

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

Rapportage t/m monitoringjaar 2019

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

J. van Kessel – Sovon Vogelonderzoek Nederland

J. Nienhuis – Sovon Vogelonderzoek Nederland

Sovon-rapport 2020/25

Dit rapport is samengesteld in opdracht van de NAM (Sovon project S2019.160)

Sovon-rapport S2020/25 EINDCONCEPT

Colofon

© Sovon Vogelonderzoek Nederland 2020

Foto's omslag: @@@

Wijze van citeren: Ens B.J., Troost K., van Winden E., Schekkerman H., Rappoldt K., van Kessel J. & Nienhuis J. 2019. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2019. Sovon-rapport 2020/25. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

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

ISSN: 2212-5027

Sovon Vogelonderzoek Nederland

Postbus 6521

6503 GA Nijmegen

Tel: 024-7.410.410

E-mail: info@Sovon.nl

Homepage: www.Sovon.nl

1 INHOUD

2	Samenvatting.....	5
3	Inleiding.....	7
4	Selectie vogelsoorten.....	10
5	Beslisschema.....	12
6	Monitoring data.....	13
6.1	Onderzoeksgebied.....	13
6.2	Hoogtekaart.....	13
6.2.1	Lodingen.....	13
6.2.2	LiDAR.....	13
6.3	Waterstanden.....	14
6.4	SIBES.....	14
6.5	WOT litorale surveys waddenzee.....	15
6.6	Vogeltellingen.....	15
7	Model: van benthos naar proxy.....	16
7.1	Algemeen.....	16
7.2	Berekeningen proxies.....	16
8	Effect sedimentsamenstelling op verspreiding wadvogels.....	17
8.1	Inleiding.....	17
8.2	Toekenning foerageergebieden en sediment.....	19
8.3	Vogelaantallen en sediment.....	21
8.4	Discussie.....	22
9	Resultaten monitoring.....	24
9.1	Ontwikkelingen bodemdieren waddenzee.....	24
9.2	Voedselaanbod Pinkegat-Zoutkamperlaag.....	27
9.3	Vogels.....	29
9.4	Bergeend.....	30
9.5	Pijlstaart.....	33
9.6	Scholekster.....	36
9.7	Kluut.....	41
9.8	Zilverplevier.....	44
9.9	Bontbekplevier.....	48
9.10	Kanoet.....	52
9.11	Drieteenstrandloper.....	57
9.12	Bonte Strandloper.....	60

9.13	Rosse Grutto.....	63
9.14	Wulp	67
9.15	Tureluur	71
9.16	Steenloper	74
10	Discussie en conclusies.....	77
10.1	Signaleringsmonitoring & signalering.....	77
10.2	Aanbevelingen audit commissie.....	79
10.3	Ecologische verklaringen van waargenomen veranderingen.....	81
10.3.1	Is daling proxy geheel of gedeeltelijk veroorzaakt door bodemdaling?	82
10.3.2	Is er een gevalideerde proxy voor draagkracht?	82
11	Aanbevelingen.....	89
12	Appendix – trends in de proxies.....	91
13	Literatuur.....	94

2 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.

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.* 2018a).

Net als in 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. 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).
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 elk van de 13 onderzoeksoorten wordt het aantalsverloop in de kombergingen van Pinkegat/Zoutkamperlaag over de periode 1994/1995 – 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 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 2019 leidt tot de volgende conclusies:

1. Voor 24 onderzochte soort-seizoen combinaties zijn geen aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling.

2. Voor 6 soort-seizoen combinaties (Pijlstaart, Zilverplevier en Bonte Strandloper 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).
3. Voor 14 soort-seizoen combinaties werd in eerder onderzoek 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.
4. Voor 4 soort-seizoen combinaties was er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht die in alle gevallen geen negatieve trend vertoonde.
5. De aantallen Steenlopers nemen toe in het bodemdalingsgebied, maar omdat in beide seizoenen (1) de trend informatie als onzeker werd beoordeeld, (2) er geen gevalideerde proxy voor draagkracht bestaat, (3) de proxies niet allemaal dezelfde trend vertoonden, kan er volgens het beslissing schema geen conclusie worden getrokken.

In 2019 is het monitoringprogramma opnieuw diepgravend geëvalueerd (Auditcommissie 2019). De auditcommissie concludeert dat de huidige signaleringsmonitoring functioneert, maar ziet ook ruimte voor verbetering van de vogelmonitoring. De aanbevelingen van de auditcommissie worden besproken en uitgewerkt in de discussie over de ecologische verklaringen van de waargenomen veranderingen. Deze discussie mondt uit in de volgende suggesties voor verdere optimalisering van het monitoringprogramma:

- (1) Controleer of de toekenning van laagwaterfoerageergebieden aan hvp's klopt.
- (2) Probeer een inschatting te maken van de omvang van de handkokkelvisserij in de afgelopen jaren in de verschillende onderzoeksgebieden en verdisconteer dit in de draagkrachtproxies voor de Scholekster.
- (3) Onderzoek 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.
- (6) Vergelijk laagwatertellingen van wadvogels op geselecteerde wadplaten met de proxywaarde berekend voor elk van die wadplaten.
- (7) Vergelijk de voorspelde prooikeuze met de werkelijke prooikeuze.
- (8) Ontwikkel en valideer draagkrachtmodellen voor de onderzoeksoorten, waarin niet alleen het voedsellandschap, maar ook het verstoringslandschap en de fourageermogelijkheden tijdens hoogwater worden meegenomen.

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.

3 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.* 2018a).

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. In de soortbesprekingen in deze rapportage zal daar regelmatig naar verwezen worden.

Een belangrijke aanname is dat voedsel de allesbepalende factor is in het bepalen van de draagkracht van de Waddenzee voor wadvogels. In deze rapportage 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 geëigende hoofdstukken wordt aangegeven hoe het commentaar van de auditcommissie is verwerkt.

Voor deze rapportage over de monitoring t/m het monitoringjaar 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. 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).
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 elk van de 13 onderzoeksoorten wordt 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).

Voor elk van de 13 soorten wordt verder voor Pinkegat-Zoutkamperlaag het verloop van alle proxies getoond voor de periode 2008-2017 en met elkaar vergeleken. Ook is de trend berekend voor Pinkegat-Zoutkamperlaag.

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.

4 SELECTIE VOGELSOORTEN

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 Pinkegaat 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.* 2018a).

De Waddenzee is aangewezen voor 38 soorten niet-broedvogels. In Tabel 4-1 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. Gevallen waarbij dit percentage boven de 100% ligt wijzen op een achterstand in de officiële administratie en zijn niet van belang voor ons onderzoek.

Daling van de diepe ondergrond zal in theorie leiden tot daling van het wadoppervlak. Dit zal naar verwachting geen effect hebben op de delen van de Waddenzee die altijd onder water staan (het sublitoraal), maar het kan betekenen dat wadplaten minder lang droogliggen 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). 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 4-1 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 (Leopold *et al.* 2004). 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 achteruit gaan 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).

Tabel 4-1. 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	
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	
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	
A130	Scholekster	>	140000-160000	78%-80%	180000-200000	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A132	Kluit	=	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
A141	Zilverplevier	=	22300	81%	27600	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A142	Kievit	=	10800	14%	75500	seizoensgemiddelde	benthos	ter/lit	ja	?	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
A149	Bonte strandloper	=	206000	110%	187300	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A156	Grutto	=	1100	18%	6000	seizoensgemiddelde	benthos	ter/lit	ja	?	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	
A162	Tureluur	=	16500	89%	18480	seizoensgemiddelde	benthos	lit	ja	ja	ja
A164	Groenpootruiter	=	1900	86%	2210	seizoensgemiddelde	vis & benthos	lit	?	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		

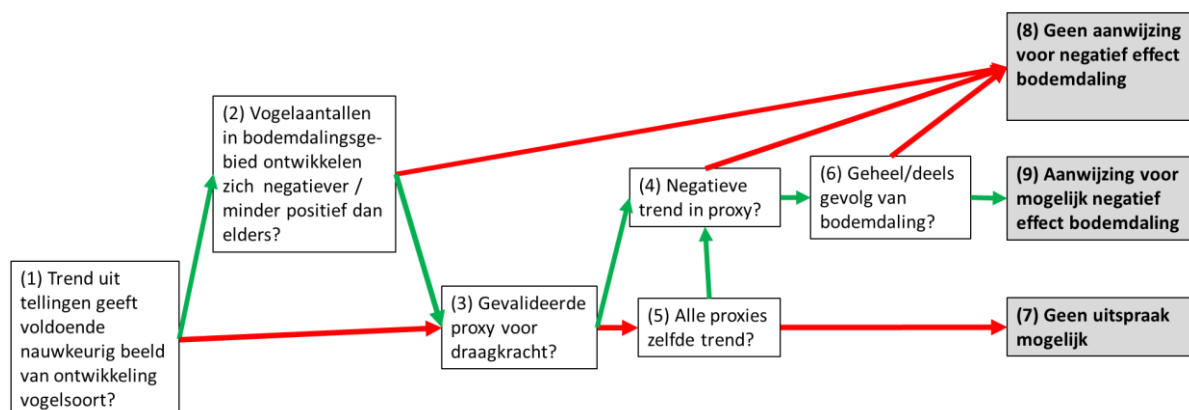
5 BESLISSCHEMA

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 5-1 en als schema in Figuur 5-1.

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 5-1. 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 5-1. 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.

6 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.* 2018a; Ens *et al.* 2019a). Waar nodig geven wij hier kort aanvullende informatie.

6.1 ONDERZOEKSGBIED

Het onderzoeksgebied betreft de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag. In Figuur 6-1 is de komberging van het Pinkegat aangegeven met een paarse weerschijn en de komberging van de Zoutkamperlaag met een grijze weerschijn.



Figuur 6-1. Ligging van het aan Ameland grenzende onderzoeksgebied Pinkegat (paarse weerschijn) en het aan Schiermonnikoog grenzende onderzoeksgebied Zoutkamperlaag (grijze weerschijn). Ook weergegeven de contouren van de mosselbanken (blauw) en gemengde mossel-oester banken (groen) voor het jaar 2013.

6.2 HOOGTEKAART

6.2.1 Lodingen

Voor dit rapport is de hoogtekaart cyclus5 gebruikt (Elias & Wang 2013) om gaten in de hoogtemetingen middels LiDAR op te vullen. Dit betreft met name de diepere delen. Er circuleren nieuwere versies van deze kaart waarin de meest recente lodingen van het wad onder Rottum en het Eems-Dollard gebied zijn verwerkt, en er circuleert zelfs een vrijwel volledige cyclus6 kaart. Echter, goede documentatie over deze kaarten ontbreekt. Zonder documentatie zijn deze kaarten niet bruikbaar. Aangezien we ons in dit rapport beperken tot Pinkegat & Zoutkamerplaag, die buiten het aangepaste gebied vallen in de nieuwere cyclus5 kaart, is het probleem niet groot voor de eerste jaren van het onderzoek. Het verdient echter aanbeveling voor de latere jaren van het onderzoek over te stappen naar een goed gedocumenteerde cyclus6 kaart.

6.2.2 LiDAR

In Tabel 6-1 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. De dan nog ontbrekende hoogtes komen net zoals bij alle overige LiDAR kaarten van de cyclus 5 hoogtekaart (zie eerder).

Tabel 6-1. Seizoenen waarvoor gerekend is en de opnamedatum van de LiDAR kaart die bij die berekeningen is gebruikt.

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

6.3 WATERSTANDEN

De waterstandsmetingen zijn aangevuld met de metingen over de periode t/m december 2019. 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 beschikbaar 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).

6.4 SIBES

Doordat het NIOZ de analyse van de SIBES-monsters wist te versnellen konden voor deze rapportage de gegevens t/m het seizoen 2019 worden gebruikt voor Pinkegat/Zoutkamperlaag. Voor de berekeningen

over de verspreiding van de wadvogels in relatie tot sediment konden alleen de jaren 2008 t/m 2013 worden gebruikt, omdat alleen voor die jaren Waddenzee-brede gegevens beschikbaar zijn.

6.5 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 2019. Daarbij moet aangetekend worden dat de contouren van de schelpdierbanken uit 2019 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.

Recente rapportages over deze surveys laten een toenemend areaal gemengde banken (Japanse Oesters en Mossels) zien en een enorme broedval van Mossels in 2016, die de winter van 2016/2017 goed heeft overleefd (van den Ende *et al.* 2017), maar wel geleden heeft onder winter van 2017/2018 (van den Ende *et al.* 2018). In 2018 heeft weer een massale broedval van Mossels plaatsgevonden (van den Ende *et al.* 2020).

Na de enorme broedval van Kokkels in 2011 heeft tot en met 2017 geen nieuwe massale broedval plaatsgevonden en het kokkelbestand is alsmaar verder afgenomen (Troost *et al.* 2017b; Van Asch *et al.* 2018). De zomer van 2018 was extreem warm, waardoor abnormaal veel oude Kokkels afstierven (Troost & van Asch 2018), zodat er van de broedval uit 2011 nog maar heel weinig Kokkels resteerden. Uit de bemonstering in 2019 blijkt dat er in 2018 een goede broedval is geweest, al lijkt het niveau van de goede broedval uit 2011 niet gehaald (van Asch *et al.* 2019).

6.6 VOGELTELLINGEN

Voor de analyse van de vogelaantallen konden de gegevens t/m de winter van 2018/2019 worden gebruikt. Op zowel de korter termijn (vanaf 2008) als de lange termijn (vanaf 1994) is de trend geclassificeerd zoals dat ook gebeurt in de meetnetten van het NEM (Figuur 6-2).

Figuur 6-2. 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.

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

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

7 MODEL: VAN BENTHOS NAAR PROXY

7.1 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.* 2018a; Ens *et al.* 2019a).

Uitvoerige documentatie van technische details is te vinden in EcoCurves Rapport 30 (Rappoldt, Ens & Schekkerman 2019).

7.2 BEREKENINGEN PROXIES

M.b.t. de berekeningen voor de huidige rapportage zijn de volgende beslissingen genomen:

1. Berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de korte prooilijs.
2. Diepteverspreiding van schelpdieren afhankelijk van grootte en seizoen is overeenkomstig de reeds eerder gerapporteerde verbanden (Ens *et al.* 2018a).
3. Diepteverspreiding van wormen afhankelijk van grootte is overeenkomstig de eerder gerapporteerde verbanden (Ens *et al.* 2018a).
4. Er is besloten om de slecht bekende seizoensvariatie in diepte voor wormen niet in rekening te brengen.
5. Voor de Wadpier is seizoensactiviteit in rekening gebracht op basis van de eerder beschreven analyse van die activiteit (Ens *et al.* 2019a).

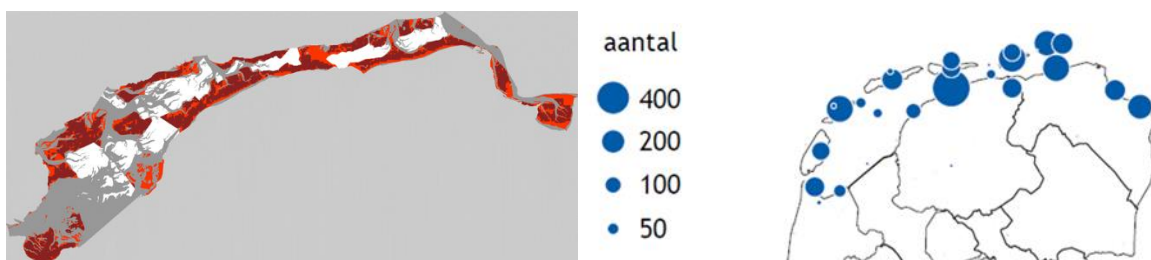
8 EFFECT SEDIMENTSAMENSTELLING OP VERSPREIDING WADVOGELS

8.1 INLEIDING

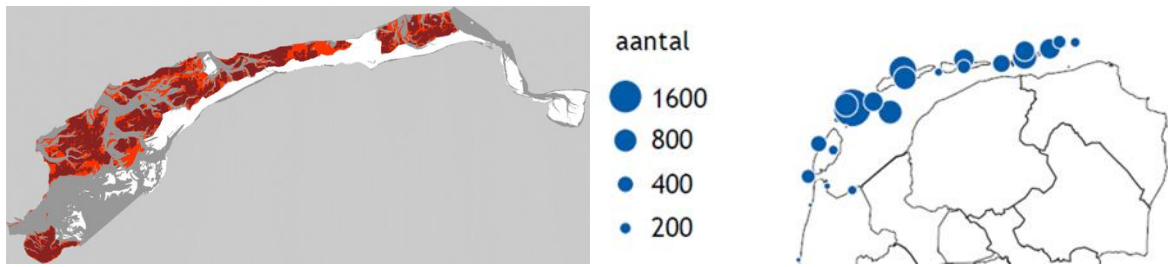
Een van de aanbevelingen voor vervolgwerk in de vorige monitoringrapportage (Ens *et al.* 2019a) luidde: “Onderzoek of sedimentsamenstelling, naast voedsel, een rol speelt bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee.” Aan deze aanbeveling lagen twee overwegingen ten grondslag.

