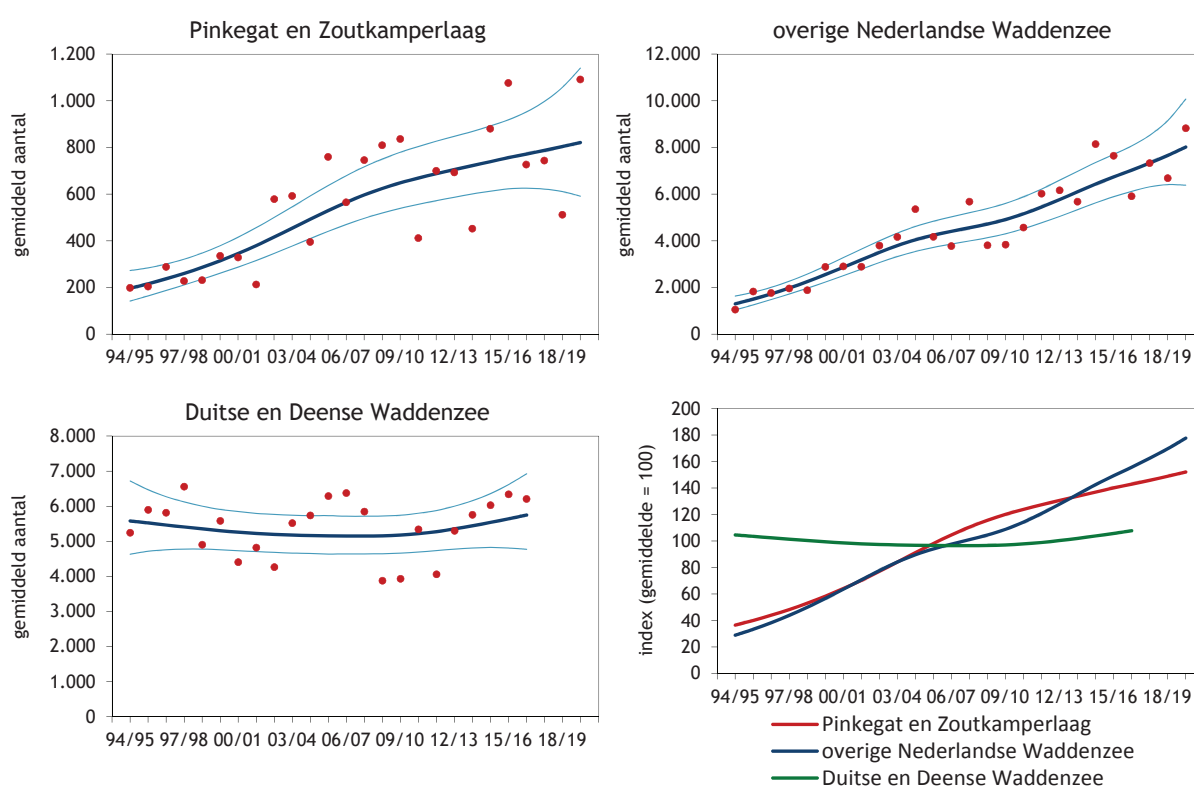
stel van het Nonnetje in de westelijke Waddenzee (Compton *et al.* 2016) en waarschijnlijk werd het gebied daarmee weer aantrekkelijker voor de Kanoet. De berekeningen met wadmap suggereren dat het Nonnetje een belangrijke voedselbron is in Pinkegat-Zoutkamperlaag, vooral in de winter (Figuur 7.28).

Voor de Kanoet kon geen van de proxies gevalideerd worden, noch in de zomer, noch in de winter (Ens *et al.* 2019a). De onderlinge correlatie tussen de proxies is echter redelijk hoog (gemiddeld 0,76 voor de zomer en 0,68 voor de winter). Geen van de proxies laat een significante verandering zien (Figuur 7.29; appendix).

Conclusie na doorlopen van het beslisschema: noch in de nazomer, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 7.15).

Tabel 7.15. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Kanoet voor januari en augustus.

		jan.	aug.
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y→2	Y→2
2	Ontwikkelen vogelaantallen in bodemdalingsgebied zich negatiever / minder positief dan elders?	Y→3	Y→3
3	Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	N→5	N→5
4	Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	N→8	N→8
5	Vertonen alle proxies dezelfde trend?	Y→4	Y→4
8	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y



Figuur 7.30. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Drieteenstrandloper in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 7.16. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Drieteenstrandloper voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de populatie langs de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Drieteenstrandloper Label	Vanaf 1994			Vanaf 2008		
	jaarverand	Symbool	Beoordeling	jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.06	+	Matige toename	1.03	?	Onzeker
Overige Nederlandse Waddenzee	1.08	++	Sterke toename	1.05	+	Matige toename
Duitse en Deense Waddenzee	1.00	0	Stabiel	1.01	0	Stabiel
Oost-Atlantische vliegroute (NW Eur)	1.02*	+	Matige toename	1.03	+	Matige toename

* Betreft de periode 1979-2016 (Van Roomen *et al.* 2018)

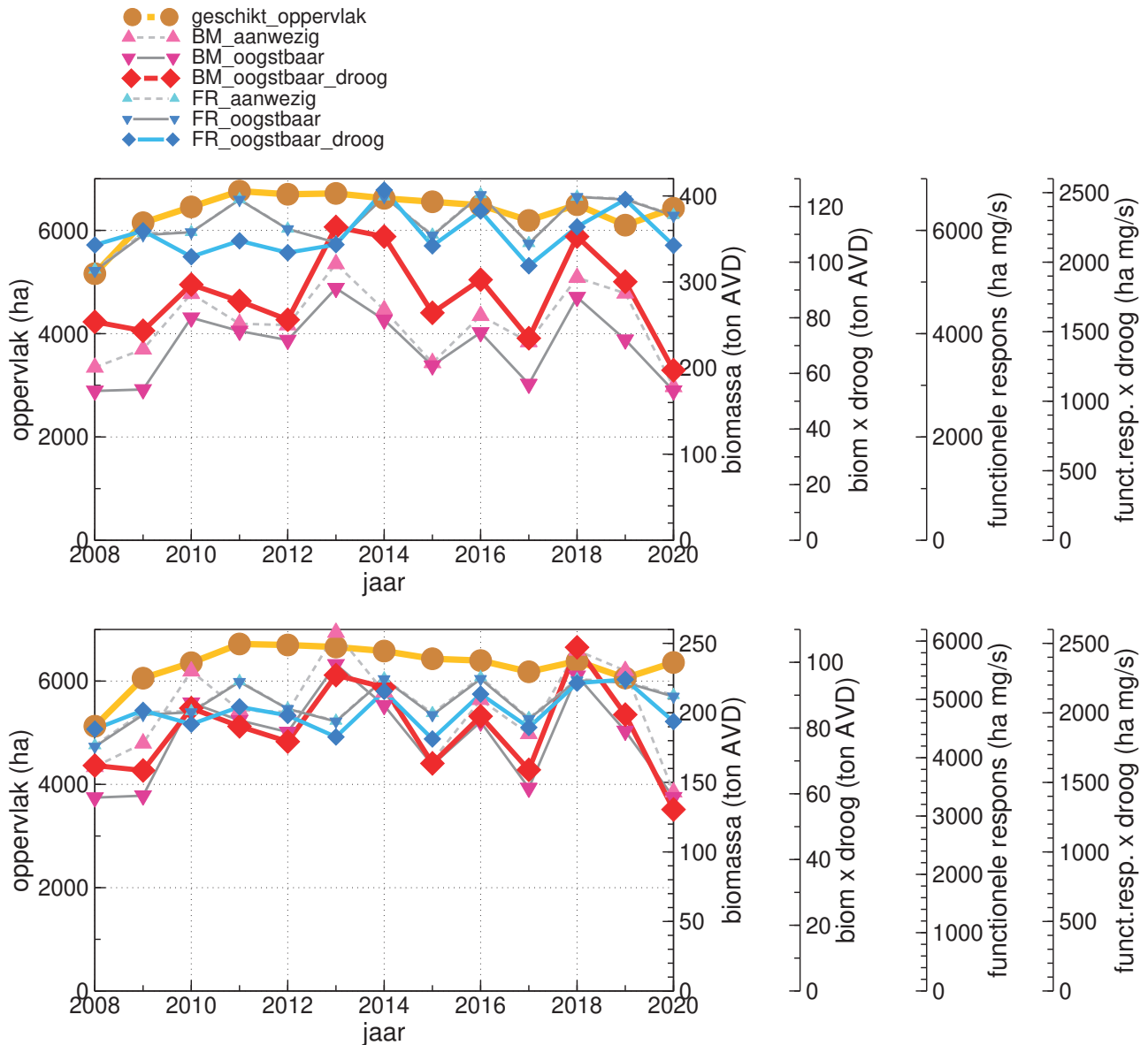
7.3.8. Drieteenstrandloper

Vanaf 1994 is er sprake van een duidelijke toename van de aantallen Drieteenstrandlopers in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag (Figuur 7.30). Vanaf 2008 is er meer variatie, waardoor de trend als onzeker wordt geclassificeerd (Tabel 7.16). Ook in de Nederlandse Waddenzee als geheel nemen de aantallen al jaren spectaculair toe, in tegenstelling tot de Duitse en Deense Waddenzee, waar de aantallen fluctueren en de trend als stabiel wordt beoordeeld (Blew *et al.* 2016). De toename in de Nederlandse Waddenzee komt overeen met de spectaculaire toename van de totale populatie langs de Oost-Atlantische trekweg van jaarlijks 2% sinds 1979 (Van Roomen *et al.* 2018).

Er bestaan alleen vermoedens over de oorza-

ken van de opvallende toename in de populatie Drieteenstrandlopers, zoals het idee dat door opwarming van de aarde, die vooral sterk is in het arctische gebied, de Drieteenstrandlopers vaker *double-brooding* kunnen toepassen, waarbij zowel mannetje als vrouwtje een nest uitbroeden – Reneerkens & Tomkovich in van Turnhout & van Roomen (2008). Wat ontbreekt zijn goede bewijzen. In Nederland gaat de toename van de populatie gepaard met een verandering in habitatkeus. Was de Drieteenstrandloper vroeger vooral een vogel van het Noordzee strand, tegenwoordig wordt de vogel meer en meer op het (zandige) wad in de Waddenzee gezien (van Turnhout & van Roomen 2008).

Voor de Drieteenstrandloper werd geen gevalideerde proxy voor draagkracht gevonden, noch in het voor-



Figuur 7.31. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Drieteenstrandloper in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2020 in de nazomer (boven) en het voorjaar (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

jaar, noch in de zomer (Ens *et al.* 2019a). Er is wel een zeer hoge onderlinge correlatie tussen de proxies (gemiddeld 0,90 in de zomer en 0,92 in het voorjaar). Met uitzondering van de BMOogstDR proxy neigen de proxies naar een positieve trend, maar die trend is in geen van de gevallen significant (Figuur 7.31).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de nazomer, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 7.17).

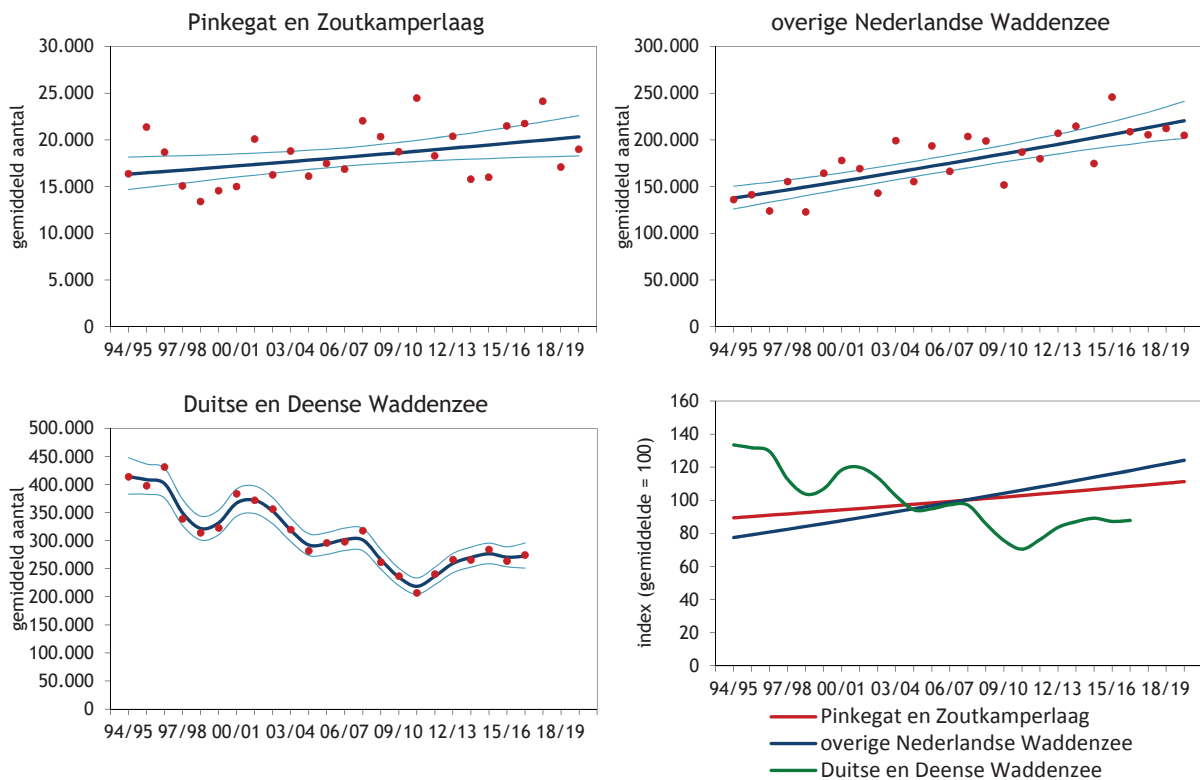
Tabel 7.17. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Drieteenstrandloper in mei en augustus.

		mei	aug.
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	N→3	N→3
3	Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	N→5	N→5
4	Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	N→8	N→8
5	Vertonen alle proxies dezelfde trend?	Y→4	Y→4
8	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

7.3.9. Bonte Strandloper

In de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag is sprake van een matige toename in aantallen, zowel op de korte als de lange termijn (Figuur 7.32). Dit aantalsverloop komt overeen met dat voor de rest van de Nederlandse Waddenzee (Figuur 7.32) en dus ook voor de Nederlandse Waddenzee als geheel (Van der Jeugd *et al.* 2014). In de Duitse en Deense

Waddenzee nemen de aantallen al jaren af (Blew *et al.* 2016), maar zijn sinds 2008 stabiel (Tabel 7.18). Het overgrote deel van de ‘bontjes’ in de Waddenzee behoort tot de in Scandinavië en Noord-Rusland broedende en in Europa overwinterende ondersoort *alpina*, waarvan de populatie na een eerdere afname recent als stabiel wordt gekenschetst (Tabel 7.18). De aantallen van de op IJsland en in NW-Europa broe-

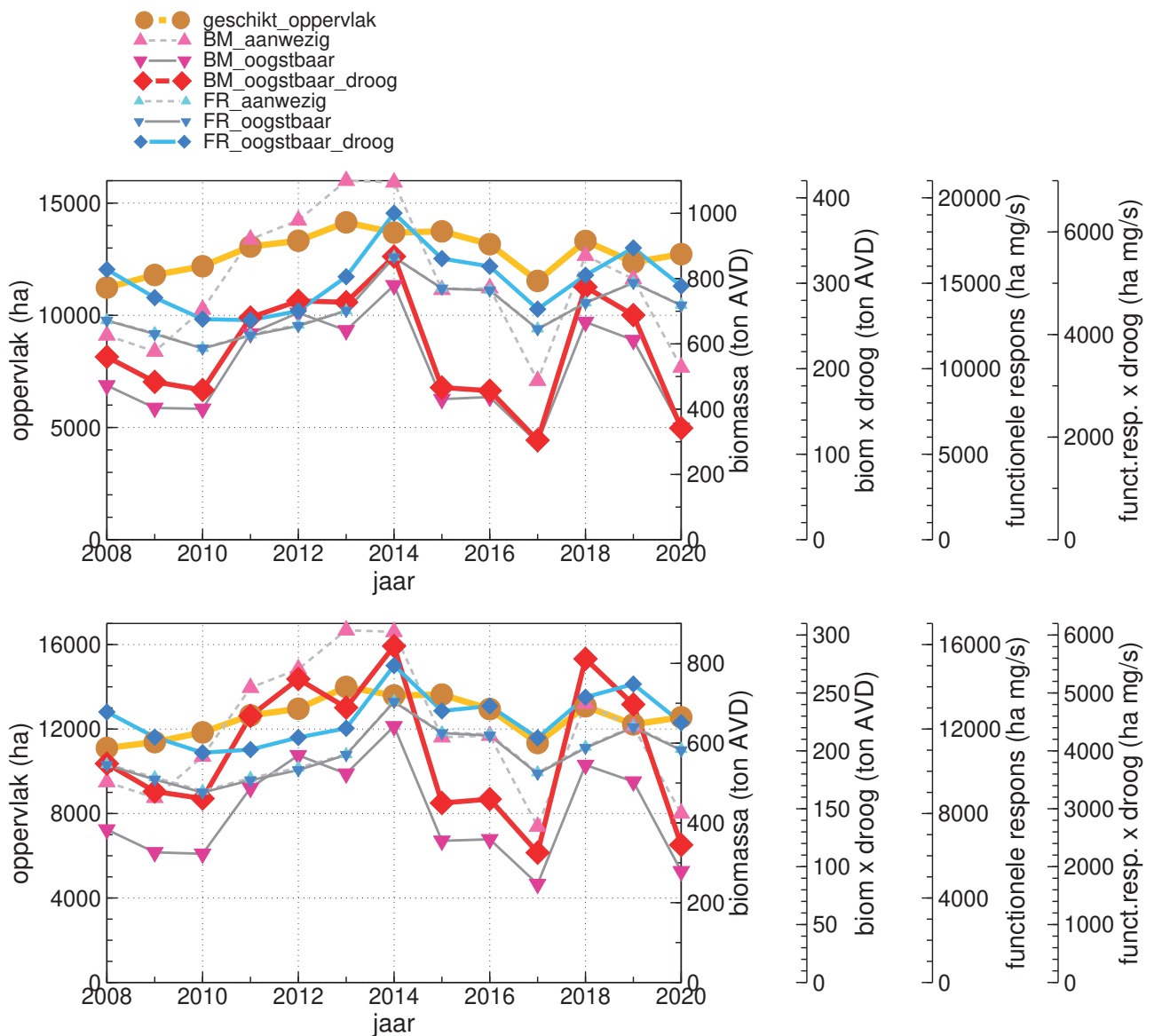


Figuur 7.32. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Bonte Strandloper in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 7.18. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Bonte Strandloper voor Pinkegat/ Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de populatiegrootte van de ondersoort alpina langs de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Bonte Strandloper Label	Vanaf 1994			Vanaf 2008		
	jaarverand	Symbool	Beoordeling	jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.01	+	Matige toename	1.01	+	Matige toename
Overige Nederlandse Waddenzee	1.02	+	Matige toename	1.02	+	Matige toename
Duitse en Deense Waddenzee	0.98	-	Matige afname	1.00	0	Stabiel
Oost-Atlantische vliegroute, <i>ssp. alpina</i>	0.99*	-	Matige afname	0.99	0	Stabiel

* Betreft de periode 1976-2016 (Van Roomen et al. 2018)



Figuur 7.33. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Bonte Strandloper in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2020 in de nazomer (boven) en het voorjaar (onder). De berekende trendwaarden voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Tabel 7.19. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Bonte Strandloper in mei en september.

		mei	sept.
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y→2	Y→2
2	Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders?	Y→3	Y→3
3	Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	N→5	Y→4
4	Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	N→8	N→8
5	Vertonen alle proxies dezelfde trend?	Y→4	Y→4
8	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

dende en in Afrika overwinterende ondersoort *schinzii* nemen af (Van Roomen *et al.* 2018), maar zijn in de Waddenzee vrij onbeduidend.

De toename van Bontjes in pinkegat/Zoutkamperlaag zou wellicht kunnen worden verklaard door een toename in de lokale voedselbeschikbaarheid. De trends van alle berekende proxies zijn positief, ook al is de stijging (+1.9 %/jr) alleen significant voor FRAanwezig en FROogstbaar (in zowel mei als september). Over de hele periode vanaf 2008 leidt dat tot een toename van 23%, terwijl de stijging in de seizoensgemiddelde aantallen 11% bedroeg.

Een andere mogelijke verklaring voor de toename van Bonte Strandlopers in de Nederlandse Waddenzee is een minder frequent optreden van winterse vorstperioden als gevolg van klimaat-verandering, waardoor een groter deel van de populatie hier is gaan overwinteren in plaats van verder te trekken naar het zuiden en/of westen. Maclean *et al.* (2008) vonden bij deze soort een noordoostwaartse verschuiving van 75 km in het zwaartepunt van de winterverspreiding in West-Europa over 30 jaar, een in vergelijking met enkele andere steltlopersoorten gematigde respons. In de eveneens opwarmende

Duitse en Deense Waddenzee is de trend echter afnemend, in tegenspraak met zo'n klimateffect.

Voor de nazomer hebben we gevalideerde proxies voor draagkracht: oppervlakte (Opp) scoort het best, maar ook Fraanw en FROogst scoren hoog (Ens *et al.* 2019a). Ook in het voorjaar is model 1 significant voor deze proxies, maar de verklaarde variantie bereikt niet het criterium van 25%. In beide seizoenen zijn de verschillende proxies sterk gecorreleerd. Zoals hierboven vermeld vertonen twee van de gevalideerde proxies (FRAanw en FROogst) in zowel voor- als najaar een significante toename van 1,6% per jaar in Pinkegat/Zoutkamperlaag (Figuur 7.33).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in het najaar, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 7.19). Zowel de aantallen als de gevalideerde proxies ontwikkelen zich positief.

7.3.10. Rosse Grutto

De aantallen Rosse Grutto's in het bodemdalingsgebied Pinkegat/Zoutkamperlaag laten een duidelijke afname zien vanaf 1994 (Figuur 7.34), maar op de korte termijn is de trend stabiel (Tabel 7.20). In de

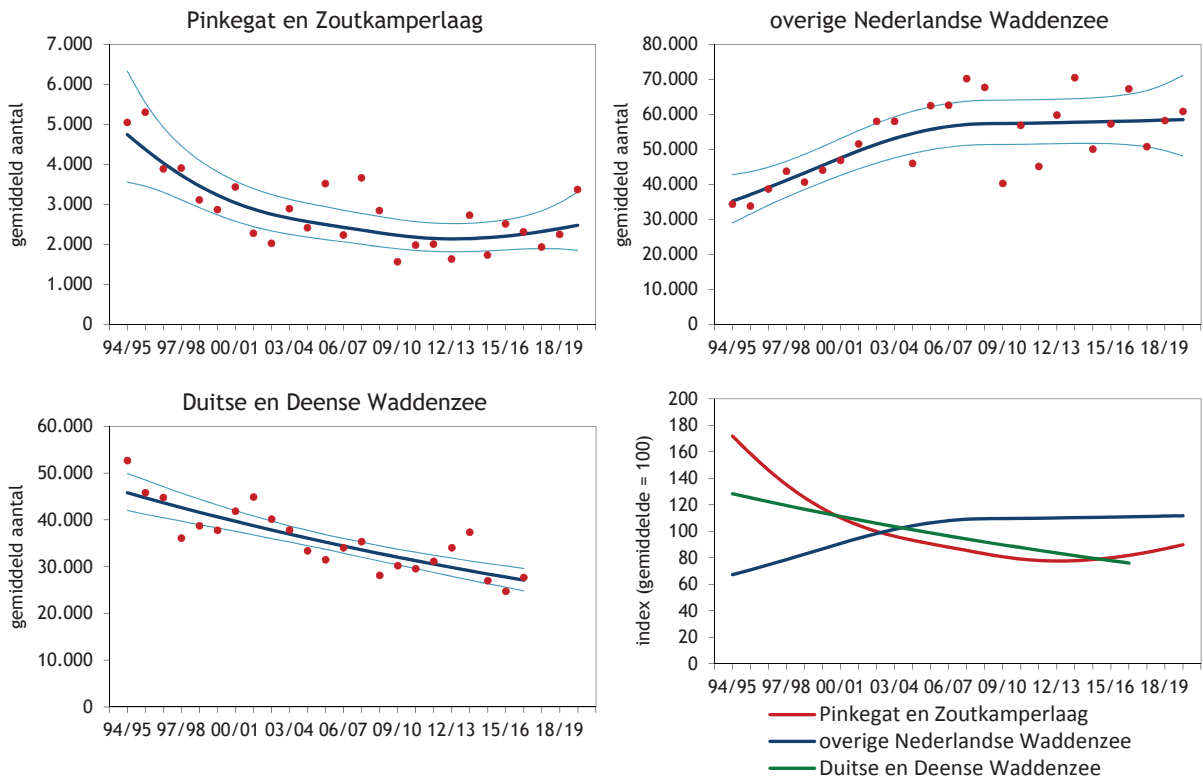
Tabel 7.20. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Rosse Grutto voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, Duitse en Deense Waddenzee en de populatie-aantallen langs Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Rosse Grutto Label	Vanaf 1994			Vanaf 2008		
	jaarverand	Symbool	Beoordeling	jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	0.97	-	Matige afname	1.01	0	Stabiel
Rest Nederlandse Waddenzee	1.02	+	Matige toename	1.00	0	Stabiel
Duitse en Deense Waddenzee	0.98	-	Matige afname	0.98	-	Matige afname
Oost-Atlantische vliegr., <i>lapponica</i>	1.01*	+	Matige toename	1.02	+	Matige toename
Oost-Atlantische vliegr., <i>taimyrensis</i>	0.98**	-	Matige afname	0.97***	-	Matige afname

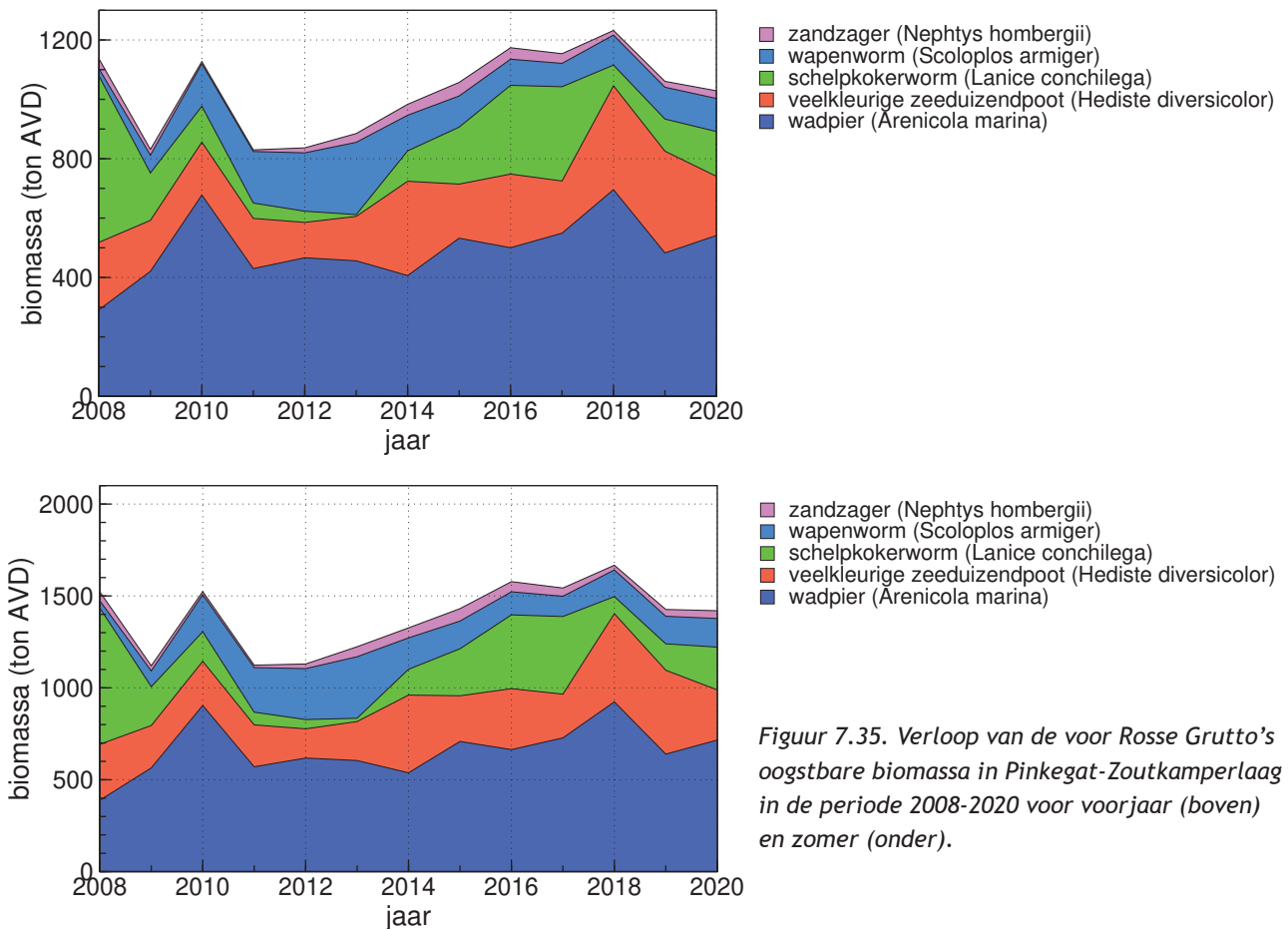
* Betreft 1976-2016 (Van Roomen *et al.* 2018)

** Betreft 1979-2017 (Van Roomen *et al.* 2018)

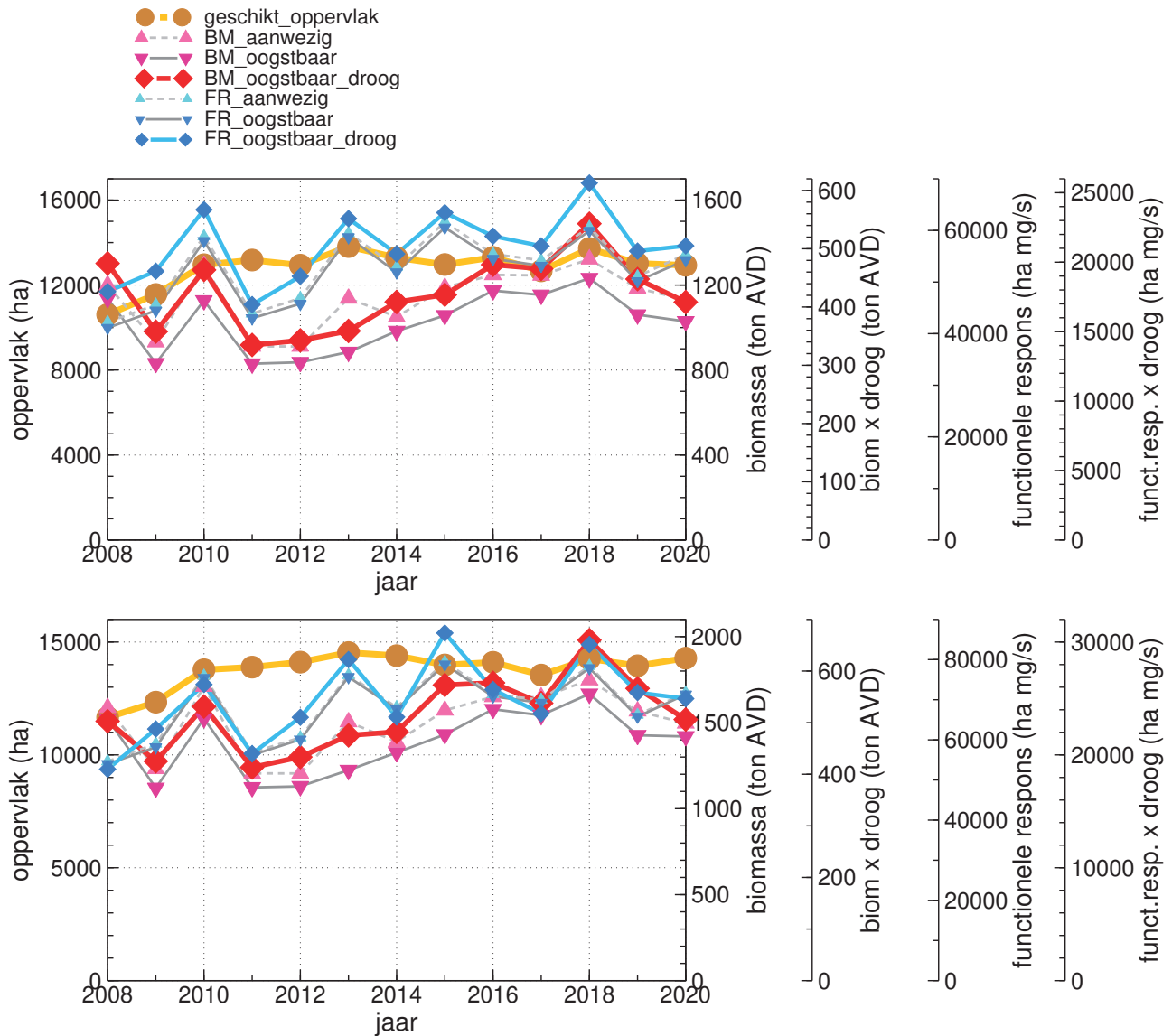
*** Betreft 2001-2017 (Van Roomen *et al.* 2018)



Figuur 7.34. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Rosse Grutto in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.



Figuur 7.35. Verloop van de voor Rosse Grutto's oogstbare biomassa in Pinkegat-Zoutkamperlaag in de periode 2008-2020 voor voorjaar (boven) en zomer (onder).