De eerste overweging is dat samenhang tussen dichtheden van wadvogels in hun foerageergebieden en de samenstelling van het sediment aldaar wellicht een deel van de spreiding in vogeldichtheden kan verklaren rond de veronderstelde relatie met de proxies voor voedselbeschikbaarheid. Kennis over die samenhang kan daarmee helpen om de in WADMAP berekende proxies te valideren, wat ten goede komt aan de zekerheid aangaande conclusies uit het ‘beslisschema’ in hoofdstuk 5.

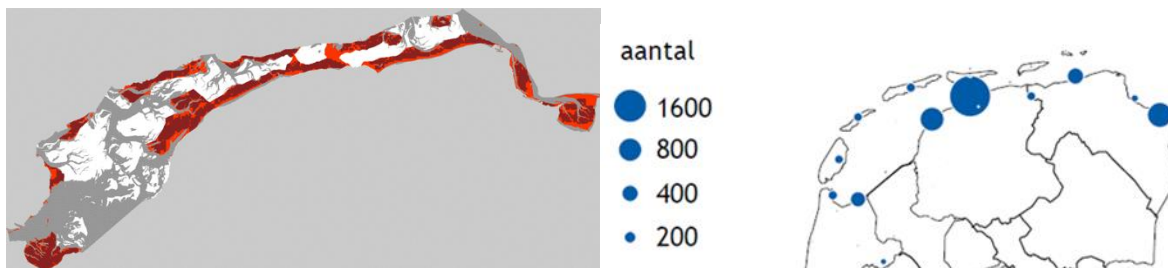
De tweede overweging is dat in WADMAP beslissingen zijn ingebouwd over welke wadplaten in de Waddenzee (en dus ook in Pinkegat/Zoutkamperlaag) wel en welke niet worden gebruikt als foerageergebied door bepaalde wadvogelsoorten (Ens *et al.* 2017a; Rappoldt, Ens & Schekkerman 2019). Hierbij is op basis van ‘expertkennis’ aangenomen dat Pijlstaart, Kluut, Bontbekplevier, Drieteenstrandloper, Tureluur en Steenloper niet overal in het intergetijdengebied van de Waddenzee foerageren maar uitsluitend op een beperkt, en deels per soort verschillend, deel van de wadplaten (Figuur 8-1 t/m Figuur 8-6). (De overige soorten werden geacht overal voor te kunnen komen.) Aspecten die bij deze expert-inschattingen in ogenschouw zijn genomen zijn aanwezigheid van mosselbanken (alleen voor de Steenloper), vliegafstanden tot potentiële HVP’s langs de vastelands- en eilandkusten, en globale sediment-samenstelling (zie Tabel 8.1 en appendix D in (Ens *et al.* 2017a)). De laatste twee zijn deels gecorreleerd doordat de meest slibrijke wadplaten te vinden zijn voor de kwelders van de vastelandskusten (Figuur 8-7). Omdat de expert-inschattingen ongetwijfeld hun beperkingen hebben is een interessante vraag of ze in WADMAP ook zijn te vervangen door op kwantitatieve gegevens gebaseerde relaties tussen eigenschappen van de wadplaten en het gebruik ervan door vogels. Sedimentsamenstelling is een voor de hand liggende eerste aspect om naar te kijken.



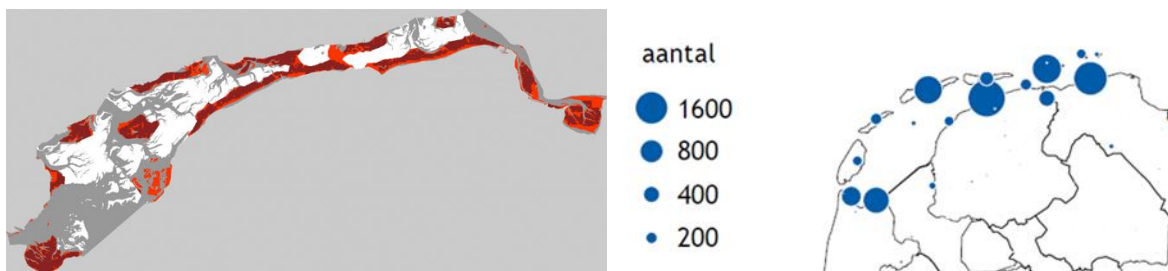
Figuur 8-1. Foerageergebieden van de Bontbekplevier op basis expert kennis (links) en gemiddelde verspreiding over de afgelopen tien jaar tijdens hoogwatertellingen (rechts) zoals gerapporteerd in het meest recente watervogelrapport (Hornman *et al.* 2019).



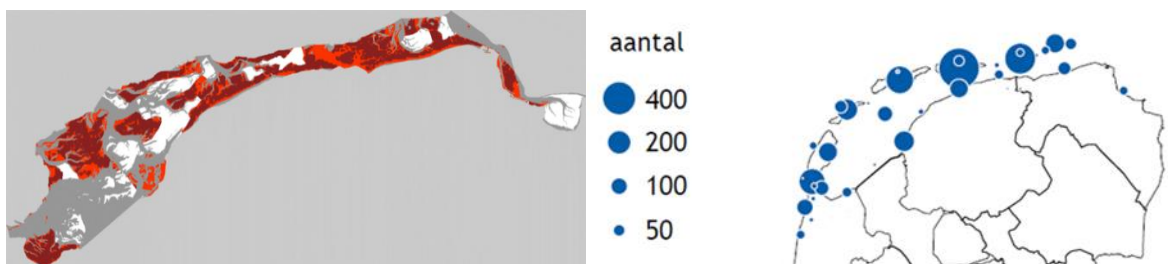
Figuur 8-2. Foerageergebieden van de Drieteenstrandloper op basis expert kennis (links) en gemiddelde verspreiding over de afgelopen tien jaar tijdens hoogwatertellingen (rechts) zoals gerapporteerd in het meest recente watervogelrapport (Hornman et al. 2019).



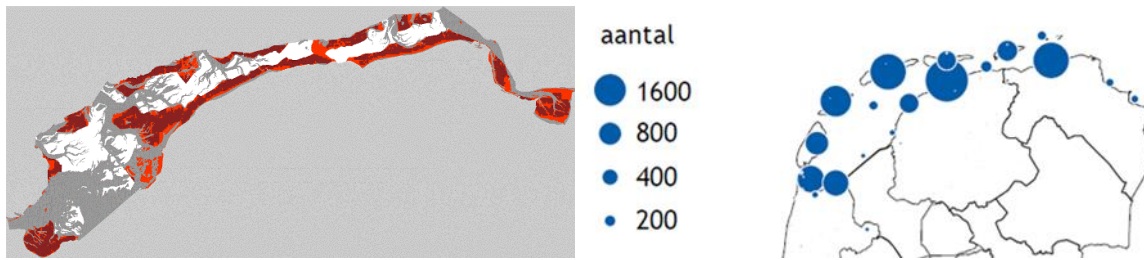
Figuur 8-3. Foerageergebieden van de Kluut op basis expert kennis (links) en gemiddelde verspreiding over de afgelopen tien jaar tijdens hoogwatertellingen (rechts) zoals gerapporteerd in het meest recente watervogelrapport (Hornman et al. 2019).



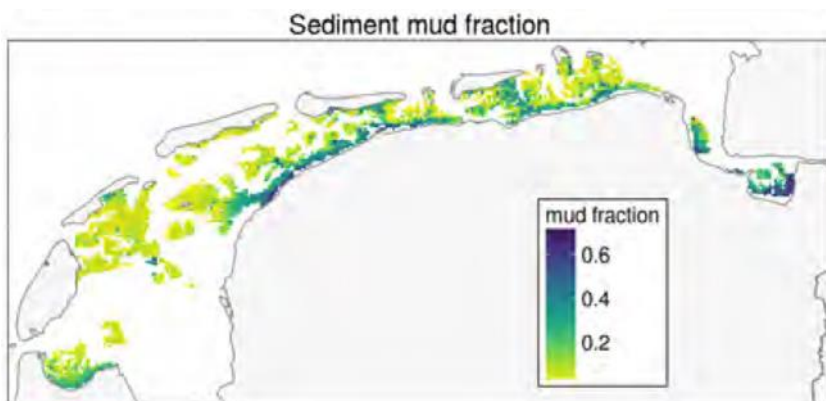
Figuur 8-4. Foerageergebieden van de Pijlstaart op basis expert kennis (links) en gemiddelde verspreiding over de afgelopen tien jaar tijdens hoogwatertellingen (rechts) zoals gerapporteerd in het meest recente watervogelrapport (Hornman et al. 2019).



Figuur 8-5. Foerageergebieden van de Steenloper op basis expert kennis (links) en gemiddelde verspreiding over de afgelopen tien jaar tijdens hoogwatertellingen (rechts) zoals gerapporteerd in het meest recente watervogelrapport (Hornman et al. 2019).



Figuur 8-6. Foerageergebieden van de Tureluur op basis expert kennis (links) en gemiddelde verspreiding over de afgelopen tien jaar tijdens hoogwatertellingen (rechts) zoals gerapporteerd in het meest recente watervogelrapport (Hornman et al. 2019).

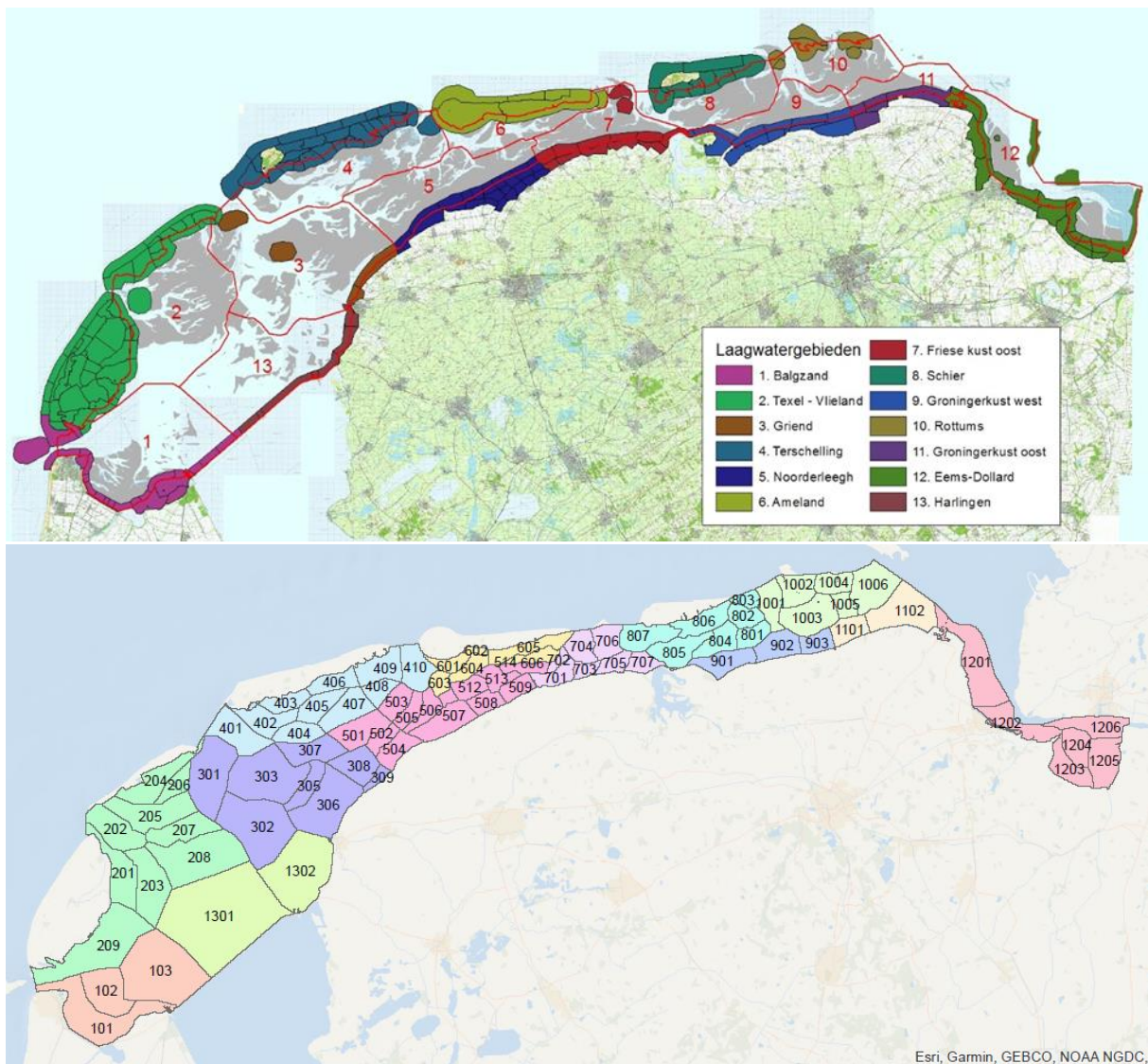


Figuur 8-7. Sedimentsamenstelling (percentage slib) in de Waddenzee. Bron: Folmer et al. (2017).

In het huidige monitoringsjaar is een begin gemaakt met dit onderzoek, op twee verschillende manieren. In de eerste plaats is gekeken hoe de expert-inschattingen over welke wadplaten wel en welke niet gebruikt worden door vogelsoorten samenhangen met gemeten sedimentdata. Valt de gemaakte inschatting vrijwel samen met de sedimentsamenstelling van gebieden, of slechts voor een deel? In de tweede plaats zijn de gegevens uit de validatie van de WADMAP-proxies (Ens et al. 2018a; Ens et al. 2019a) gebruikt om te zien in hoeverre vogeldichtheden direct samenhangen met sedimenteigenschappen op de schaal van de 12 laagwatergebieden in de Waddenzee. De sedimentgegevens in beide verkenningen bestonden uit metingen op de bodemfauna-monsterpunten van het SIBES-programma: de mediane korrelgrootte (in μm) en de slibfractie (aandeel deeltjes met diameter tussen 0.04 en 63 μm) in de bovenste 4 cm van het sediment (Folmer et al. 2017). Deze data omvatten 21.109 monsters verspreid over de hele Waddenzee uit de jaren 2008-2013.