Figuur 7.36. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Rosse Grutto in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2020 in het voorjaar (boven) en de zomer (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

rest van de Nederlandse Waddenzee deze recent ook stabiel, maar na een eerdere toename. In de Duitse en Deense Waddenzee nemen de Rosse Grutto's al langere tijd af (Blew *et al.* 2016). Hoe deze 'regionale' trends (gebaseerd op seizoensgemiddelden) zich verhouden tot de ontwikkeling van de flywaypopulatie als geheel is moeilijk te beoordelen doordat in de Nederlandse Waddenzee een mix van twee populaties aanwezig is. In Nederland overwinterende Rosse Grutto's die behoren tot de westelijke ondersoort *lapponica*, waarvan de populatie in omvang toeneemt (Van Roomen *et al.* 2018). In nazomer en voorjaar doen ook belangrijke aantallen van de in Siberië broedende en in Afrika overwinterende ondersoort *taimyrensis* de Waddenzee aan. Deze (grotere) populatie neemt al langere tijd af (Van Roomen *et al.* 2018). In de rekenmaand mei vormen doortrekkende *taimyrensis* vermoedelijk de meerderheid van de aanwezige vogels; in augustus is

de verdeling wellicht meer gelijk (Duijns *et al.* 2012). Op basis van de berekende voedselbeschikbaarheid zou voor Pinkegat/Zoutkamperlaag eerder een toenemend dan een stabiel aantal Rosse Grutto's verwacht kunnen worden. De trendrichting over de onderzoeksjaren is voor alle proxies toenemend (met 1,0%-2,0% per jaar, zie hierna). De ontwikkeling van het prooiaanbod lijkt vooral gestuurd te worden door een toename van de Wadpieren *Arenicola marina* en de Zeeduizendpoot *Hediste diversicolor*. Dit zijn belangrijke prooi-soorten voor Rosse Grutto's (Figuur 7.35); Zeeduizendpoten vooral in de winter en Wadpieren in voor- en najaar wanneer zij door hun gedrag meer beschikbaar zijn aan het oppervlak (Duijns, Hidayati & Piersma 2013; Duijns 2014); zie ook Figuur 7.1 in Ens *et al.* (2019a). Rakhimberdiev *et al.* (2018) lieten zien dat de jaarlijkse overlevingskans van *taimyrensis* Rosse Grutto's gecorreleerd is

Tabel 7.21. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Rosse Grutto in mei en augustus.

	mei	aug.
1 Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y→3	Y→3
2 Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders?	N→8	N→8
8 Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

met hun opvetsnelheid tijdens de voorjaarsstopover in de Waddenzee, die op zijn beurt weer samenhangt met het aanbod van Wadpieren. De toename van Wadpieren in de Nederlandse Waddenzee biedt daarmee enige mitigatie tegen het vermoedelijk negatieve effect van klimaatverandering in de arctische broedgebieden, die de vogels noopt steeds vroeger in het jaar te arriveren om gebruik te kunnen maken van de seizoenspiek in de beschikbaarheid van insecten als voedsel voor hun kuikens. Gezien de sterk afnemende trend van de *taimyrensis*-populatie (en van diverse andere steltlopersoorten die broeden in de Siberische Arctis) lijkt dit mitigatie-effect echter niet voldoende te zijn.

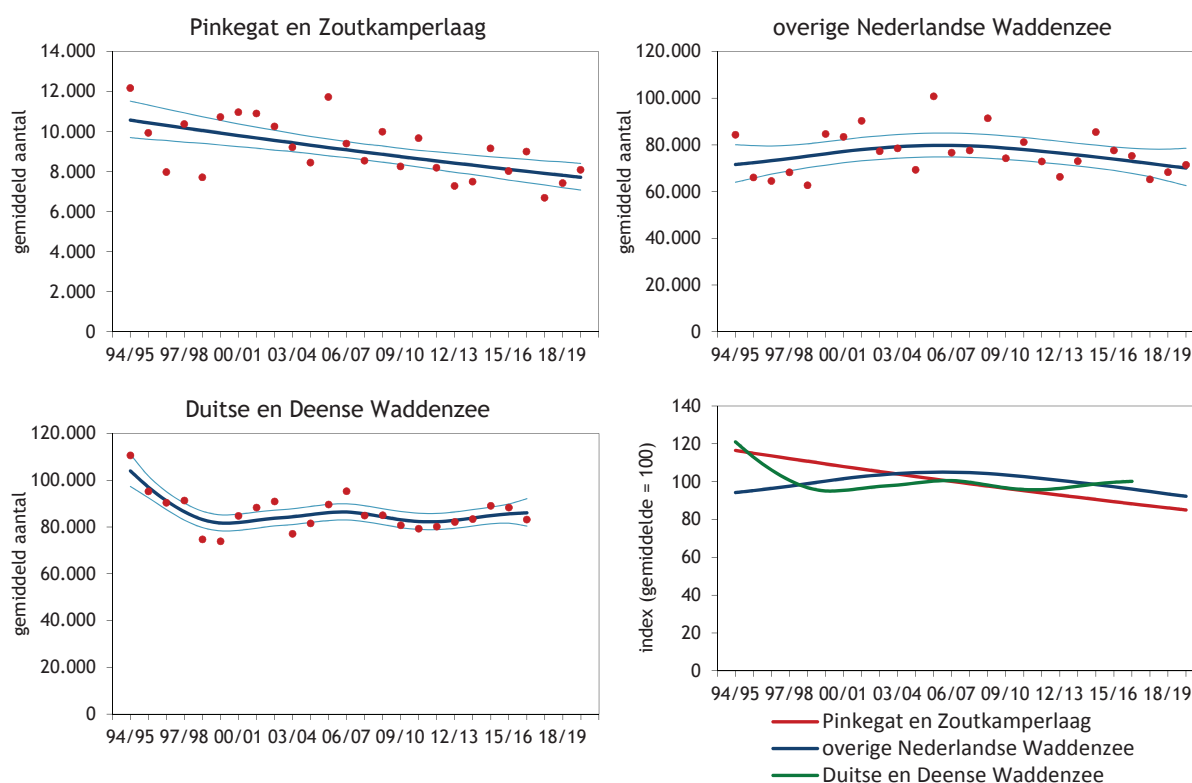
In de zomer (augustus) kunnen bijna alle proxies als gevalideerd worden aangemerkt, met uitzondering van FRoogstDr. De proxies Opp en BMAanw scoren

het hoogst met respectievelijk 42% en 41% verklaarde variantie. In mei doen deze proxies het ook relatief goed, maar bereiken niet het criterium van 25% verklaarde variantie (Ens *et al.* 2019a). In beide seizoenen is er sprake van een sterke onderlinge correlatie tussen de proxies, en de trendrichting is voor alle proxies positief, variërend van 1,0% tot 2,1% per jaar (Figuur 7.36), met vier significante toenames in augustus (Opp, BMoogstDr, FRaanw, en FRoogst) en drie in mei (Opp, Fraanw, FRoogst)(appendix).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de zomer, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 7.21).

7.3.11. Wulp

In de kombergingen van Pinkegat/Zoutkamperlaag nemen de aantallen Wulpen al jaren af, terwijl in de

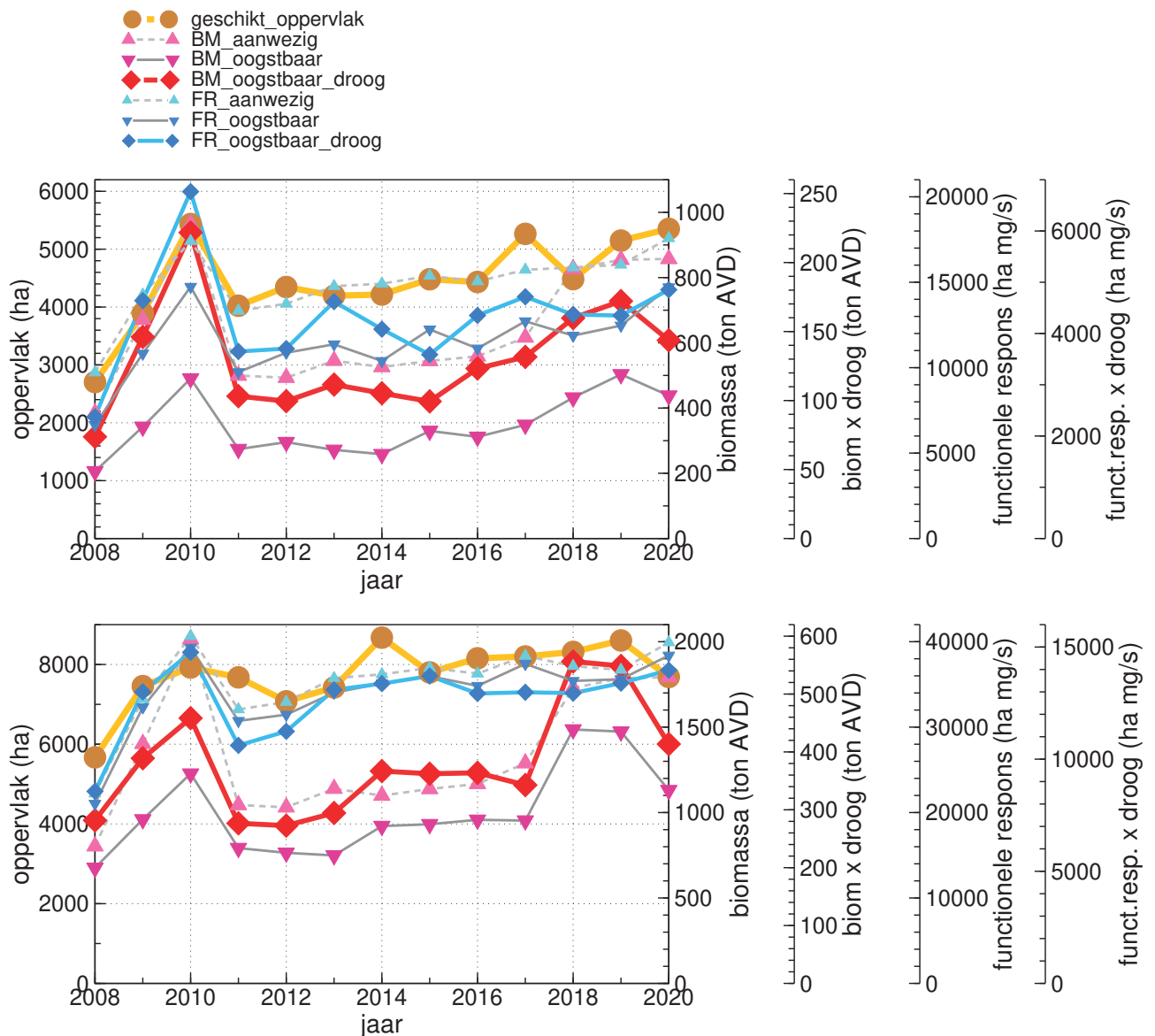


Figuur 7.37. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Wulp in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 7.22. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Wulp voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Wulp Label	Vanaf 1994			Vanaf 2008		
	jaarverand	Symbool	Beoordeling	jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	0.99	-	Matige afname	0.98	-	Matige afname
Overige Nederlandse Waddenzee	1.00	0	Stabiel	0.99	0	Stabiel
Duitse en Deense Waddenzee	0.99	-	Matige afname	1.00	0	Stabiel
Oost-Atlantische vliegroute (NW Eur)	0.99*	-	Matige afname	0.98	-	Matige afname

* Betreft de periode 1980-2012 (Van Roomen et al. 2018)
 ** Betreft de periode 2002-2012 (Van Roomen et al. 2018)



Figuur 7.38. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Wulp in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2020 in de winter (boven) en de nazomer (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Tabel 7.23. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Wulp in januari en september.

		jan.	sept.
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y→2	Y→2
2	Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders?	Y→3	Y→3
3	Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	N→5	Y→4
4	Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	N→8	N→8
5	Vertonen alle proxies dezelfde trend?	Y→4	Y→4
8	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

rest van de Nederlandse Waddenzee de aantallen stabiel zijn (Figuur 7.37, Tabel 7.22). In de internationale Waddenzee lijken de aantallen stabiel (na een initiële afname), maar er zijn opvallende verschillen tussen landen (Blew *et al.* 2016). Er is al jaren sprake van een afname in de West-Europese populatie (Van Roomen *et al.* 2018); zie ook Tabel 7.22.

Als gevolg van klimaatverandering is de verspreiding van wadvogels in Europa buiten het broedseizoen in noordoostelijke richting verschoven en de Wulp is met een afstand van 119 km in de periode 1981-2000 daar het meest extreme voorbeeld van (Maclean *et al.* 2008). Mogelijk dat de afname in de Waddenzee als geheel daardoor minder sterk is dan de afname van de totale populatie. Echter, de afname in Pinkegat-Zoutkamperlaag lijkt wel gelijk aan de afname van de totale populatie.

Er zijn geen aanwijzingen dat het voedselaanbod verslechtert in Pinkegat-Zoutkamperlaag (Figuur 7.38). Integendeel zelfs (zie later). Wel moet worden aangetekend dat naast het wad met laagwater, de weilanden ook een belangrijk voedselgebied vormen (Ens & Zwarts 1980; Navedo *et al.* 2019). Probleem is dat het voedselaanbod in de weilanden geen onderdeel vormt van de monitoring, zodat hier geen conclusies over kunnen worden getrokken. Er is ook geen systematische monitoring van lokale veranderingen in het verstoringslandschap. De Wulp is veruit de schuwste wadvogel met de grootste opvliegafstand voor mensen (Spaans, Bruinzeel & Smit 1996; Krijgsveld, Smits & van der Winden 2008; Collop *et al.* 2016), zodat lokale veranderingen in het verstoringslandschap grote gevolgen kunnen hebben. Zo is in de periode 2015-2017 de dijk op Ameland versterkt en de werkzaamheden bleken veel grotere gevolgen te hebben voor de overtuigende vogels dan eerder voorspeld (Kersten, Brenninkmeijer & de Jong 2014). De Wulpen reageerde het sterkst op de werkzaamheden. Naar schatting ontbraken er in 2016 3.900 Wulpen, een afname van 74% ten opzichte van de nulmonitoring van 2014 (Kersten *et al.* 2016).

In de nazomer voldoen alle proxies aan het validatie criterium van 25% verklaarde variantie voor model 1 (Ens *et al.* 2019a). Vooral Opp, BMoogst, FRAanw en FRoogst scoren hoog (34,8% - 38,3% verklaarde variantie). Voor januari is het beeld hetzelfde, maar geen van de proxies bereikt het criterium van 25% verklaarde variantie voor model 1, al is het model wel significant voor deze proxies. De onderlinge correlaties tussen de proxies is hoog. In beide seizoenen 0,93.

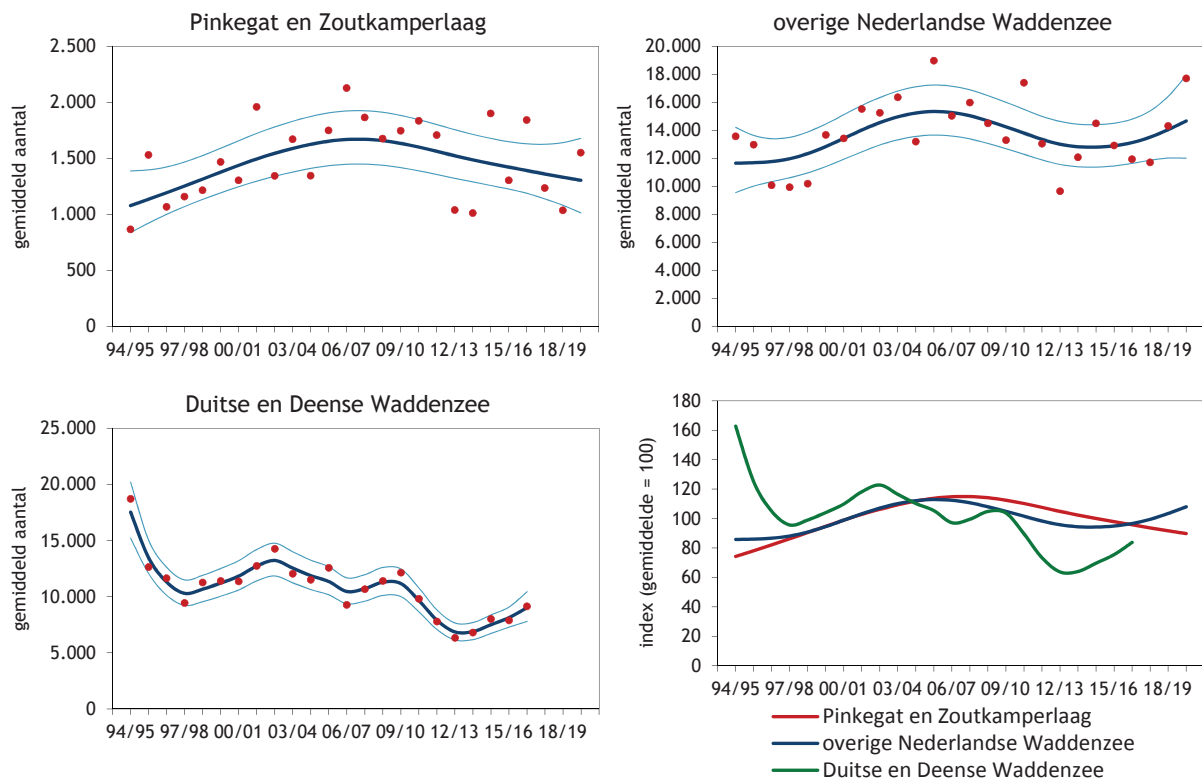
Alle proxies laten een toename zien, variërend tussen 1,7% en 4,0% per jaar (appendix). De positieve trend is significant voor Opp, BMoogst, BMoogstDR, FRAanw en FRoogst in de nazomer (september), en voor Opp, BMoogst, FRAanw en FRoogst in de winter (Figuur 7.38).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de nazomer, noch in de winter zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 7.23).

7.3.12. Tureluur

In de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag nemen de aantallen toe in de periode 1994-2006 en daarna lijkt er sprake van afname, al luidt de formele trendclassificatie “stabiel” (Figuur 7.39; Tabel 7.24). Dit beeld komt overeen met het aantalsverloop in de rest van de Nederlandse Waddenzee vanaf 1987, maar verschilt van de trend in de internationale Waddenzee vanaf 1994, die negatief is (Blew *et al.* 2016).

Tureluurs uit drie verschillende flyway-populaties doen in de loop van het jaar de Nederlandse Waddenzee aan. In het winterhalfjaar behoort het merendeel van de aanwezige vogels tot de IJslandse ondersoort *robusta*, waarvan de lange termijn trend stabiel is maar de recente trend onzeker. In de doortrekperioden, vooral in de nazomer, zijn ook Europese Tureluurs (ondersoort *totanus*) talrijk op het wad, vermoedelijk vooral vogels uit Noord-



Figuur 7.39. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Tureluur in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 7.24. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Tureluur voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Tureluur Label	Vanaf 1994			Vanaf 2008		
	Jaarverand	Symbool	Beoordeling	Jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.01	0	Stabiel	0.98	0	Stabiel
Rest Nederlandse Waddenzee	1.01	0	Stabiel	0.98	0	Stabiel
Duitse en Deense Waddenzee	0.97	-	Matige afname	0.97	-	Matige afname
Oost-Atlantische vliegr, <i>totanus</i> N-Eur	1.00*	0	Stabiel	0.97***	-	Matige afname
Oost-Atlantische vliegr, <i>totanus</i> W-Eur	1.00**	0	Stabiel	0.99	0	Stabiel
Oost-Atlantische vliegr, <i>robusta</i> IJsland	0.99**	0	Stabiel	0.98	?	Onzeker

* Betreft de periode 1979-2017 (Van Roomen *et al.* 2018)
 ** Betreft de periode 1976-2016 (Van Roomen *et al.* 2018)
 *** Betreft de periode 2006-2017 (Van Roomen *et al.* 2018)

Tabel 7.25. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Tureluur in januari en juli.

		Sept.	Nov.
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y→2	Y→2
2	Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders?	Y→3	Y→3
3	Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	N→5	N→5
4	Vertoont de proxies voor draagkracht een negatieve trend?	N→8	N→8
5	Vertonen alle proxies dezelfde trend?	Y→4	Y→4
8	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

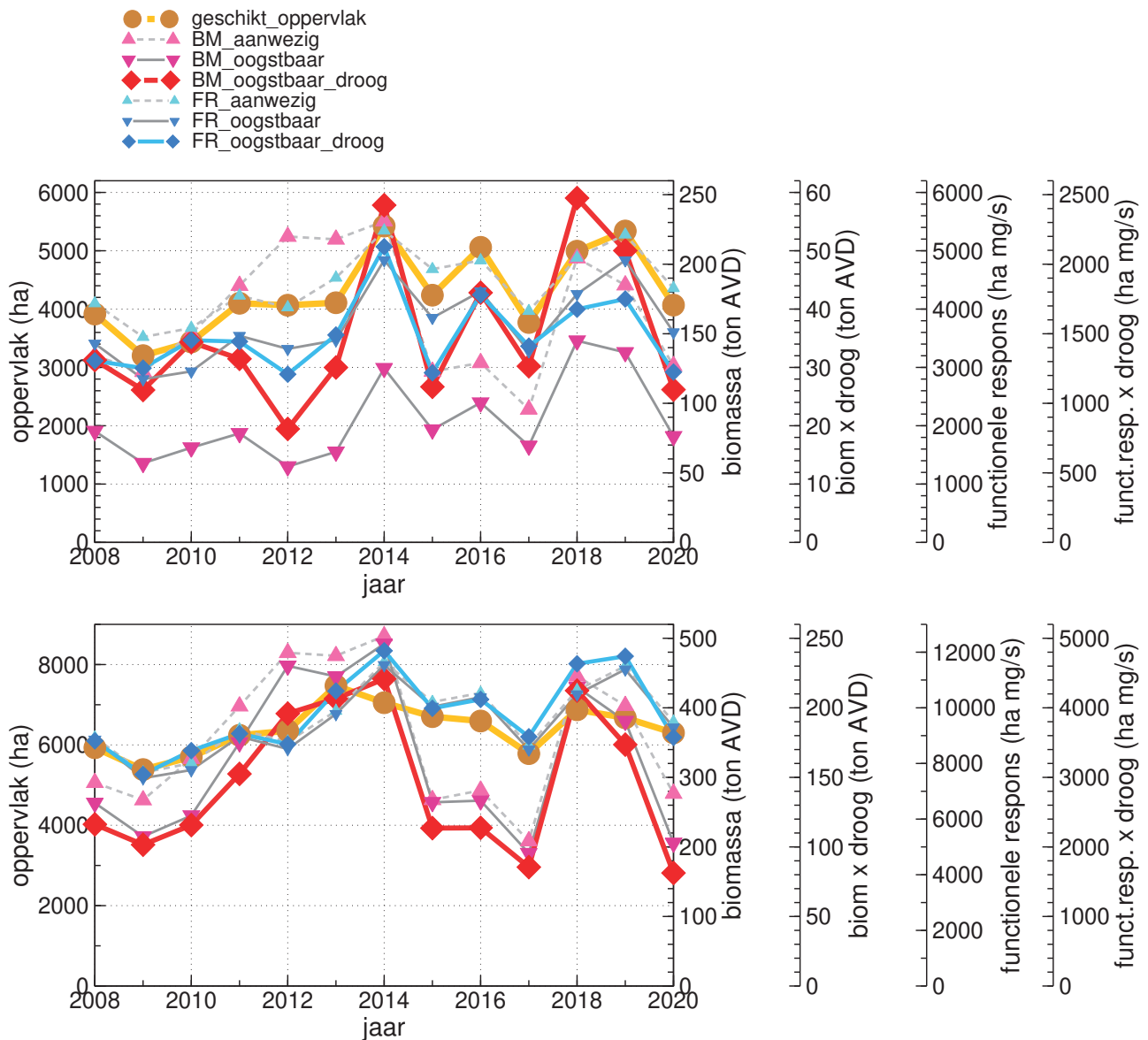
Europa. De W-Europese en vooral in ZW-Europa overwinterende populatie is stabiel; de vooral naar NW-Afrika trekkende Noord-Europese populatie neemt recent af (Van Roomen *et al.* 2018). Al met al ontwikkelen de aantallen Tureluurs in Pinkegat/Zoutkamperlaag zich dus niet ongunstiger dan op grootschaliger (populatie)-niveaus (Tabel 7.24).

Er lijkt enige discrepantie te zitten tussen de trends over de onderzoeksperiode in de aantallen Tureluurs in Pinkegat/Zoutkamperlaag (trend stabiel, maar ogenschijnlijk afnemend) en in de berekende proxies voor voedselbeschikbaarheid (Figuur 7.40). Voor de meeste proxies is de trendrichting toenemend (0,0 tot +4,5 % per jaar), zij het slechts in de helft van de gevallen significant (winter: Opp, FRAanw en FRoogst; zomer: FRAanw, FRoogst en FRoogstDr).

Dit verschil kan erop duiden dat andere factoren dan voedsel in het geding zijn, maar welke is niet geheel duidelijk. De afname van de Noord-Europese *totanus*-populatie als geheel zou hierin een rol kunnen spelen.

Voor de Tureluur is het niet gelukt een gevalideerde proxy voor draagkracht te ontwikkelen, noch in de winter, noch in de zomer (Ens *et al.* 2019a). De proxies zijn echter sterk onderling gecorreleerd, met een positieve trendrichting, zij het niet alle significant (zie hierboven).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de zomer, noch in de winter zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 7.25).

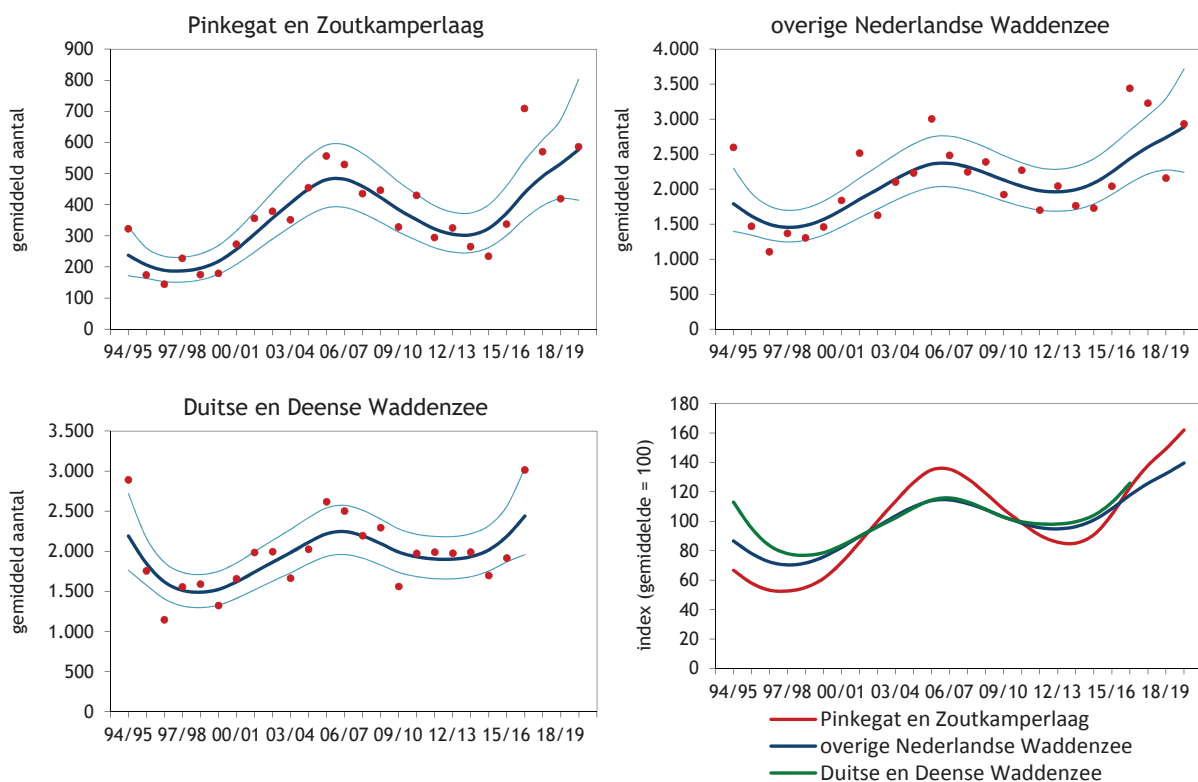


Figuur 7.40. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Tureluur in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2020 in de winter (boven) en de zomer (onder). De berekende trendwaardes voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

7.3.13. Steenloper

De aantallen Steenlopers in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag nemen toe tussen 1997 en 2005, daarna weer af en recent lijkt er weer sprake van een toename (Figuur 7.41), maar deze trend wordt als onzeker beoordeeld (Tabel 7.26). Zowel op de korte als de lange termijn is er sprake van toename van jaarlijks 2% in alle delen van de Nederlandse Waddenzee, maar volgens de formele trendanalyse is de recente trend onzeker (Tabel 7.26). De trend in de internationale Waddenzee lijkt op dit golvende patroon (Blew *et al.* 2016), maar voor de lange termijn wordt de trend in de Duitse en Deense Waddenzee als stabiel beoordeeld en op de korte termijn als onzeker (Tabel 7.26). In het beslisschema leiden deze

resultaten tot de conclusie dat de tellingen een onvoldoende nauwkeurig beeld geven van de aantalsontwikkelingen in het bodemdalinggebied. De Steenlopers in de Waddenzee behoren tot twee populaties. Vogels die in Scandinavië en de Russische toendra broeden gebruiken de Waddenzee als tussenstop tijdens de trek en overwinteren in West-Afrika. Steenlopers die in de Waddenzee overwinteren broeden op de toendra van Canada en Groenland. Op de lange termijn is er sprake van een afname van de palearctische Afrika-gangers, maar een toename van de in Europa overwinterende nearctische broedvogels, maar op de korte termijn worden beide populaties als stabiel beoordeeld (Tabel 7.26).