8.2 TOEKENNING FOERAGEERGEBIEDEN EN SEDIMENT

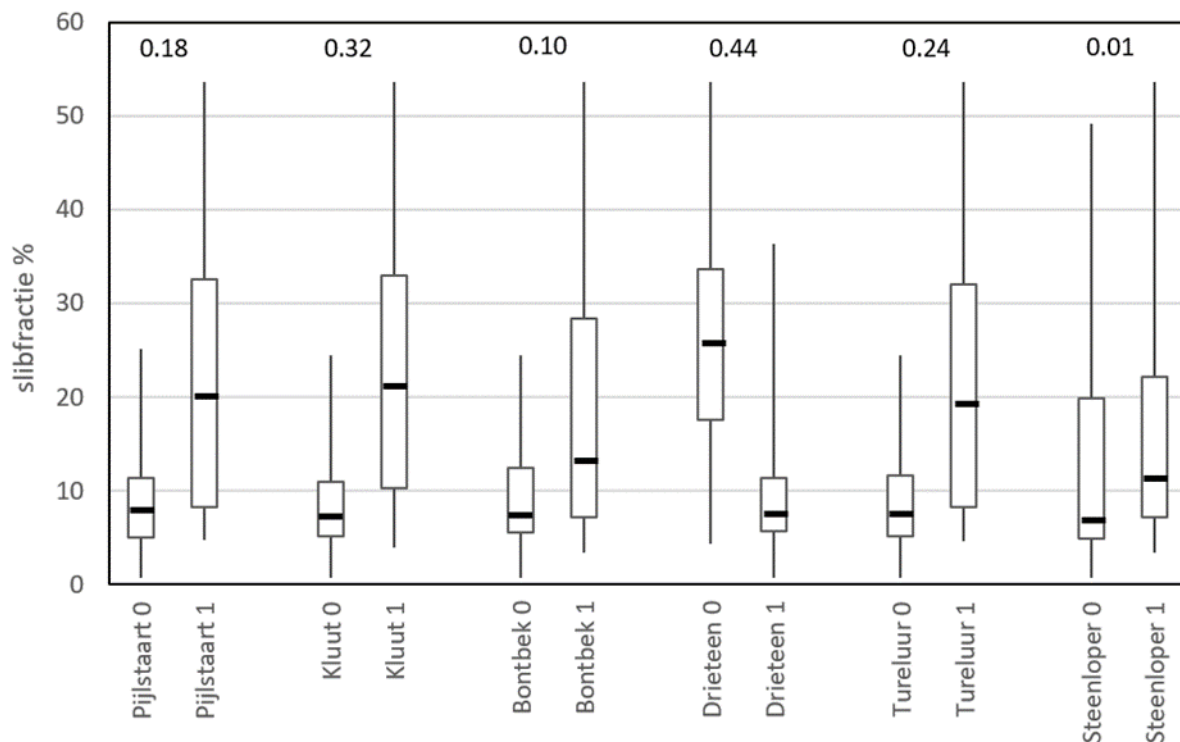
Voor de eerste verkenning zijn alle monsterpunten toegekend aan één van de 81 'foerageergebieden' onderscheiden in WADMAP (Figuur 8-8), en is per potentieel foerageergebied de gemiddelde mediane korrelgrootte en de gemiddelde slibfractie berekend. Vervolgens is voor elk van de zeven vogelsoorten waarvoor delen van de Waddenzee 'uit' zijn gezet als foerageergebied een vergelijking gemaakt tussen de sedimentgetallen van foerageergebieden die 'uit' en die 'aan' staan. Dit is gedaan middels een grafische weergave (Figuur 8-9) en door een statistische toets op de verschillen (Mann-Whitney U test op verschil tussen de verdelingen, ANOVA voor het door de expert-toekenning verklaarde aandeel in de variantie in sedimentcijfers).



Figuur 8-8. Boven: Hoogwatertelgebieden en de bijbehorende laagwaterfoerageergebieden van de wadvogels die in dit rapport bestudeerd worden. Onder: onderverdeling van de laagwaterfoerageergebieden.

Figuur 8-9 vat de verdelingen samen van de gemiddelde slibfractie per potentieel foerageergebied. Het beeld voor de gemiddelde mediane korrelgrootte stemt hiermee verregaand overeen, maar in spiegelbeeld: een hoog slibgehalte betekent een kleine mediane korrelgrootte. Voor zes van de zeven betrokken vogelsoorten is het verschil tussen 'aan' en 'uit' gebieden hoogst significant ($P \leq 0.006$). De Steenloper is de enige soort waar dat niet het geval is ($P = 0.11$), en dat is verklaarbaar doordat bij de beslissingen over foerageergebied van Steenlopers vooral is gekeken naar de aanwezigheid van mosselbanken (die kennelijk niet erg nauw samenhangt met sedimentkenmerken). Bij alle overige soorten zijn de als foerageergebied 'uit' gezette wadplaten zandiger dan de platen die 'aan' staan, behalve bij de Drieteenstrandloper waarvoor het omgekeerde geldt. Opvallend is dat bij de vijf 'sliksoorten' de spreiding in sedimentcijfers groter is in de gebieden die 'aan' staan dan in de 'uit' gebieden. Kennelijk zijn vooral gebieden aan het zandige uiteinde van de verdeling uitgezet. Er is echter nog wel een aanzienlijke overlap tussen de gemiddelde slibgehalten van foerageergebieden die 'uit' en die 'aan' staan. Dit blijkt ook uit de nogal beperkte door deze tweedeling verklaarde aandelen van de totale variantie in slibgehalten: 4-22%, met 48% voor Drieteenstrandloper als uitschieter. 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.

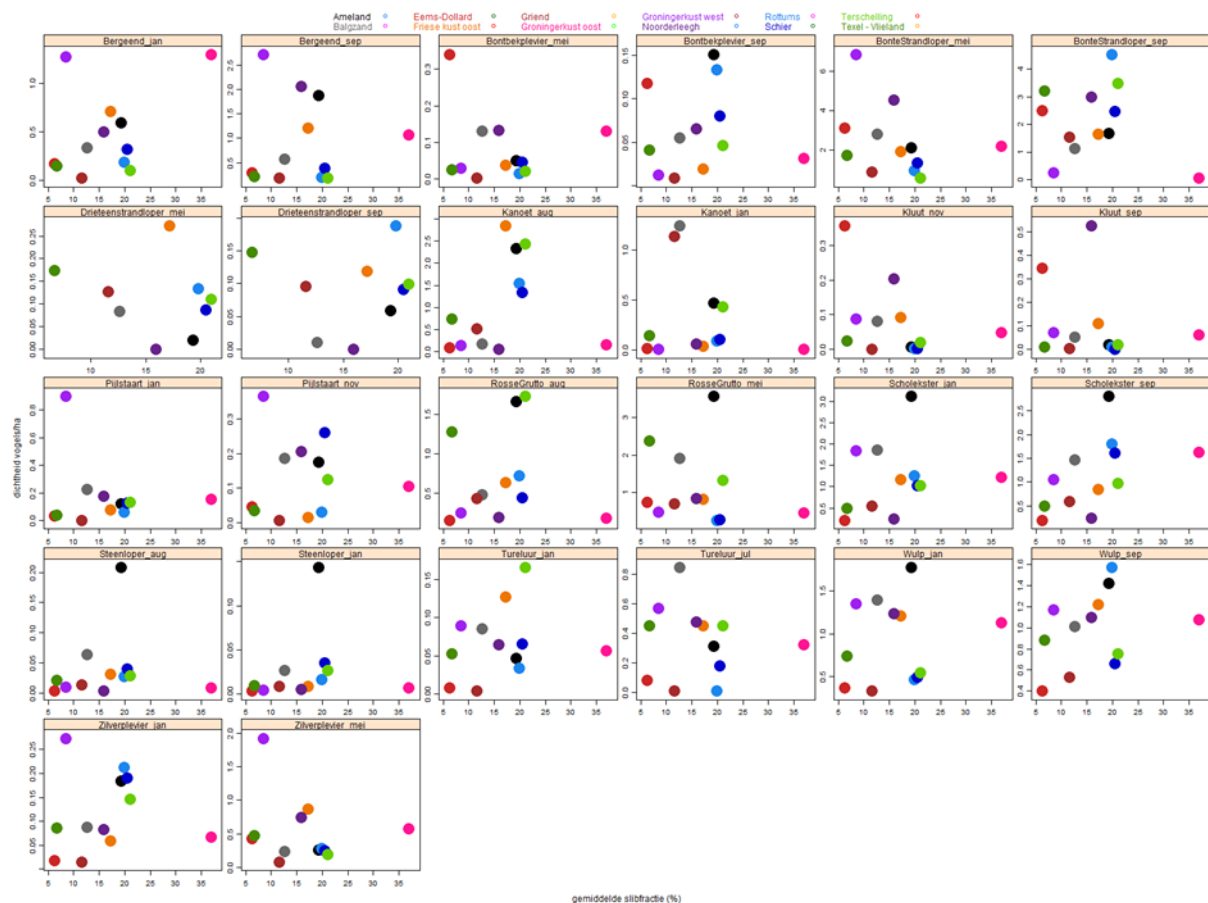


Figuur 8-9. Gemiddelde slibfracties (% in 2008-2013) op wadplaten in de Waddenzee die in WADMAP zijn aangezet (1) of uitgezet (0) als foerageergebied voor zeven vogelsoorten. De boxplots geven de totale spreiding, het 50%-interval en de mediaan van de verdelingen. De cijfers boven de grafiek geven het aandeel van de totale variantie in slibgehalten dat wordt verklaard door de tweedeling 0-1 (R^2).

8.3 VOGELAANTALLEN EN SEDIMENT

Voor de tweede verkenning zijn de gemiddelde mediane korrelgrootte en de gemiddelde slibfractie berekend over alle monsterpunten in elk van 12 'laagwatergebieden' in de Waddenzee gedefinieerd voor de validatie van de in WADMAP berekende proxies (Figuur 8-10; merk op dat gebied 13 bij Harlingen niet is gebruikt in deze validatie). Voor dezelfde 12 gebieden en voor dezelfde jaren (2008-2013) zijn ook de gemiddelde vogeldichtheden per vogelsoort en rekenmaand berekend, door het gemiddelde aantal geteld op HVP's te delen door het totale oppervlak van het laagwatergebied. Vervolgens is onderzocht of de vogeldichtheden samenhangen met de gemiddelde sedimentcijfers per laagwatergebied. Dit bleek nauwelijks het geval: grafische plots (in Figuur 8-10 met slibgehalte op de x-as, maar gemiddelde mediane korrelgrootte geeft een vergelijkbaar beeld) tonen een grote scatter van de datapunten en bij een toetsing met lineaire regressie is het verband voor geen van de 26 vogelsoort-maand combinaties significant. Dat is wellicht enigszins verrassend omdat sommige vogelsoorten bekend staan als uitgesproken 'slibminnaars' (zoals Kluut) of juist 'zandlopers' (Drieteenstrandloper). Een mogelijkheid is echter dat wel bestaande relaties met sediment samenstelling 'gemaskeerd' worden door eveneens aanwezige, maar niet met sediment samenhangende andere factoren zoals de beschikbare hoeveelheid voedsel. Daarom is ook onderzocht (met multiële regressie) of de relatie met sediment duidelijker wordt na correctie voor het effect van voedselaanbod. Dit is gedaan voor twee

tamelijk verschillende proxies voor dit voedselaanbod: BMAanw en FRoogstDr. Hierbij werd slechts één significant effect van de slibfractie gevonden (voor Bonte Strandloper in mei), wat gezien het feit dat 52 toetsen werden uitgevoerd heel goed mogelijk is wanneer de nulhypothese waar is (dat er geen verband is).



Figuur 8-10. Verbanden tussen gemiddelde vogeldichtheden (per ha intergetijdengebied) en gemiddelde slibfractie op alle SIBES-monsterpunten in 12 laagwatergebieden in de Waddenzee voor 13 vogelsoorten in 2 verschillende 'rekenmaanden' per soort. Gegevens uit 2008-2013.

8.4 DISCUSSIE

In deze verkenning is dus feitelijk geen enkele aanwijzing gevonden dat de getelde vogelaantallen per laagwatergebied samenhangen met gemiddelde sedimentsamenstelling. Dat hoeft echter geenszins te betekenen dat er geen relatie is tussen het gebruik van wadplaten door vogelsoorten en het sediment van die platen. Waarschijnlijk is de in deze verkenning gebruikte ruimtelijke resolutie kennelijk te grof om die relaties zichtbaar te maken. De laagwatergebieden zijn bij benadering zo groot als de kombergingen in de Waddenzee, en omvatten doorgaans een verscheidenheid aan wadplaten van beschut vlak onder de kust tot geëxposeerd langs grote getijdewallen. Bepaalde vogelsoorten gebruiken wellicht alleen bepaalde delen van deze gebieden met bepaalde sedimentkenmerken, maar al die variatie wordt samengevat in één gemiddeld getal voor vogeldichtheid en één voor sediment. Als we dezelfde relatie zouden onderzoeken op basis van gegevens over veel kleinere gebiedseenheden blijft veel meer van de variatie zichtbaar en wordt de kans veel groter om betekenisvolle patronen te zien,

zoals “soort x komt alleen in aantallen voor bij slibgehalten groter dan y”. De gegevens van de hoogwatertellingen die zijn gebruikt voor de validatie lenen zich hiervoor echter niet, omdat ze niet op een kleiner schaalniveau zijn te koppelen aan foerageergebieden op het wad. Voor meer resolutie zijn daarom vogeltellingen in beperkte gebieden tijdens laagwater nodig. Er zijn enkele sets van zulke data uit het Waddengebied voorhanden (Zwarts 1988; Brinkman & Ens 1998; Postma, van Winden & Ens 2009; Folmer & Piersma 2012; van den Hout & Piersma 2013), maar die konden in het kader van deze rapportage (nog) niet worden geanalyseerd. Dit is een logische en gewenste stap voor vervolgonderzoek in deze richting.

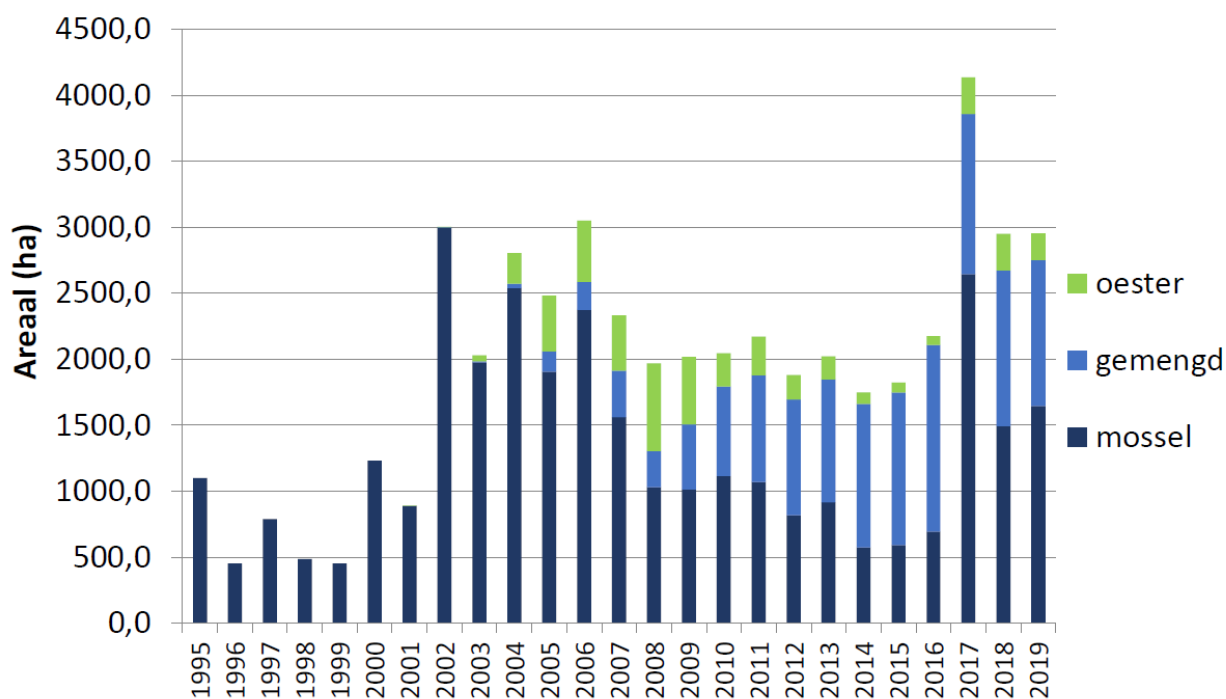
9 RESULTATEN MONITORING

9.1 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.