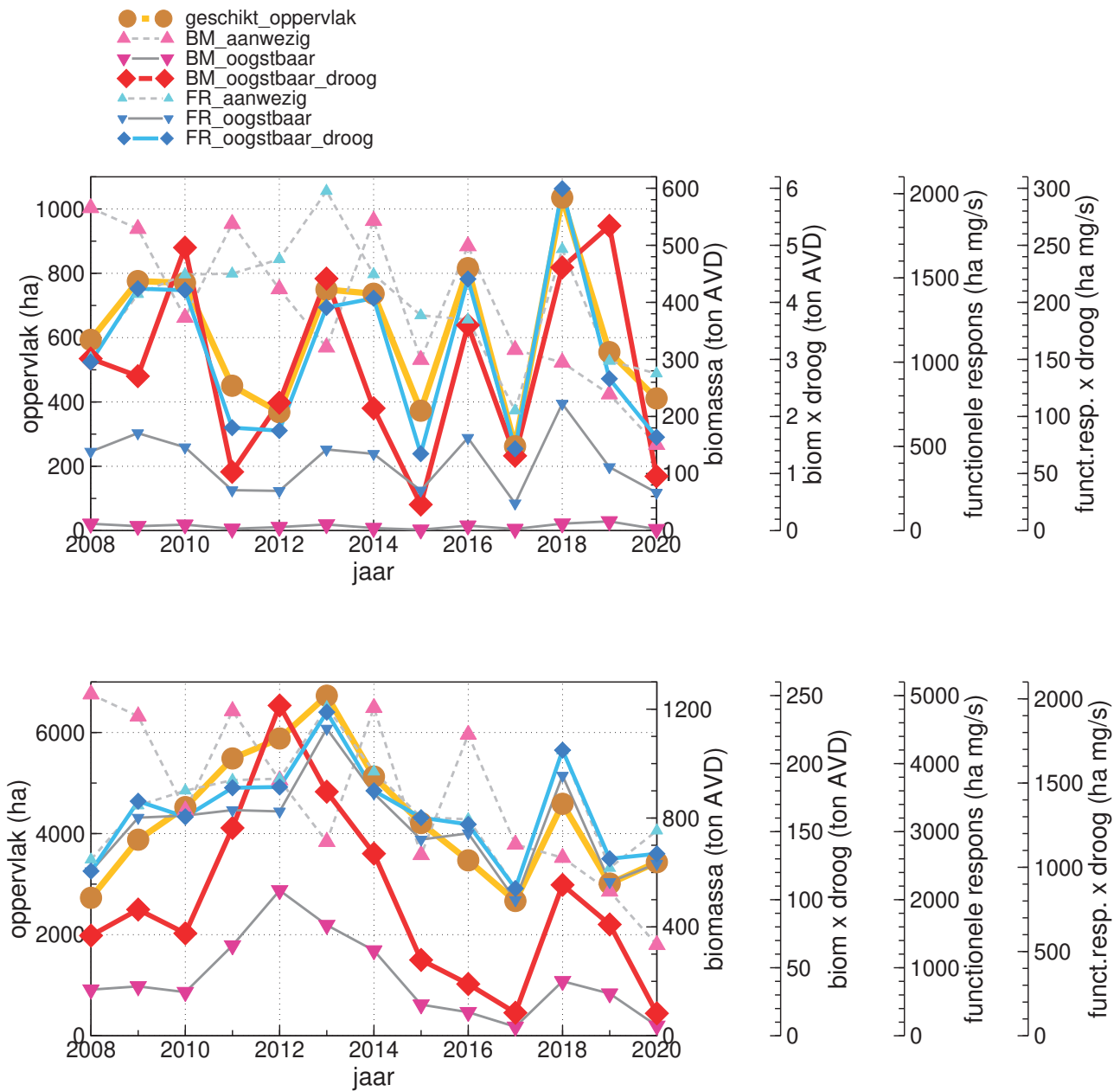
Figuur 7.41. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Steenloper in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 7.26. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Steenloper voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de totale populaties van de Oost-Atlantische vlieg-route voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Steenloper Label	Vanaf 1994			Vanaf 2008		
	Jaarverand	Symbool	Beoordeling	Jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.04	+	Matige toename	1.03	?	Onzeker
Overige Nederlandse Waddenzee	1.02	+	Matige toename	1.02	?	Onzeker
Duitse en Deense Waddenzee	1.00	0	Stabiel	1.02	?	Onzeker
Oost-Atlantische vliegroute (Nearctisch)	1.01*	+	Matige toename	0.99	0	Stabiel
Oost-Atlantische vliegroute (Palearctisch)	0.97**	-	Matige afname	0.98	0	Stabiel

* Betreft de periode 1977-2016 (Van Roomen *et al.* 2018)

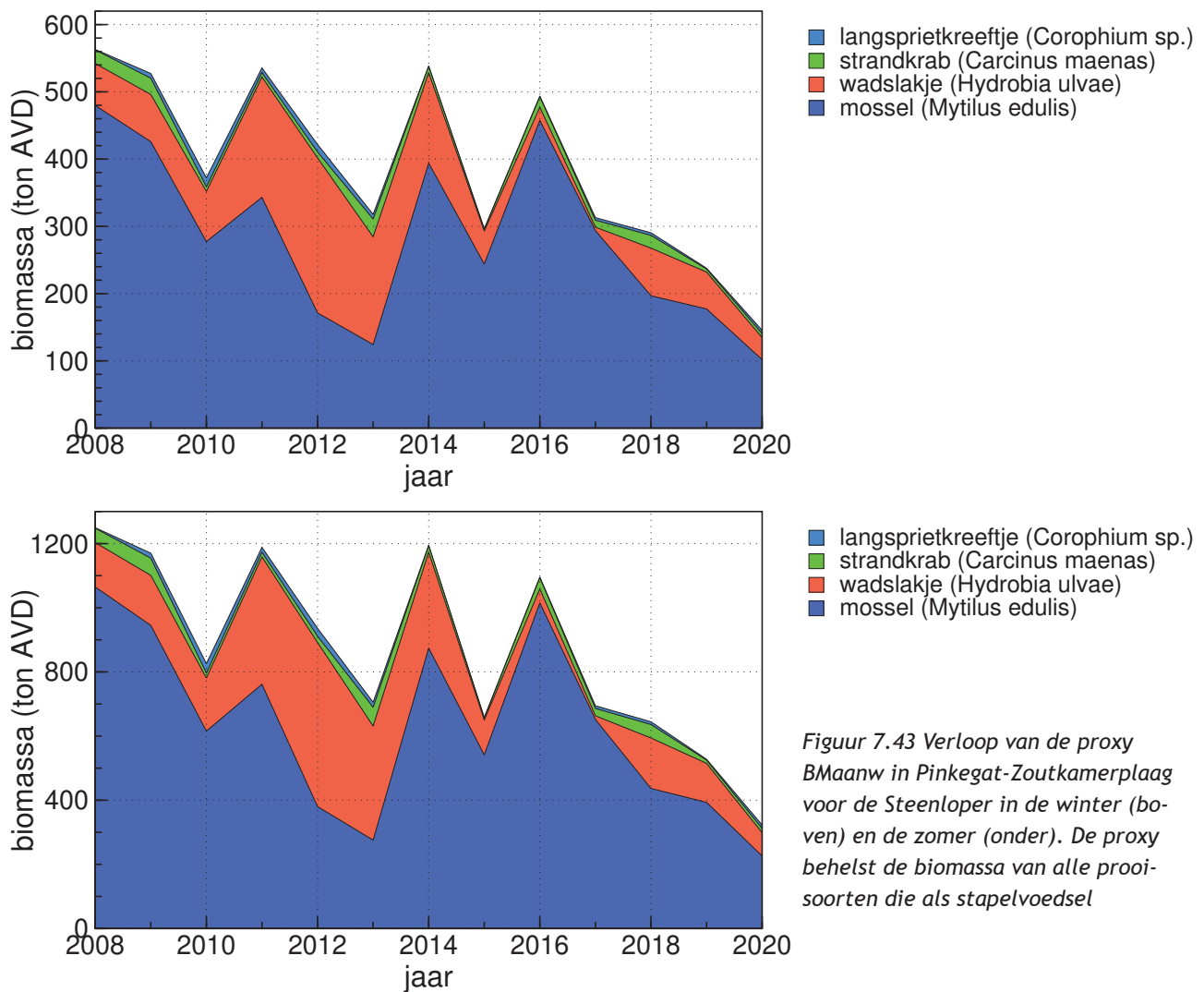
** Betreft de periode 1979-2017 (Van Roomen *et al.* 2018)



Figuur 7.42. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Steenloper in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2020 in de winter (boven) en de nazomer (onder). De berekende trendwaarden voor de verschillende proxies en eventuele significantie staan in de appendix.

Voor de Steenloper is geen gevalideerde proxy voor draagkracht gevonden, noch in de zomer, noch in de winter. De proxies zijn onderling wel gecorreleerd, maar die correlatie is duidelijk hoger in de zomer (gemiddeld 0,77), dan in de winter (gemiddeld 0,61). Die laatste correlatie wordt als laag beoordeeld, waarmee het beslisschema ons naar de uitkomst “geen uitspraak mogelijk” leidt. Winter en zomer lijken echter veel op elkaar, dus kiezen we ervoor te onderzoeken of alle proxies dezelfde trend hebben. Alle proxies vertonen eenzelfde en wel negatieve trend, maar alleen voor BMAanw is de afname van 7,8% per jaar in beide seizoenen significant (Figuur 7.42). Dat is zowel in de winter als in de zomer pri-

mair het gevolg van de afname van de biomassa mossels (Figuur 7.43). Mosselbanken zijn een belangrijk foerageerhabitat voor Steenlopers, en de foerageerdichtheid op mosselbanken is meer dan tien keer hoger dan op het omliggende wad (Waser *et al.* 2016). Daarbij lijkt de mate waarin die banken overgroeid zijn met Japanses oesters, of zelfs grotendeels uit Japanse oesters bestaan geen rol te spelen. Dat is goed voorstelbaar als we naar het dieet van de Steenloper kijken. In een uitgebreid overzicht van de literatuur over het dieet van Steenlopers in de Waddenzee wordt het volgende geconcludeerd: “Steenlopers foerageren vooral op rotsen of surrogaat rotskusten zoals kades, strekdammen,



Figuur 7.43 Verloop van de proxy BMaanw in Pinkegat-Zoutkamerplaag voor de Steenloper in de winter (boven) en de zomer (onder). De proxy behelst de biomassa van alle prooi-soorten die als stapelvoedsel

Tabel 7.27. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Steenloper in januari en augustus.

		jan.	aug.
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	N→3	N→3
3	Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	N→5	N→5
4	Is er een negatieve trend in de proxy of proxies?	Y→6	Y→6
5	Vertonen alle proxies dezelfde trend?	Y→4	Y→4
6	Is de negatieve proxy geheel of gedeeltelijk het gevolg van bodemdaling?	?	?

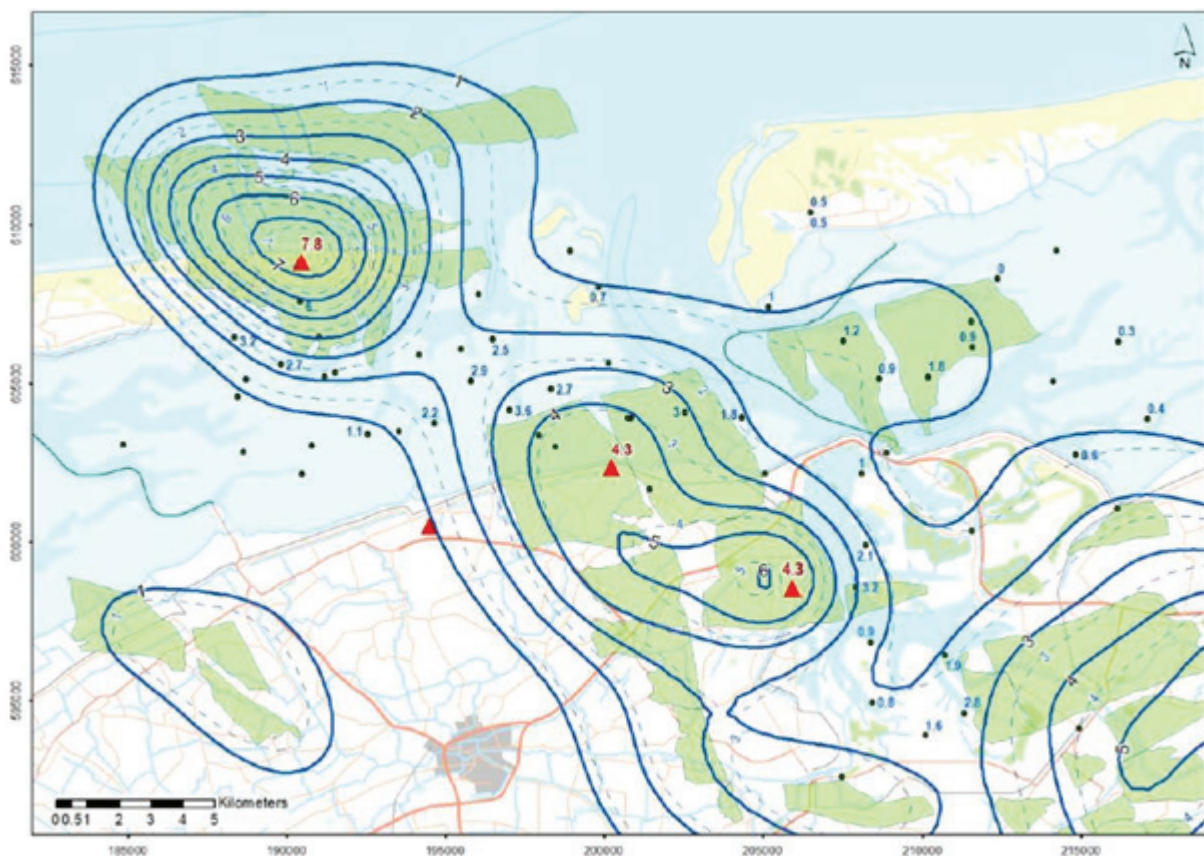
dijkvoeten en op mossel- en schelpenbanken en bij hoogwater ook wel op kwelderranden, aanspoelstranden, havenkades of nog hoger op de kust. Ze eten vermoedelijk alles wat eetbaar is, waaronder aas, aangespoelde kwallen, zaden, insecten en vlokreeften uit aanspoelsel, zeepokken. Het dieet bestaat echter meestal uit allerlei kleine dierlijke prooien die ze onder en tussen schelpen en steentjes vinden, maar hoewel dit vaak onder de ogen van de waarnemers gebeurt, is er bijzonder weinig goede informatie over het dieet van de Steenloper

in de Waddenzee. In de meest omvangrijke studies werd een divers spectrum aan prooien aangetroffen: tweekleppige schelpdieren (Mosseltjes, Nonnetjes, Strandgapers), gastropoda (Wadslakjes, Alikruikken), Zeeduizendpoot *Nereis*, krabben, slijkgarnaal *Corophium*, insecten en vis (grondels)” (Cremer & Smit 2009). Enerzijds is het dieet van Steenlopers niet heel goed bekend, maar het lijkt er wel op dat vooral de prooidiertjes die zich verbergen in de schelpdierbanken van belang zijn, waaronder ook de kleine mosseltjes.

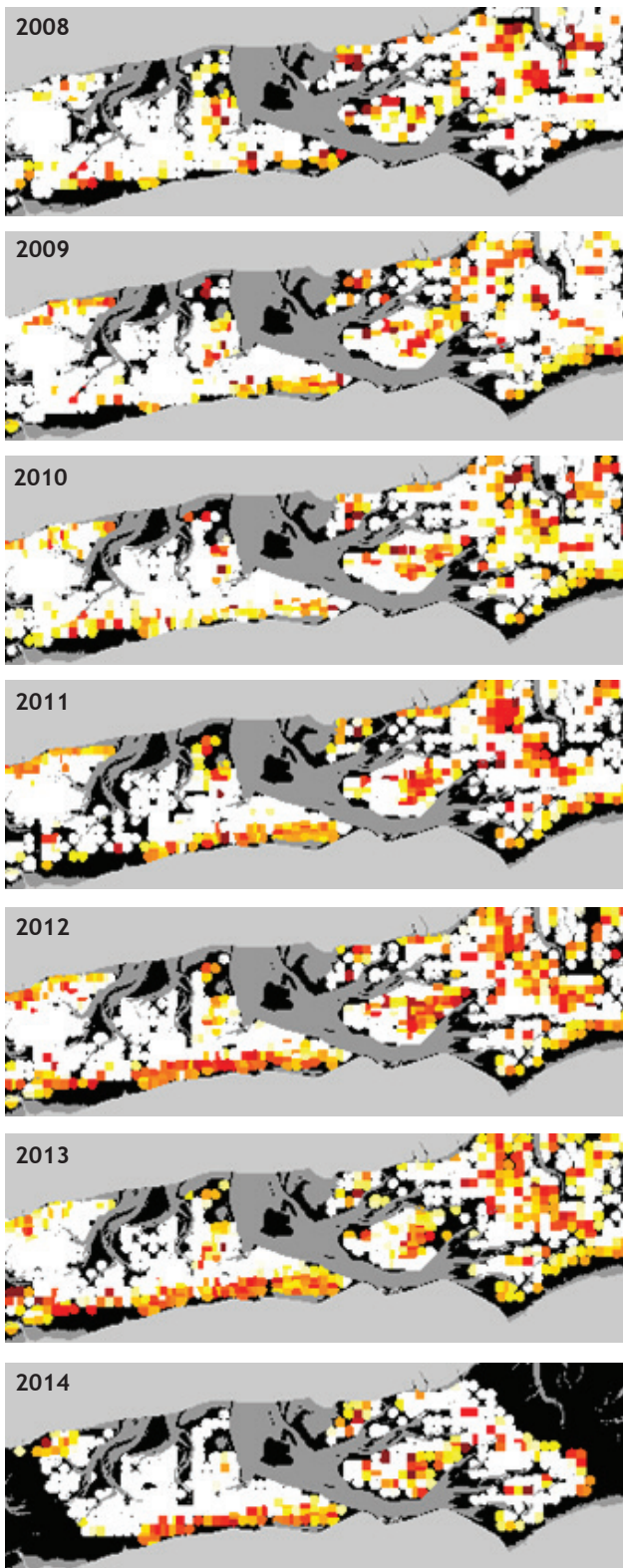
Omdat de aantaltrend over de periode van de gaswinning onzeker is leidt het beslisschema ons naar de vraag of de negatieve trend in de proxy of proxies geheel of gedeeltelijk het gevolg is van bodemdaling. Als we de bodemdaling die is opgetreden in Pinkegat/Zoutkamperlaag sinds het begin van de winning uit de MLV velden in 2006 (Figuur 7.44) vergelijken met de veranderingen in het kaartbeeld van de proxy BMAanw in de periode 2008 – 2020 (Figuur 7.45, Figuur 7.46) dan is er op het oog geen duidelijke relatie. De LiDAR metingen suggereren een lichte afname van plaatareaal in het Pinkegat,

met name bij Ternaard en onder de Engelsmanplaat (van der Lugt, Visser & Ketelaar 2020), maar ook hier is een verband met de afname van de proxy BMAanw niet heel duidelijk. Daar komt bij dat BMAanw geen gevalideerde proxy voor draagkracht is. Het is de proxy die het duidelijkst een afname laat zien.

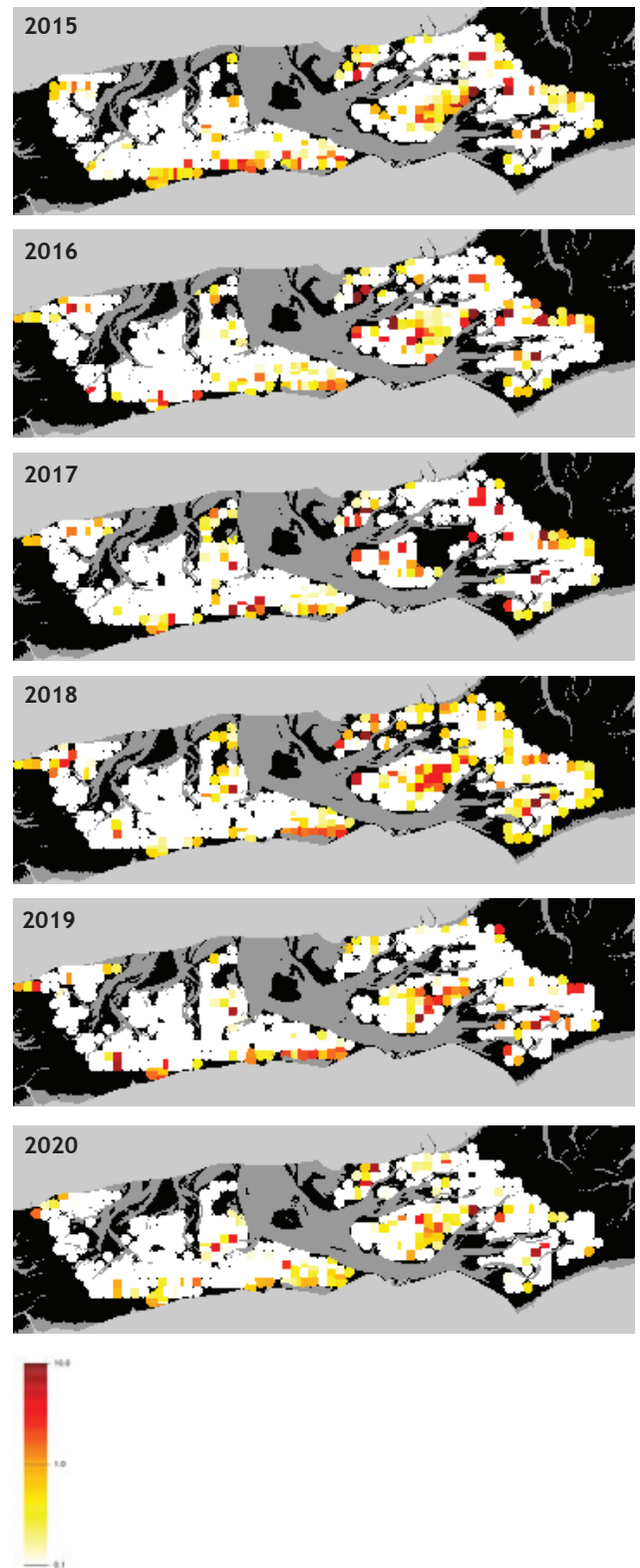
We concluderen dat de vraag of de negatieve trend in de proxy geheel of gedeeltelijk het gevolg is van bodemdaling niet beantwoord kan worden (Tabel 7.27).



Figuur 7.44. Bodemdaling in cm (status modelcontour: 1-1-2018) door gaswinning sinds de nulmeting in de Waddenzee in 2006. In blauw de contouren van de gemodelleerde bodemdaling volgens de aangepaste/gekalibreerde geomechanische modellen (gestreepte contouren geven de bodemdaling van 2017 weer zoals getoond in de M&R-rapportage over 2017). De punten met label in de Waddenzee representeren de peilmerken met de gemeten hoogteverschillen vanaf 2006 (nulmeting Waddenzee) tot de laatst uitgevoerde meting in mei 2018. De rode waarden geven de daling aan van de permanente GPS-stations in de periode feb. 2007- jan. 2019. Bron: van der Lugt, Visser & Ketelaar (2020).



Figuur 7.45. Kaartbeeld voor proxy BMaanw In Pinkegat/ Zoutkamperlaag voor de Steenloper in de zomers van 2008 t/m 2014.



Figuur 7.46. Kaartbeeld voor proxy BMaanw In Pinkegat/ Zoutkamperlaag voor de Steenloper in de zomers van 2015 t/m 2020.

8. Discussie en conclusies

8.1. Signaleringsmonitoring & Signalering

Voor elk van deze 13 soorten is het aantalsverloop in de kombergingen van Pinkegat-Zoutkamperlaag over de lange termijn (periode 1994/1995 – 2018/2019) en de korte termijn (2008/2009 – 2018/2019) gerapporteerd en vergeleken met het aantalsverloop in de rest van de Nederlandse Waddenzee, alsook met het aantalsverloop in de Duitse en Deense Waddenzee. De trendvergelijkingen voor de lange termijn zijn vooral bedoeld om enige context te geven. In dat kader moet ook de trendvergelijking met de ontwikkeling van de populatie-aantallen langs de hele Oost-Atlantische vliegroute worden gezien (Van Roomen *et al.* 2018). Voor bodemdaling als gevolg van de gaswinning uit de velden bij Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (MLV velden) gaat het primair om de trends op korte termijn, omdat die samenvallen met het begin van de gaswinning uit de MLV velden. De resultaten voor die korte termijn zijn samengevat in Tabel 8.1. Voor 2 soorten is de trend onzeker en voor 3 soorten stabiel in Pinkegat-Zoutkamperlaag. Voor 3 soorten nemen de aantallen toe in Pinkegat-Zoutkamperlaag en voor 5 soorten is de trend negatief. T.o.v. de rest van de Nederlandse

Waddenzee (2 trends negatief en 4 positief) zijn de trends in Pinkegat-Zoutkamperlaag iets vaker negatief. T.o.v. de Duitse en Deense Waddenzee is het beeld positiever (6 negatieve trends en 2 positieve in de Duitse en Deense Waddenzee).

Op basis van deze trendinformatie leidt het beslisschema tot de conclusie dat er geen aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling voor de volgende twee soorten in beide seizoenen: Zilverplevier en Rosse Grutto (Tabel 8.1, Tabel 8.2).

In de rapportage t/m het monitoringjaar 2018 is veel energie gestoken in een poging de proxies voor draagkracht te valideren, door te kijken welke proxy het beste de Waddenzee-brede verspreiding van de onderzoeksoorten kon verklaren (Ens *et al.* 2019a). Uiteindelijk voldeden vijf soort-seizoen combinaties aan de criteria voor een gevalideerde proxy: Scholekster-najaar, Scholekster-winter, Bonte Strandloper-najaar, Rosse Grutto-najaar en Wulp-najaar. Voor deze soort-seizoen combinaties kan het verloop van de gevalideerde proxy gebruikt worden om in het beslisschema te oordelen over mogelijk negatieve effecten van bodemdaling. In alle geval-

Tabel 8.1. Samenvatting van de trends in het seizoensgemiddelde voor de 13 onderzochte wadvogelsoorten voor de periode 2008-2020. Voor Pinkegat-Zoutkamperlaag, de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee is de trend als jaarlijkse factor gegeven en is beoordeeld of de trend positief (+), stabiel (0), onduidelijk (?) dan wel negatief (-) was. In de laatste kolom is aangegeven bij welke soorten volgens het beslisschema de trendinformatie een betrouwbaar beeld geeft van de trendontwikkeling in het bodemdalingsgebied (Y of N). In het eerste geval wordt daarna gekeken of de vogelaantallen zich negatiever of minder positief dan elders ontwikkelen (YN). Als dat niet het geval is (YY) luidt de conclusie dat er geen aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling.

	Pinkegat-Zoutkamperlaag	Rest Nederlandse Waddenzee	Duitse & Deense Waddenzee	Pinkegat-Zoutkamperlaag	Rest Nederlandse Waddenzee	Duitse & Deense Waddenzee	Eerste stappen beslisschema
Bergeend	0.95	1.00	1.01	-	0	0	YY
Pijlstaart	1.03	1.01	1.06	?	0	+	N
Scholekster	0.97	0.98	0.98	-	-	-	YY
Kluut	0.93	0.96	0.93	-	-	--	YY
Bontbekplevier	1.01	1.05	1.02	0	+	+	YY
Zilverplevier	1.02	1.01	0.98	+	+	-	YN
Kanoet	0.95	1.00	0.98	-	0	-	YY
Drieteenstrandloper	1.03	1.05	1.01	?	+	0	N
Bonte Strandloper	1.01	1.02	1.00	+	+	0	YY
Rosse Grutto	1.01	1.00	0.98	0	0	-	YN
Wulp	0.99	0.99	1.00	-	0	0	YY
Tureluur	0.98	1.00	0.97	0	0	-	YY
Steenloper	1.03	1.02	1.02	?	?	?	N

Tabel 8.2. Toepassing van het beslisschema over hand aan de kraan (Tabel 4.1, Figuur 4.1) op de 13 onderzochte wadvogelsoorten op basis van de in hoofdstuk 0 gepresenteerde resultaten. De vragen en conclusies uit het beslisschema worden kolomsgewijs behandeld, waarbij Y = ja en N = nee. De vragen en antwoorden die tot de uiteindelijke conclusie leiden zijn vetgedrukt met een grijze achtergrond. Voor zover mogelijk zijn ook de andere vragen beantwoord, maar omdat die antwoorden geen effect hebben op de eindconclusie (ook al kunnen ze die eindconclusie wel versterken) zijn ze niet vet gedrukt en niet op een grijze ondergrond weergegeven.

	maand	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling vogelsoort?	Vogelaantallen in bodemdaling gebied ontwikkelen zich negatiever / minder positief dan elders?	Gevalideerde draagkracht proxy?	Alle proxies zelfde trend en sterk gecorreleerd?	Negatieve trend in proxy?	Geheel/deels gevolg van bodemdaling?	Geen uitspraak mogelijk	Aanwijzing voor mogelijk negatief effect bodemdaling	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling
Bergeend	jan	Y	Y	N	Y	N				Y
	sep	Y	Y	N	Y	N				Y
Pijlstaart	jan	N		N	N			Y		
	nov	N		N	N			Y		
Scholekster	jan	Y	Y	Y	Y	N				Y
	sep	Y	Y	Y	Y	N				Y
Kluut	sep	Y	Y	N	Y	N				Y
	nov	Y	Y	N	Y	N				Y
Bontbekplevier	mei	Y	Y	N	Y	N				Y
	sept	Y	Y	N	Y	N				Y
Zilverplevier	jan	Y	N	N	Y	N				Y
	mei	Y	N	N	Y	N				Y
Kanoet	jan	Y	Y	N	Y	N				Y
	aug	Y	Y	N	Y	N				Y
Drieteenstrandloper	mei	N		N	Y	N				Y
	aug	N		N	Y	N				Y
Bonte Strandloper	mei	Y	Y	N	Y	N				Y
	sep	Y	Y	Y	Y	N				Y
Rosse Grutto	mei	Y	N	N	Y	N				Y
	aug	Y	N	Y	Y	N				Y
Wulp	jan	Y	Y	N	Y	N				Y
	sep	Y	Y	Y	Y	N				Y
Tureluur	jan	Y	Y	N	Y	N				Y
	jul	Y	Y	N	Y	N				Y
Steenloper	jan	N		N	Y	Y	?		?	?
	aug	N		N	Y	Y	?		?	?

len laat de proxy geen significante negatieve trend zien en luidt de conclusie dat er geen aanwijzingen zijn voor een mogelijk negatief effect van bodemdaling (Tabel 8.2). In het geval van de Rosse Grutto in het najaar was dit al geconcludeerd op basis van de waargenomen trend in de aantallen.

Op twee uitzonderingen na (Pijlstaart-herfst en Pijlstaart-winter) bleken de proxies onderling sterk gecorreleerd en lieten dezelfde trend zien. Die gezamenlijke trend kan naar ons idee gebruikt worden om te besluiten of de draagkracht zich in positieve

dan wel negatieve zin ontwikkelt. Het argument daarvoor is dat alle beschikbare kennis over de voedsel-ecologie is verwerkt in de proxies. De verschillende proxies richten zich vooral op de vraag hoe het voedsellandschap het beste gekarakteriseerd kan worden. Het sterke gebiedseffect maakt daarbij duidelijk dat er meer factoren een rol spelen dan alleen voedsel. Voordat wij ingaan op die andere factoren bespreken wij eerst de uiteindelijke resultaten voor de overgebleven soorten van het volledig doorlopen van het beslisschema.

Voor Bergeend (beide seizoenen), Kluut (beide seizoenen), Bontbekplevier (beide seizoenen), Kanoet (beide seizoenen), Drieteenstrandloper (beide seizoenen), Bonte Strandloper in het voorjaar, Wulp in de winter en Tureluur (beide seizoenen) vertonen geen van de sterk gecorreleerde proxies voor draagkracht een significant negatieve trend. Op grond daarvan wordt besloten dat er geen aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 8.2).

Voor Pijlstaart en Steenloper wordt de trend als onduidelijk geclassificeerd. Er zijn geen gevalideerde proxies voor draagkracht en de proxies zijn onvoldoende sterk gecorreleerd voor Pijlstaart (beide seizoenen) om de richting van de trend te bestuderen. Dit leidt tot de conclusie dat er geen uitspraak mogelijk is over een mogelijk negatief effect van bodemdaling.

Voor de Steenloper zijn de proxies wel sterk gecorreleerd, vooral in de zomer, en laten alle proxies een negatieve trend zien, die significant is voor BMAanw in beide seizoenen. Dit leidt tot de vraag of dit geheel of gedeeltelijk het gevolg is van bodemdaling door gaswinning. Die vraag kan niet beantwoord worden, zodat ook hier de conclusie is dat er geen uitspraak mogelijk is over een mogelijk negatief effect van bodemdaling.

Samenvattend leidt de toepassing van het beslisschema op de resultaten t/m monitoringjaar 2020 weergegeven in Tabel 8.2, tot de volgende conclusies:

- 1) Voor 22 onderzochte soort-seizoen combinaties luidt de conclusie dat er geen aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling.
 - a) Voor 4 soort-seizoen combinaties (Zilverplevier en Rosse Grutto in beide seizoenen) is dit gebaseerd op de ontwikkeling van de aantallen in Pinkegat-Zoutkamperlaag die duidelijk in positieve zin verschilt van de aantalsontwikkeling elders (overige delen Nederlandse Waddenzee, Duitse en Deense Waddenzee).
 - b) Voor 5 soort-seizoen combinaties (Scholekster in beide seizoenen, Bonte Strandloper in september, Rosse Grutto in augustus en Wulp in september) was er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht die in alle gevallen geen negatieve trend vertoonde, waarbij voor de Rosse Grutto al op grond van de trendinformatie werd geconcludeerd dat er geen aanwijzingen waren voor een negatief effect van bodemdaling.
 - c) Voor 14 soort-seizoen combinaties werd geen gevalideerde proxy voor draagkracht gevonden, maar waren de proxies onderling sterk gecorreleerd en was er geen sprake van een negatieve

ontwikkeling van de gezamenlijke trend in de proxy.

- 2) Voor de Pijlstaart kon in beide seizoenen geen betrouwbare conclusie worden getrokken, omdat (1) de trend informatie als onzeker werd beoordeeld, (2) er geen gevalideerde proxy voor draagkracht bestaat, (3) de proxies niet allemaal dezelfde trend vertoonden.
- 3) Voor de Steenlopers werd de trendinformatie ook als onzeker beoordeeld, werd ook geen gevalideerde proxy voor draagkracht gevonden in beide seizoenen, maar waren de proxies wel sterk gecorreleerd en allemaal negatief. Of en in welke mate dit een gevolg was van bodemdaling door gaswinning kon niet worden vastgesteld. De facto kon er dus ook hier geen betrouwbare conclusie worden getrokken.

8.2. Aanbevelingen audit commissie

De Auditcommissie (Auditcommissie 2020) komt in haar evaluatie van het meest recente monitoringrapport (Ens *et al.* 2020) tot de conclusie dat met de inzet van verschillende *machine learning* algoritmes om soort specifieke verspreidingsmodellen voor bodemdieren te ontwikkelen op basis van sediment, droogligtijd, schuifspanning en golfwerking (Folmer *et al.* 2017), invulling is gegeven aan het eerdere advies om *machine learning* toe te passen (Auditcommissie 2019). Daarnaast komt de Auditcommissie in haar evaluatie van het meest recente monitoringrapport (Ens *et al.* 2020) tot een drietal adviezen (Auditcommissie 2020). Hieronder voor elke aanbeveling eerst een letterlijk citaat van de aanbeveling, gevolgd door onze reactie.

1. De Auditcommissie adviseert na te gaan of machine learning, binnen de nu beschikbare gegevens, ook nog breder ingezet kan worden, bijvoorbeeld om niet eerder gedetecteerde verbanden tussen diepe-bodemdeling, morfologie en ecologie bloot te leggen.

De nu beschikbare verklarende variabelen in wadmap zijn de dichtheid en biomassa van de verschillende soorten bodemdieren en de hoogteligging van het wad en de waterstanden die samen de droogligtijd bepalen. Daarmee hebben we een goede beschrijving (meting) van het voedsellandschap en de beschikbaarheid van het voedsellandschap in de loop van het tij.

Naar ons idee is het grootste gemis dat we niet alle verklarende variabelen voor de vogelaantallen goed in beeld hebben. Met name het verstoringslandschap tijdens hoog- en laagwater. In het volgende

hoofdstuk over de ecologische verklaringen van de waargenomen veranderingen gaan we daar dieper op in. Om tot een goede monitoring van het verstoringslandschap te komen kan *machine learning* van zeer groot nut zijn.

2. De Auditcommissie adviseert daarom voor de referentie ook bodemdiergegevens van de jaren na 2013 te benutten en daarbij te onderzoeken of, door gericht referentiegebieden te kiezen binnen de Waddenzee, de analyse-inspanning voor het verkrijgen van bodemdiergegevens kan worden verkleind. Zo is een betere vergelijking van de trends en ruimtelijke verschillen in voedselbeschikbaarheid en het aantalsverloop van geselecteerde vogelsoorten mogelijk.

De enige Waddenzee-brede data die na 2013 jaarlijks beschikbaar zijn, zijn de moskok survey en de jaarlijkse kartering van de contouren van de mossel- en oesterbanken door WMR (van Asch *et al.* 2019; van den Ende *et al.* 2020); zie ook Figuur 7.1 en Figuur 7.3. Met die gegevens wordt alleen het voedselaanbod voor de Scholekster goed in kaart gebracht, wat gedetailleerde berekeningen met het draagkrachtmodel WEBTICS mogelijk maakt.

Wadmap combineert de Waddenzee-brede WMR surveys met de gegevens uit het SIBES-programma van het NIOZ. In de jaren na 2013 heeft het NIOZ het SIBES-programma wel voortgezet en werden ook Waddenzee-breed bemonsteringen uitgevoerd, maar alleen de monstergegevens van Pinkegat-Zoutkamperlaag konden worden uitgezocht. De monsters verzameld in de overige delen van de Waddenzee zijn in de vriezer gezet. Ondertussen zijn ook de jaren 2014 en 2019 uitgezocht en is het zo goed als zeker dat ook 2020 en 2021 volledig zullen worden uitgezocht. Zodra de monsters uit de rest van de Waddenzee zijn uitgezocht en de gegevens beschikbaar gemaakt zijn zullen wij die natuurlijk gebruiken voor berekeningen met wadmap. Naar verwachting kan de basismonitoring <https://www.basismonitoringwadden.nl/> hier een rol spelen. In het analyse-document over de wadplaten (van Woensel, Jansen & Hoeksema 2019) wordt geadviseerd het SIBES-meetnet structureel te financieren. Dit moet nog worden vastgesteld door het kernteam basismonitoring.

De keuze van referentiegebieden kan zeker verbeterd worden. Daarbij moet worden aangetekend dat de vogels tijdens hoogwater geteld worden, waar de vogels wachten op laagwater om weer op de wadplaten naar voedsel te kunnen zoeken. Referentiegebieden moeten dus bestaan uit met Pinkegat en

Zoutkamerplaag vergelijkbare gebieden wat betreft de samenhang tussen voedselgebied en hoogwater-vluchtplaatsen. Zoals eerder gemeld is naar ons idee het grootste gemis dat we niet alle verklarende variabelen voor de vogelaantallen goed in beeld hebben. Met name het verstoringslandschap tijdens hoog- en laagwater ontbreekt. In het volgende hoofdstuk over de ecologische verklaringen van de waargenomen veranderingen gaan we daar dieper op in.

3. De Auditcommissie adviseert na te gaan in hoeverre andere ontwikkelingen in de Waddenzee, zoals de toekomstige aanleg van twee ondergrondse stroomkabels zou kunnen interfereren met het monitoringprogramma.

De Auditcommissie schrijft hierover het volgende: *“Tennet wil de nieuwe windparken ten noorden van de Waddenzee aansluiten op het net. Dit zal gebeuren door twee ondergrondse wisselstroomkabels door de Waddenzee en de kwelder aan te leggen. De kabels landen aan bij Burgum, Vierverlaten of Eemshaven Oudeschip. De mogelijke routes naar Burgum doorkruisen het gebied dat wordt beïnvloed door de gaswinning. Mogelijk dat hierdoor de hoogtemetingen in het gebied verstoord worden. Vertroebeling, verstoring en aantasting van habitats door de aanleg van de kabels kunnen mogelijk ook ecologische effecten in het kombergingsgebied van het Zoutkamperlaag of Pinkegat veroorzaken die niet het gevolg zijn van activiteiten van de NAM, maar die wel interfereren met de uitkomsten van het monitoringsprogramma.”*

Het ligt voor de hand om hier in volgende rapportages aandacht aan te besteden. Daarvoor is het belangrijk om meer informatie over de plannen te verkrijgen.

8.3. Ecologische verklaringen van waargenomen veranderingen

In het beslisschema worden twee vragen gesteld die direct verbonden zijn met een ecologische verklaring voor de waargenomen veranderingen in vogelaantallen:

1. Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?
2. Is de waargenomen daling in de proxy (of proxies) voor draagkracht geheel of gedeeltelijk veroorzaakt door bodemdaling?

Op de eerste vraag luidt het antwoord bevestigend voor een beperkt aantal vogelsoorten. Omdat in veel gevallen de verschillende proxies voor draagkracht sterk onderling gecorreleerd zijn is beargumenteerd

Effectketen Waddensee (wadplaten en kwelders)

|- diepe-bodemdaling → plaatoppervlak / -hoogte (sedimentatie) → habitats / voedsel → vogels

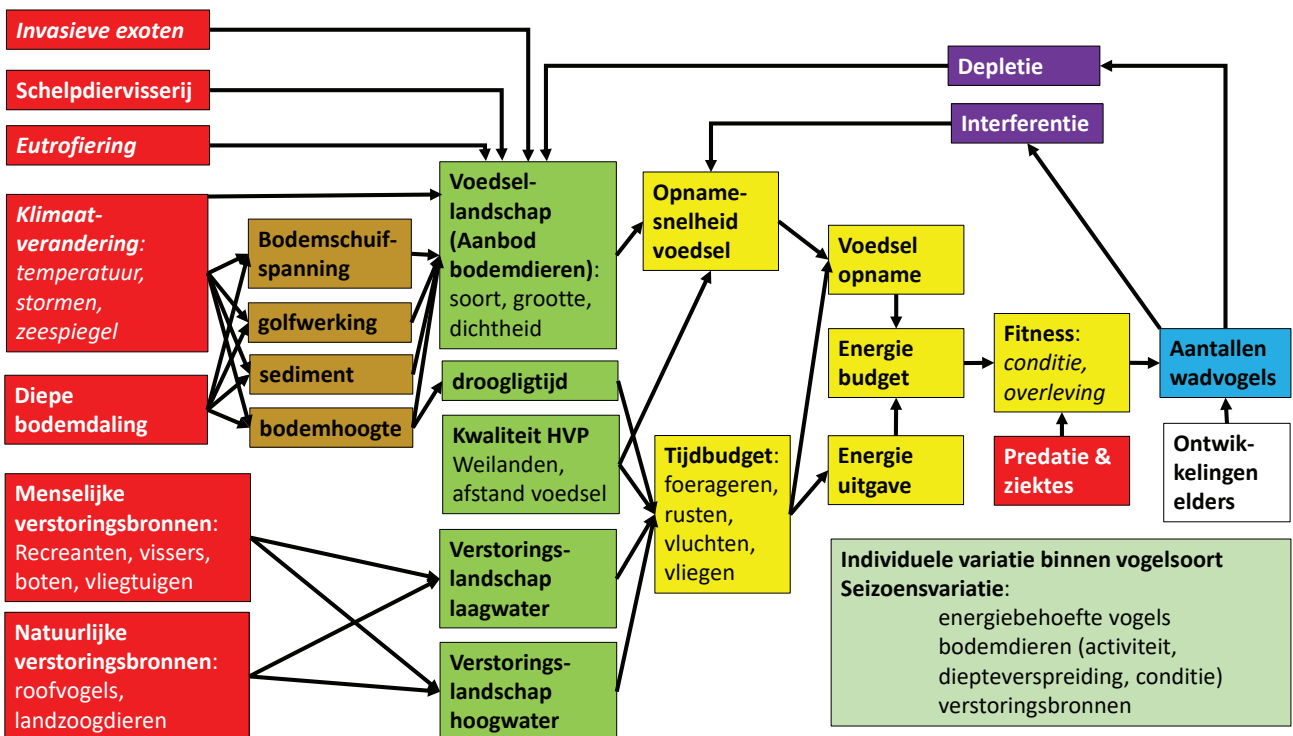
Figuur 8.1. Beschrijving van de effectketen door de auditcommissie (Auditcommissie 2020).

dat de gezamenlijke trend van niet gevalideerde, maar wel gecorreleerde, proxies ook gebruikt kon worden om te onderzoeken of er sprake is van een negatieve trend in de proxy. Daar is sprake van bij de Steenloper in januari. Het is de eerste keer dat volgens het beslisschema de bovengenoemde tweede vraag beantwoord moet worden of die daling geheel of gedeeltelijk is veroorzaakt door bodemdaling. Met de nu beschikbare monitoringgegevens is het echter niet mogelijk om die vraag te beantwoorden. In dit hoofdstuk zullen we bespreken wat er nodig is om in de toekomst wel zo'n antwoord te kunnen geven. Daarbij verwachten we dat de voorgestelde aanpak ook tot een groter aantal gevalideerde proxies voor draagkracht zal leiden.

We zullen elementen herhalen uit het gelijknamige hoofdstuk over ecologische verklaringen in de twee vorige rapportages (Ens *et al.* 2019a; Ens *et al.* 2020). De structuur is echter totaal anders, omdat we ons zullen baseren op een meer uitgewerkte beschrijving van de effectketen die aangeeft hoe bodemdaling effect kan hebben op aantallen vogels. Het is een noodzakelijke invulling van de effectketen die de auditcommissie hanteert (Figuur 8.1). Dit

nieuwe schema (Figuur 8.2) beschrijft in meer detail hoe drukfactoren (rood), zoals diepe bodemdaling door gaswinning, via abiotiek (bruin), voedsellandschap en verstoringslandschap (groen), doorwerken op tijd- en energiebudget en fitness van de vogels (geel) en daarmee uiteindelijk op de aantallen vogels (blauw). Die vogelaantallen worden natuurlijk ook bepaald door ontwikkelingen elders (wit) en er is een terugkoppeling van vogelaantallen via voedselconcurrentie (paars) naar het voedsel(landschap). Sommige variatiebronnen, zoals veranderingen in de loop van het seizoen (waarmee we wel rekening houden in de berekeningen met wadmap, zijn niet expliciet in het schema opgenomen, maar alleen benoemd in een los kader (lichtgroen).

De tijdschaal waarop dit schema betrekking heeft varieert van dagen tot jaren. De ruimtelijke eenheid is veel scherper omlijnd. Het schema heeft betrekking op het leefgebied van een getijde-populatie. Dit is een geografisch vast omschreven gebied waarbinnen een of meer hoogwatervluchtplaatsen (HVP's) van de vogels zijn gelegen en het daarbij behorende intergetijdegebied waar de vogels naar voedsel zoeken tijdens laagwater. In navolging van HVP zullen



Figuur 8.2 Schematische weergave van de effectketen die beschrijft hoe verschillende drukfactoren, waaronder bodemdaling door gaswinning, doorwerken op de vogelaantallen in het leefgebied van een getijdepopulatie.

we het leefgebied van een getijde-populatie afkorten als LGP.

De vraag vanuit de signaleringsmonitoring voor vogels kan nu als volgt worden geformuleerd: Is er een meetbaar negatief effect van bodemdaling door gaswinning op de getijdepopulaties binnen het bodemdalingsgebied? Dat vereist dat we het effect van bodemdaling door gaswinning kunnen onderscheiden van de effecten van de andere drukfactoren.

Daartoe bespreken we achtereenvolgens:

- draagkrachtmodellen
- proxies voor draagkracht
- leefgebied getijdepopulaties (LGP)
- drukfactoren en hun effecten
- het voedsellandschap
- het verstoringslandschap

8.3.1. Draagkrachtmodellen

In het ideale geval zouden we het effect van de drukfactoren bepalen op de draagkracht van een leefgebied voor een getijdepopulatie (LGP). Daarvoor is kennis vereist over concurrentieprocessen, zoals interferentie (directe hinder tijdens het voedselzoeken) en depletie (uitputting van de voedselvoorraad). De dichtheidsafhankelijke terugkoppeling is in de effectketen weergegeven in paars.

Kennis daarover is ingebouwd in de nu beschikbare draagkrachtmodellen:

1. WEBTICS is een dynamisch model, waarin tijdstap voor tijdstap een heel winterseizoen wordt doorgerekend, maar geen *individual-based model* (IBM), omdat met het gemiddelde individu wordt gerekend (Rappoldt *et al.* 2004). Dit model voorspelt de draagkracht van het wad voor overwinterende Scholeksters op basis van gegevens over onder andere voedselaanbod en hoogteligging van het wad (Rappoldt *et al.* 2003a). Door de bodem te laten zakken kan het effect van bodemdaling op de draagkracht worden berekend (Rappoldt & Ens 2011; Rappoldt & Ens 2013a). Het model is ook gebruikt om de effecten van mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee (Rappoldt *et al.* 2003a) en Oosterschelde (Rappoldt *et al.* 2003b), plaaterosie in de Oosterschelde (Rappoldt, Kersten & Ens 2006; Rappoldt & Ens 2013b), vaargeulverruiming in de Westerschelde (Rappoldt & Ens 2007) en handkokkelvisserij in de Waddenzee (Rappoldt, Ens & Brinkman 2008) op de draagkracht te berekenen. Het model is dus goed in staat om het cumulatieve effect van verschillende drukfactoren te berekenen, maar zou wel voor andere soorten geparameteriseerd moeten worden.
2. MORPH. Stillman & Goss-Custard (2010) breken een lans voor *individual-based ecology* om kwantitatieve voorspellingen te maken over de effecten van menselijke ingrepen op populatie-

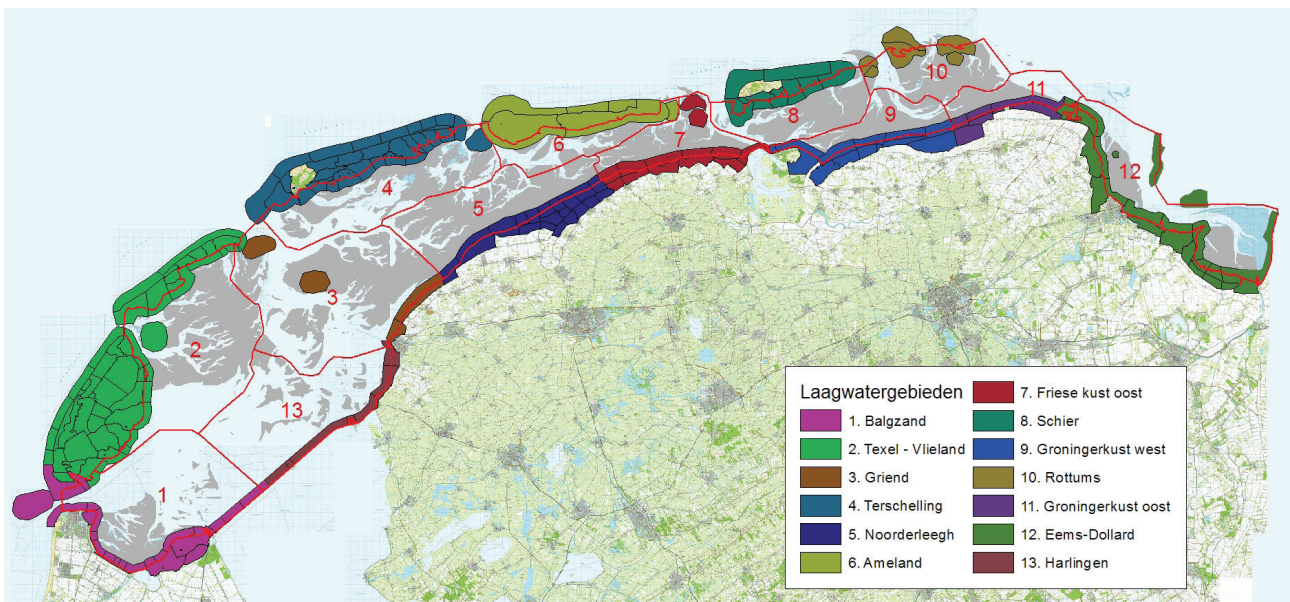
grootte en demografie van wadvogels. Het model MORPH is in dit kader een door hen ontwikkelde IBM voor Scholeksters (Goss-Custard 1996), maar ondertussen toegepast op een groot aantal soorten wadvogels in verschillende estuaria in Europa (Stillman 2008) en gebruiksvriendelijk gemaakt voor beheerders (West *et al.* 2010). De soorten waarop MORPH is toegepast zijn: Bonte Strandloper, Bontbekplevier, Kanoetstrandloper, Tureluur, Zilverplevier, Grutto, Rosse Grutto, Scholekster en Wulp. Toepassing van MORPH op de Waddenzee vereist een uitgebreide parameterisering en het recente gebruik van MORPH om het effect van handkokkelvisserij op de Scholeksters in de Waddenzee te schatten bewijst dit. In die studie wordt afgezien van parameterisatie voor de Waddenzee, maar een argumentatie opgebouwd op basis van de resultaten van berekeningen met MORPH voor de Burry Inlet, een estuarium in Wales (Goss-Custard & Stillman 2020).

3. MODMAR. Ondertussen is in het kader van het door TTW gefinancierde project CHIRP <https://www.chirpscholekster.nl/> een nieuw model ontwikkeld (MODMAR) waarmee deze berekeningen ook zouden kunnen worden uitgevoerd (Henk-Jan van der Kolk *in prep.*). In tegenstelling tot WEBTICS is dit model *individual-based*, net als MORPH (Stillman 2008), wat betekent dat individuele vogels van elkaar verschillen in dominantie en foerageer efficiëntie, en dat ze tijdens de modelberekeningen gevolgd worden. Tegelijkertijd heeft MODMAR de zeer gedetailleerde en grondige beschrijving van het voedsellandschap uit WEBTICS (Rappoldt *et al.* 2004) overgenomen. MODMAR is gebruikt om de effecten van verstoring door vliegtuigen door te rekenen, maar kan ook worden ingezet voor (signaleringsberekeningen) aan het effect van bodemdaling. Dat vereist wel de nodige parameterisering voor andere vogelsoorten en drukfactoren.

Samenvattend: er zijn verschillende draagkrachtmodellen beschikbaar om het effect van bodemdaling door gaswinning in samenhang met andere drukfactoren te onderzoeken, maar in alle gevallen is nog veel werk nodig om die modellen te parameteriseren.

8.3.2. Proxies voor draagkracht

De onderzochte proxies voor draagkracht geven een indicatie van het oppervlak geschikt voedselgebied, of de biomassa voedsel, of voor oogstbaarheid en/of droogligtijd gecorrigeerde varianten daarvan. De onderliggende aanname is dat deze karakterisering van het voedsellandschap een directe relatie heeft met de draagkracht. In een eerdere rapportage is gepoogd die aanname te toetsen door te onderzoeken welke proxy voor draagkracht de Waddenzee-brede



Figuur 8.3. Hoogwatertelgebieden en de veronderstelde bijbehorende laagwaterfoerageergebieden van de wadvogels die met hoogwater geteld worden in de validatie studies van de proxies voor draagkracht (Ens et al. 2018).

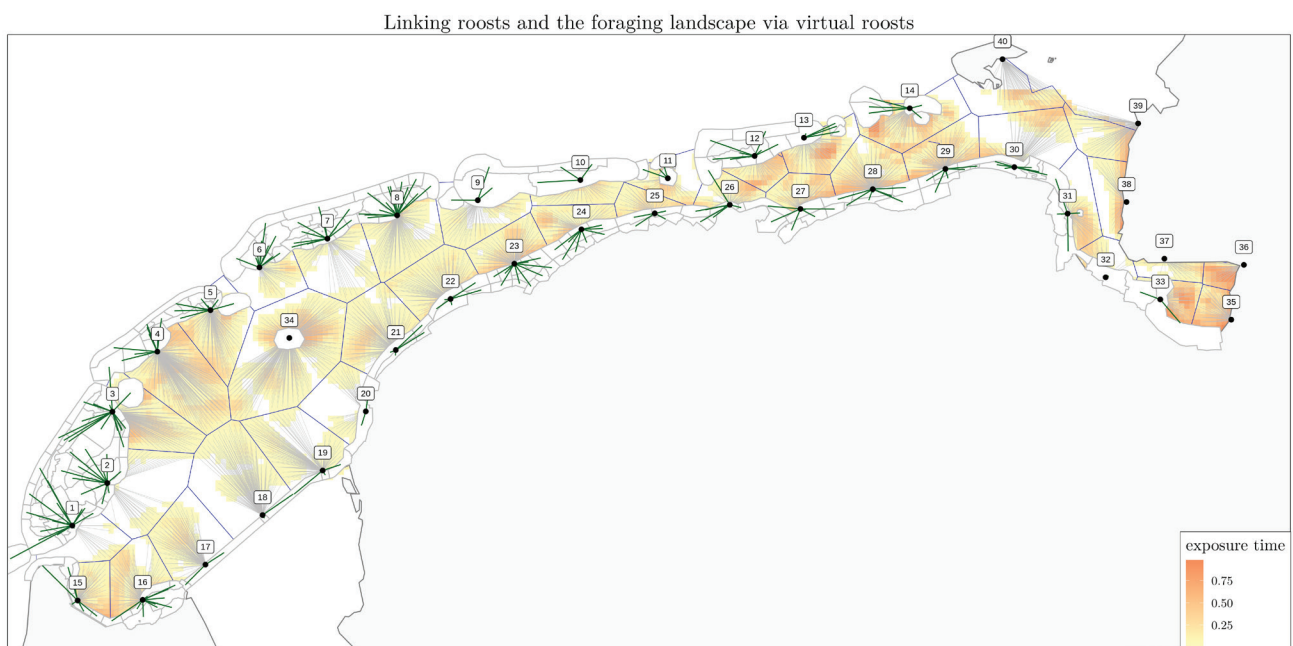
verspreiding van de verschillende wadvogelsoorten en de jaarlijkse veranderingen daarin het beste kon verklaren (Ens et al. 2019a). Op een enkele uitzondering na was dit niet erg succesvol, waarbij opviel dat er in veel gevallen sprake was van grote verschillen tussen gebieden.

Bij die validatie van de proxies voor draagkracht is impliciet aangenomen dat de eenheden die met elkaar vergeleken werden beschouwd konden worden als LGP. Alleen dan is het mogelijk om het voedsel-

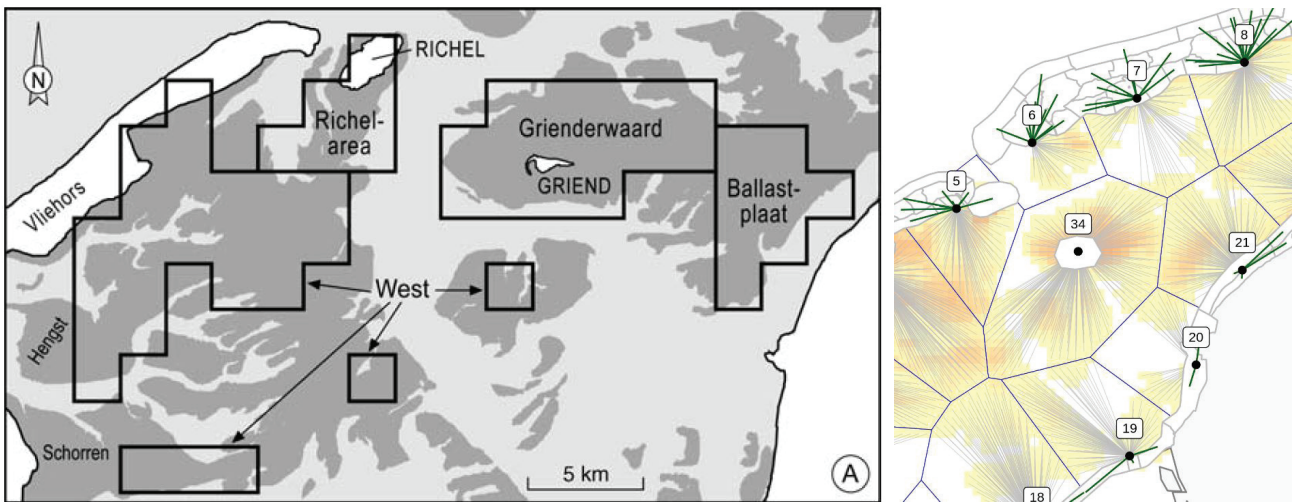
aanbod op het droogvallende wad zinvol te relateren aan de vogels die met hoogwater worden geteld. Het is mogelijk dat de LGP's niet goed werden afgegrensd. Ook kunnen andere drukfactoren een overheersende rol hebben gespeeld, zoals menselijke en natuurlijke verstoringbronnen, en het daarmee samenhangende verstoringlandschap.

8.3.3. Getijdepopulaties en hun leefgebied

Uitgebreide consultatie van deskundigen (Ens et al. 2017a; Ens et al. 2018) resulteerde in een kaart met



Figuur 8.4. Hoogwatertelgebieden en de veronderstelde laagwaterfoerageergebieden van de wadvogels die met hoogwater geteld worden in het onderzoek naar de relatie tussen HVP-gebruik en aanbod bodemdieren (Folmer, Ens & van der Zee in prep.).



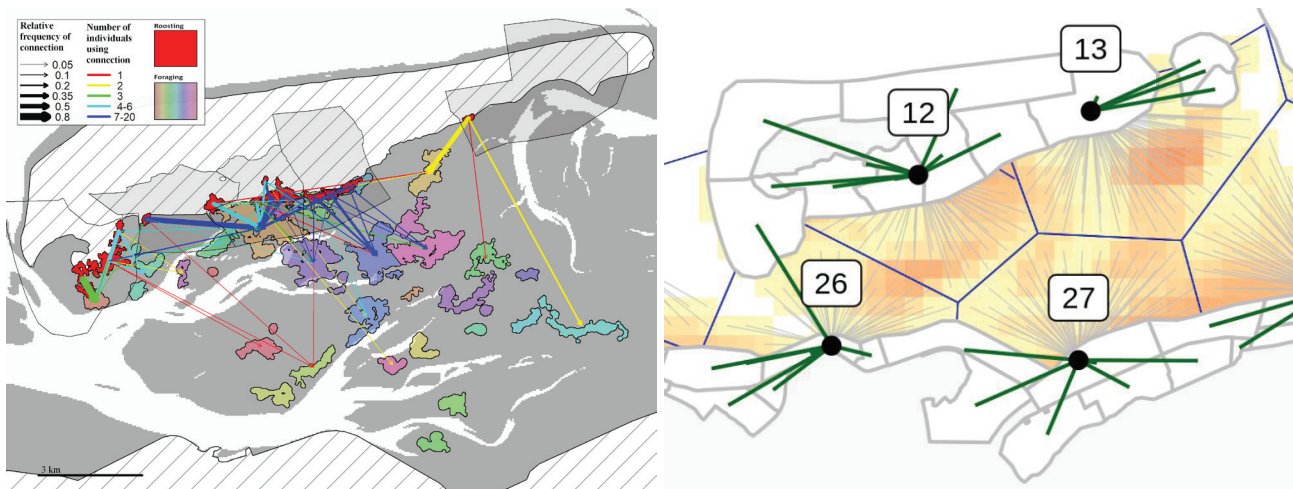
Figuur 8.5. Onderzoekgebied voor het terreingebruik van de Kanoeten die met hoogwater overtijen op Richel of Griend. Bron: van Gils et al. (2006b).

12 LGP's in de Nederlandse Waddenzee (Figuur 8.3).

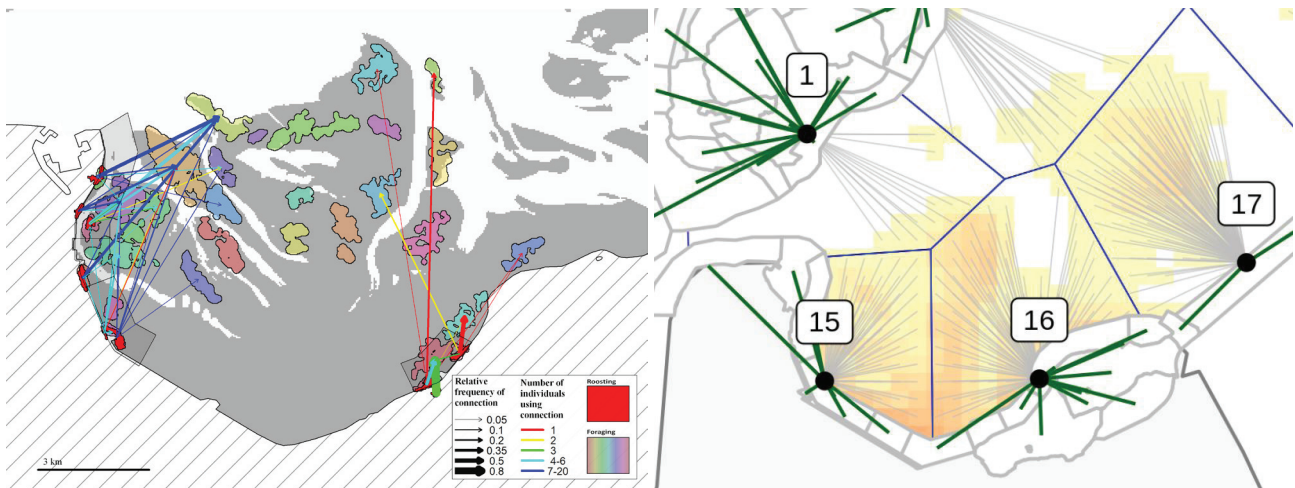
In een vergelijkbaar onderzoek naar onderbenutting van HVP's werd een veel groter aantal gebieden onderscheiden, namelijk 34 (van der Hut et al. 2014). Destijds werden alleen twee seizoenen voor de Scholekster onderzocht. Zeer recent is dit onderzoek herhaald voor 12 soorten wadvogels, waarbij de bodemdiergegevens werden gebruikt voor de jaren 2008 t/m 2014 en 2019 (Folmer, Ens & van der Zee in prep.). De onderscheiden LGP's staan weergegeven in Figuur 8.4. Uitgangspunt waren "virtuele HVP's" langs de randen van het wad op gelijke afstand van elkaar. Aan elke virtuele HVP werden de omliggende telgebieden toegekend en bij het omliggende wad werden met voronoi polygoenen, die zorgen voor een gelijke afstand tussen de virtuele

HVP's, de grenzen bepaald van het bijbehorende intergetijdegebied.

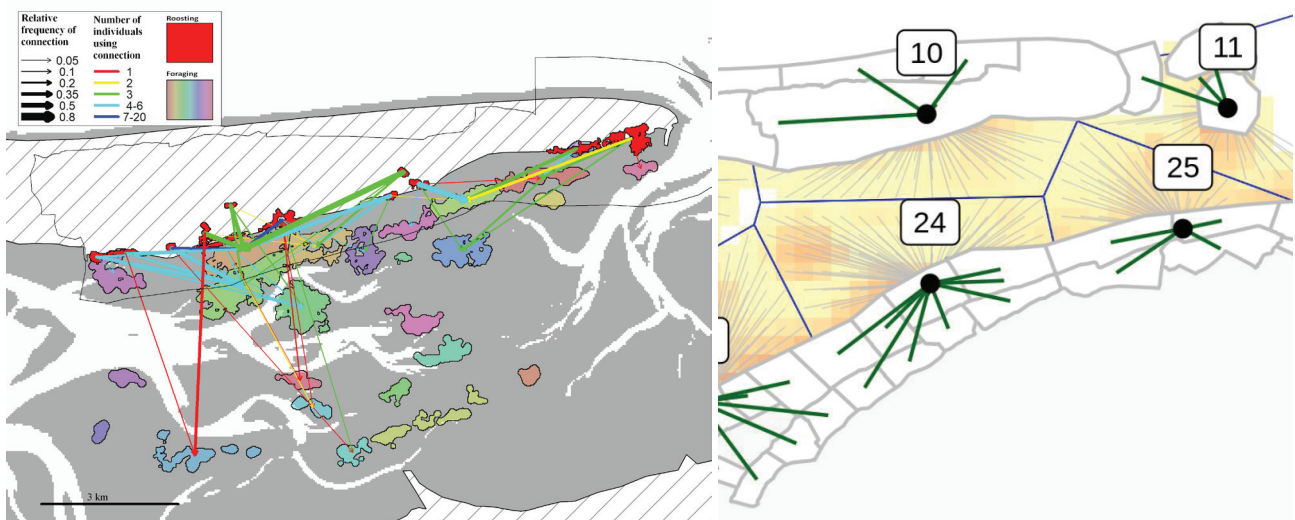
Hoe meer getijdepopulaties kunnen worden onderscheiden, hoe groter het onderscheidend vermogen van de statistische analyses, dus vergroting van het aantal onderscheiden getijde-populaties van 12 naar 34 zou een enorme verbetering inhouden. Bij de validatie van de proxies werd voor de Kluut de Ballastplaat aangemerkt als potentieel voedselgebied (Ens et al. 2018) en de aanname is dan dat de vogels die op de Ballastplaat naar voedsel zoeken overtijen op Griend (Figuur 8.3). Daar worden echter nooit Kluten waargenomen en het zou dus kunnen dat alle Kluten op de Friese kust overtijen op virtuele HVP21 (Figuur 8.4).



Figuur 8.6. Links: connectiviteit tussen de verschillende HVP's (in de figuur aangeduid als roost) en foerageergebieden voor het wad onder Schiermonnikoog. De dikte van de lijn is een maat voor de intensiteit en de kleur geeft het aantal individuen weer dat van deze connectie gebruik maakt. Bron: Bakker et al. (2021). Rechts: uitsnede voor Schiermonnikoog van de door Folmer, Ens & van der Zee (in prep.) onderscheiden LGP's.



Figuur 8.7. Links: connectiviteit tussen de verschillende HVP's (in de figuur aangeduid als roost) en foerageergebieden voor het Balgzand. De dikte van de lijn is een maat voor de intensiteit en de kleur geeft het aantal individuen weer dat van deze connectie gebruik maakt. Bron: Bakker et al. (2021). Rechts: uitsnede voor Balgzand van de door Folmer, Ens & van der Zee (in prep.) onderscheiden LGP's.