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 fysieke 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.

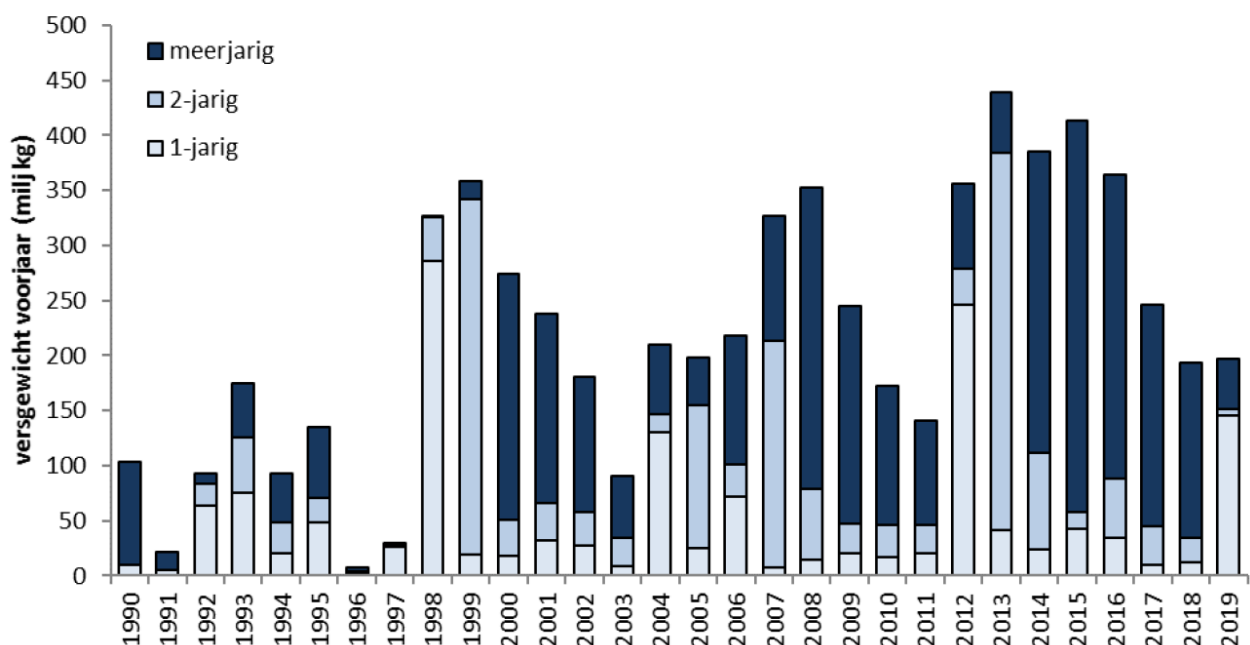
Misschien wel de meest ingrijpende gebeurtenis in de afgelopen decennia was het vrijwel volledige verdwijnen van de droogvallende mosselbanken rond 1990. Dit was het gevolg van een toename van de visserij op droogvallende mosselbanken in een periode met weinig broedval (Beukema & Cadée 1996; Ens, Smaal & de Vlas 2004; Ens 2006). Na een betere bescherming zijn de droogvallende mosselbanken langzaam teruggekeerd. In 1994 is er nog grootschalig op droogvallende mosselbanken gevestigd en in 2001 heeft er een kleinschalige experimentele bevestiging plaatsgevonden (Smaal *et al.* 2004). Daarna zijn de banken niet meer bevestigd als gevolg van de aangescherpte beschermingsmaatregelen en is er sprake van een sprongsgewijs herstel (Figuur 9-1).



Figuur 9-1. Arealen van oester-, mossel- en gemengde banken van 1995 tot 2018. De arealen van 2017 t/m 2019 zijn gebaseerd op een voorlopige inschatting, voor deze jaren kunnen in 2020 en 2021 correcties worden verwacht op basis van de dan ingemeten arealen. Bron: (van den Ende *et al.* 2020)

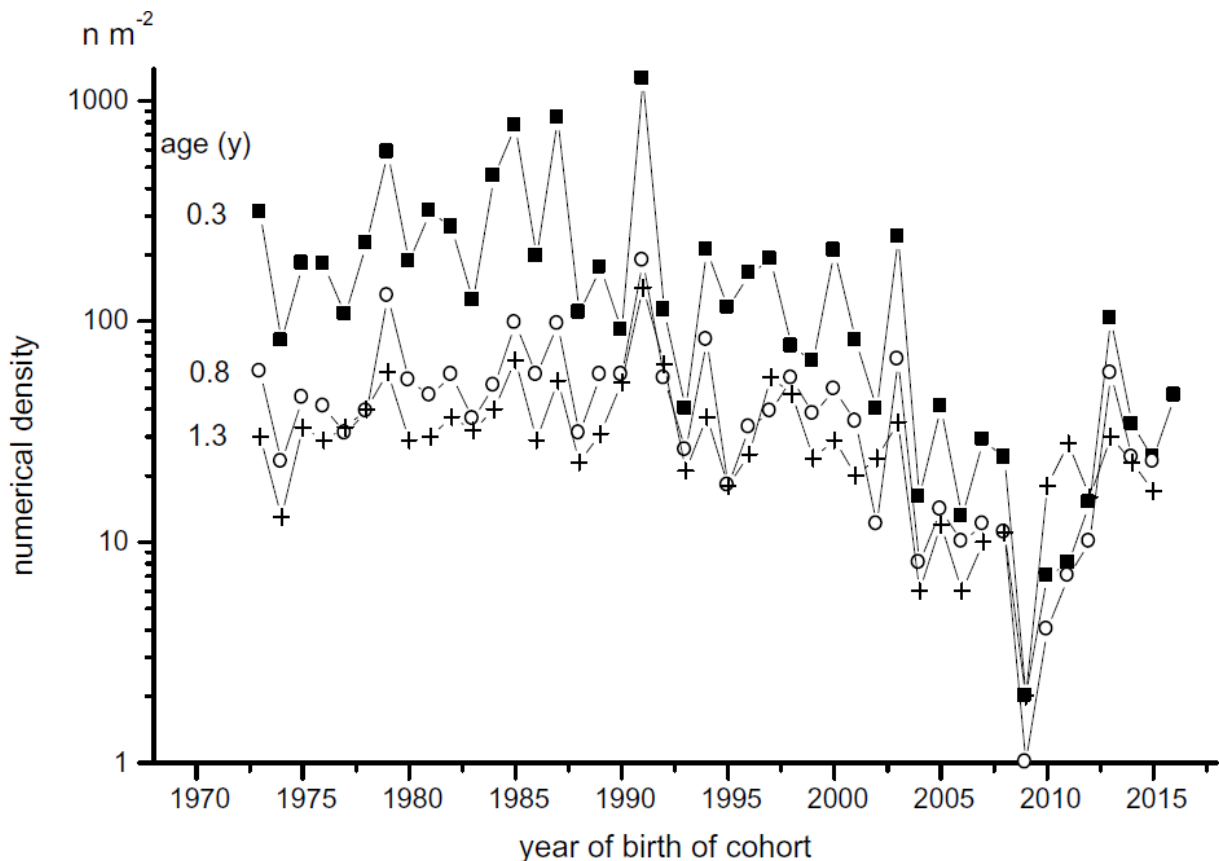
Herstel van die banken vereiste grootschalige broedval en die is zeldzaam en onvoorspelbaar. Van grootschalige broedval van mosselen in de Nederlandse Waddenzee was slechts sprake in 1994, 2001, 2003, 2016 en 2018 (van den Ende *et al.* 2020), gemiddeld eens in de zeven jaar. Tijdens het herstel van 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).

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 schelpdiersoorten (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 9-2). Bij Kokkels ging het om 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.



Figuur 9-2. De geschatte litorale kokkelbiomassa (miljoen kg versgewicht) bij de voorjaarsbemonstering in de Waddenzee in de periode 1990-2018, onderverdeeld in jaarklassen (1-jarig (inclusief incidenteel aangetroffen broed = 0-jarig), 2-jarig en meerjarig). Bron: van Asch *et al.* (2019)

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 9-3). 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).



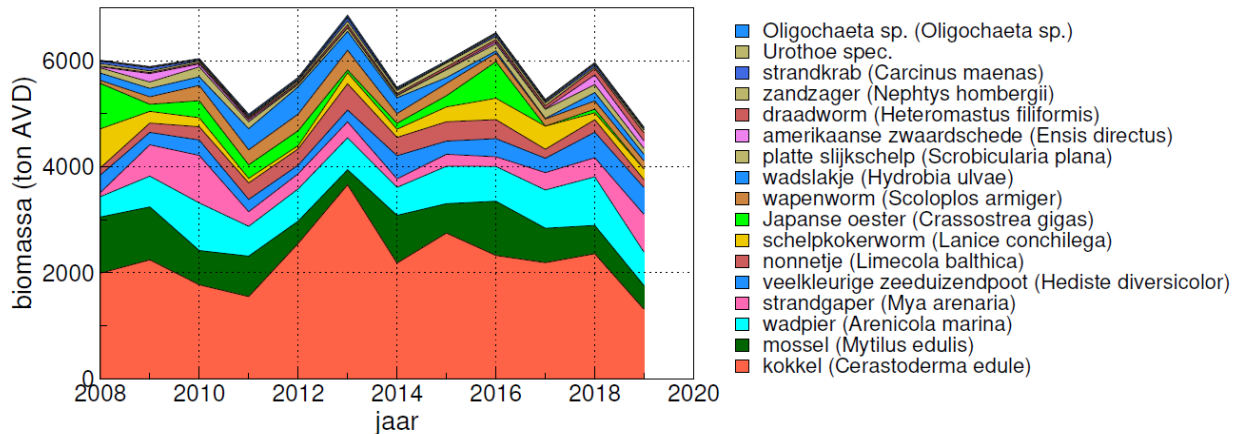
Figuur 9-3. Lange-termijn (1973–2016) gegevens van de halfjaarlijkse (einde winter en einde zomer) schattingen van de dichtheid recruten van het Nonnetje (*Limecola balthica*) op het Balgzand, in aantallen per m² (gemiddeld over 15 raaien). Dichtheden zijn bepaald voor drie leeftijden van elke recruit 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).

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.

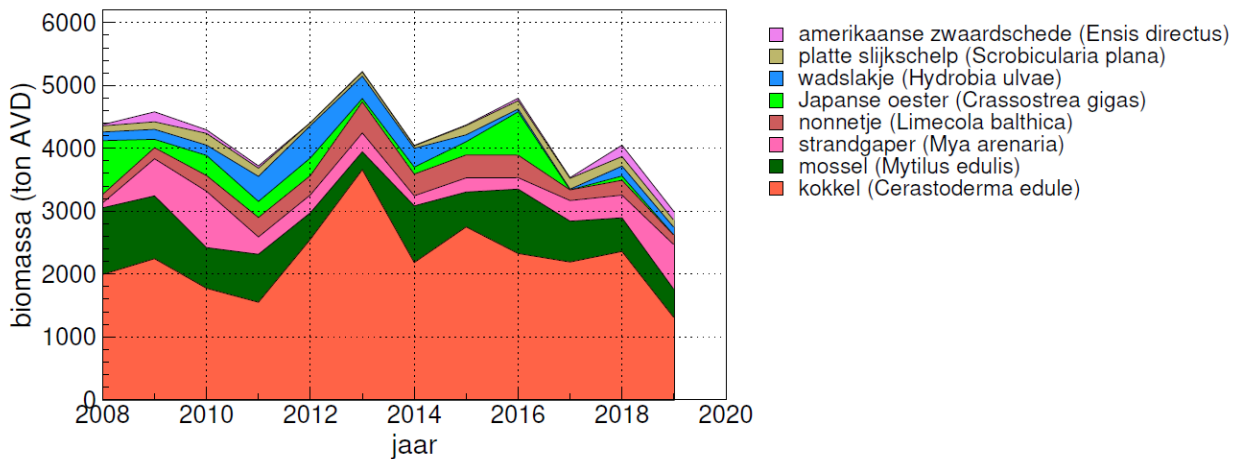
9.2 VOEDSELAANBOD PINKEGAT-ZOUTKAMPERLAAG

De ontwikkeling van het totale bestand (in termen van biomassa) van de bodemdieren in Pinkegat-Zoutkamperlaag is weergegeven in Figuur 9-4. De Kokkel domineert: 30% - 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 is zichtbaar in de hele Waddenzee (Figuur 9-2).



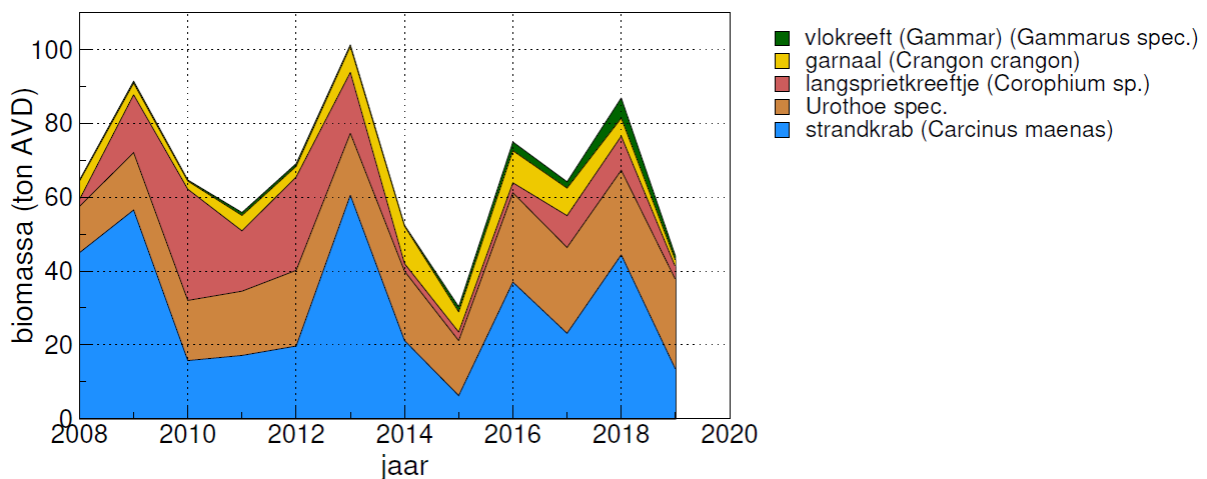
Figuur 9-4. Ontwikkeling van de totale biomassa bodemdieren (in tonnen asvrij drooggewicht) in de kombergingen van Pinkegat-Zoutkamperlaag in de zomer, onderverdeeld naar de verschillende soorten prooidieren.

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 9-5). De kokkelbiomassapijk in 2013 is het gevolg van de massale broedval in 2011, waarvan de Kokkels in 2013 sterk gegroeid waren (Figuur 9-2). 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.* 2017a). 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 9-2).



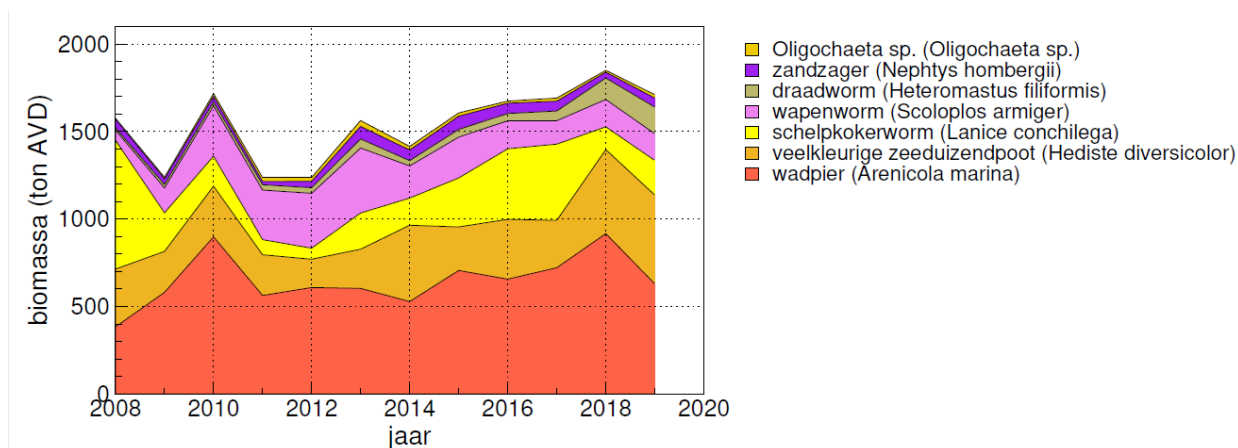
Figuur 9-5. Ontwikkeling van de totale biomassa schelpdieren (in tonnen asvrij drooggewicht) in de kombergingen van Pinkegat-Zoutkamperlaag in de zomer, onderverdeeld naar de verschillende soorten schelpdieren.