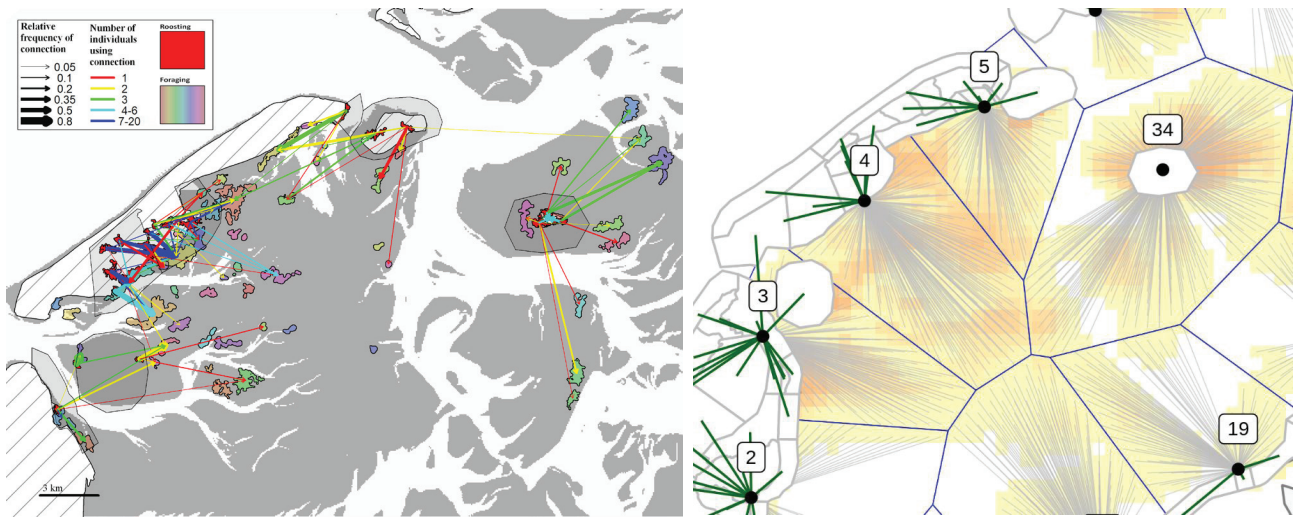


Figuur 8.8. Links: connectiviteit tussen de verschillende HVP's (in de figuur aangeduid als roost) en foerageergebieden voor het wad onder Ameland. De dikte van de lijn is een maat voor de intensiteit en de kleur geeft het aantal individuen weer dat van deze connectie gebruik maakt. Bron: Bakker et al. (2021). Rechts: uitsnede voor Ameland van de door Folmer, Ens & van der Zee (in prep.) onderscheiden LGP's.

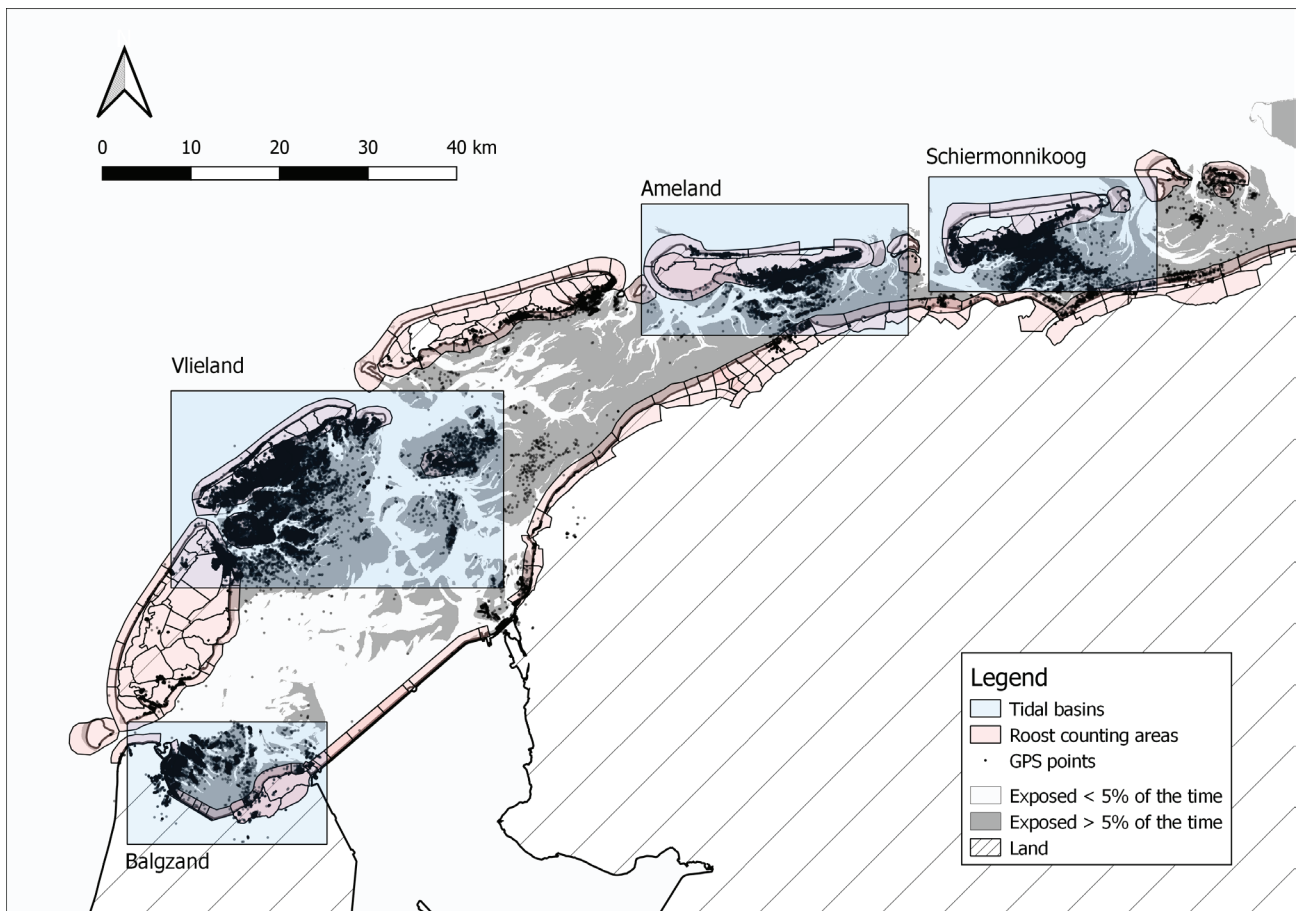
Dankzij het onderzoek aan gezenderde vogels kunnen wij de “virtuele” leefgebieden vergelijken met de werkelijke leefgebieden voor de Kanoet (van Gils & Piersma 1999; van Gils et al. 2000; van Gils et al. 2006b). Kanoeten die op Richel overtijen (HVP5) foerageren niet alleen rond Richel, maar ook in aanzienlijke aantallen op de Grienderwaard (HVP34) en de Ballastplaat (HVP21). Kanoeten die op Griend (HVP34) foerageren ook vaak op de Ballastplaat (HVP21). Dit valt wel allemaal binnen gebied 3 (Figuur 8.3). Voor de Kanoet is de opdeling in 34 getijdpopulaties dus waarschijnlijk niet bruikbaar.

Scholeksters vertonen een veel grotere plaatstrouw

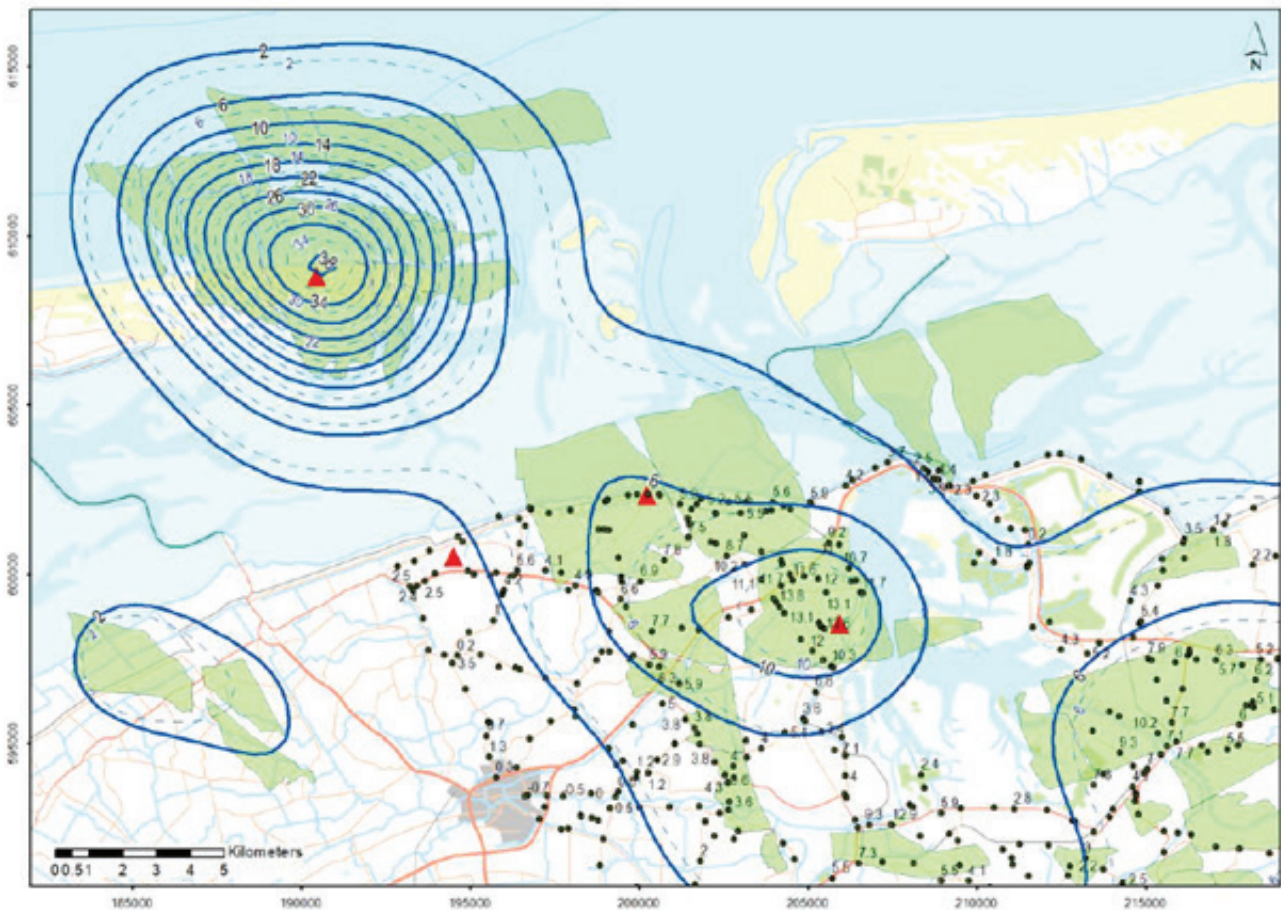
aan voedselgebied en hoogwatervluchtplaats en hier lijkt de opdeling in 34 getijdpopulaties wel bruikbaar zoals een uitgebreide analyse van het terreingebruik van met GPS-trackers uitgeruste Scholeksters bewijst (Bakker et al. 2021). Behalve een GPS was de tracker ook uitgerust met een accelerometer waarmee de activiteit bepaald kon worden (Shamoun-Baranes et al. 2012). Zodoende kon een onderscheid gemaakt worden tussen foeragerende en rustende Scholeksters. Voor vier gebieden kon de relatie tussen de laagwaterfoerageergebieden en de HVP in kaart gebracht worden en vergeleken met de door Folmer, Ens & van der Zee (in prep.) onderscheiden LGP's (Figuur 8.6, Figuur 8.7, Figuur 8.8,



Figuur 8.9. Links: connectiviteit tussen de verschillende HVP's (in de figuur aangeduid als roost) en foerageergebieden voor het wad onder Vlieland en Griend. De dikte van de lijn is een maat voor de intensiteit en de kleur geeft het aantal individuen weer dat van deze connectie gebruik maakt. Bron: Bakker et al. (2021). Rechts: uitsnede voor Vlieland en Griend van de door Folmer, Ens & van der Zee (in prep.) onderscheiden LGP's.



Figuur 8.10. Overzicht van de vier onderscheiden studiegebieden op een kaart met de hoogwatertelgebieden van Sovon, de droogvallende wadplaten en alle vastgelegde GPS-posities van met GPS-trackers uitgeruste Scholeksters Bakker et al. (2021).



Figuur 8.11. Totale bodemdaling in cm (status modelcontour: 1-1-2019) door gaswinning sinds de start van de Ameland, Anjum en Waddenzeeproductie. In blauw: contouren van de gemodelleerde bodemdaling (gestreepte contouren geven de bodemdaling op 1-1-2017 volgens de M&R-rapportage over 2017). De punten met label representeren de peilmerken met de gemeten hoogteverschillen tussen juni 1997 en augustus 2018. Boven de gasvelden Ameland-Oost, Nes/Moddergat en Anjum zijn op 4 posities continue GPS-metingen uitgevoerd sinds 2007 (rode driehoek). Bron: NAM (2019)

Figuur 8.9). Bij Ameland en Schiermonnikoog zou het verband waarschijnlijk nog beter zijn geweest als het analysegebied een groter deel van het vasteland had omvat, waar de foeragerende Scholeksters met GPS-trackers ook konden overtijnen (Figuur 8.10). Daarnaast is waarschijnlijk een verbetering mogelijk door laag gelegen en pas laat droogvallende wadplaten toe te kennen aan het direct aansluitende hoger gelegen wad en niet door een voronoi polygoon te laten afsnijden. We weten uit onderzoek dat de Scholeksters die op het Balgzand overtijnen de afgaande waterlijn volgend uiteindelijk de noordelijke laaggelegen wadplaten bereiken (Dokter *et al.* 2017). De vogels die daar foerageren overtijnen niet op Texel zoals Folmer, Ens & van der Zee aannemen (Figuur 8.7).

Een ander voordeel van de door Folmer, Ens & van der Zee onderscheiden LGP's is dat ze beter lijken aan te sluiten bij de bodemdalingsgebieden (Figuur 8.11) dan de veel grotere gebieden gebruikt voor de

eerdere validatie van de proxies (Ens *et al.* 2018). Dat betekent dat dezelfde gebiedsindeling gebruikt zou kunnen worden in de signaleringsmonitoring voor de analyse van de proxies en de analyse van de vogelaantallen.

Samenvattend: de door Folmer, Ens & van der Zee onderscheiden LGP's hebben belangrijke voordelen (grotere steekproef, koppeling van analyse van de proxies en analyse van de vogelaantallen en mogelijk betere aansluiting bij bodemdalingsgebieden) en lijken, zeker na wat kleine correcties, goed bruikbaar voor de Scholekster. Voor de Kanoet lijkt dit niet het geval in de westelijke Waddenzee, maar over de oostelijke Waddenzee zijn geen gegevens.

Voor de andere onderzoeksoorten ontbreken sowieso harde gegevens. Het watlas systeem van NIOZ onderzoeker Allert Bijleveld kan hier uitkomst bieden. Met dit systeem kunnen de bewegingen van grote aantallen (ook kleine) wadvogels langdurig gevolgd

worden met een zeer hoge resolutie in tijd en ruimte <https://www.nioz.nl/en/about/cos/coastal-movement-ecology/shorebird-tracking/watlas-tracking-regional-movements>.

8.3.4. Drukfactoren en hun effect(en)

Een groot aantal drukfactoren heeft waarschijnlijk effect op het voedsellandschap en de droogligtijd van het wad (Figuur 8.2). Een aantal drukfactoren (cursief aangegeven in het schema van de effectketen) varieert wel binnen de Waddenzee, maar waarschijnlijk via een gradiënt van west naar oost en er is waarschijnlijk geen sprake van sterk contrasterende effecten op het voedsellandschap in LGP's die vlakbij elkaar liggen. Het gaat om:

- Invasieve exoten, zoals de Japanse oester. Daarvan is bekend dat de ontwikkeling eerder op gang kwam in de westelijke Waddenzee dan in de oostelijke Waddenzee (van Stralen, Troost & van Zweeden 2012). Zie ook Figuur 7.1.
- Eutrofiering. Toevoer van de nutriënten naar de westelijke Waddenzee vanuit het IJsselmeer is eerst toegenomen en daarna afgenomen met duidelijke effecten op de bodemdieren (Philippart *et al.* 2007). In de oostelijke Waddenzee neemt de eutrofiering minder snel af.
- Klimaatverandering heeft veel verschillende effecten op het voedsellandschap. Wintertemperaturen hebben effect op de broedval, overleving en conditieverlies van bodemdieren. De oostelijke Waddenzee is 's winters kouder dan de westelijke Waddenzee en klimaatverandering kan deze gradiënt verzwakken of versterken. Het getijverschil is in de oostelijke Waddenzee sterker dan in de westelijke Waddenzee en een door opwarming van de aarde versterkte zeespiegelstijging zal waarschijnlijk meer effect hebben in de oostelijke Waddenzee.

Sterk contrasterende effecten op korte afstand zijn wel te verwachten bij:

- Schelpdiervisserij. Er zijn grote lokale verschillen in de omvang van de handkokkelvisserij van jaar op jaar (Troost & Van Asch 2019). Tot nu zijn de vangsten niet verdisconteerd in de berekeningen van de proxies. Dit zal vooral effect hebben op de proxies voor de Scholekster. De omvang van de vangsten wordt goed geregistreerd, maar dat geldt niet voor de locatie van de vangsten. Om de kokkelvangsten te verwerken in de proxy berekeningen moet de locatie van die vangsten nauwkeuriger worden vastgelegd, of er moeten aannames worden gedaan over die locatie (bijvoorbeeld plekken met de grootste kokkels eerst).
- Diepe bodemdaling. Eerder onderzochten wij de gevoeligheid van de proxies voor bodemdaling en welk deel van de variatie in proxywaardes ver-

klaard kon worden door variatie in gemeten bodemhoogte (Ens *et al.* 2017a). Voor het antwoord op de vraag naar de gevoeligheid werden vier scenario's ontwikkeld:

- o De daling van de diepe ondergrond vertaalt zich één op één als een kuil aan het oppervlak + de verspreiding van de bodemdieren is direct gerelateerd aan de bodemhoogte (de bodemdieren schuiven mee).
- o De daling van de diepe ondergrond wordt uitgesmeerd over de hele komberging waarbinnen de daling zich afspeelt + de verspreiding van de bodemdieren is direct gerelateerd aan de bodemhoogte (de bodemdieren schuiven mee).
- o De daling van de diepe ondergrond vertaalt zich één op één als een kuil aan het oppervlak + de bodemdieren blijven op hun plaats en dalen mee.
- o De daling van de diepe ondergrond wordt uitgesmeerd over de hele komberging waarbinnen de daling zich afspeelt + de bodemdieren blijven op hun plaats en dalen mee.

Het effect van diepe bodemdaling is natuurlijk het centrale element in de onderhavige signaleringsmonitoring. De bovengenoemde vier scenario's bestaan in feite uit combinaties van twee scenario's over hoe diepe bodemdaling uitwerkt op de wadbodem (de pijlen tussen diepe bodemdaling en de abiotiek van het wadoppervlak in het schema van de effectketen) en twee scenario's over hoe de bodemdieren reageren op veranderingen van de wadbodem (de pijlen tussen de abiotiek van de wadbodem en het voedsellandschap in het schema van de effectketen). De wijze waarop diepe bodemdaling uitwerkt op de wadbodem wordt wat betreft hoogteligging vastgelegd met de LiDAR metingen die onderdeel zijn van de monitoring. Het voorkomen van bodemdieren is gerelateerd aan bodemhoogte, maar het verband is niet erg sterk door de hoge tolerantie van veel bodemdieren (Beukema 2002; Folmer *et al.* 2017). Er zijn ook relaties met sedimentsamenstelling, maar ook hier is de tolerantie van de bodemdieren groot (Folmer *et al.* 2017). Kleine maar systematische veranderingen in sediment en bodemhoogte zullen op de lange duur desondanks zeker effect hebben op de bodemdieren.

Door net als eerder (Ens *et al.* 2017a) te analyseren welk deel van de variatie in de te onderzoeken proxy verklaard kan worden door de waargenomen variatie in de hoogte van de wadbodem, kan bepaald worden of er een negatieve relatie is met bodemdaling. Zo ja, dan kan bepaald worden welk deel van de negatieve trend verklaard kan worden door bodemdaling. Een dergelijke analyse is echter alleen zinvol als er sprake is van een gevalideerde proxy voor draagkracht.



Figuur 8.12. Kaart van de gemiddelde waarde van de gevalideerde proxy voor draagkracht BMAanw in de hele Waddenzee voor de Scholekster over de jaren 2008-2013.

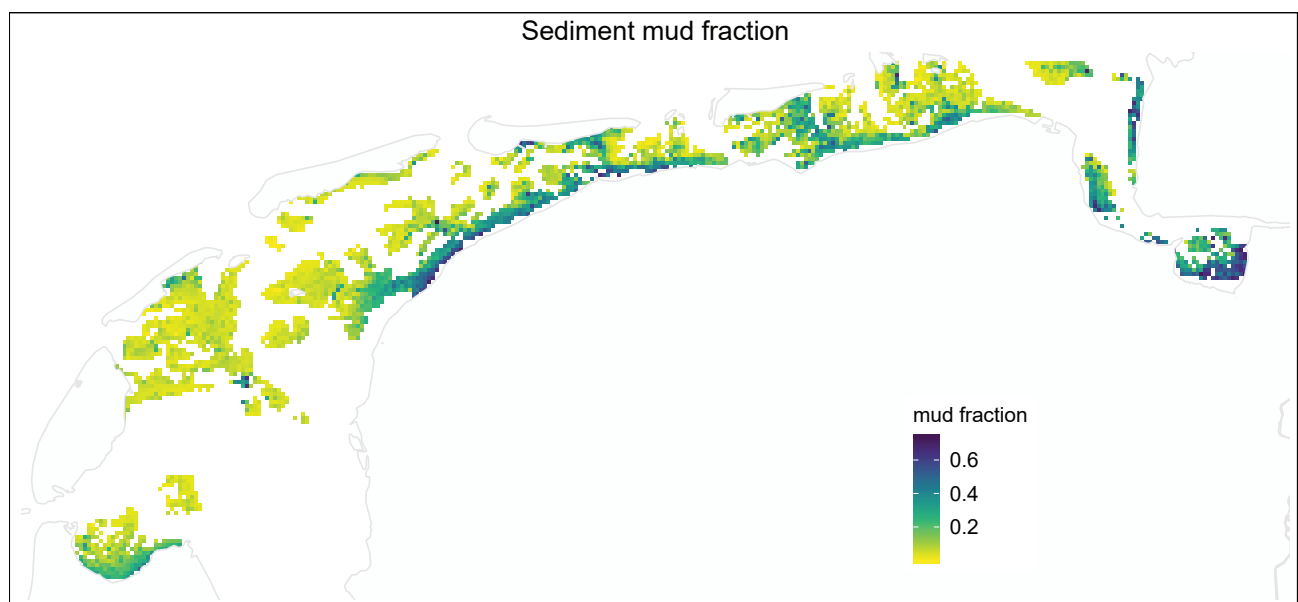
8.3.5. Voedsellandschap

Voor vijf soortseizoen combinaties kan op basis van de Waddenzee-brede gegevens over de jaren 2008-2013 het voedsellandschap beschreven worden met een gevalideerde proxy voor draagkracht: Scholekster in jan en sept, Bonte Strandloper in sept, Wulp in sept en Rosse Grutto in aug (Ens *et al.* 2019a). Voor Scholekster is het gemiddelde Waddenzee-brede kaartbeeld weergegeven in Figuur 8.12. Duidelijk zijn een aantal plekken waar nooit veel voedsel te vinden is, zoals het zuiden van het Balgzand, het zuiden van de vlakte van Kerken bij Texel, het wad onder Vlieland en het Eems-Dollard gebied.

De signaleringsmonitoring zou sterk verbeterd kun-

nen worden als voor meer vogelsoorten gevalideerde proxies voor draagkracht ontwikkeld zouden kunnen worden. Onderzoek daarnaar zou sterk geholpen worden als de survey gegevens van het SIBES programma niet alleen jaarlijks beschikbaar zouden komen voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, maar net als de WMR schelpdiersurveys voor de Waddenzee als geheel. Dit kan misschien gerealiseerd worden in het kader van de basismonitoring <https://basismonitoringwadden.waddenzee.nl/>. Daarnaast kan in ieder geval voor de Scholekster gerekend worden met kleinere LGP's bij de validatie-berekeningen.

Er zijn goede redenen om aan te nemen dat het voedsellandschap (de mogelijkheid voor verschillende vogelsoorten om voedsel te bemachtigen)



Figuur 8.13. Sedimentsamenstelling (percentage silt) in de Waddenzee. Bron: Folmer *et al.* (2017).

niet alleen bepaald wordt door de aanwezigheid van prooidieren. Hierbij moet vooral gedacht worden aan de sedimentsamenstelling. Langs de vastelandskust is het wad veel slikkiger dan onder de eilanden (Figuur 8.13). De Kluut lijkt aangepast om met zijn dunne opgewipte snavel door zacht slik te maaien en zo op de tast zijn prooidieren te vinden. De grote aantallen Kluten worden dan ook langs de kust geteld. Omgekeerd lijkt de Drieteenstrandloper aangepast om hard over het zandige strand te rennen en de hvp's van deze soort liggen dan ook nooit op de vastelandkust, maar op de eilanden. Ook de Rosse Grutto preferereert zeer zandig sediment, terwijl Kanoeten op niet zeer zandig of zeer slikkig sediment gevonden worden en Scholeksters op alle soorten sediment worden aangetroffen (Zwarts 1988; Ens, Wintermans & Smit 1993; Yates *et al.* 1993; Brinkman & Ens 1998; Granadeiro, Andrade & Palmeirim 2004; Ens *et al.* 2005; Granadeiro *et al.* 2007). Ook de bodemdieren zijn gerelateerd aan sediment (Beukema 1976; Folmer *et al.* 2017), maar de niche is voor veel bodemdiersoorten zeer breed. Het is daarom voorstelbaar dat wat op grond van voedselaanbod een geschikt voedselgebied lijkt voor een bepaalde vogelsoort dat vanwege de sedimentsamenstelling niet is.

Door bepaalde laagwatergebieden voor bepaalde soorten als geschikt en ongeschikt aan te merken hebben we hier in zekere mate al rekening mee gehouden (Ens *et al.* 2017a). In de vorige rapportage is hier onderzoek naar gedaan. Met uitzondering van de Steenloper is het verschil in de gemiddelde sediment samenstelling tussen 'aan' en 'uit' gebieden zeer significant en in de verwachte richting voor de betreffende vogelsoorten (Ens *et al.* 2020), maar de verklaarde variantie was voor veel soorten gering. Dit betekent dat de gemaakte (al of niet correcte!) expert-inschatting over het gebruik van de potentiële foerageergebieden door deze zeven soorten niet zonder meer zijn te vervangen door het gemiddelde slibgehalte (of korrelgrootte) van de SIBES-monsters in die gebieden. In een verkenning waarbij de met hoogwater getelde vogelaantallen per gebied werden gerelateerd aan de gemiddelde sedimentsamenstelling werd zelfs geen enkele aanwijzing gevonden voor een relatie. Nieuwe validatie-berekeningen, waarbij de bodemdiergegevens en de sedimentgegevens niet worden gemiddeld per gebied, maar samenhangend per monsterpunt worden gebruikt, zullen hier naar verwachting uitkomst bieden.

8.3.6. Kwaliteit van de HVP

In de berekening van de proxies wordt de kwaliteit van de HVP tot nu toe niet meegenomen. De volgende factoren kunnen een rol spelen:

- **Habitat.** Tijdens hoogwater kunnen wadvogels

overtijen op kale zandplaten, kwelders, dijken en binnendijks in polders. Er zijn opvallende verschillen in habitatvoorkeur tussen vogelsoorten (Koffijberg *et al.* 2003). Kanoeten prefereren kale zandplaten, terwijl Scholeksters regelmatig op dijken worden gezien. Deze voorkeuren hangen mogelijk samen met het predatie-risico (of de "inschatting" van dat predatierisico door de vogels) in de verschillende habitats.

- **Verstoring.** In het schema van de effectketen is dit in feite al weergegeven als het verstoringsland-schap tijdens hoogwater.
- **Afstand tot de laagwaterfoerageergebieden.** Hoe verder de vogels moeten vliegen naar het voedselgebied, hoe hoger de energetische kosten. In de berekeningen aan onder- en overbenutting van HVP's is het voedselaanbod daarom afge-waardeerd met toenemende afstand (van der Hut *et al.* 2014; Folmer, Ens & van der Zee *in prep.*). In *individual-based* models is zo'n afwaardering automatisch ingebouwd omdat rekening wordt gehouden met de reiskosten van de vogels. In toekomstige validatie-berekeningen van de proxies zou dit ook kunnen worden verdisconteerd.
- **Aanwezigheid binnendijkse foeragemogelijkheden.** Van verschillende vogelsoorten is bekend dat ze niet alleen op het wad naar voedsel zoeken, maar ook in meer of mindere mate gebruik van weilanden in de omgeving. Overwinterende Scholeksters kunnen massaal in de weilanden naar voedsel zoeken als het wad bij langdurige stormperiodes niet droogvalt (Heppleston 1971; Goss-Custard & Durell 1988; Ens *et al.* 2015a); zie ook Figuur 8.14. Het zijn vooral de langsnavelige op wormen gespecialiseerde vrouwtjes die in de weilanden gaan fourageren (van der Kolk *et al.* 2019). Overwinterende Wulpen foerageren ook vaak in de omliggende weilanden en in de herfst kunnen sommige individuen, vooral de (kortsnavelige) mannetjes zelfs overstappen op uitsluitend in de weilanden foerageren (Ens & Zwarts 1980). Rosse Grutto's die opvetten in het voorjaar om naar het hoge noorden te trekken verlengen hun foerageertijd door met hoogwater in de weilanden naar voedsel te zoeken (van de Kam *et al.* 1999). Er zijn grote verschillen tussen hvp's wat betreft omvang en nabijheid van weilanden. Zo ontbreken weilanden op Rottumeroog, Rottumerplaat, de Boschplaat op Terschelling en de Vliehors bijvoorbeeld. Langs de Friese kust en rond het Balgzand zijn juist wel veel weilanden te vinden. Dit verklaart zeer waarschijnlijk waarom de aantallen Scholeksters op de oostpunt van Schiermonnikoog halveren in de loop van de winter, terwijl de aantallen Scholeksters langs de Friese kust bij Paesens jaarlijks verviervoudigen (Zwarts, Wanink & Ens 1996). Kortom, voor een aantal vogelsoor-



Figuur 8.14. Overwinterende Scholeksters die met hoogwater in de polder van Terschelling naar voedsel zoeken (en daarbij beroofd worden door Stormmeeuwen). Foto genomen op 31 januari 2016.

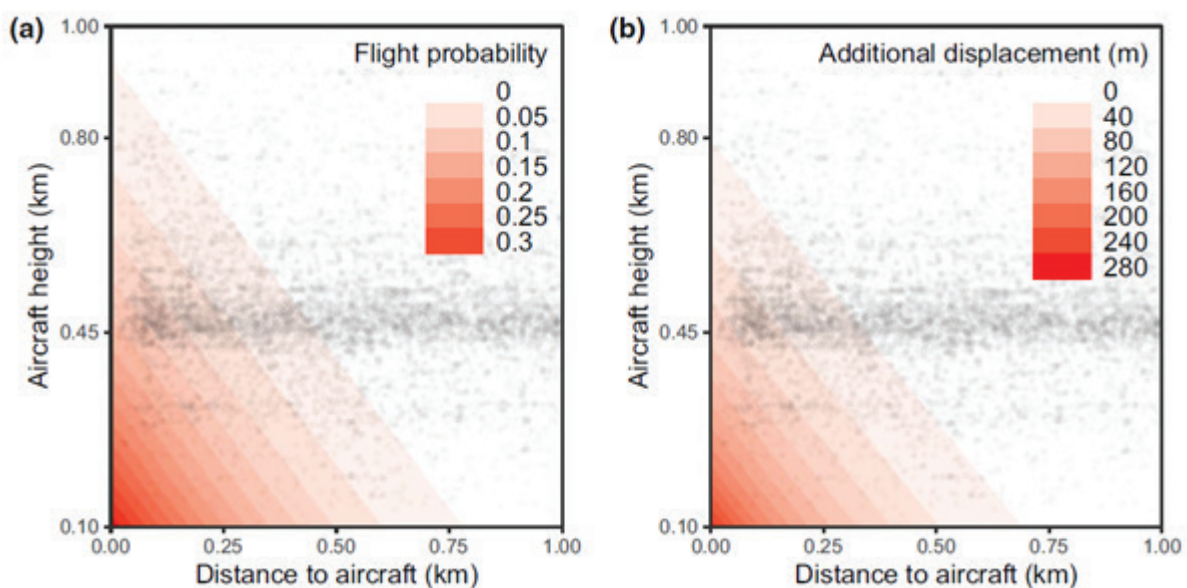
ten zijn ook de binnendijkse graslanden belangrijk in het bepalen van de lokale draagkracht in de verschillende delen van de Waddenzee.