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 9-6). Er kan niet worden uitgesloten dat deze fluctuaties vooral 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), maar kreeftachtigen zijn zeer in trek als prooidier.



Figuur 9-6. 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.

Er lijkt sprake van een lichte stijging in het bestand wormen (Figuur 9-7). 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.



Figuur 9-7. Ontwikkeling van de totale biomassa wormen (in tonnen asvrij drooggewicht) in de kombergingen van Pinkegat-Zoutkamperlaag in de zomer, onderverdeeld naar de verschillende wormensoorten.

9.3 VOGELS

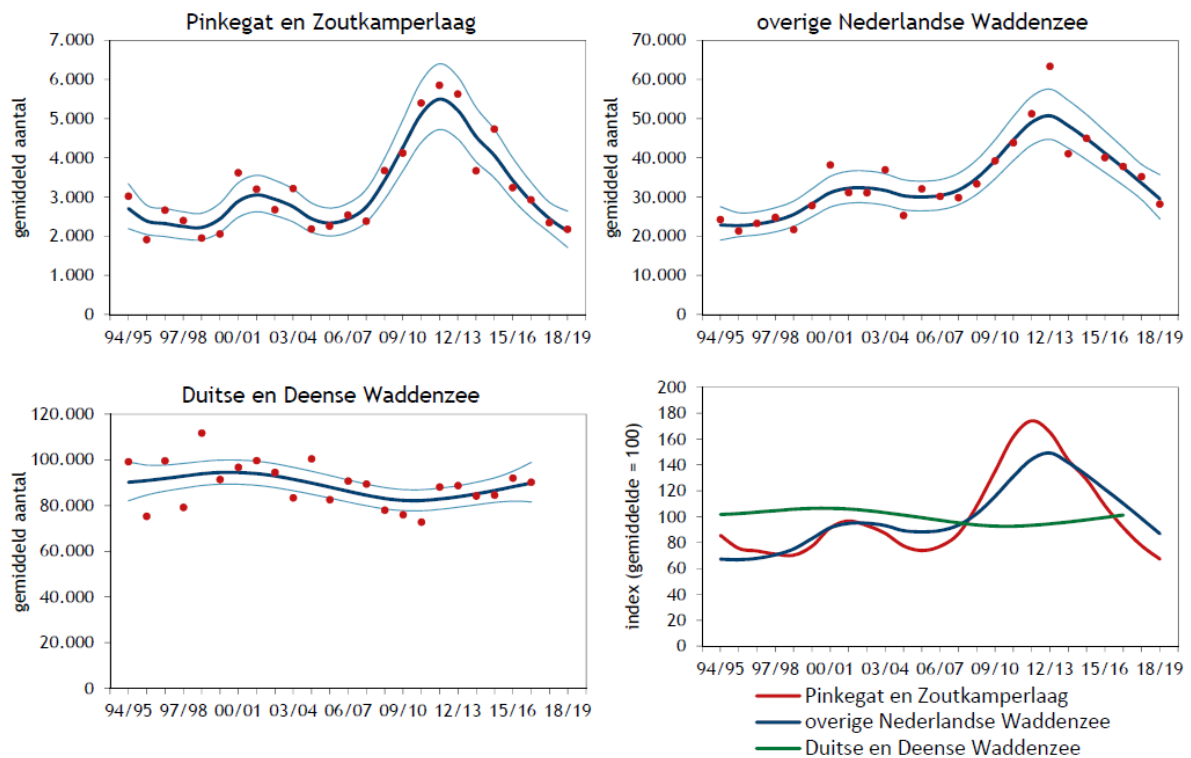
De resultaten worden per soort beschreven. De soortbeschrijvingen bestaan uit de volgende onderdelen:

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 6-2).
2. Figuren voor het verloop alle proxies voor beide seizoenen in Pinkegat-Zoutkamperlaag. 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

9.4 BERGEEND

Over de periode 1994-2018 waren de aantallen Bergeenden in Pinkegat en Zoutkamperlaag stabiel, maar er is sprake van een matige afname over de afgelopen tien jaar (Figuur 9-8; Tabel 9-1). 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. Na de ruiperiode (dus ook in de rekenmaanden en januari) komt de soort veel meer verspreid voor in de slikkiger delen van de Waddenzee.



Figuur 9-8. 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.

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 Slijkarnaal *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 9-6). De voor de Bergeend berekende proxies voor voedselbeschikbaarheid, die ook andere prooisorten dan de Slijkgarnaal omvatten, 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.

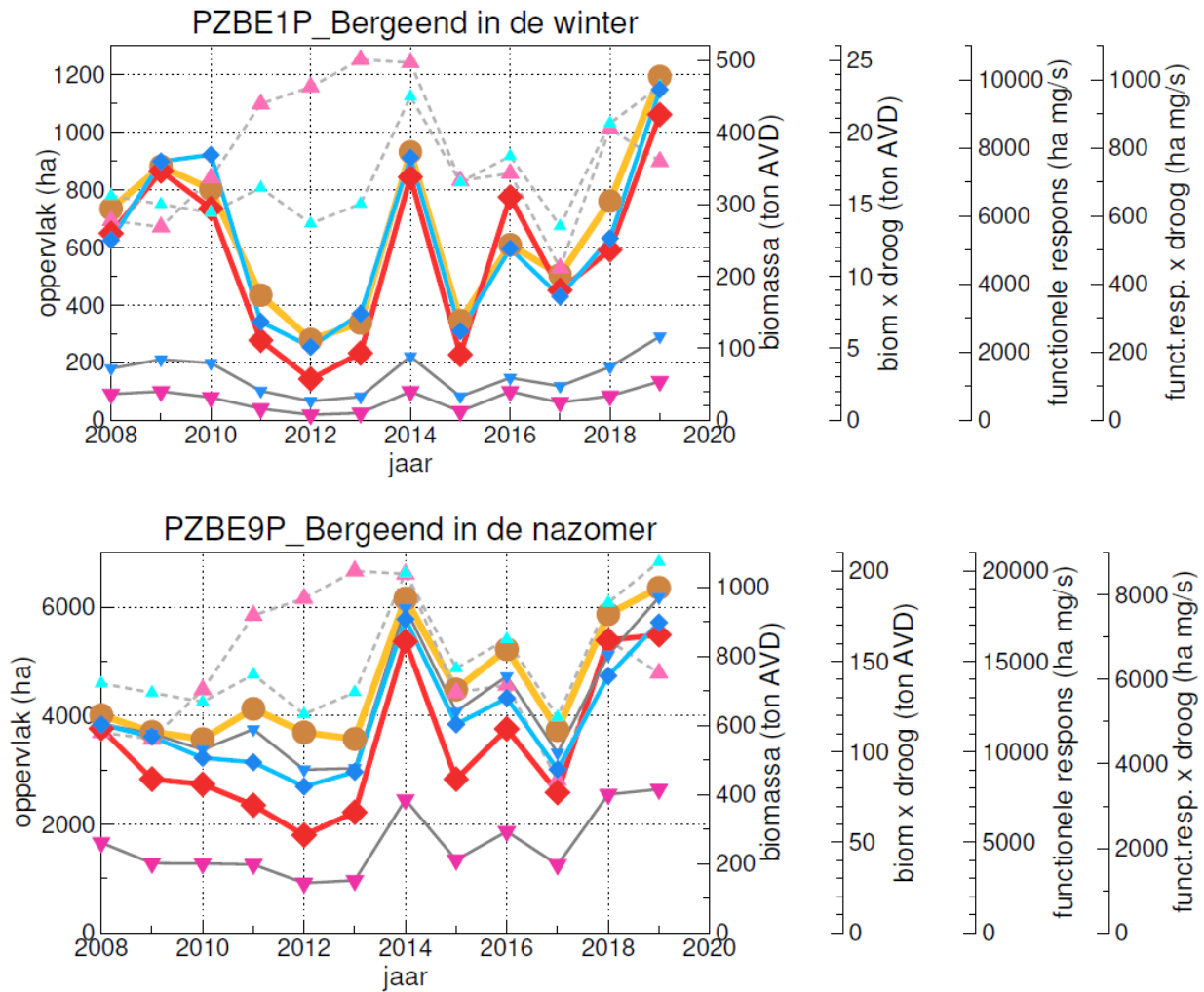
Tabel 9-1. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Bergeend voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Bergeend	vanaf 1994			vanaf 2008		
	jaarverand	Symbool	Beoordeling	jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	0.99	0	stabiel	0.95	-	matige afname
rest Nederlandse Waddenzee	1.01	0	matige toename	0.98	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)

Voor de Bergeend kon geen gevalideerde proxy voor draagkracht ontwikkeld worden. De meeste proxies zijn wel sterk gecorreleerd en geen van de proxies laat een negatieve trend zien in Pinkegat-Zoutkamperlaag (Figuur 9-9). 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 9-2).



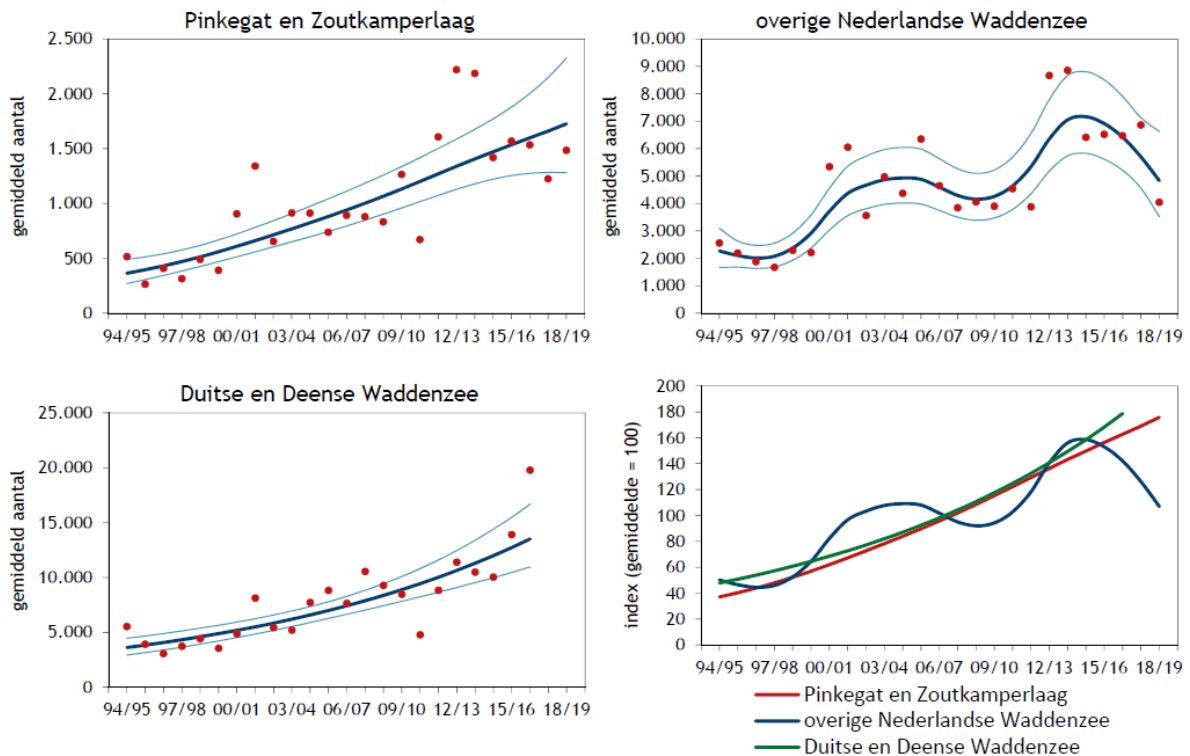
Figuur 9-9. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Bergeend in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2019 in de winter (boven) en de nazomer (onder).

Tabel 9-2. 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

9.5 PIJLSTAART

Op de lange termijn nemen de aantallen Pijlstaarten sterker toe in Pinkegat/Zoutkamperlaag dan in de rest van de Waddenzee (Figuur 9-10; Tabel 9-3). Op de korte termijn is er sprake van een matige toename. In andere delen van de Nederlandse Waddenzee is de recente trend onzeker na een langdurige toename, maar in het Duitse en Deense deel neemt de soort ook 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.



Figuur 9-10. 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.

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 drie ervan wel een toename met ruim 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.

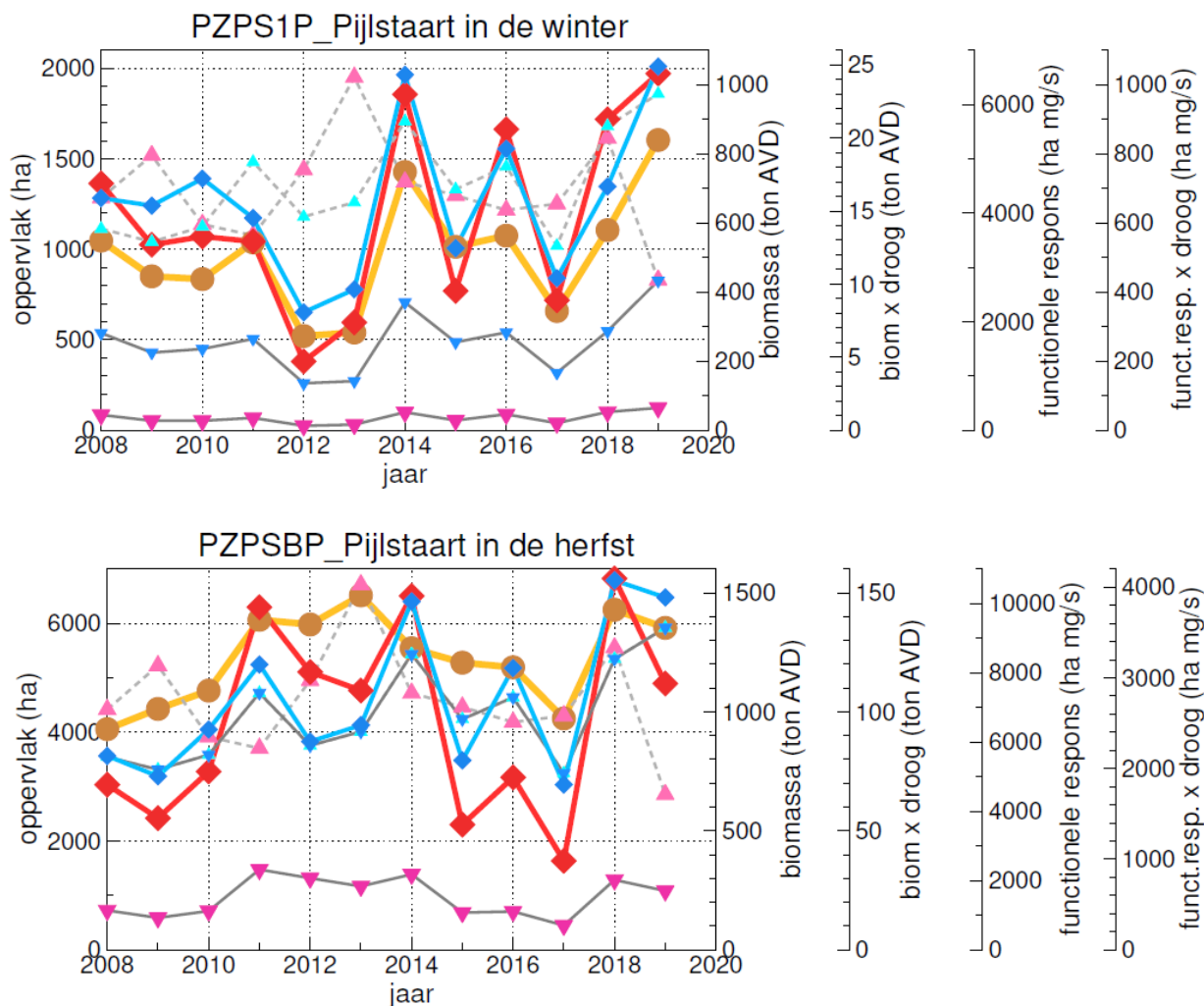
Tabel 9-3. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Pijlstaart voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Pijlstaart	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 2008	vanaf 2008	vanaf 2008
Label	jaarverand	Symbool	Beoordeling	jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.07	++	sterke toename	1.05	+	matige toename
overige Nederlandse Waddenzee	1.03	+	matige toename	1.02	?	onzeker
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)

Voor de Pijlstaart kon geen gevalideerde proxy voor draagkracht ontwikkeld worden en de proxies zijn niet altijd sterk gecorreleerd (januari gemiddeld 0,61 en november gemiddeld 0,61). Geen van de proxies laat echter een duidelijke negatieve trend zien (Figuur 9-11). 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 9-4).