8.3.7. Verstoringslandschap

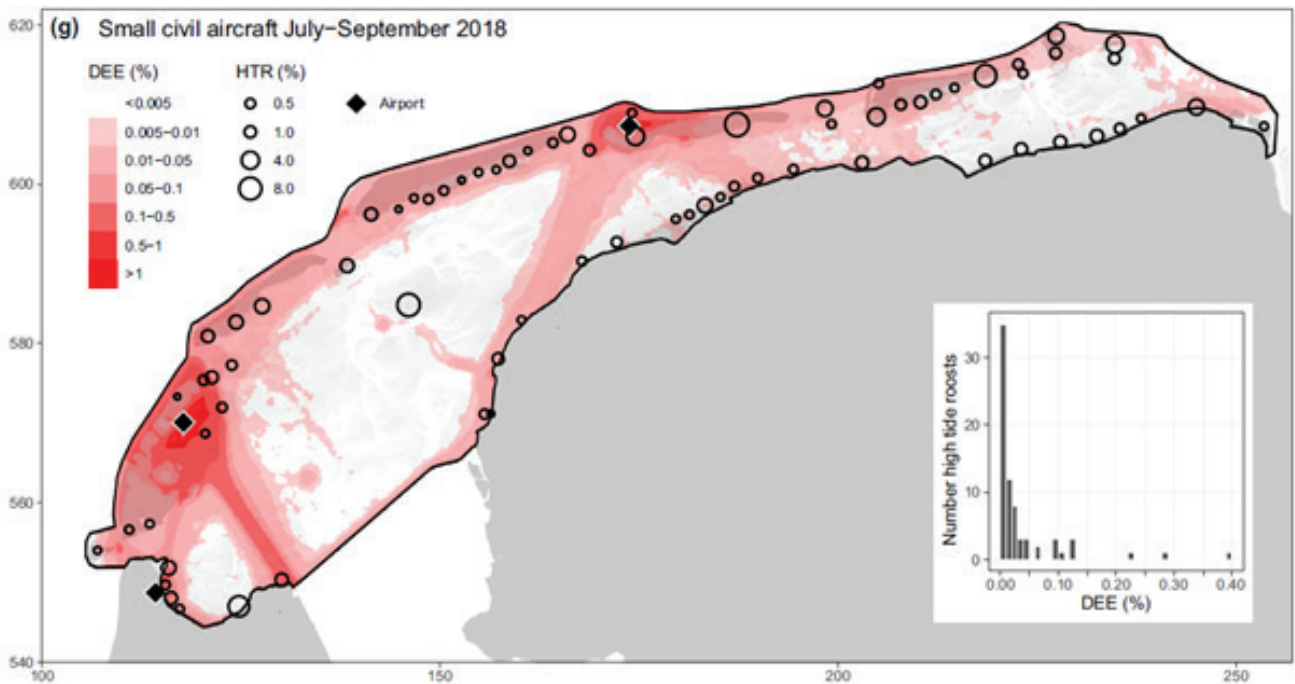
Het verstoringslandschap heeft naast het voedsellandschap mogelijk ook een groot effect op de aantallen vogels in een LGP (Figuur 8.2). In dit hoofdstuk beschrijven we de vorderingen die gemaakt zijn in het meten van het verstoringslandschap en de mogelijkheden om het verstoringslandschap voor alle belangrijke verstoringsbronnen in kaart te brengen. In het kader van CHIRP <https://www.chirpscholekster.nl/> is uitgebreid onderzoek gedaan naar verstoring van Scholeksters door vliegtuigen (van der Kolk *et al.* 2020a; Van der Kolk *et al.* 2020b; van der Kolk

et al. 2021). Omdat zowel de Scholeksters als de vliegtuigen met GPS waren uitgerust kon het tijd- en energieverlies door verstoring goed bepaald worden. Een belangrijk element is de dosis-effect relatie bij elk type vliegtuig. Als voorbeeld de kans op verstoring en de na verstoring afgelegde vluchtafstand als functie van de afstand tot het vliegtuig en de hoogte van het vliegtuig (Figuur 8.15). Hoe lager de sportvliegtuigjes, hoe hoger de kans op verstoring, maar de meeste sportvliegtuigjes houden zich aan de wettelijke vlieghoogte en vliegen hoog genoeg om nauwelijks verstoring te veroorzaken.

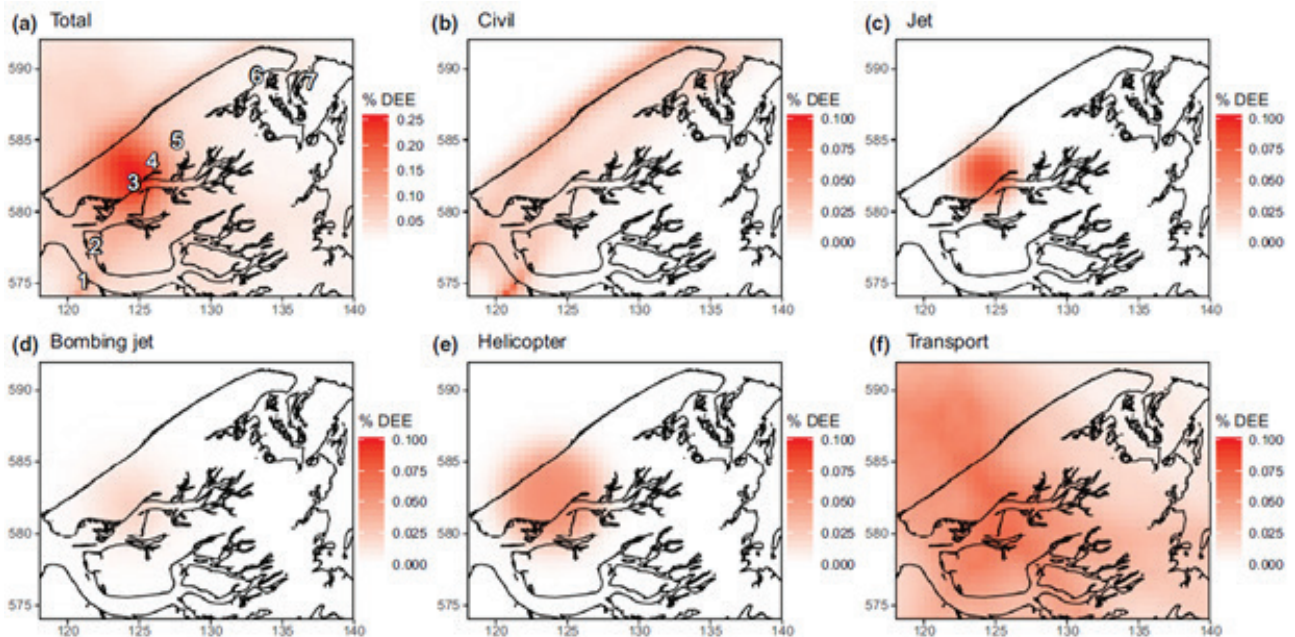
Combinatie van deze dosis-effect relaties met gegevens over het vliegverkeer van sportvliegtuigjes in de hele Waddenzee maakt het mogelijk het versto-



Figuur 8.15. Het gecombineerde effect van vlieghoogte en afstand tot kleine civiel vliegtuigjes op de kans op verstoring (a) en afgelegde vluchtafstand (b). De data waarop deze weergegeven functies zijn gebaseerd zijn geplot als grijze punten. Bron: van der Kolk *et al.* (2020a)



Figuur 8.16. Het verstoringslandschap voor Scholeksters veroorzaakt door sportvliegtuigjes in de gehele Nederlandse Waddenzee voor juli-september 2018, waarbij de voorspelde verstoringskosten zijn uitgedrukt als procentuele verhoging van de dagelijkse energiebehoefte (DEE). Ook weergegeven de omvang van de HVP's als percentage van de totale populatieomvang van ongeveer 100.000 (inzet: frequentieverdeling van HVP'S ten opzichte van gemiddelde verstoringskosten rond de HVP). Bron: van der Kolk et al. (2020a).



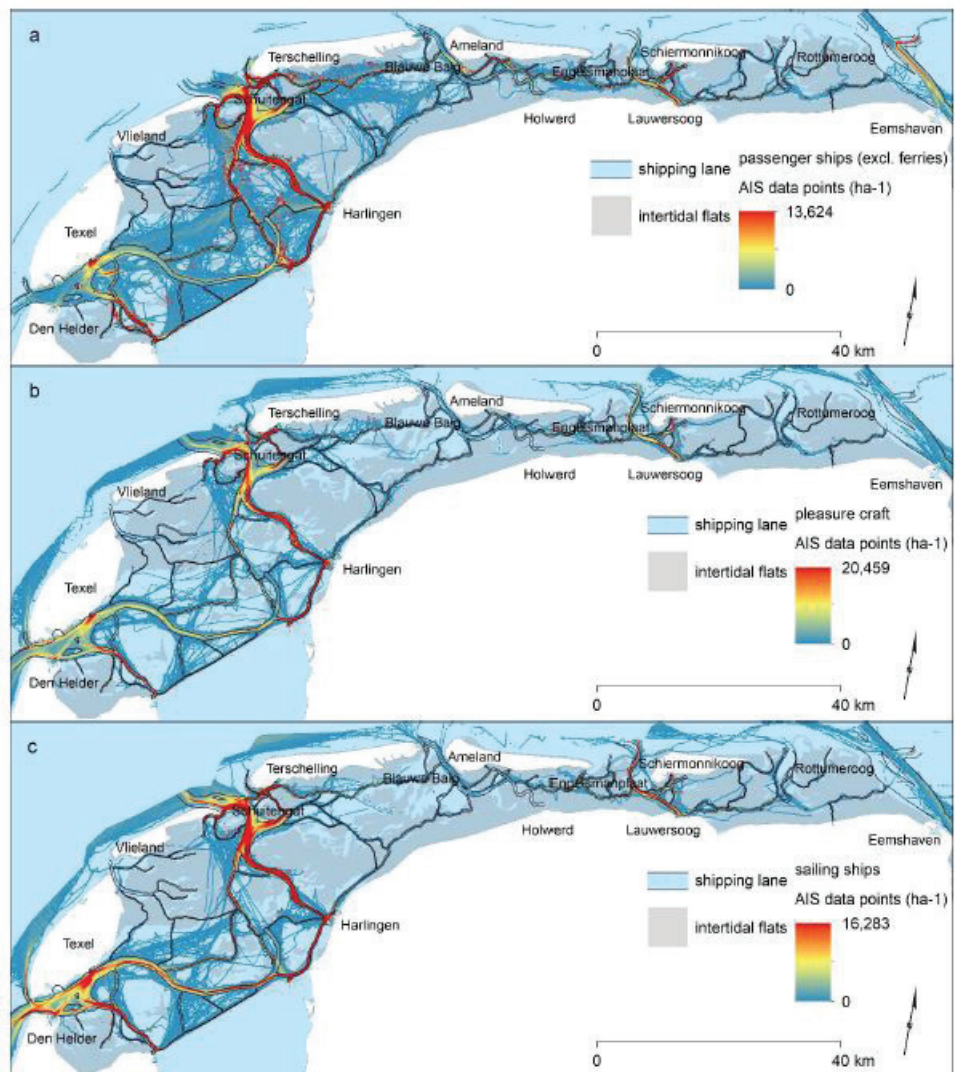
Figuur 8.17. Ruimtelijke verschillen in kosten voor vliegtuigverstoring voor Scholeksters, uitgedrukt als het gemiddelde percentage extra dagelijkse energie-uitgave (% DEE). Verstoringslandschapskaarten voor de totale vliegtuigactiviteit (a) en alle vliegtuigactiviteiten afzonderlijk (b-f) in het studiegebied van 1 mei 2017 tot 31 maart 2019. De nummers 1 t/m 7 zijn de HVP's. Bron: van der Kolk et al. (2020a).

ringslandschap als gevolg van deze verstoringbron Waddenzee-breed in kaart te brengen (Figuur 8.16).

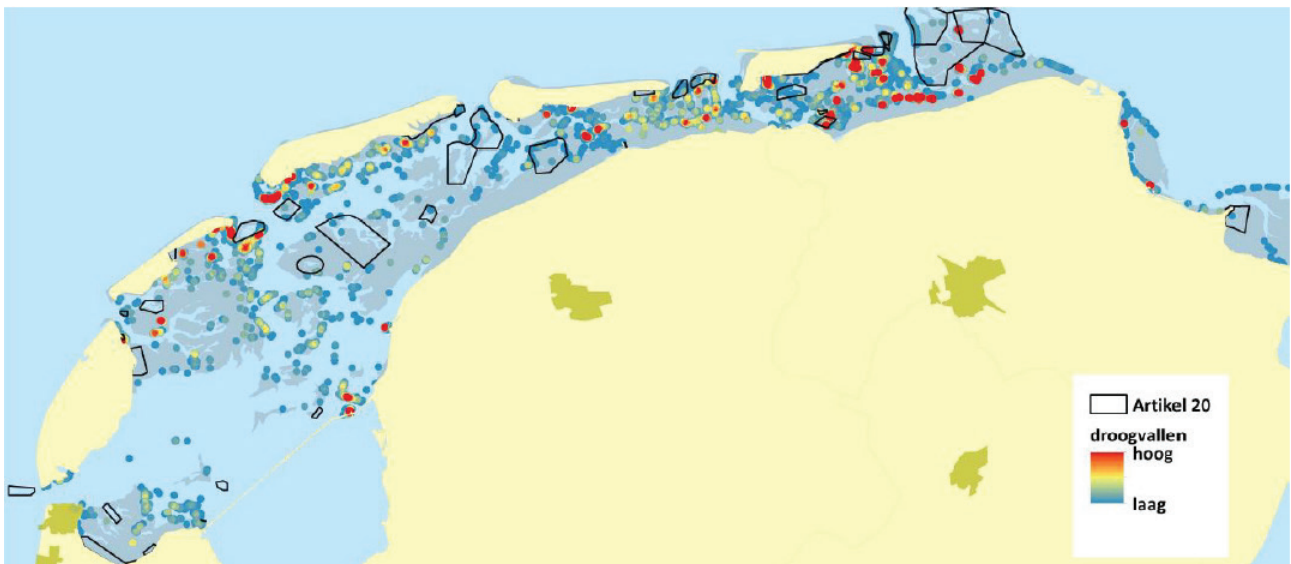
Sportvliegtuigjes veroorzaken weinig verstoring, maar de verstoring door traag vliegende transportvliegtuigen is enorm. Het effect van helicopters en bommen gooiende straalvliegtuigen is intermediair, maar dat bommen gooien komt zelden voor. Straalvliegtuigen hebben weinig effect, maar oefenen heel vaak boven de Vliehors. Voor al deze vliegende verstoringbronnen is het versturende effect bepaald en de frequentie van voorkomen in kaart gebracht en opgeteld (Figuur 8.17).

Naast verschillen tussen verstoringbronnen zijn er ook verschillen tussen vogelsoorten. Overtijdende Rosse Grutto's lijken veel meer verstoord worden door vliegtuigen en roofvogels, dan Wulpen (van der Kolk *et al.* 2020b), die van alle steltlopersoorten de grootste opvliegafstand hebben voor wandelaars (Krijgsveld, Smits & van der Winden 2008). Waarschijnlijk lopen Rosse Grutto's meer risico door een Slechtvalk gepakt te worden dan Wulpen, terwijl

Wulpen meer risico lopen van bejaging. MOCO (monitoring consortium bestaande uit Vandertuuk Revisited, De Karekiet, Rijksuniversiteit Groningen, Altenburg & Wymenga en Sovon Vogelonderzoek Nederland) heeft de afgelopen jaren hard gewerkt aan het in kaart brengen en een goede monitoring organiseren van het verstoringlandschap veroorzaakt door de vaarrecreatie (Ens *et al.* 2019c; Meijles *et al.* 2019; Van der Tuuk *et al.* 2019). Boten langer dan 20 m zijn verplicht AIS te voeren, die elke paar minuten hun positie vastlegt. Deze gegevens zijn geanonimiseerd beschikbaar en daarmee kunnen de vaarbewegingen van allerlei typen schepen Waddenzee-breed worden vastgelegd (Figuur 8.18). Wanneer de AIS-gegevens worden gekoppeld met intertides (Rappoldt, Roosenschoon & van Kraalingen 2014) kan vlakdekkend berekend worden waar (en wanneer) deze boten droogvallen en voor verstoring van de voedselzoekende vogels kunnen zorgen (Meijles *et al.* 2018). Droogvallen komt vooral veel voor rondom Richel, de Noordsvaarder, Engelsmanplaat en ten zuiden van Schiermonnikoog (Figuur 8.19).



Figuur 8.18. Vaarintensiteit (AIS data punten per ha) voor de Waddenzee in het vaarseizoen 2018 voor (a) passagierschepen, (b) pleziervaartuigen, (c) zeilboten. Bron: Meijles *et al.* (2021).

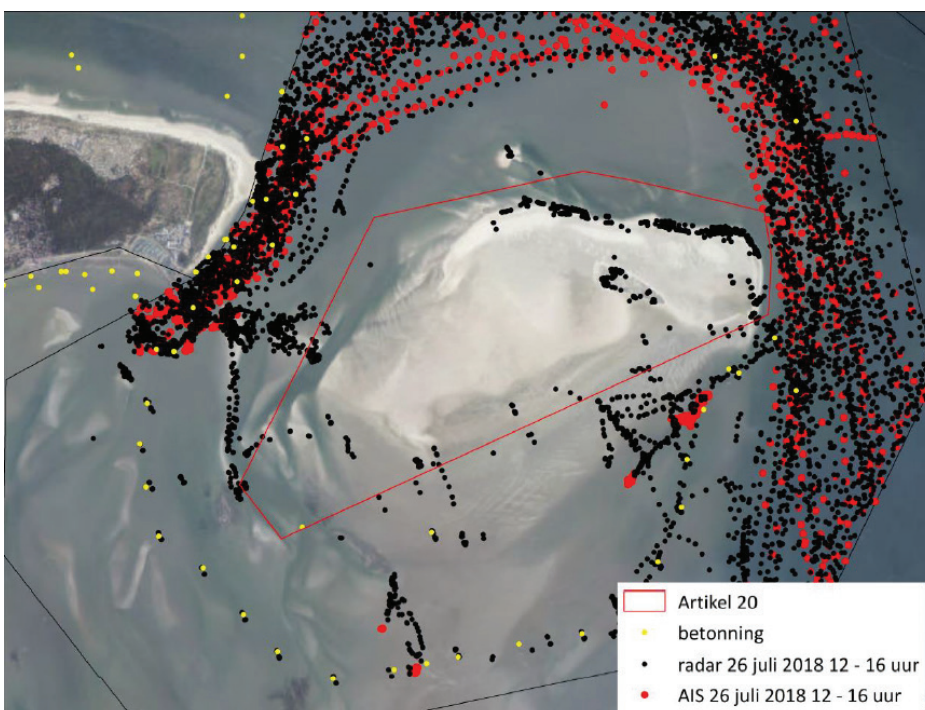


Figuur 8.19. Punt dichtheidkaart van droogvallers tijdens het vaarseizoen 2017 voor het gehele Waddengebied op basis van AIS. Ook aangegeven de grenzen van artikel 20 gebieden, waar droogvallen niet is toegestaan. Bron: Meijles et al. (2018).

Wat nog ontbreekt is de monitoring van kleinere boten en menselijke verstoringsbronnen. Hier biedt de radar van de kustwacht uitkomst. Die radarbeelden worden continu opgeslagen, maar de radar ziet veel meer dan alleen boten (Meijles et al. 2019). Ook boeien, mensen en branding kunnen voor reflecties zorgen (Figuur 8.20). De door de auditcommissie voorgestelde *machine learning* lijkt bij uitstek geschikt om de radar reflecties aan de juiste bron toe te wijzen en zo het verstoringslandschap beter in beeld te brengen. Dat vereist nog wel een grote onderzoekinspanning zoals terecht wordt gemeld in het

analysedocument over verstoring opgesteld voor de basismonitoring (Bos 2021).

Menselijke bewegingen kunnen gevolgd worden met radar, maar een aanzienlijk aantal mensen legt de eigen bewegingen vast middels strava (Figuur 8.21). Hoewel aanzienlijk, blijft het natuurlijk een fractie van alle bezoekers aan een gebied en een ijking is nodig hoe hoog die fractie is. Daarmee ontstaat echter wel een Waddenzee-breed beeld van menselijke aanwezigheid tijdens hoog- en laagwater op het wad en op het land.



Figuur 8.20. Radar (zwart)- en AIS-punten (rood) bij Richel (binnen het zwarte kader) op 26 juli 2018 tussen 12 en 16 uur. Ook weergegeven de betonning (gele stippen). Uit veldwaarnemingen is bekend dat de radar reflecties rechtsboven op de kust van Richel de branding betreft en rechtsonder zijn mensen die van de wadhut naar de voor anker liggende boten lopen en omgekeerd. Bron: Meijles et al. (2019).

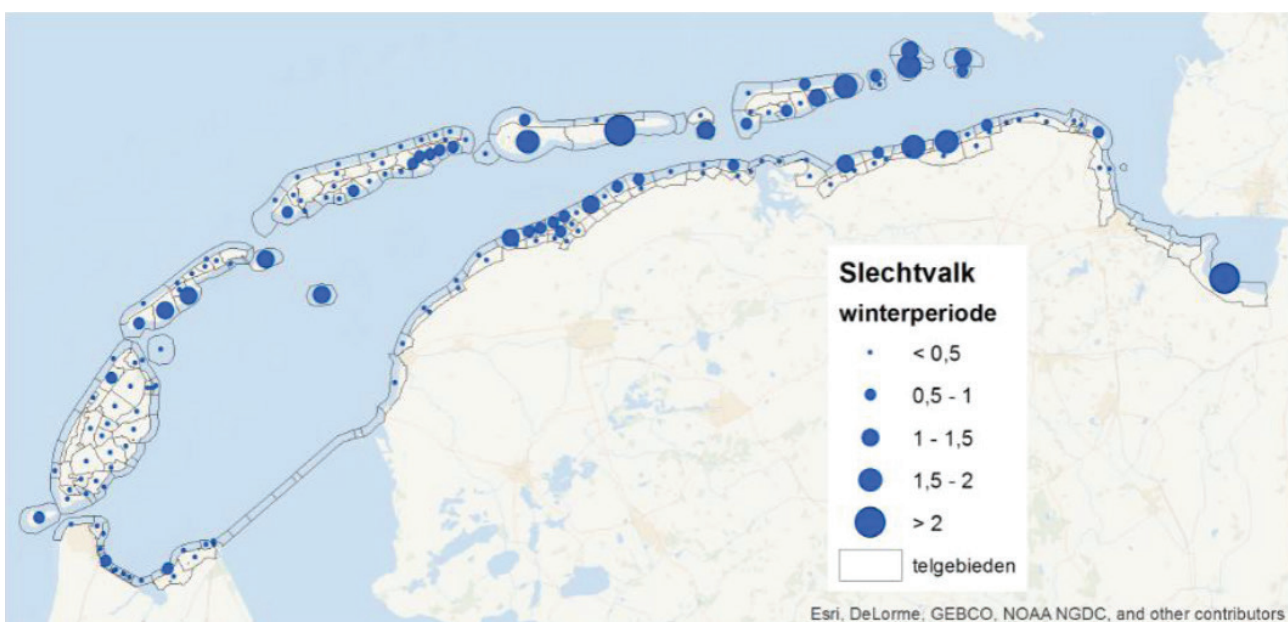


Figuur 8.21. Activiteit van hardlopers in en rond de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, zoals geregistreerd in de Strava heatmap <https://www.strava.com/heatmap#11.19/6.23046/53.42102/blue/run>. Hoe lichter blauw, hoe hoger de dichtheid. Sommige hardlopers hebben ook hun track op de boot geregistreerd, maar de wandlooproutes zijn duidelijk zichtbaar. Ook is duidelijk dat de drukst bezochte gebieden op land liggen.

Naast de vele menselijke verstoringbronnen zijn er ook natuurlijke verstoringbronnen, met name roofvogels. Het predatierisico van overwinterende wadvogels kan soms hoog zijn (Cresswell & Whitfield 1994; Whitfield 2003a; Whitfield 2003b), maar het kan er ook voor zorgen dat bepaalde (voedselrijke) gebieden gemeden worden omdat het predatierisico hoog is (van den Hout 2009; Ydenberg *et al.* 2017). In de Waddenzee zou dit effect wel eens het belangrijkste kunnen zijn. Zo is de hypothese gelanceerd dat de Kanoeten tegenwoordig in het najaar van de

oostelijke naar de westelijke Waddenzee trekken om hoge predatie door Slechtvalken te voorkomen (Buiten, Govers & Piersma 2016). Dat betekent dat delen van de Waddenzee niet benut worden, ook al is het voedselaanbod meer dan voldoende.

De roofvogels zorgen ook voor verstoring van de vogels die wel in het gebied blijven, wat tijd- en energieverlies betekent, waardoor gebieden ook minder aantrekkelijk kunnen zijn dan op grond van het voedselaanbod verwacht kan worden. Het wegvlie-



Figuur 8.22. Verspreiding van de Slechtvalk in de Waddenzee in het winterseizoen op basis van de door Sovon georganiseerde hoogwatertellingen. Bron: Ens *et al.* (2017b).

gen voor menselijke verstoringsbronnen (waaronder ook boten en vliegtuigen) is net als het opvliegen voor roofvogels een vorm van antipredator gedrag.

Sinds 1989/1990 worden naast de overtuigende steltlopers ook standaard de roofvogels geteld tijdens de door Sovon gecoördineerde hoogwatertellingen in de Waddenzee. De op vogels gespecialiseerde Slechtvalk is 's winters vooral talrijk in de oostelijke Waddenzee (Figuur 8.22). Er is dus al een goede monitoring van deze natuurlijke verstoringsbron. Wat nog ontbreekt is een goede bepaling van de dosis-effect relatie.

Samenvattend: een goede Waddenzee-brede monitoring van het verstoringslandschap is mogelijk. In feite is er al sprake van een continue monitoring van alle menselijke en natuurlijke verstoringsbronnen tijdens hoog- en laagwater. Wat ontbreekt is een geautomatiseerde bewerking en interpretatie van de verschillende gegevensbronnen (AIS, radar, strava, predatortellingen etc). Op onderdelen zou de door de audit commissie voorgestelde *machine learning* zeer goed kunnen worden ingezet. Een goed beeld van het verstoringslandschap zou ook helpen om betere referentiegebieden te kiezen, een ander belangrijk voorstel van de audit commissie.



9. Aanbevelingen

In de afgelopen jaren is gewerkt aan een signaleringsmonitoring van eventuele negatieve gevolgen van bodemdaling door gaswinning op beschermde vogelsoorten. Hiervoor zijn proxies voor draagkracht ontwikkeld. Dankzij de hoge onderlinge correlatie voldeden zij als instrument voor de signaleringsmonitoring, maar het beperkte succes bij de validatie betekent dat begrip over de factoren die verspreiding van de onderzochte wadvogels in de Waddenzee bepalen en veranderingen in die verspreiding sturen vooralsnog beperkt is. In het voorgaande hoofdstuk zijn de aanbevelingen van de audit commissie besproken en de discussie over de ecologische verklaringen van de waargenomen veranderingen is opgehangen aan een uitwerking van de effectketen tussen drukfactoren, zoals diepe bodemdaling, en de vogelaantallen. Dit leidt tot de volgende aanbevelingen:

- (1) Neem als eenheid voor de analyse het leefgebied van een getijdepopulatie (LGP). Dit kan op basis van beschikbare kennis en de door Folmer, Ens & van der Zee (*in prep.*) gehanteerde aanpak.
- Verzamelen van aanvullende waarnemingen is in sommige gevallen nodig.
- (2) Probeer een inschatting te maken van de omvang van de handkokkelvisserij in de afgelopen jaren in de verschillende LGP's en verdisconteer dit in de draagkrachtproxies voor de Scholekster.
- (3) Als de SIBES gegevens Waddenzee-breed beschikbaar komen kan onderzocht worden of sedimentsamenstelling, naast voedsel, een rol speelt bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee.
- (4) Onderzoek of binnendijkse foerageermogelijkheden, naast voedsel op het wad zelf, van belang zijn bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee.
- (5) Onderzoek of predatierisico en (menselijke) verstoring van belang zijn, naast voedsel op het wad, bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee. Dit vereist een zo compleet mogelijke beschrijving van het verstoringlandschap.



10. Appendix - trends in de proxies

Trends over 2008-2020 voor de proxies voor draagkracht (7 proxies voor elk van de 26 soort-seizoen combinaties) in Pinkegat-Zoutkamperlaag en de bijbehorende statistische beoordeling van de significantie. Trendmodel: $\ln(\text{Proxy}) \sim \text{SibesYear}$.

Vogelmaand	Proxy	Intercept	SE_int	t_int	P_int	slope	SE_slope	t_slope	P_slope ***	uitspraak	Factor 12jr
Bergeend_Jan	Oppervlak	-15.660	68.634	-0.23	0.82	0.011	0.034	0.32	0.7541	geen sign. verandering	1.14
Bergeend_Jan	BMaarw	28.739	43.453	0.66	0.52	-0.011	0.022	-0.53	0.6088	geen sign. verandering	0.87
Bergeend_Jan	BMoogst	-29.671	96.051	-0.31	0.76	0.016	0.048	0.34	0.7388	geen sign. verandering	1.22
Bergeend_Jan	BMoogstDr	-6.342	98.964	-0.06	0.95	0.004	0.049	0.09	0.9325	geen sign. verandering	1.05
Bergeend_Jan	FRaanw	-44.428	23.317	-1.91	0.08	0.026	0.012	2.29	0.0431 *	toename met 2.7%/jr	1.37
Bergeend_Jan	FRoogst	-14.858	70.073	-0.21	0.84	0.011	0.035	0.31	0.7599	geen sign. verandering	1.14
Bergeend_Jan	FRoogstDr	5.042	74.665	0.07	0.95	0.001	0.037	0.01	0.9885	geen sign. verandering	1.01
Bergeend_Sep	Oppervlak	-68.251	25.095	-2.72	0.02	0.038	0.012	3.05	0.0110 *	toename met 3.9%/jr	1.58
Bergeend_Sep	BMaarw	29.477	43.454	0.68	0.51	-0.011	0.022	-0.53	0.6088	geen sign. verandering	0.87
Bergeend_Sep	BMoogst	-77.500	48.379	-1.60	0.14	0.041	0.024	1.72	0.1143	geen sign. verandering	1.64
Bergeend_Sep	BMoogstDr	-69.175	51.397	-1.35	0.21	0.037	0.026	1.43	0.1792	geen sign. verandering	1.55
Bergeend_Sep	FRaanw	-43.691	23.317	-1.87	0.09	0.026	0.012	2.29	0.0431 *	toename met 2.7%/jr	1.37
Bergeend_Sep	FRoogst	-61.221	30.998	-1.97	0.07	0.035	0.015	2.28	0.0436 *	toename met 3.6%/jr	1.52
Bergeend_Sep	FRoogstDr	-51.844	33.492	-1.55	0.15	0.030	0.017	1.80	0.0990	geen sign. verandering	1.43
Bontbek_Mei	Oppervlak	-13.667	9.365	-1.46	0.17	0.011	0.005	2.44	0.0330 *	toename met 1.1%/jr	1.15
Bontbek_Mei	BMaarw	-72.405	26.475	-2.73	0.02	0.039	0.013	2.95	0.0132 *	toename met 4%/jr	1.59
Bontbek_Mei	BMoogst	-74.260	25.359	-2.93	0.01	0.040	0.013	3.15	0.0092 **	toename met 4%/jr	1.61
Bontbek_Mei	BMoogstDr	-65.998	25.830	-2.56	0.03	0.035	0.013	2.74	0.0192 *	toename met 3.6%/jr	1.53
Bontbek_Mei	FRaanw	-34.907	11.396	-3.06	0.01	0.022	0.006	3.85	0.0027 **	toename met 2.2%/jr	1.30
Bontbek_Mei	FRoogst	-36.372	11.686	-3.11	0.01	0.023	0.006	3.88	0.0026 **	toename met 2.3%/jr	1.31
Bontbek_Mei	FRoogstDr	-26.163	10.743	-2.44	0.03	0.017	0.005	3.19	0.0086 **	toename met 1.7%/jr	1.23
Bontbek_Sep	Oppervlak	-9.363	9.385	-1.00	0.34	0.009	0.005	1.97	0.0741	geen sign. verandering	1.12
Bontbek_Sep	BMaarw	-72.186	26.475	-2.73	0.02	0.039	0.013	2.95	0.0132 *	toename met 4%/jr	1.59
Bontbek_Sep	BMoogst	-73.307	25.260	-2.90	0.01	0.039	0.013	3.13	0.0095 **	toename met 4%/jr	1.60
Bontbek_Sep	BMoogstDr	-63.324	26.232	-2.41	0.03	0.034	0.013	2.60	0.0246 *	toename met 3.4%/jr	1.50
Bontbek_Sep	FRaanw	-34.688	11.396	-3.04	0.01	0.022	0.006	3.85	0.0027 **	toename met 2.2%/jr	1.30
Bontbek_Sep	FRoogst	-35.233	11.573	-3.04	0.01	0.022	0.006	3.84	0.0027 **	toename met 2.2%/jr	1.30
Bontbek_Sep	FRoogstDr	-22.570	11.216	-2.01	0.07	0.015	0.006	2.75	0.0190 *	toename met 1.5%/jr	1.20
BonteStrandloper_Mei	Oppervlak	-3.141	11.084	-0.28	0.78	0.006	0.006	1.13	0.2806	geen sign. verandering	1.08
BonteStrandloper_Mei	BMaarw	20.828	41.061	0.51	0.62	-0.007	0.020	-0.35	0.7322	geen sign. verandering	0.92
BonteStrandloper_Mei	BMoogst	17.037	46.688	0.36	0.72	-0.005	0.023	-0.24	0.8177	geen sign. verandering	0.94
BonteStrandloper_Mei	BMoogstDr	30.064	48.723	0.62	0.55	-0.012	0.024	-0.51	0.6206	geen sign. verandering	0.86
BonteStrandloper_Mei	FRaanw	-21.751	14.057	-1.55	0.15	0.015	0.007	2.21	0.0494 *	toename met 1.6%/jr	1.20
BonteStrandloper_Mei	FRoogst	-22.512	14.347	-1.57	0.14	0.016	0.007	2.22	0.0487 *	toename met 1.6%/jr	1.21
BonteStrandloper_Mei	FRoogstDr	-14.354	13.341	-1.08	0.30	0.011	0.007	1.71	0.1158	geen sign. verandering	1.15
BonteStrandloper_Sep	Oppervlak	-0.605	10.779	-0.06	0.96	0.005	0.005	0.93	0.3707	geen sign. verandering	1.06
BonteStrandloper_Sep	BMaarw	21.048	41.061	0.51	0.62	-0.007	0.020	-0.35	0.7322	geen sign. verandering	0.92
BonteStrandloper_Sep	BMoogst	21.688	46.887	0.46	0.65	-0.008	0.023	-0.33	0.7477	geen sign. verandering	0.91
BonteStrandloper_Sep	BMoogstDr	37.508	49.707	0.75	0.47	-0.016	0.025	-0.65	0.5310	geen sign. verandering	0.83
BonteStrandloper_Sep	FRaanw	-21.868	14.170	-1.54	0.15	0.016	0.007	2.21	0.0489 *	toename met 1.6%/jr	1.21
BonteStrandloper_Sep	FRoogst	-22.094	14.266	-1.55	0.15	0.016	0.007	2.21	0.0488 *	toename met 1.6%/jr	1.21
BonteStrandloper_Sep	FRoogstDr	-11.952	17.296	-0.69	0.50	0.010	0.009	1.18	0.2615	geen sign. verandering	1.13
Drieteen_Mei	Oppervlak	-1.642	10.555	-0.16	0.88	0.005	0.005	0.98	0.3461	geen sign. verandering	1.06
Drieteen_Mei	BMaarw	3.117	27.228	0.11	0.91	0.001	0.014	0.08	0.9377	geen sign. verandering	1.01
Drieteen_Mei	BMoogst	-1.924	29.185	-0.07	0.95	0.004	0.014	0.24	0.8120	geen sign. verandering	1.04
Drieteen_Mei	BMoogstDr	5.078	27.539	0.18	0.86	0.000	0.014	-0.03	0.9796	geen sign. verandering	1.00
Drieteen_Mei	FRaanw	-12.837	9.743	-1.32	0.21	0.011	0.005	2.19	0.0509	geen sign. verandering	1.14
Drieteen_Mei	FRoogst	-13.039	9.829	-1.33	0.21	0.011	0.005	2.19	0.0508	geen sign. verandering	1.14
Drieteen_Mei	FRoogstDr	-5.479	10.380	-0.53	0.61	0.006	0.005	1.26	0.2337	geen sign. verandering	1.08
Drieteen_Sep	Oppervlak	-1.782	10.583	-0.17	0.87	0.005	0.005	1.00	0.3408	geen sign. verandering	1.06
Drieteen_Sep	BMaarw	3.336	27.229	0.12	0.90	0.001	0.014	0.08	0.9377	geen sign. verandering	1.01
Drieteen_Sep	BMoogst	-1.460	29.207	-0.05	0.96	0.003	0.015	0.24	0.8184	geen sign. verandering	1.04
Drieteen_Sep	BMoogstDr	7.309	27.864	0.26	0.80	-0.001	0.014	-0.10	0.9205	geen sign. verandering	0.98
Drieteen_Sep	FRaanw	-12.213	9.971	-1.22	0.25	0.010	0.005	2.10	0.0596	geen sign. verandering	1.13
Drieteen_Sep	FRoogst	-12.522	10.044	-1.25	0.24	0.011	0.005	2.12	0.0581	geen sign. verandering	1.13
Drieteen_Sep	FRoogstDr	-2.047	10.885	-0.19	0.85	0.005	0.005	0.89	0.3901	geen sign. verandering	1.06

Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag

Vogelmaand	Proxy	Intercept	SE_int	t_int	P_int	slope	SE_slope	t_slope	P_slope ***	uitspraak	Factor 12jr
Kanoet_Aug	Oppervlak	16.063	43.018	0.37	0.72	-0.004	0.021	-0.17	0.8674	geen sign. verandering	0.96
Kanoet_Aug	BMaarw	49.428	35.431	1.40	0.19	-0.021	0.018	-1.17	0.2671	geen sign. verandering	0.78
Kanoet_Aug	BMoogst	112.038	92.266	1.21	0.25	-0.053	0.046	-1.15	0.2733	geen sign. verandering	0.53
Kanoet_Aug	BMoogstDr	105.432	91.972	1.15	0.28	-0.050	0.046	-1.09	0.2975	geen sign. verandering	0.55
Kanoet_Aug	FRaanw	11.761	41.144	0.29	0.78	-0.002	0.020	-0.08	0.9353	geen sign. verandering	0.98
Kanoet_Aug	FRoogst	20.933	48.782	0.43	0.68	-0.006	0.024	-0.26	0.7986	geen sign. verandering	0.93
Kanoet_Aug	FRoogstDr	15.592	45.761	0.34	0.74	-0.004	0.023	-0.18	0.8605	geen sign. verandering	0.95
Kanoet_Jan	Oppervlak	64.011	86.465	0.74	0.47	-0.028	0.043	-0.66	0.5226	geen sign. verandering	0.71
Kanoet_Jan	BMaarw	48.630	35.431	1.37	0.20	-0.021	0.018	-1.17	0.2671	geen sign. verandering	0.78
Kanoet_Jan	BMoogst	-6.119	109.397	-0.06	0.96	0.004	0.054	0.07	0.9422	geen sign. verandering	1.05
Kanoet_Jan	BMoogstDr	0.659	106.480	0.01	1.00	0.000	0.053	0.01	0.9948	geen sign. verandering	1.00
Kanoet_Jan	FRaanw	31.426	49.467	0.64	0.54	-0.012	0.025	-0.48	0.6408	geen sign. verandering	0.87
Kanoet_Jan	FRoogst	59.049	89.476	0.66	0.52	-0.026	0.044	-0.59	0.5674	geen sign. verandering	0.73
Kanoet_Jan	FRoogstDr	68.643	81.503	0.84	0.42	-0.031	0.040	-0.77	0.4559	geen sign. verandering	0.69
Kluut_Nov	Oppervlak	-60.915	26.808	-2.27	0.04	0.034	0.013	2.57	0.0258 *	toename met 3.5%/jr	1.51
Kluut_Nov	BMaarw	-54.411	42.639	-1.28	0.23	0.029	0.021	1.39	0.1918	geen sign. verandering	1.42
Kluut_Nov	BMoogst	-77.681	47.406	-1.64	0.13	0.041	0.024	1.74	0.1101	geen sign. verandering	1.63
Kluut_Nov	BMoogstDr	-86.450	61.819	-1.40	0.19	0.045	0.031	1.46	0.1723	geen sign. verandering	1.71
Kluut_Nov	FRaanw	-50.407	22.198	-2.27	0.04	0.029	0.011	2.66	0.0220 *	toename met 3%/jr	1.42
Kluut_Nov	FRoogst	-58.379	27.450	-2.13	0.06	0.033	0.014	2.44	0.0328 *	toename met 3.4%/jr	1.49
Kluut_Nov	FRoogstDr	-66.837	41.674	-1.60	0.14	0.037	0.021	1.79	0.1013	geen sign. verandering	1.56
Kluut_Sep	Oppervlak	-50.202	20.989	-2.39	0.04	0.029	0.010	2.79	0.0177 *	toename met 2.9%/jr	1.42
Kluut_Sep	BMaarw	-54.081	42.640	-1.27	0.23	0.029	0.021	1.39	0.1919	geen sign. verandering	1.42
Kluut_Sep	BMoogst	-73.745	46.013	-1.60	0.14	0.039	0.023	1.71	0.1146	geen sign. verandering	1.60
Kluut_Sep	BMoogstDr	-62.514	47.849	-1.31	0.22	0.033	0.024	1.39	0.1906	geen sign. verandering	1.49
Kluut_Sep	FRaanw	-50.075	22.198	-2.26	0.05	0.029	0.011	2.66	0.0220 *	toename met 3%/jr	1.42
Kluut_Sep	FRoogst	-52.943	24.225	-2.19	0.05	0.031	0.012	2.56	0.0267 *	toename met 3.1%/jr	1.45
Kluut_Sep	FRoogstDr	-40.940	23.256	-1.76	0.11	0.024	0.012	2.11	0.0587 *	geen sign. verandering	1.34
Pijlstaart_Jan	Oppervlak	-43.134	49.832	-0.87	0.41	0.025	0.025	1.00	0.3375	geen sign. verandering	1.35
Pijlstaart_Jan	BMaarw	95.548	48.340	1.98	0.07	-0.044	0.024	-1.84	0.0924	geen sign. verandering	0.59
Pijlstaart_Jan	BMoogst	-57.577	73.133	-0.79	0.45	0.030	0.036	0.83	0.4217	geen sign. verandering	1.44
Pijlstaart_Jan	BMoogstDr	-40.708	75.757	-0.54	0.60	0.021	0.038	0.57	0.5795	geen sign. verandering	1.29
Pijlstaart_Jan	FRaanw	-47.558	25.338	-1.88	0.09	0.028	0.013	2.21	0.0494 *	toename met 2.8%/jr	1.40
Pijlstaart_Jan	FRoogst	-37.031	50.939	-0.73	0.48	0.022	0.025	0.87	0.4023	geen sign. verandering	1.30
Pijlstaart_Jan	FRoogstDr	-15.747	51.978	-0.30	0.77	0.011	0.026	0.43	0.6778	geen sign. verandering	1.14
Pijlstaart_Nov	Oppervlak	-26.496	21.815	-1.21	0.25	0.017	0.011	1.61	0.1361	geen sign. verandering	1.23
Pijlstaart_Nov	BMaarw	95.955	48.340	1.98	0.07	-0.044	0.024	-1.84	0.0924	geen sign. verandering	0.59
Pijlstaart_Nov	BMoogst	30.901	64.027	0.48	0.64	-0.013	0.032	-0.40	0.6967	geen sign. verandering	0.86
Pijlstaart_Nov	BMoogstDr	28.859	75.443	0.38	0.71	-0.012	0.037	-0.32	0.7520	geen sign. verandering	0.86
Pijlstaart_Nov	FRaanw	-47.152	25.338	-1.86	0.09	0.028	0.013	2.21	0.0494 *	toename met 2.8%/jr	1.40
Pijlstaart_Nov	FRoogst	-47.152	25.338	-1.86	0.09	0.028	0.013	2.21	0.0494 *	toename met 2.8%/jr	1.40
Pijlstaart_Nov	FRoogstDr	-52.883	38.739	-1.37	0.20	0.030	0.019	1.57	0.1450	geen sign. verandering	1.44
RosseGrutto_Aug	Oppervlak	-11.003	7.813	-1.41	0.19	0.010	0.004	2.63	0.0235 *	toename met 1%/jr	1.13
RosseGrutto_Aug	BMaarw	-20.916	18.552	-1.13	0.28	0.014	0.009	1.52	0.1564	geen sign. verandering	1.18
RosseGrutto_Aug	BMoogst	-25.148	19.281	-1.30	0.22	0.016	0.010	1.68	0.1213	geen sign. verandering	1.21
RosseGrutto_Aug	BMoogstDr	-36.815	16.821	-2.19	0.05	0.021	0.008	2.56	0.0266 *	toename met 2.2%/jr	1.29
RosseGrutto_Aug	FRaanw	-25.685	16.135	-1.59	0.14	0.018	0.008	2.28	0.0434 *	toename met 1.8%/jr	1.25
RosseGrutto_Aug	FRoogst	-26.575	16.328	-1.63	0.13	0.019	0.008	2.31	0.0414 *	toename met 1.9%/jr	1.25
RosseGrutto_Aug	FRoogstDr	-30.594	18.733	-1.63	0.13	0.020	0.009	2.17	0.0525	geen sign. verandering	1.27
RosseGrutto_Mei	Oppervlak	-11.425	9.152	-1.25	0.24	0.010	0.005	2.28	0.0434 *	toename met 1%/jr	1.13
RosseGrutto_Mei	BMaarw	-21.195	18.552	-1.14	0.28	0.014	0.009	1.52	0.1564	geen sign. verandering	1.18
RosseGrutto_Mei	BMoogst	-24.261	19.955	-1.22	0.25	0.015	0.010	1.56	0.1464	geen sign. verandering	1.20
RosseGrutto_Mei	BMoogstDr	-23.186	21.385	-1.08	0.30	0.015	0.011	1.37	0.1991	geen sign. verandering	1.19
RosseGrutto_Mei	FRaanw	-25.898	16.515	-1.57	0.15	0.018	0.008	2.23	0.0478 *	toename met 1.8%/jr	1.24
RosseGrutto_Mei	FRoogst	-26.972	16.990	-1.59	0.14	0.019	0.008	2.23	0.0478 *	toename met 1.9%/jr	1.25
RosseGrutto_Mei	FRoogstDr	-19.427	16.306	-1.19	0.26	0.015	0.008	1.80	0.0990	geen sign. verandering	1.19

Vogelmaand	Proxy	Intercept	SE_int	t_int	P_int	slope	SE_slope	t_slope	P_slope	***	uitspraak	Factor 12jr
Schalekster_Jan	Oppervlak	66.386	80.815	0.82	0.43	-0.029	0.040	-0.73	0.4810		geen sign. verandering	0.70
Schalekster_Jan	BMAanw	54.098	28.434	1.90	0.08	-0.023	0.014	-1.64	0.1288		geen sign. verandering	0.76
Schalekster_Jan	BMoogst	130.768	96.955	1.35	0.20	-0.062	0.048	-1.29	0.2245		geen sign. verandering	0.48
Schalekster_Jan	BMoogstDr	162.394	106.808	1.52	0.16	-0.078	0.053	-1.47	0.1685		geen sign. verandering	0.39
Schalekster_Jan	FRaanw	26.005	32.020	0.81	0.43	-0.008	0.016	-0.53	0.6037		geen sign. verandering	0.90
Schalekster_Jan	FRoogst	75.073	85.670	0.88	0.40	-0.033	0.043	-0.79	0.4485		geen sign. verandering	0.67
Schalekster_Jan	FRoogstDr	117.966	94.981	1.24	0.24	-0.055	0.047	-1.17	0.2664		geen sign. verandering	0.52
Schalekster_Sep	Oppervlak	28.156	32.955	0.85	0.41	-0.010	0.016	-0.59	0.5703		geen sign. verandering	0.89
Schalekster_Sep	BMAanw	54.836	28.434	1.93	0.08	-0.023	0.014	-1.64	0.1288		geen sign. verandering	0.76
Schalekster_Sep	BMoogst	62.820	52.894	1.19	0.26	-0.027	0.026	-1.04	0.3201		geen sign. verandering	0.72
Schalekster_Sep	BMoogstDr	72.188	53.853	1.34	0.21	-0.033	0.027	-1.22	0.2495		geen sign. verandering	0.68
Schalekster_Sep	FRaanw	26.742	32.020	0.84	0.42	-0.008	0.016	-0.53	0.6037		geen sign. verandering	0.90
Schalekster_Sep	FRoogst	28.346	36.570	0.78	0.45	-0.009	0.018	-0.51	0.6169		geen sign. verandering	0.89
Schalekster_Sep	FRoogstDr	40.310	34.179	1.18	0.26	-0.016	0.017	-0.93	0.3730		geen sign. verandering	0.83
Steenloper_Aug	Oppervlak	47.248	44.402	1.06	0.31	-0.019	0.022	-0.88	0.3994		geen sign. verandering	0.79
Steenloper_Aug	BMAanw	163.668	38.606	4.24	0.00	-0.078	0.019	-4.07	0.0019	**	afname met 7.5%/jr	0.39
Steenloper_Aug	BMoogst	236.638	111.423	2.12	0.06	-0.115	0.055	-2.08	0.0619		geen sign. verandering	0.25
Steenloper_Aug	BMoogstDr	220.582	111.680	1.98	0.07	-0.107	0.055	-1.94	0.0789		geen sign. verandering	0.28
Steenloper_Aug	FRaanw	35.193	33.800	1.04	0.32	-0.013	0.017	-0.80	0.4399		geen sign. verandering	0.85
Steenloper_Aug	FRoogst	41.119	33.672	1.22	0.25	-0.016	0.017	-0.98	0.3466		geen sign. verandering	0.82
Steenloper_Aug	FRoogstDr	29.591	33.951	0.87	0.40	-0.011	0.017	-0.66	0.5225		geen sign. verandering	0.87
Steenloper_Jan	Oppervlak	44.222	61.790	0.72	0.49	-0.019	0.031	-0.61	0.5523		geen sign. verandering	0.80
Steenloper_Jan	BMAanw	162.867	38.605	4.22	0.00	-0.078	0.019	-4.07	0.0019	**	afname met 7.5%/jr	0.39
Steenloper_Jan	BMoogst	74.794	110.899	0.67	0.51	-0.036	0.055	-0.66	0.5241		geen sign. verandering	0.65
Steenloper_Jan	BMoogstDr	49.066	116.308	0.42	0.68	-0.024	0.058	-0.41	0.6863		geen sign. verandering	0.75
Steenloper_Jan	FRaanw	63.384	41.140	1.54	0.15	-0.028	0.020	-1.37	0.1991		geen sign. verandering	0.72
Steenloper_Jan	FRoogst	61.767	71.102	0.87	0.40	-0.028	0.035	-0.79	0.4487		geen sign. verandering	0.72
Steenloper_Jan	FRoogstDr	53.246	77.437	0.69	0.51	-0.024	0.038	-0.62	0.5454		geen sign. verandering	0.75
Tureluur_Jan	Oppervlak	-41.407	20.587	-2.01	0.07	0.025	0.010	2.42	0.0342	*	toename met 2.5%/jr	1.35
Tureluur_Jan	BMAanw	12.255	44.253	0.28	0.79	-0.004	0.022	-0.16	0.8738		geen sign. verandering	0.96
Tureluur_Jan	BMoogst	-86.117	41.684	-2.07	0.06	0.045	0.021	2.17	0.0526		geen sign. verandering	1.72
Tureluur_Jan	BMoogstDr	-59.443	48.495	-1.23	0.25	0.031	0.024	1.30	0.2207		geen sign. verandering	1.46
Tureluur_Jan	FRaanw	-32.896	15.976	-2.06	0.06	0.020	0.008	2.58	0.0254	*	toename met 2.1%/jr	1.28
Tureluur_Jan	FRoogst	-46.613	21.342	-2.18	0.05	0.027	0.011	2.57	0.0261	*	toename met 2.8%/jr	1.39
Tureluur_Jan	FRoogstDr	-18.853	26.170	-0.72	0.49	0.013	0.013	1.00	0.3393		geen sign. verandering	1.17
Tureluur_Jul	Oppervlak	-12.516	12.951	-0.97	0.35	0.011	0.006	1.64	0.1287		geen sign. verandering	1.14
Tureluur_Jul	BMAanw	13.035	44.254	0.29	0.77	-0.004	0.022	-0.16	0.8738		geen sign. verandering	0.96
Tureluur_Jul	BMoogst	3.552	51.927	0.07	0.95	0.001	0.026	0.04	0.9673		geen sign. verandering	1.01
Tureluur_Jul	BMoogstDr	10.065	54.997	0.18	0.86	-0.003	0.027	-0.09	0.9272		geen sign. verandering	0.97
Tureluur_Jul	FRaanw	-32.117	15.976	-2.01	0.07	0.020	0.008	2.58	0.0254	*	toename met 2.1%/jr	1.28
Tureluur_Jul	FRoogst	-33.534	16.807	-2.00	0.07	0.021	0.008	2.54	0.0275	*	toename met 2.1%/jr	1.29
Tureluur_Jul	FRoogstDr	-33.845	18.461	-1.83	0.09	0.021	0.009	2.28	0.0435	*	toename met 2.1%/jr	1.29
Wulp_Jan	Oppervlak	-54.026	21.598	-2.50	0.03	0.031	0.011	2.89	0.0147	*	toename met 3.1%/jr	1.45
Wulp_Jan	BMAanw	-63.250	36.949	-1.71	0.11	0.035	0.018	1.89	0.0860		geen sign. verandering	1.51
Wulp_Jan	BMoogst	-71.246	34.647	-2.06	0.06	0.038	0.017	2.22	0.0480	*	toename met 3.9%/jr	1.58
Wulp_Jan	BMoogstDr	-45.545	42.364	-1.08	0.31	0.025	0.021	1.19	0.2594		geen sign. verandering	1.35
Wulp_Jan	FRaanw	-39.992	17.814	-2.24	0.05	0.025	0.009	2.78	0.0178	*	toename met 2.5%/jr	1.34
Wulp_Jan	FRoogst	-51.852	25.416	-2.04	0.07	0.030	0.013	2.41	0.0348	*	toename met 3.1%/jr	1.44
Wulp_Jan	FRoogstDr	-25.420	35.452	-0.72	0.49	0.017	0.018	0.95	0.3614		geen sign. verandering	1.22
Wulp_Sep	Oppervlak	-27.168	13.139	-2.07	0.06	0.018	0.007	2.75	0.0189	*	toename met 1.8%/jr	1.24
Wulp_Sep	BMAanw	-62.513	36.949	-1.69	0.12	0.035	0.018	1.89	0.0860		geen sign. verandering	1.51
Wulp_Sep	BMoogst	-73.004	30.176	-2.42	0.03	0.040	0.015	2.65	0.0227	*	toename met 4%/jr	1.61
Wulp_Sep	BMoogstDr	-62.941	31.188	-2.02	0.07	0.034	0.015	2.21	0.0494	*	toename met 3.5%/jr	1.51
Wulp_Sep	FRaanw	-38.256	18.722	-2.04	0.07	0.024	0.009	2.60	0.0246	*	toename met 2.4%/jr	1.34
Wulp_Sep	FRoogst	-39.642	19.560	-2.03	0.07	0.025	0.010	2.56	0.0265	*	toename met 2.5%/jr	1.35
Wulp_Sep	FRoogstDr	-29.142	19.055	-1.53	0.15	0.019	0.009	2.02	0.0679		geen sign. verandering	1.26
Zilverplevier_Jan	Oppervlak	-45.892	20.021	-2.29	0.04	0.027	0.010	2.73	0.0197	*	toename met 2.7%/jr	1.38
Zilverplevier_Jan	BMAanw	-27.898	28.396	-0.98	0.35	0.017	0.014	1.17	0.2651		geen sign. verandering	1.22
Zilverplevier_Jan	BMoogst	-73.862	43.900	-1.68	0.12	0.039	0.022	1.79	0.1005		geen sign. verandering	1.60
Zilverplevier_Jan	BMoogstDr	-53.688	51.966	-1.03	0.32	0.029	0.026	1.11	0.2913		geen sign. verandering	1.41
Zilverplevier_Jan	FRaanw	-31.942	12.666	-2.52	0.03	0.020	0.006	3.24	0.0078	**	toename met 2.1%/jr	1.28
Zilverplevier_Jan	FRoogst	-47.748	22.550	-2.12	0.06	0.028	0.011	2.50	0.0294	*	toename met 2.8%/jr	1.40
Zilverplevier_Jan	FRoogstDr	-25.270	29.896	-0.85	0.42	0.016	0.015	1.10	0.2932		geen sign. verandering	1.22
Zilverplevier_Mei	Oppervlak	-35.441	18.017	-1.97	0.07	0.022	0.009	2.49	0.0301	*	toename met 2.3%/jr	1.31
Zilverplevier_Mei	BMAanw	-27.380	28.396	-0.96	0.36	0.017	0.014	1.17	0.2651		geen sign. verandering	1.22
Zilverplevier_Mei	BMoogst	-48.488	30.921	-1.57	0.15	0.027	0.015	1.76	0.1068		geen sign. verandering	1.38
Zilverplevier_Mei	BMoogstDr	-42.862	30.990	-1.38	0.19	0.024	0.015	1.54	0.1509		geen sign. verandering	1.33
Zilverplevier_Mei	FRaanw	-31.424	12.666	-2.48	0.03	0.020	0.006	3.24	0.0078	**	toename met 2.1%/jr	1.28
Zilverplevier_Mei	FRoogst	-37.380	14.111	-2.65	0.02	0.023	0.007	3.33	0.0067	**	toename met 2.4%/jr	1.32
Zilverplevier_Mei	FRoogstDr	-28.924	13.841	-2.09	0.06	0.019	0.007	2.72	0.0199	*	toename met 1.9%/jr	1.25

11. Literatuur

- ALLEN A.M., ENS B.J., VAN DE POL M., VAN DER JEUGD H., FRAUENDORF M., OOSTERBEEK K. & JONGEJANS E. 2019. Seasonal survival and migratory connectivity of the Eurasian Oystercatcher revealed by citizen science. *The Auk: Ornithological Advances*, 136.
- AUDITCOMMISSIE 2014. Advies evaluatie 2007 t/m 2012 en rapportage 2013 van de Auditcommissie Monitoring van aardgaswinning onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Rapport 2796-83, pp. 1-24. Utrecht.
- AUDITCOMMISSIE 2016. Monitoring van aardgaswinning onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Advies van de AuditCommissie over de resultaten van het monitoringsjaar 2015. Rapport 3110, pp. 1-24. Utrecht.
- AUDITCOMMISSIE 2019. Monitoring aardgaswinning onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Advies Auditcommissie over de resultaten van het monitoringsjaar 2018. Projectnummer 3366. pp. 1-17. Commissie voor de milieueffect rapportage, Utrecht.
- AUDITCOMMISSIE 2020. Monitoring aardgaswinning onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Advies Auditcommissie over de resultaten van het monitoringsjaar 2019. pp. 1-17. Commissie voor de milieueffectrapportage, Utrecht.
- BAILEY L.D., ENS B.J., BOTH C., HEG D., OOSTERBEEK K. & VAN DE POL M. 2017. No phenotypic plasticity in nest-site selection in response to extreme flooding events. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 372, 12.
- BAILEY L.D., ENS B.J., BOTH C., HEG D., OOSTERBEEK K. & VAN DE POL M. 2019. Habitat selection can reduce effects of extreme climatic events in a long-lived shorebird. *Journal of Animal Ecology*, 88, 1474-1485.
- BAKKER W., ENS B.J., DOKTER A.M., VAN DER KOLK H., RAPPOLDT C., VAN DE POL M., TROOST K., VAN DER VEER H.W., BIJLEVELD A.I., VAN DER MEER J., JONGEJANS E. & ALLEN A.M. 2021. Connecting foraging and roosting areas at larger spatial scales reveals how food stocks explain shorebird numbers. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, in press.
- BAUER S., ENS B.J. & KLAASSEN M. 2010. Many routes lead to Rome: potential causes for the multi-route migration system of Red Knots, *Calidris canutus islandica*. *Ecology*, 91, 1822-1831.
- BEUKEMA J.J. 1976. Biomass and species richness of macro-benthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, 10, 236-261.
- BEUKEMA J.J. 2002. Expected changes in the benthic fauna of Wadden Sea tidal flats as a result of sea-level rise or bottom subsidence. *Journal of Sea Research*, 47, 25-39.
- BEUKEMA J.J. & CADÉE G.C. 1996. Consequences of the sudden removal of nearly all mussels and cockles from the Dutch Wadden Sea. *PSZN I: Marine Ecology*, 17, 279-289.
- BEUKEMA J.J. & DEKKER R. 2018. Effects of cockle abundance and cockle fishery on bivalve recruitment. *Journal of Sea Research*, 140, 81-86.
- BEUKEMA J.J., DEKKER R. & DRENT J. 2017a. Dynamics of a Limecola (*Macoma*) *balthica* population in a tidal flat area in the western Wadden Sea: effects of declining survival and recruitment. *Helgoland Marine Research*, 71, 12.
- BEUKEMA J.J., DEKKER R. & DRENT J. 2017b. Parallel changes of Limecola (*Macoma*) *balthica* populations in the Dutch Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 585, 71-79.
- BEUKEMA J.J., ESSINK K., MICHAELIS H. & ZWARTS L. 1993. Year-to-year variability in the biomass of macro-benthic animals on tidal flats of the Wadden Sea: How predictable is this food source for birds? *Netherlands Journal of Sea Research*, 31, 319-330.
- BLEW J., GUENTHER K., HAELTERLEIN B., KLEEFSTRA R., LAURSEN K. & SCHEIFFARTH G. 2016. Trends of Migratory and Wintering Waterbirds in the Wadden Sea 1987/1988 - 2013/2014. *Wadden Sea Ecosystem* No. 37, pp. 1-68. Wilhelmshaven, Germany.
- BOS D. 2021. Analysedocument 'verstoring natuur in de Waddenzee'. pp. 1-31. RWS, Leeuwarden.
- BRINKMAN A.G. & ENS B.J. 1998. *Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee: Vogels*. IBN rapport 371, pp. 1-250. Den Burg.
- BRYANT D.M. & TATNER P. 1991. Intraspecific variation in avian energy expenditure: correlates and constraints. *Ibis*, 133, 236-245.
- BUTTER R., GOVERS L. & PIERSMA T. 2016. Knooppunt Waddenzee. Bornmeer, Gorredijk.
- CADÉE G.C. 2008. Scholeksters en Japanse oesters. *Natura*, 106, 6-7.
- CERVENCL A., TROOST K., DIJKMAN E., DE JONG M., SMIT C.J., LEOPOLD M.F. & ENS B.J. 2015. Distribution of wintering Common Eider *Somateria mollissima* in the Dutch Wadden Sea in relation to available food stocks. *Marine Biology*, 162, 153-168.
- COLLOP C., STILLMAN R.A., GARBUTT A., YATES M.G., RISPIN E. & YATES T. 2016. Variability in the area, energy and time costs of wintering waders responding to disturbance. *Ibis*.
- COMPTON T.J., BODNAR W., KOOLHAAS A., DEKINGA A., HOLTHUIJSEN S., TEN HORN J., MCSWEENEY N., VAN GILS J. & PIERSMA T. 2016. Burrowing Behavior of a Deposit Feeding Bivalve Predicts Change in Intertidal Ecosystem State. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 4, 19.