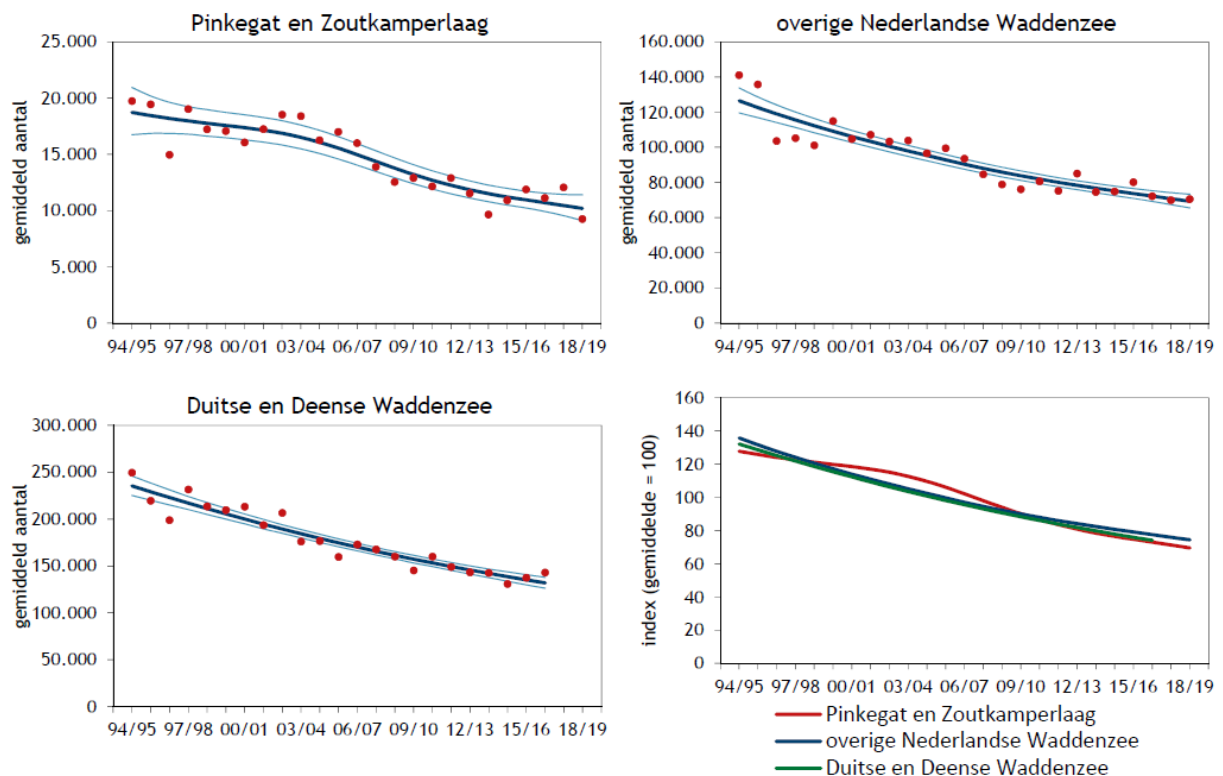
Figuur 9-11. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Pijlstaart in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2019 in de winter (boven) en de herfst (onder).

Tabel 9-4. 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?	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

9.6 SCHOLEKSTER

De aantallen Scholeksters die in de Waddenzee overwinteren nemen al jaren af (Van der Jeugd *et al.* 2014; Blew *et al.* 2016). In heel West-Europa is de trend negatief (van Roomen *et al.* 2015). Merkwaardig genoeg wordt de trend voor de totale populatie langs de Oost-Atlantische vliegroute zowel op de korte termijn (2008-2016) als de lange termijn (1976-2016) als stabiel beoordeeld (Van Roomen *et al.* 2018). In de Waddenzee nemen de Scholekster overall af, zowel op de lange termijn (vanaf 1994) als op de korte termijn (vanaf 2008)(Figuur 9-12, Tabel 9-5). Er is sprake van een afnemende populatie, maar het is zeker niet zo dat de trend in Pinkegat/Zoutkamperlaag een sterkere afname laat zien dan elders.



Figuur 9-12. 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.

Een groot aantal factoren spelen een rol bij de achteruitgang van de Scholekster in de Waddenzee in de winterperiode: overbevising 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.* 2009; 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), 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 recent een groot onderzoek gestart

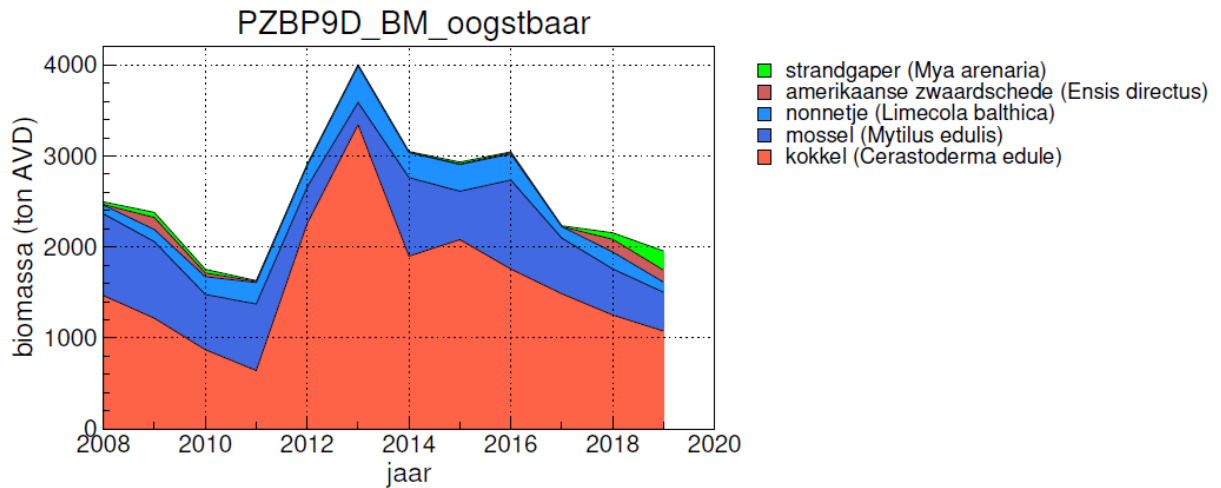
met de naam CHIRP = *Cumulative Human Impact on biRd Populations* <http://www.chirpscholekster.nl/>. Een eerste bevinding uit dit onderzoek is dat er sprake lijkt van een afnemende overleving bij de Scholeksters in de oostelijke Waddenzee (Allen *et al.* 2019). De Scholeksters die daar overwinteren komen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

Tabel 9-5. 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).

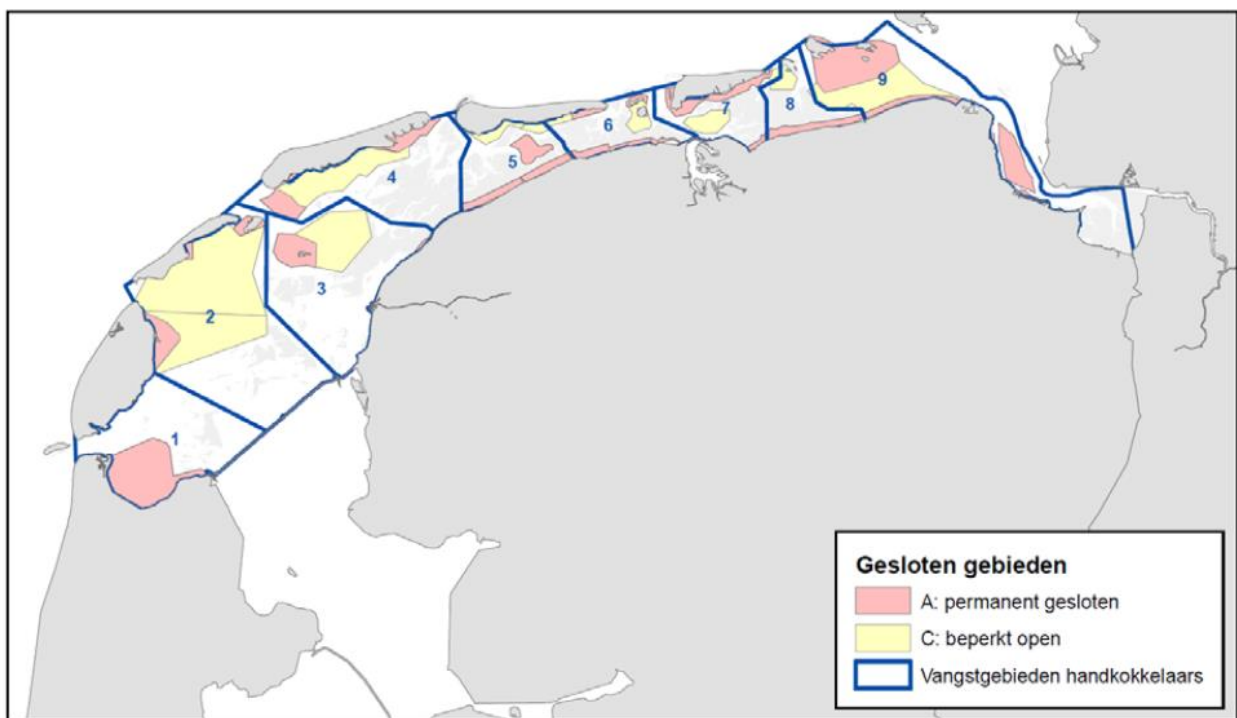
Scholekster	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 2008	vanaf 2008	vanaf 2008
Label	jaarverand	Symbol	Beoordeling	jaarverand	Symbol	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	0.97	-	matige afname	0.97	-	matige afname
overige Nederlandse Waddenzee	0.98	-	matige afname	0.98	-	matige afname
Duitse en Deense 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)

Kokkels zijn de belangrijkste voedselbron voor Scholeksters in Pinkegat – Zoutkamperlaag volgens de berekeningen met wadmap (Figuur 9-13). De eerder geconstateerde afname in het Kokkelbestand in de hele Waddenzee sinds de grote broedval in 2011 (Figuur 9-2, Figuur 9-5) is ook hier zichtbaar. De kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag komen ruwweg overeen met vangstgebieden 6 en 7 van de handkokkelvissers (Troost & Van Asch 2019), zie Figuur 9-14. 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 9-6. 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 gevestigd, 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.



Figuur 9-13. Verloop van de voor Scholeksters oogstbare biomassa schelpdieren in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag in het najaar voor de jaren 2008-2019.



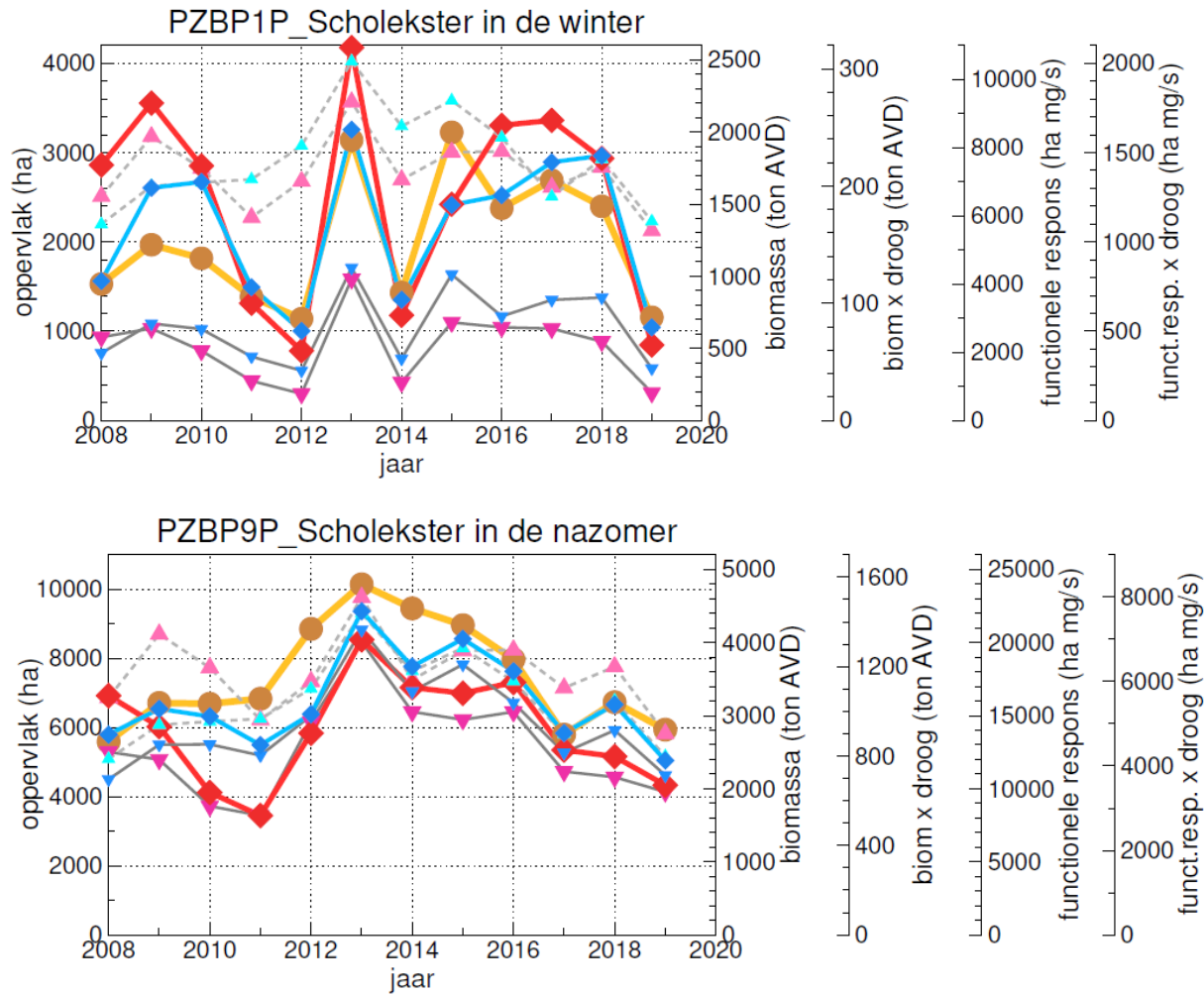
Figuur 9-14. De vangstgebieden in de Waddenzee, dus de gebieden waarvoor de handkokkelvangst wordt geregistreerd, genummerd van 1 t/m 9. De voor handkokkelvisserij permanent gesloten gebieden (A) zijn roze ingekleurd, de lotingsgebieden (C) geel, en het overige gebied betreft het permanent open gebied (D). Bron: Troost & Van Asch (2019).

Tabel 9-6. 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

Zowel voor de nazomer als voor de winter beschouwen wij BMaanw als een gevalideerde proxy voor draagkracht. De trend voor deze proxy is niet significant (Figuur 9-15). De meeste proxies zijn onderling sterk gecorreleerd (januari gemiddeld 0,77 en september gemiddeld 0,81). Ook de andere proxies vertonen geen significante trend.

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de winterperiode, noch in de nazomer zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 9-7).



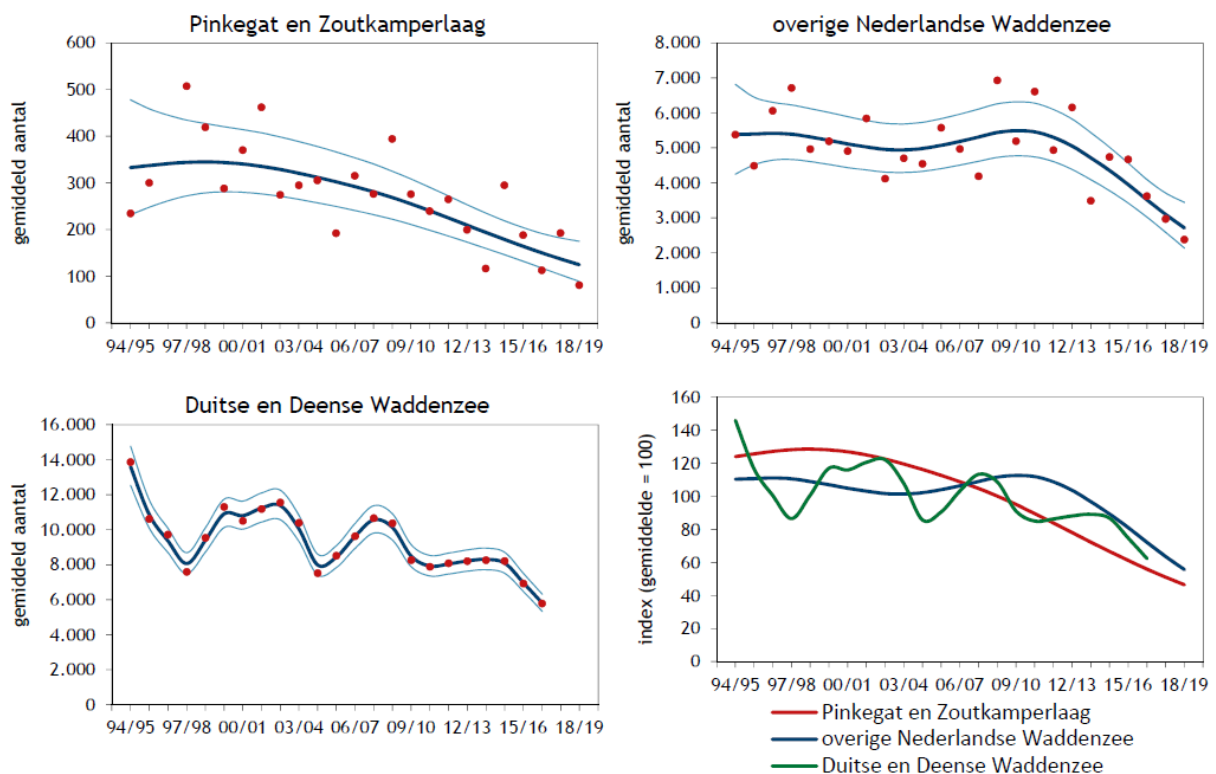
Figuur 9-15. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Scholekster in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2019 in de winter (boven) en de nazomer (onder).

Tabel 9-7. 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

9.7 KLUUT

Er is sprake van een duidelijke afname in de aantallen in Pinkegat en Zoutkamperlaag (Figuur 9-16; Tabel 9-8). Ook elders in de Waddenzee nemen de aantallen af (Blew *et al.* 2016)(Figuur 9-16). 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 9-8). 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).



Figuur 9-16. 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.

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). 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).

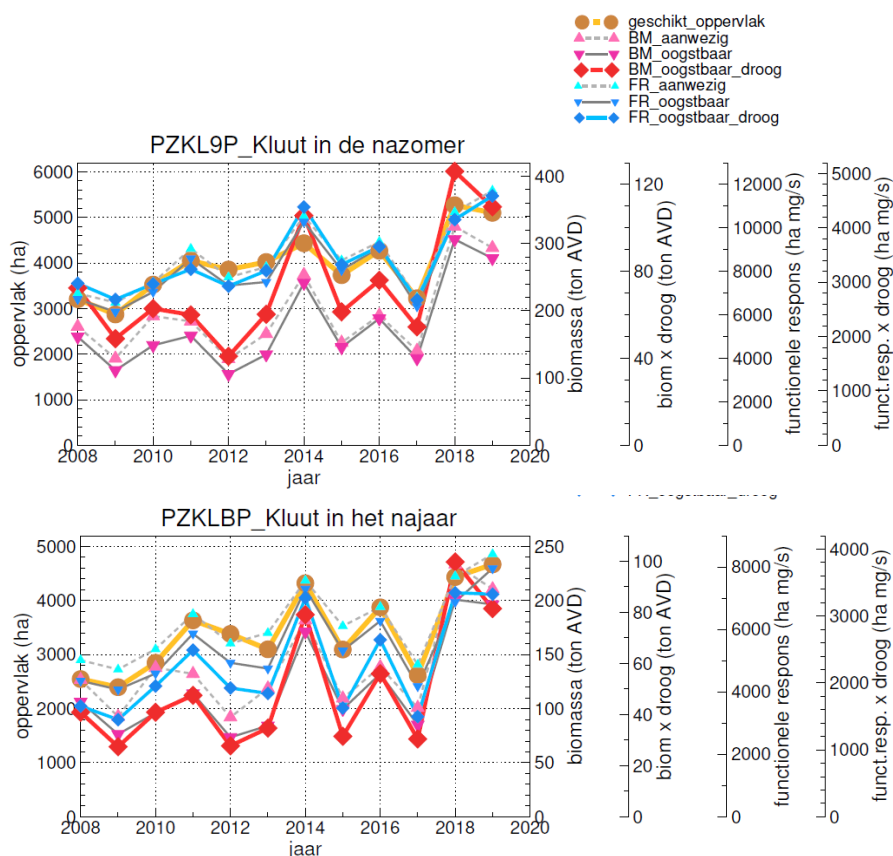
Tabel 9-8. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Kluut voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008). Ook weergegeven de trend van de hele populatie die gebruikt maakt van de Oost-Atlantische vliegroute.

Kluut	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 2008	vanaf 2008	vanaf 2008
Label	jaarverand	Symbool	Beoordeling	jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	0.96	-	matige afname	0.93	-	matige afname
overige Nederlandse Waddenzee	0.97	-	matige afname	0.93	-	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)

Noch in nazomer, noch in najaar is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht. 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 9-17) en die trend is voor veel proxies significant (zie appendix). Zo stijgt BMoogst met respectievelijk 5,7% en 5,9% per jaar in respectievelijk september en november. Dit is het gevolg van het hoge voedselaanbod in Pinkegat-Zoutkamperlaag op de afgelopen twee jaren.



Figuur 9-17. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Kluut in Zoutkamperlaag-Pindegat voor de jaren 2008-2019 in de nazomer (boven) en het najaar (onder).

In de monitoringrapportage t/m het jaar 2017 werd geconcludeerd dat niet uitgesloten kon worden dat er sprake was van een negatief effect van bodemdaling (Ens *et al.* 2018a), maar na toevoeging van de nieuwe gegevens van 2018 en 2019 en doorlopen van het aangepaste beslissingschema luidt de conclusie dat zowel in de nazomer als in het najaar aanwijzingen ontbreken voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 9-9).

Tabel 9-9. Weergave in tabelvorm van het beslissingschema 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.

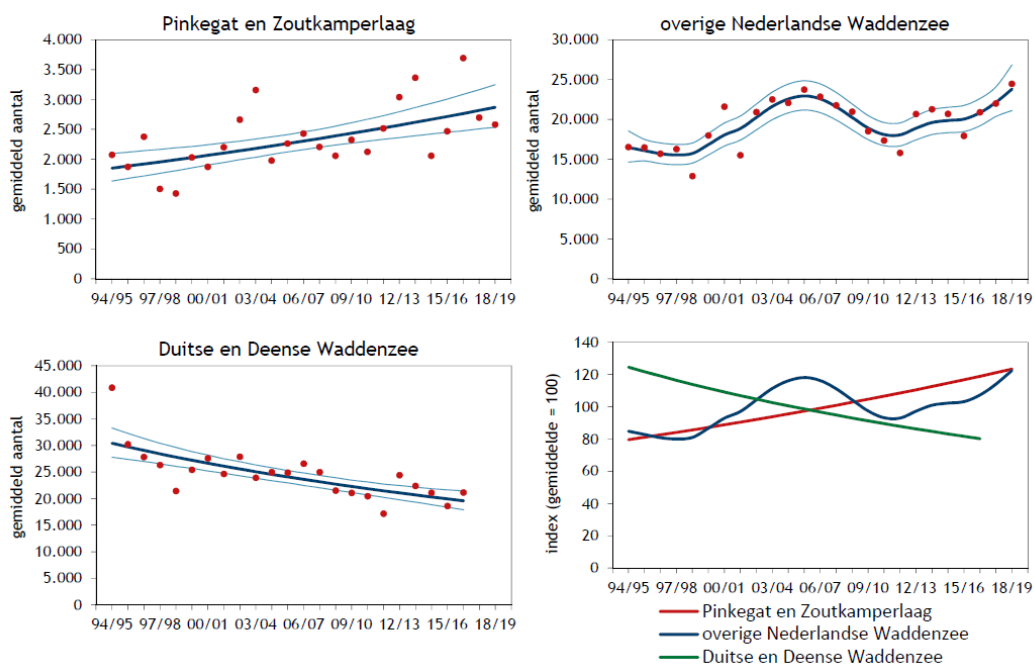
		Sept.	Nov.
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	Y→2	Y→2
2	Vogelaantallen in bodemdalingsgebied ontwikkelen zich negatiever (of minder positief) dan elders?	Y→3	Y→3
3	Is er sprake van een gevalideerde proxy voor 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

9.8 ZILVERPLEVIER

De trend van de aantallen Zilverplevieren in Pinkegat/Zoutkamperlaag is al langere tijd toenemend (Figuur 9-18; Tabel 9-10). Ook in de rest van de 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 vervoeging 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 predators 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.



Figuur 9-18. Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) van de Zilverplevier in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoen gemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee.

Tabel 9-10. 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).

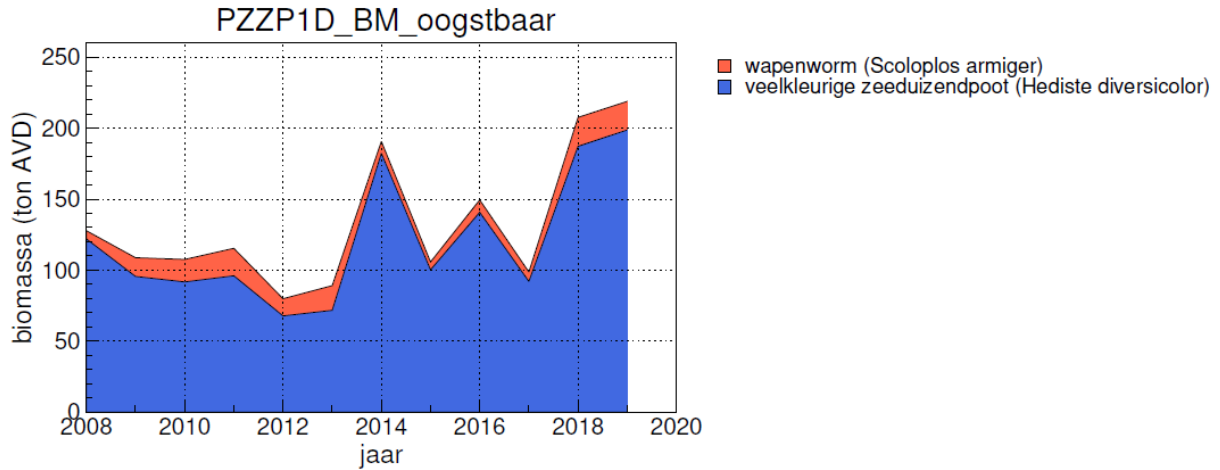
Zilverplevier	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 2008	vanaf 2008	vanaf 2008
Label	jaarverand	Symbool	Beoordeling	jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.02	+	matige toename	1.02	+	matige toename
Rest Nederlandse Waddenzee	1.02	+	matige toename	1.02	+	matige toename
Duitse en Deense 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)

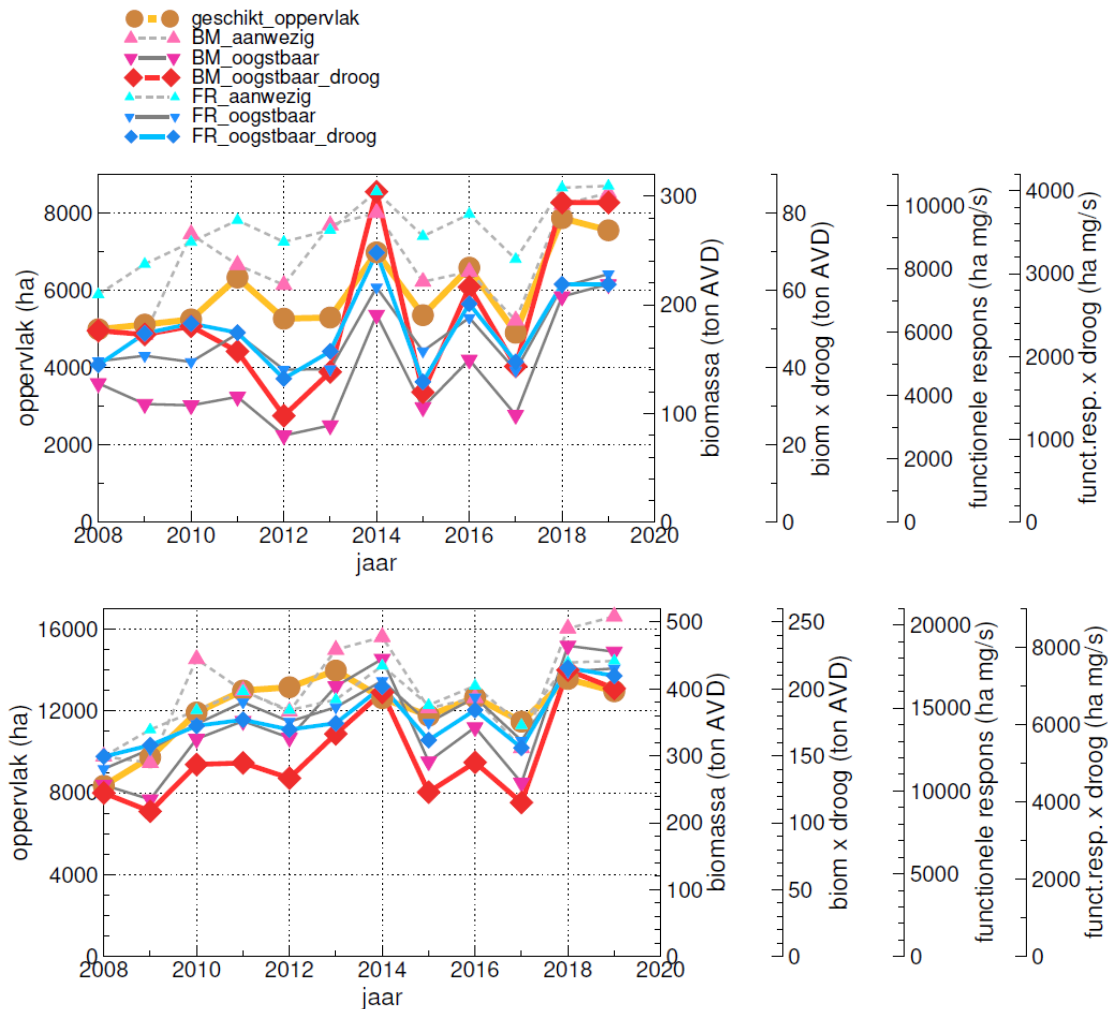
Het contrast tussen de toename van Zilverplevieren in de Nederlandse Waddenzee en de populatieontwikkeling elders kan wijzen op een 'lokale' oorzaak. De Zilverplevier is een uitgesproken wormeneter. De Zeeduisendpoot is de belangrijkste prooi-soort in veel gebieden, en een toename van de beschikbaarheid hiervan zou zo'n lokale factor kunnen vormen (Figuur 9-19). 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 9-7). Dit is eenzelfde grootteorde als de gelijktijdige toename van het seizoensgemiddelde aantal Zilverplevieren in dit gebied (+22%).