- CREMER J. & SMIT C.J. 2009. Het dieet van de Steenloper *Arenaria interpres*: een literatuuroverzicht. IMARES rapport C141/09, pp. 1-27. Texel.
- CRESSWELL W. & WHITFIELD D.P. 1994. The effects of raptor predation on wintering wader populations at the Tynninghame estuary, Southeast Scotland. *Ibis*, 136, 223-232.
- DANKERS N.M.J.A., DIJKMAN E.M., DE KORT G. & MELJBOOM A. 2004. De verspreiding en uitbreiding van de Japanse Oester in de Nederlandse Waddenzee. Alterra-rapport 909, pp. 1-52. Wageningen.
- DESSBORN L., BROCHET A.L., ELMBERG J., LEGAGNEUX P., GAUTHIER-CLERC M. & GUILLEMAIN M. 2011. Geographical and temporal patterns in the diet of pintail *Anas acuta*, wigeon *Anas penelope*, mallard *Anas platyrhynchos* and teal *Anas crecca* in the Western Palearctic. *European Journal of Wildlife Research*, 57, 1119-1129.
- DOKTER A.M., VAN LOON E.E., RAPPOLDT C., OOSTERBEEK K., BAPTIST M.J., BOUTEN W. & ENS B.J. 2017. Balancing food and density-dependence in the spatial distribution of an interference-prone forager. *Oikos*, 126, 1184-1196.
- DUIJNS S. 2014. Sex-specific foraging. The distributional ecology of a *polychaete*-eating shorebird. Rijksuniversiteit Groningen.
- DUIJNS S., HIDAYATI N.A. & PIERSMA T. 2013. Bar-tailed Godwits *Limosa l. lapponica* eat *polychaete* worms wherever they winter in Europe. *Bird Study*, 60, 509-517.
- DUIJNS S., JUKEMA J., SPAANS B., VAN HORSSSEN P. & PIERSMA T. 2012. Revisiting the proposed leap-frog migration of Bar-tailed Godwits along the East-Atlantic Flyway. *Ardea*, 100, 37-43.
- ELIAS E. & WANG Z.B. 2013. Abiotische gegevens voor monitoring effect bodemdaling. Rapport, pp. 1-76. Delft.
- ENNERS L., GUSE N., SCHWEMMER P., CHAGAS A.L.J., VOIGT C.C. & GARTHE S. 2020. Foraging ecology and diet of Eurasian spoonbills (*Platalea leucorodia*) in the German Wadden Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 233, 9.
- ENS B.J. 2006. The conflict between shellfisheries and migratory waterbirds in the Dutch Wadden Sea. *Waterbirds around the world* (eds G.C. Boere, C.A. Galbraith & D.A. Stroud), pp. 806-811. The Stationery Office, Edinburgh, UK.
- ENS B.J., AARTS B., HALLMANN C., OOSTERBEEK K., SIERDSEMA H., SLATERUS R., TROOST G., VAN TURNHOUT C., WIERSMA P., VAN WINDEN E. & NIENHUIS J. 2011. Scholeksters in de knel: onderzoek naar de oorzaken van de dramatische achteruitgang van de Scholekster in Nederland. Sovon-onderzoeksrapport 2011/13, pp. 1-120. Nijmegen.
- ENS B.J., AARTS B.L., OOSTERBEEK K., ROODBERGEN M., SIERDSEMA H., SLATERUS R. & TEUNISSEN W. 2009a. Onderzoek naar de oorzaken van de dramatische achteruitgang van de Scholekster in Nederland. *Limosa*, 89, 83-92.
- ENS B.J., BRINKMAN A.G., DIJKMAN E., MEESTERS E., KERSTEN M., BRENNINKMEIJER A. & TWISK F. 2005. Modelling the distribution of waders in the Westerschelde. What is the predictive power of abiotic variables? Alterra-rapport 1193, pp. 1-140. Wageningen.
- ENS B.J., DOKTER A.M., RAPPOLDT C. & OOSTERBEEK K. 2015a. Wat bepaalt de draagkracht van de Waddenzee voor wadvogels: onderzoek naar het verspreidingsgedrag van Scholeksters. Sovon-rapport 2015/02, pp. 1-128. Nijmegen.
- ENS B.J. & KATS R.K.H. 2004. Evaluatie van voedselreservering Eidereenden in de Waddenzee - rapportage in het kader van EVA II deelproject B2. Alterra rapport 931, pp. 1-155. Wageningen.
- ENS B.J., KERSTEN M., WIJSMAN J.W.M., VAN DER MEER J., SCHEKKERMAN H., VAN WINDEN E. & RAPPOLDT C. 2017a. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2016. Sovon-rapport 2017/15, pp. 1-72. Nijmegen.
- ENS B.J., KLEEFSTRA R., VAN WINDEN E.A.J., POLWIJK F., VROOM M., VAN DER ZEE E., RIPPEN A. & SIKKEMA M. 2017b. Monitoring van verstoring en potentiële verstoringbronnen van vogels en zeehonden in de Waddenzee - seizoen 2016. Sovon-rapport 2017/30; A&W-rapport 2349 (ed. MOCO), pp. 1-83. Nijmegen / Veenwouden.
- ENS B.J., KROL J., VAN DER MEER J., PIENING H., WIJSMAN J.W.M., SCHEKKERMAN H. & RAPPOLDT C. 2015b. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag. Sovon-rapport 2015.15, pp. 1-60. Nijmegen.
- ENS B.J., KROL J., VAN DER MEER J., WIJSMAN J.W.M., SCHEKKERMAN H. & RAPPOLDT C. 2016. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2015. Sovon-rapport 2016.15, pp. 1-76. Nijmegen.
- ENS B.J., SMAAL A.C. & DE VLAS J. 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 C056/04; RIKZ-rapport RKZ/2004.031, pp. 1-212. Wageningen.
- ENS B.J., TROOST K., VAN WINDEN E., SCHEKKERMAN H., RAPPOLDT C., VAN KESSEL J. & NIENHUIS J. 2020. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2019. pp. 1-82. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- ENS B.J., VAN DER MEER J., TROOST K., VAN WINDEN

- E., SCHEKKERMAN H. & RAPPOLDT C. 2018. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2017. pp. 1-70. Nijmegen.
- ENS B.J., VAN DER MEER J., TROOST K., VAN WINDEN E., SCHEKKERMAN H. & RAPPOLDT C. 2019a. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2018. pp. 1-88. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- ENS B.J., VAN LEEUWEN M., OOSTERBEEK K., NIENHUIS J. & ALLEN A.M. 2019b. Overwinteringsgebieden van in Nederland broedende Scholeksters. *Limosa*, 92, 74-86.
- ENS B.J., VAN WINDEN E., KLEEFSTRA R., VROOM M. & VAN DER ZEE E. 2019c. Monitoring van verstoring en potentiële verstoringsbronnen van vogels en zeehonden in de Waddenzee – seizoen 2016, 2017 & 2018. pp. 1-105. Programma naar een Rijke Waddenzee, Leeuwarden.
- ENS B.J., VAN WINDEN E.A.J., VAN TURNHOUT C.A.M., VAN ROOMEN M.W.J., SMIT C.J. & JANSEN J.M. 2009b. Aantalontwikkeling van wadvogels in de Nederlandse Waddenzee in 1990-2007: verschillen tussen Oost en West. *Limosa*, 82, 100-112.
- ENS B.J., WINTERMANS G.J.M. & SMIT C.J. 1993. Verspreiding van overwinterende wadvogels in de Nederlandse Waddenzee. *Limosa*, 66, 137-144.
- ENS B.J. & ZWARTS L. 1980. Wulpen op het wad van Moddergat. *Watervogels*, 5, 108-120.
- EXO K.M., HILLIG F. & BAIRLEIN F. 2019. Migration routes and strategies of Grey Plovers (*Pluvialis squatarola*) on the East Atlantic Flyway as revealed by satellite tracking. *Avian Research*, 10, 14.
- FOLMER E.O., DEKINGA A., HOLTHUIJSEN S., VAN DER MEER J., MOSK D., PIERSMA T. & VAN DER VEER H.W. 2017. Species Distribution Models of Intertidal Benthos : Tools for Assessing the Impact of Physical and Morphological Drivers on Benthos and Birds in the Wadden Sea. NIOZ-rapport, pp. 1-114. Texel.
- GOSS-CUSTARD J.D. 1980. Competition for food and interference among waders. *Ardea*, 68, 31-52.
- GOSS-CUSTARD J.D. 1996. The Oystercatcher: From Individuals to Populations, 1 edn. Oxford University Press, Oxford.
- GOSS-CUSTARD J.D. & DURELL S.E.A.L.V.D. 1988. The effect of dominance and feeding method on the intake rate of Oystercatchers, *HAEMATOPUS OSTRALEGUS*, feeding on mussels. *Journal of Animal Ecology*, 57, 827-844.
- GOSS-CUSTARD J.D. & STILLMAN R.A. 2020. How manual cockle-raking may affect availability of cockles *Cerastoderma edule* for oystercatchers *Haematopus ostralegus* in the Dutch Wadden Sea. pp. 1-99. Bournemouth University, Bournemouth.
- GOSS-CUSTARD J.D., WEST A.D., YATES M.G., CALDOW R.W.G., STILLMAN R.A., BARDSLEY L., CASTILLA J., CASTRO M., DIERSCHKE V., DURELL S.E.A.L.V.D., EICHHORN G., ENS B.J., EXO K.M., UDAYANGANI-FERNANDO P.U., FERNS P.N., HOCKEY P.A.R., GILL J.A., JOHNSTONE I., KALEJTA-SUMMERS B., MASERO J.A., MOREIRA F., NAGARAJAN R.V., OWENS I.P.F., PACHECO C., PEREZ-HURTADO A., ROGERS D., SCHEIFFARTH G., SITTERS H., SUTHERLAND W.J., TRIPLET P., WORRALL D.H., ZHARIKOV Y., ZWARTS L. & PETTIFOR R.A. 2006. Intake rates and the functional response in shorebirds (*Charadriiformes*) eating macro-invertebrates. *Biological Reviews*, 81, 501-529.
- GRANADEIRO J.P., ANDRADE J. & PALMEIRIM J.M. 2004. Modelling the distribution of shorebirds in estuarine areas using generalised additive models. *Journal of Sea Research*, 52, 227-240.
- GRANADEIRO J.P., SANTOS C.D., DIAS M.P. & PALMEIRIM J.M. 2007. Environmental factors drive habitat partitioning in birds feeding in intertidal flats: implications for conservation. *Hydrobiologia*, 587, 291-302.
- HALLMANN C. & ENS B.J. 2011. Overstromingsrisico en broedsucces van Scholeksters op de kwelder van Ameland en Schiermonnikoog. Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost 2005-2010, pp. 67-92. NAM, Assen.
- HEPPLESTON P.B. 1971. The feeding ecology of oystercatchers (*Haematopus ostralegus* L.) in winter in northern Scotland. *Journal of Animal Ecology*, 40, 651-672.
- HIRAKAWA H. 1995. Diet Optimization with A Nutrient Or Toxin Constraint. *Theoretical Population Biology*, 47, 331-346.
- HOLLING C.S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomologist*, 91, 385-398.
- JOUTA J., DE GOEIJ P., LOK T., VELILLA E., CAMPHUYSEN C.J., LEOPOLD M., VAN DER VEER H.W., OLFF H., OVERDIJK O. & PIERSMA T. 2018. Unexpected dietary preferences of Eurasian Spoonbills in the Dutch Wadden Sea: spoonbills mainly feed on small fish not shrimp. *Journal of Ornithology*, 159, 839-849.
- KAMPICHLER C., SIERDSEMA H., ROODBERGEN M. & ENS B.J. 2013. Ruimtelijke analyses van dichtheden en trends van binnendijs broedende Scholeksters. Sovon-rapport 2013-08, pp. 1-52. Nijmegen.
- KERSTEN M., BRENNINKMEIJER A. & DE JONG J. 2014. De hvp op de Feugelpölle. Effect van verstoring op het aantal vogels. A&W-rapport 2033, pp. 1-69. Feanwâlden.
- KERSTEN M., BRENNINKMEIJER A., KROL J., KJIK IN DE VEGTE A. & DE JONG J.T. 2016. De HVP op de Feugelpolle in 2016. Effect van werkzaamheden aan de waddijk op het aantal vogels tijdens hoogwater.

- Ecosense rapport 3, pp. 1-79. Groningen.
- KLEEFSTRA R., HORNMAN M., BREGNBALLE T., FRIKKE J., GUENTHER K., HAELTERLEIN B., KOERBER P., LUDWIG J. & SCHEIFFARTH G. 2019. Trends of Migratory and Wintering Waterbirds in the Wadden Sea 1987/1988 - 2016/2017. pp. 1-68. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshafen.
- KLEEFSTRA R. & SCHEKKERMAN H. 2019. De 'krombekken' van Westhoek. *Limosa*, 92, 65-73.
- KLEEFSTRA R., SMIT C., KRAAN C., AARTS G., VAN DIJK J. & DE JONG M. 2011. Het toegenomen belang van de Nederlandse Waddenzee voor ruiende Bergeenden. *Limosa*, 84, 145-154.
- KOFFIJBERG K., BLEW J., ESKILDSEN K., GÜNTHER C., KOKS B., LAURSEN K., RASMUSSEN L.M., POTEL P. & SUDBECK P. 2003. High tide roosts in the Wadden Sea: A review of bird distribution, protection regimes and potential sources of anthropogenic disturbance. A Report of the Wadden Sea Plan Project 34. Wadden Sea Ecosystem No. 16, pp. 1-120. Wilhelmshaven.
- KOFFIJBERG K., CREMER J.S.M., DE BOER P. & OOSTERBEEK K. 2016. Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2014. WOT-technical report 78, pp. 1-40. Wageningen.
- KOFFIJBERG K., FRIKKE J., HÄLTERLEIN B., LAURSEN K., REICHERT G. & SOLDAAT L. 2017. Breeding birds. Wadden Sea Quality Status Report 2017 (*eds* S. Klopper *et al.*), pp. 1-19. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.
- KRAAN C., PIERSMA T., DEKINGA A. & FEY B. 2006. Bergeenden vinden Slijkgarnaaltjes en rust op nieuwe ruiplaats bij Harlingen. *Limosa*, 79, 19-24.
- KRAAN C., PIERSMA T., DEKINGA A., VAN DER MEER J., VAN GILS J.A., SPAANS B., KOOLHAAS A. & RAALJMAKERS C. 2004. Korte termijn effecten van de mechanische kokkelvisserij in de westelijke Waddenzee op bodemfauna. Koninklijk NIOZ-Intern Rapport, pp. 1-20. Texel.
- KRAAN C., VAN GILS J.A., SPAANS B., DEKINGA A., BIJLEVELD A.I., VAN ROOMEN M., KLEEFSTRA R. & PIERSMA T. 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.
- KRIJGSVELD K.L., SMITS R.R. & VAN DER WINDEN J. 2008. Verstoringsgevoeligheid van vogels. Update literatuurstudie naar de reacties van vogels op recreatie. Rapport nr. 08-173, pp. 1-249. Culemborg.
- KROL J. & HALLMANN C. 2011. Effect van bodemdaling op situering, hoogteligging en overstromingsrisico van broedkolonies op De Hon. Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost 2005 - 2010, pp. 93-124. NAM, Assen.
- LEOPOLD M.F., SMIT C.J., GOEDHART P.W., VAN ROOMEN M., VAN WINDEN A.J. & VAN TURNHOUT C. 2004. Langjarige trends in aantallen wadvogels, in relatie tot de kokkelvisserij en het gevoerde beleid in deze. Eindverslag EVA II (Evaluatie schelpdiervisserij tweede fase). Deelproject C2. Alterra rapport 954; Sovon-onderzoeksrapport 2004/07, pp. 1-165. Wageningen.
- MACLEAN I.M.D., AUSTIN G.E., REHFISCH M.M., BLEW J., CROWE O., DELANY S., DEVOS K., DECEUNINCK B., GUNTHER K., LAURSEN K., VAN ROOMEN M. & WAHL J. 2008. Climate change causes rapid changes in the distribution and site abundance of birds in winter. *Global Change Biology*, 14, 2489-2500.
- MARKERT A., ESSER W., FRANK D., WEHRMANN A. & EXO, K.M. 2013. Habitat change by the formation of alien *Crassostrea*-reefs in the Wadden Sea and its role as feeding sites for waterbirds. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 131, 41-51.
- MEESTERS H.W.G., DIJKEMA K.S., VAN DUIN W.E., SMIT C.J., DANKERS N., RELJNDERS P.J.H., KATS R.K.H. & DE JONG M.L. 2006. Natuurwaarden in de Kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag en mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning. Alterra-rapport 1310, pp. 1-191. Wageningen.
- MEIJLES E., DAAMS M.N., ENS B.J., HESLINGA J. & SIJTSMA F. 2021. Tracked to protect - Spatiotemporal dynamics of recreational boating in sensitive marine natural areas. *Applied Geography*, in press.
- MEIJLES E., VAN DER VEEN E., RIJNKS R., VROOM M. & SIJTSMA F. 2018. Monitoring vaarrecreatie op de Waddenzee - seizoen 2017. AIS en Radar. Rapport, pp. 1-42.
- MEIJLES E., VAN DER VEEN E., VROOM M., ENS B.J. & SIJTSMA F. 2019. Monitoring vaarrecreatie op de Waddenzee – seizoen 2018. Rapport PRW, pp. 1-80. Programma naar een Rijke Waddenzee, Leeuwarden.
- NAM 2014. Gaswinning Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen (MLV); Integrale beoordeling monitoring 2007-2012. Rapport, pp. 1-131. Assen.
- NAM 2019. Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Resultaten uitvoering Meet-en regelcyclus 2018. pp. 1-52. NAM, Assen.
- NAUW J., PHILIPPART C.J.M., DURAN-MATUTE M. & GERKEMA T. 2017. Estimates of exposure times in the Wadden Sea: A comparison of methods. *Journal of Sea Research*, 127, 12-25.
- NAVEDO J.G., GUTIERREZ J.S., SALMON P., ARRANZ D., NOVO M., DIAZ-COSIN D.J., HERRERA A.G. & MASERO J.A. 2019. Food supply, prey selection and estimated consumption of wintering Eurasian Curlews feeding on earthworms at coastal pastures. *Ardea*, 107, 263-274.
- PAREE E., KERS A.S., JENTINK R., HENDRIKS J.-R. & BAPTIST M.J. 2020. Toelichting op de zoute ecotopenkaart Waddenzee 2017. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening.
- PHILIPPART C.J.M., BEUKEMA J.J., CADÉE G.C., DEKKER R., GOEDHART P.W., VAN IPEREN J.M., LEOPOLD M.F. & HERMAN P.M.J. 2007. Impacts of nutrient reduction on coastal communities.

- Ecosystems, 10, 96-119.
- PIERSMA T., KOOLHAAS A., DEKINGA A., BEUKEMA J.J., DEKKER R. & ESSINK K. 2001. Long-term indirect effects of mechanical cockle-dredging on intertidal bivalve stocks in the Wadden Sea. *Journal of Applied Ecology*, 38, 976-990.
- PIERSMA T., PROKOSCH P. & BREDIN D. 1992. The migration system of Afrosiberian Knots *CALIDRIS CANUTUS CANUTUS*. *Wader Study Group Bulletin*, 64 Supplement, 52-63.
- RAKHIMBERDIEV E., DULJNS S., KARAGICHEVA J., CAMPHUYSEN C.J., VAN LOON A., WIJCKER A., KEIJL G., LEVERING H., JAN V., HEEMSKERK L., KNIJNSBERG L., VAN ROOMEN M., RUITERS P., ADMIRAAL P., VELDT P., REIJNDERS R., BEENTJES W., DEKINGA A., DEKKER R., GAVRILOV A., TEN HORN J., JUKEMA J., SAVELIEV A., SOLOVIEV M., TIBBITTS T.L., VAN GILS J.A., PIERSMA T. & CASTRICUM V.R.S. 2018. Fuelling conditions at staging sites can mitigate Arctic warming effects in a migratory bird. *Nature Communications*, 9, 4263.
- RAPPOLDT C. & ENS B.J. 2007. Scholeksters en de verruiming van de Westerschelde; Modelberekeningen voor de periode 1992-2015 aan het effect van de voorgenomen verruiming van de vaargeul op het aantal scholeksters. *EcoCurves rapport 5/Sovon-onderzoeksrapport 2007/03*, pp. 1-59. Haren.
- RAPPOLDT C. & ENS B.J. 2011. Het effect van bodemdaling op het aantal scholeksters dat kan overwinteren in de Waddenzee; Exploratieve berekeningen met het model WEBTICS. *EcoCurves rapport 12; SOVON-onderzoeksrapport 2011/05*, pp. 1-57. Haren.
- RAPPOLDT C. & ENS B.J. 2013a. Het effect van bodemdaling op overwinterende scholeksters in de Waddenzee. Een modelstudie met WEBTICS. *EcoCurves rapport 17/Sovon-rapport 2013/19*, pp. 1-87. Haren / Nijmegen.
- RAPPOLDT C. & ENS B.J. 2013b. Scholeksters en de toekomstige erosie van slikken in de Oosterschelde; Een modelstudie met WEBTICS. *EcoCurves rapport 18; Sovon-rapport 2013/25*, pp. 1-74. Haren.
- RAPPOLDT C., ENS B.J. & BRINKMAN A.G. 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*, pp. 1-42. Haren / Beek-Ubbergen.
- RAPPOLDT C., ENS B.J., DIJKMAN E. & BULT T. 2003a. Scholeksters en hun voedsel in de Waddenzee. Rapport voor deelproject B1 van EVA II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003. *Alterra rapport 882*, pp. 1-152. Wageningen.
- RAPPOLDT C., ENS B.J., DIJKMAN E., BULT T., BERREVOETS C.M. & GEURTS VAN KESSEL J. 2003b. Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde. Rapport voor deelproject D2 thema 1 van EVA II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003. *Alterra rapport 883*, pp. 1-137. Wageningen.
- RAPPOLDT C., ENS B.J., KERSTEN M. & DIJKMAN E. 2004. *Wader Energy Balance & Tidal Cycle Simulator WEBTICS*. Technical Documentation version 1.1. *Alterra rapport 869*, pp. 1-95. Wageningen.
- RAPPOLDT C., ENS B.J. & SCHEKKERMAN H. 2019. *Wadvogel habitat model Wadmap*. Technische documentatie *EcoCurves Rapport 30*, pp. 1-109. *EcoCurves*, Haren.
- RAPPOLDT C., KERSTEN M. & ENS B.J. 2006. Scholeksters en de droogvalduur van kokkels in de Oosterschelde; Modelberekeningen voor de periode 1990-2045 aan het effect van zandhonger en zeespiegelstijging op het aantal scholeksters. *EcoCurves rapport 2/Sovon-onderzoeksrapport 2006/12*, pp. 1-61. Haren/Beek-Ubbergen.
- RAPPOLDT C., ROOSENSCHOON O.R. & VAN KRAALINGEN D.W.G. 2014. Intertides: maps of the intertidal by interpolation of tidal gauge data. *EcoCurves Rapport 19*, pp. 1-36. Haren.
- SCHEKKERMAN H., GYUEYE FALL K., NAGY S. & VAN ROOMEN M. 2018. Patterns in trends of waterbird populations using the coastal East Atlantic Flyway, update 2017. *East Atlantic Flyway Assessment 2017: the status of coastal waterbird populations and their sites* (eds M. van Roomen, S. Nagy, G. Citegetse & H. Scheckerman). *Wadden Sea Flyway Initiative / Wetlands International / BirdLife International, Wilhelmshaven / Wageningen / Cambridge*.
- SHAMOUN-BARANES J., BOM R., VAN LOON E.E., ENS B.J., OOSTERBEEK K. & BOUTEN W. 2012. From sensor data to animal behaviour: an oystercatcher example. *PLoS ONE*, 7, e37997.
- SMAAL A.C., VAN STRALEN M.R., KERSTING K. & DANKERS N. 2004. Eindrapport EVA II deelproject F5 (Evaluatie Schelpdiervisserij tweede fase): De gevolgen van gecontroleerde bevissing voor bedekking en omvang van droogvallende mosselzaadbanken, een test van de Janlouw hypothese en van mogelijkheden voor natuurbouw. *RIVO rapport Co22/04*, pp. 1-93. Yerseke.
- SPAANS B., BRUINZEEL L. & SMIT C.J. 1996. Effecten van verstoring door mensen op wadvogels in de Waddenzee en de Oosterschelde. *IBN-rapport 202*, pp. 1-134. Wageningen.
- STILLMAN R.A. 2008. MORPH - An individual-based model to predict the effect of environmental change on foraging animal populations. *Ecological Modelling*, 216, 265-276.
- STILLMAN R.A. & GOSS-CUSTARD J.D. 2010. Individual-based ecology of coastal birds. *Biological Reviews*, 85, 413-434.
- THIES L., TOMKOVICH P., DOS REMEDIOS N., LISVELAND T., PINCHUK P., WALLANDER J., DÄNHARDT J., PÓRISSON B., BLOMQVIST D. &

- KÜPPER C. 2018. Population and subspecies differentiation in a high latitude breeding wader, the Common Ringed Plover *Charadrius hiaticula*. *Ardea*, 106, 163-176.
- THORUP O. & KOFFIJBERG K. 2016. Breeding success in the Wadden Sea 2009-2012 A review. Wadden Sea Ecosystem No. 36, pp. 1-56. Wilhelmshaven, Germany.
- TROOST K., PERDON K.J., VAN ZWOL, J., JOL J. & VAN ASCH M. 2017. Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone in 2017. CVO rapport 17.014, pp. 1-38. Wageningen.
- TROOST K. & VAN ASCH M. 2019. Effecten van handkokenvisserij op het kokkelbestand in de Waddenzee. pp. 1-22. Wageningen Marine Research, Wageningen.
- TROOST K., VAN ASCH M., BRUMMELHUIS E., VAN DEN ENDE D., VAN ES Y., PERDON K.J., VAN DER POOL J., VAN ZWEEDEEN C. & VAN ZWOL J. 2021. Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltaxwateren in 2020. pp. 1-96. Centrum voor Visserijonderzoek (CVO), IJmuiden.
- VAN ASCH M., VAN DEN ENDE D., VAN DER POOL J., BRUMMELHUIS E., VAN ZWEEDEEN C., VAN ES Y. & TROOST K. 2019. Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2019. pp. 1-28. Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO), IJmuiden.
- VAN DE KAM J., ENS B.J., PIERSMA T. & ZWARTS L. 1999. Ecologische atlas van de Nederlandse wadvogels, 1 edn. Schuyt & Co, Haarlem.
- VAN DE POL M., ATKINSON P.W., BLEW J., CROWE O., DELANY S., DURIEZ O., ENS B.J., HÄLTERLEIN B., HÖTKER H., LAURSEN K., OOSTERBEEK K.H., PETERSEN Æ., THORUP O., TJØRVE K., TRIPLET P. & YÉSOU P. 2014. A global assessment of the conservation status of the nominate subspecies of Eurasian Oystercatcher *Haematopus ostralegus ostralegus*. *International Wader Studies*, 20, 47-61.
- VAN DE POL M., ENS B.J., BAKKER J.P. & ESSELINK P. 2012. Klimaatverandering, verhoogde overstromingsrisico's en kwelderbroedvogels. *De Levende Natuur*, 113, 123-128.
- VAN DE POL M., ENS B.J., HEG D., BROUWER L., KROL J., MAIER M., EXO K.M., OOSTERBEEK K., LOK T., EISING C.M. & KOFFIJBERG K. 2010. Do changes in the frequency, magnitude and timing of extreme climatic events threaten the population viability of coastal birds? *Journal of Applied Ecology*, 47, 720-730.
- VAN DEN ENDE D., TROOST K., VAN ASCH M., PERDON J. & VAN ZWEEDEEN C. 2020. Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen van de Nederlandse zoute getijdenwateren in 2019: bestand en arealen. pp. 1-43. Centrum voor Visserijonderzoek (CVO), IJmuiden.
- VAN DEN HOUT P.J. 2009. Mortaliteit is het topje van een ijsberg van angst. Over Slechtvalken en steltlopers in de Waddenzee. *Limosa*, 82, 122-133.
- VAN DER HUT R.M.G., FOLMER E.O., KOFFIJBERG K., VAN ROOMEN M., VAN DER ZEE E. & STAHL J. 2014. Vogels langs de randen van het Wad. Verkenning van knelpunten en kans op broedlocaties en hoogwater-vluchtplaatsen. A&W-rapport 1982/Sovon rapport 2014/12, pp. 1-85. Veenwouden/Nijmegen.
- VAN DER JEUGD H.P., ENS B.J., VERSLUJJS M. & SCHEKKERMAN H. 2014. Geïntegreerde monitoring van vogels van de Nederlandse Waddenzee. Vogeltrekstation report 2014-01 / Sovon-rapport 2014/18, pp. 1-260. Wageningen / Nijmegen.
- VAN DER KOLK H.-J., ALLEN A.M., ENS B.J., OOSTERBEEK K., JONGEJANS E. & VAN DE POL M. 2020a. Spatiotemporal variation in disturbance impacts derived from simultaneous tracking of aircraft and shorebirds. *Journal of Applied Ecology*, 57, 2406-2418.
- VAN DER KOLK H.-J., ENS B.J., FRAUENDORF M., JONGEJANS E., OOSTERBEEK K., BOUTEN W. & VAN DE POL M. 2021. Why time-limited individuals can make populations more vulnerable to disturbance. *Oikos*, n/a.
- VAN DER KOLK H.-J., ENS B.J., OOSTERBEEK K., BOUTEN W., ALLEN A.M., FRAUENDORF M., LAMERIS T.K., OOSTERBEEK T., DEUZEMANS, DE VRIES K., JONGEJANS E. & VAN DE POL M. 2019. Shorebird feeding specialists differ in how environmental conditions alter their foraging time. *Behavioral Ecology*.
- VAN DER KOLK H., KRIJGSVELD K.L., LINSSEN H., DIERTENS R., DOLMAN D., JANS M., FRAUENDORF M., ENS B.J. & VAN DE POL M. 2020b. Cumulative energetic costs of military aircraft, recreational and natural disturbance in roosting shorebirds. *Animal Conservation*, 23, 359-372.
- VAN DER LUGT M., VISSER M. & KETELAAR G. 2020. Monitoring wadplaatareaal Friesche Zeegat met LiDAR (2010-2019). pp. 1-69. Deltares, Delft.
- VAN DER MEER J., DANKERS N., ENS B.J., VAN STRALEN M., TROOST K. & WASER A.M. 2018. The Birth, Growth and Death of Intertidal Soft-Sediment Bivalve Beds: No Need for Large-Scale Restoration Programs in the Dutch Wadden Sea. *Ecosystems*.
- VAN DER MEER J. & ENS B.J. 1997. Models of Interference and Their Consequences for the Spatial Distribution of Ideal and Free Predators. *Journal of Animal Ecology*, 66, 846-858.
- VAN DER TUUK B., ENS B.J., MELJLES E., SIJTSMA F., VROOM M., HESLINGA J. & VAN DER ZEE E. 2019. Monitoring vaarrecreatie en natuur Waddenzee. Samenvatting vaarseizoen 2018 pp. 1-36. Opdrachtgeverscollectief Beheer Waddenzee (OBW), Leeuwarden.
- VAN GILS J. & PIERSMA T. 1999. Day- and night-time movements of radiomarked Red Knots staging in the western Wadden Sea in July-August 1995. *Wader Study Group Bulletin*, 89, 36-44.
- VAN GILS J.A., DE ROOIJ S.R., VAN BELLE J., VAN DER

- MEER J., DEKINGA A., PIERSMA T. & DRENT R. 2005. Digestive bottleneck affects foraging decisions in red knots *Calidris canutus*. I. Prey choice. *Journal of Animal Ecology*, 74, 105-119.
- VAN GILS J.A., LISOVSKI S., LOK T., MEISSNER W., OZAROWSKA A., DE FOUW J., RAKHIMBERDIEV E.N., SOLOVIEV M., PIERSMA T. & KLAASSEN M. 2016. Body shrinkage due to Arctic warming reduces red knot fitness in tropical wintering range. *Science*, 352, 819-821.
- VAN GILS J.A., PIERSMA T., DEKINGA A. & SPAANS B. 2000. Voortdurend in de lucht: zenderonderzoek aan Kanoeten *Canutus canutus* in de westelijke Waddenzee. *Limosa*, 73, 29-34.
- VAN GILS J.A., PIERSMA T., DEKINGA A., SPAANS B. & KRAAN C. 2006a. Shellfish Dredging Pushes a Flexible Avian Top Predator out of a Marine Protected Area. *PLoS Biology*, 4, e376.
- VAN GILS J.A., SPAANS B., DEKINGA A. & PIERSMA T. 2006b. Foraging in a tidally structured environment by red knots (*Calidris canutus*): Ideal, but not free. *Ecology*, 87, 1189-1202.
- VAN ROOMEN M., NAGY S., CITEGETSE G. & SCHEKKERMAN H. 2018. East Atlantic Flyway Assessment 2017: the status of coastal waterbird populations and their sites. pp. 1-200. CWSS / Wetlands International / Birdlife International, Wilhelmshaven, Germany / Wageningen, The Netherlands / Cambridge, United Kingdom.
- VAN ROOMEN M., NAGY S., FOPPEN R., DODMAN T., CITEGETSE G. & NDIAYE A. 2015. Status of coastal waterbird populations in the East Atlantic Flyway. With special attention to flyway populations making use of the Wadden Sea. pp. 1-79. Leeuwarden, The Netherlands / Nijmegen, The Netherlands / Wageningen, The Netherlands / Cambridge, United Kingdom / Wilhelmshaven, Germany.
- VAN ROOMEN M., VAN TURNHOUT C., VAN WINDEN E., KOKS B., GOEDHART P.W., LEOPOLD M.F. & SMIT C.J. 2006. Trends van benthivore watervogels in de Nederlandse Waddenzee: grote verschillen tussen schelpdiereneters en wormeneters. *Limosa*, 78, 21-38.
- VAN STRALEN M., TROOST K. & VAN ZWEEDEN C. 2012. Ontwikkeling van banken Japanse oesters (*Crassostrea gigas*) op droogvallende platen in de Waddenzee. Rapport 2012.101, pp. 1-26. Scharendijke.
- VAN TURNHOUT C. & VAN ROOMEN M. 2008. Drieteenstrandlopers in Nederland: steeds meer wad- steeds minder strandvogel? *Limosa*, 81, 1-10.
- VAN WOENSEL M., JANSEN J. & HOEKSEMA R. 2019. Sleutelaspecten: Wadplaten. Analyse documenten voor de sleutelaspecten van de basismonitoring Wadden. pp. 1-8. Kernteam Basismonitoring, Leeuwarden.
- WANG Z.B. & EYSINK W.D. 2005. Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning. Vloedkommen van het Friesche Zeegat. Rapport Z3995, pp. 1-140. Delft.
- WASER A.M., DEUZEMAN S., WA KANGERI A.K., VAN WINDEN E., POSTMA J., DE BOER P., VAN DER MEER J. & ENS B.J. 2016. Impact on bird fauna of a non-native oyster expanding into blue mussel beds in the Dutch Wadden Sea. *Biological Conservation*, 202, 39-49.
- WEST A.D., STILLMAN R.A., DREWITT A., FROST N.J., MANDER M., MILES C., LANGSTON R., SANDERSON W.G. & WILLIS J. 2010. WaderMORPH - a user-friendly individual-based model to advise shorebird policy and management. *Methods in Ecology and Evolution*.
- WETLANDS-INTERNATIONAL 2015. Waterbird population estimates, 5th Edition.
- WHITFIELD D.P. 2003a. Density-dependent mortality of wintering Dunlins *Calidris alpina* through predation by Eurasian Sparrowhawks *Accipiter nisus*. *Ibis*, 145, 432-438.
- WHITFIELD D.P. 2003b. Predation by Eurasian sparrowhawks produces density-dependent mortality of wintering redshanks. *Journal of Animal Ecology*, 72, 27-35.
- WIJNHOFEN S., ESCARAVAGE V., HERMAN P.M.J., SMAAL A.C. & HUMMEL H. 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-An Evolutionary Perspective*, 32, 117-129.
- YATES M.G., GOSS-CUSTARD J.D., MCGRORTY S., LAKHANI K.H., DURELL S.E.A.L.V.D., CLARKE R.T., RISPIN W.E., MOY I., YATES T., PLANT R.A. & FROST A.J. 1993. Sediment characteristics, invertebrate densities and shorebird densities on the inner banks of the Wash. *Journal of Applied Ecology*, 30, 599-614.
- YDENBERG R.C., BARRETT J., LANK D.B., XU C.L. & FABER M. 2017. The redistribution of non-breeding dunlins in response to the post-DDT recovery of falcons. *Oecologia*, 183, 1101-1110.
- ZWARTS L. 1988. De bodemfauna van de fries-groningse waddenkust. Flevovericht nr. 294, pp. 1-200.
- ZWARTS L. & WANINK J.H. 1993. How the food supply harvestable by waders in the Wadden Sea depends on the variation in energy density, body weight, biomass, burying depth and behaviour of tidal-flat invertebrates. *Netherlands Journal of Sea Research*, 31, 441-476.
- ZWARTS L., WANINK J.H. & ENS B.J. 1996. Predicting seasonal and annual fluctuations in the local exploitation of different prey by Oystercatchers *Haematopus ostralegus*: a ten-year study in the Wadden Sea. *Ardea*, 84A, 401-440.



Dit rapport is samengesteld in opdracht van de Nederlandse Aardolie Maatschappij



Sovon Vogelonderzoek Nederland

Postbus 6521
6503 GA Nijmegen
Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen
T (024) 7 410 410

E info@sovon.nl
I www.sovon.nl



WAGENINGEN UR
For quality of life