De validatieberekeningen leidden voor de Zilverplevier niet tot een gevalideerde proxy voor voedselbeschikbaarheid. Er is wel een sterke onderlinge correlatie tussen de verschillende proxies en met name in het voorjaar is het patroon opvallend gelijk (Figuur 9-20). Alle proxies laten een stijgende trend zien (2.1-4.9 %/jr), en deze is in ongeveer de helft van de gevallen significant (Opp, F Raanw en F Roogst in januari en mei, F RoogstDr in mei).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de winter, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 9-11).



Figuur 9-19. Verloop van voor Zilverplevieren oogstbare biomassa bodemdieren in de winter in Pinkegat-Zoutkameperlaag.



Figuur 9-20. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Zilverplevier in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2019 in de winter (boven) en voorjaar (onder).

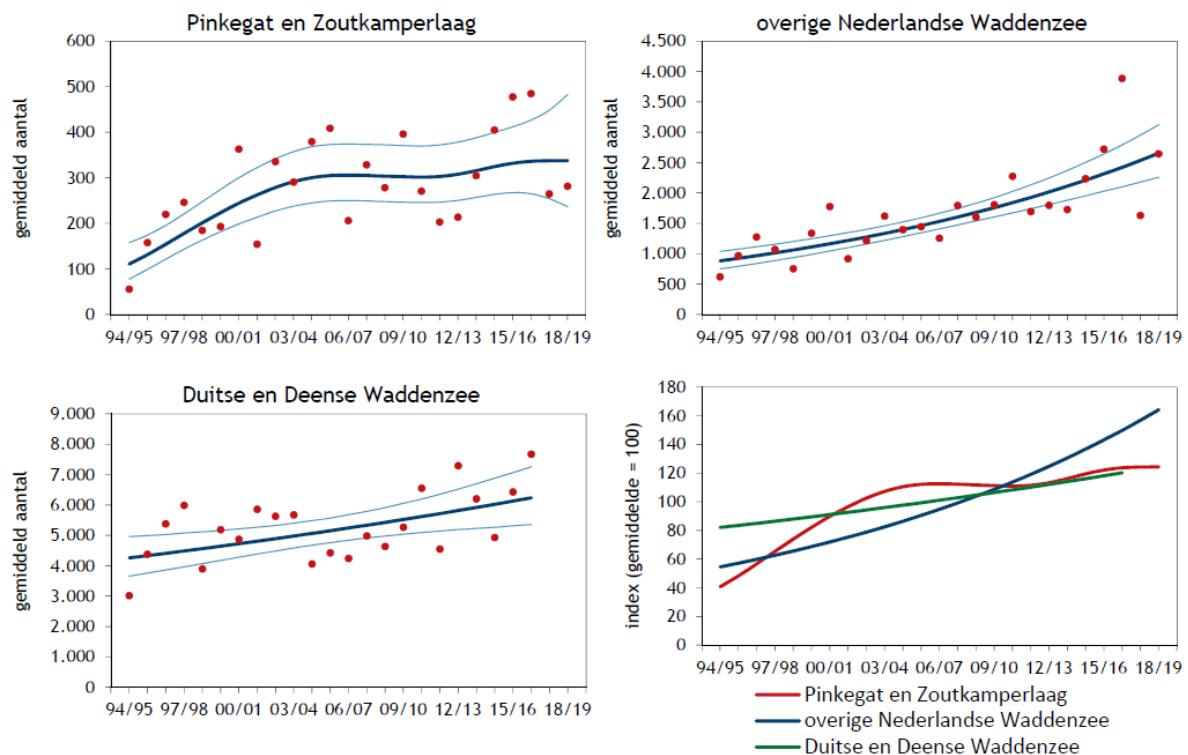
Tabel 9-11. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Zilverplevier in januari en mei.

		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

9.9 BONTBEKPLEVIER

Er is een duidelijke toename zichtbaar in het aantalsverloop voor Pinkegat en Zoutkamperlaag (Figuur 9-21), al is de trend onzeker op de korte termijn (Tabel 9-12). 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 *psammodomus* 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 *psammodomus*. De recente trend voor *psammodomus* 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 9-21. 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.

Tabel 9-12. 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	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 2008	vanaf 2008	vanaf 2008
Label	jaarverand	Symbool	Beoordeling	jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.05	+	matige toename	1.01	?	onzeker
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)

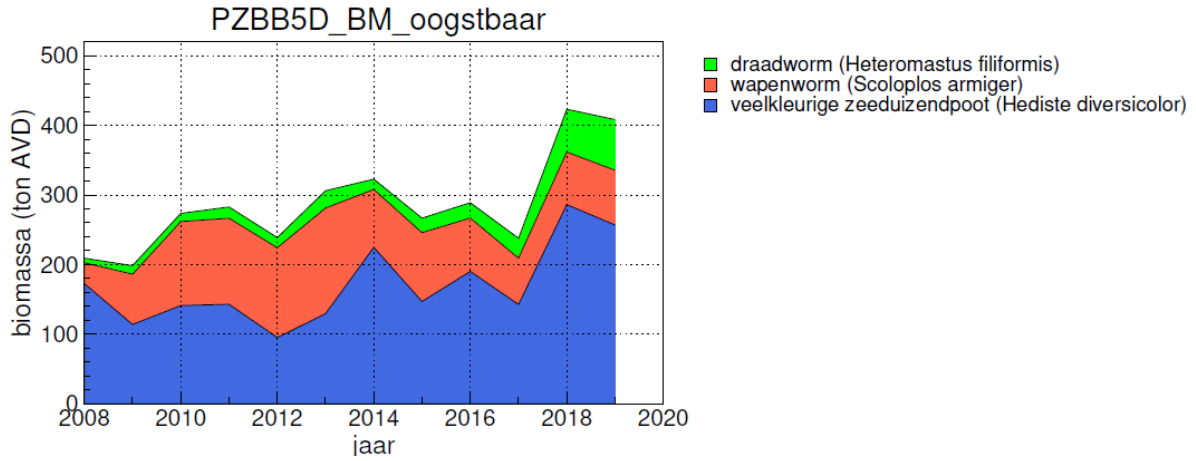
** Betreft 1980-2017 (Van Roomen *et al.* 2018)

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

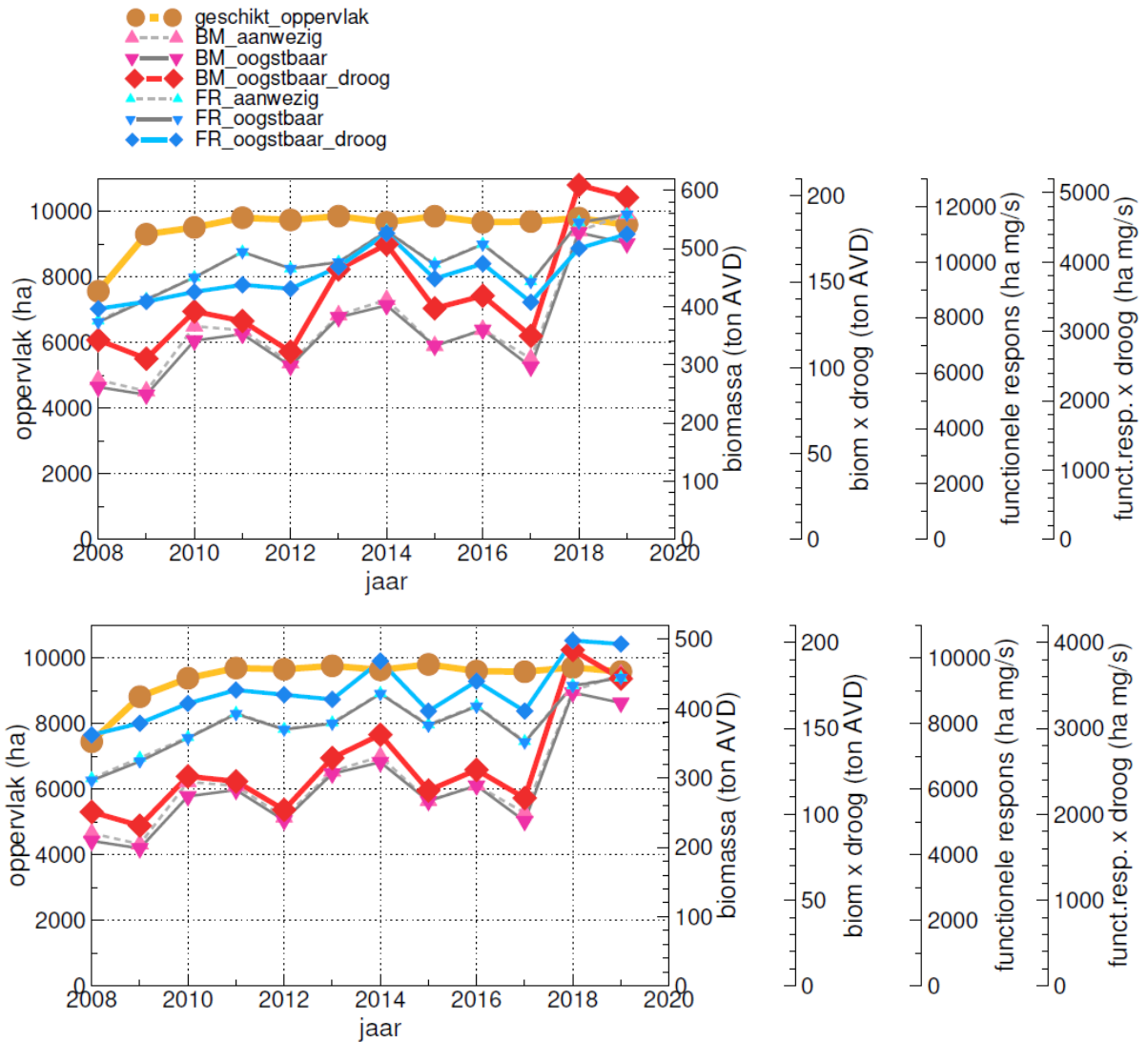
Over de oorzaken van de in de Waddenzee optredende toename kunnen wij alleen speculeren. Een milder winterklimaat zal voor deze soort, die in de wintermaanden nog steeds vrijwel afwezig is in het gebied, geen belangrijke rol spelen in de geconstateerde toename. De Bontbekplevier is een echte wormeneter die naast zeeduizendpoten en wapenwormen ook relatief veel kleinere wormen eet zoals draadwormen *Heteromastus* (Figuur 9-22). 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 vertonen de meeste voor de Bontbekplevier berekende proxies voor voedselaanbod, die vooral wormensoorten omvatten, een significante toenemende trend, met 2.0 tot 4.8 %/jr (Figuur 9-23). Alleen het Oppervlak geschikt gebied in september veranderde niet significant.

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, en allemaal dezelfde (toenemende) trendrichting.

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de nazomer, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 9-13).



Figuur 9-22. Verloop van de met wadmap berekende voor Bontbekplevieren oogstbare biomassa in Pinkegat en Zoutkamperlaag in de periode 2008-2019.



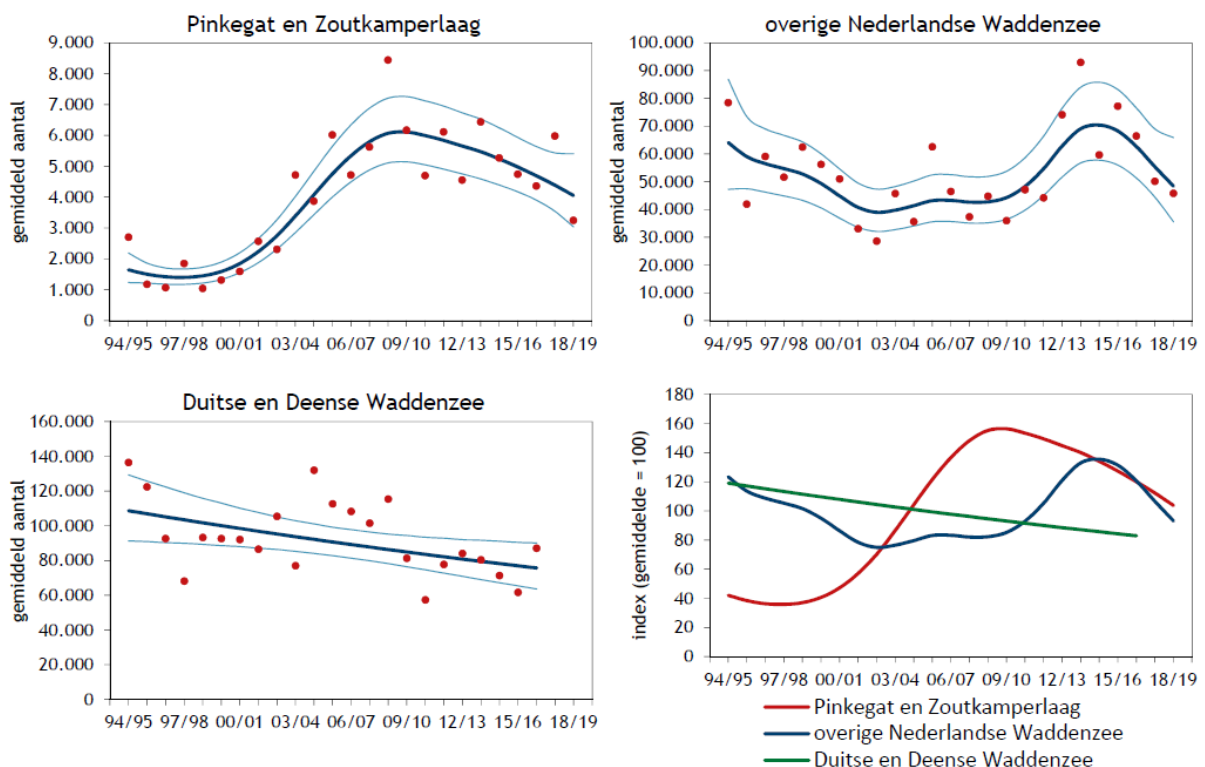
Figuur 9-23. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Bontbekplevier in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2019 in de nazomer (boven) en het voorjaar (onder).

Tabel 9-13. 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?	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

9.10 KANOET

In de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag nemen de aantallen Kanoeten toe tot 2008, maar daarna is sprake van een afname (Figuur 9-24). 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 9-14).



Figuur 9-24. 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.

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 populatie van de ondersoort *islandica* lijkt na een toename stabiel, terwijl de ondersoort *canutus* afneemt (Tabel 9-14).

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 snavel, 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.* 2009). 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 9-24). 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.* 2009). De schaarste aan Nonnetjes in de westelijke Waddenzee in die periode betekende dat de minder profijtelijke dikschalige Kokkels het hoofdvoedsel vormden (van Gils *et al.* 2006). 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).

Tabel 9-14. 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).

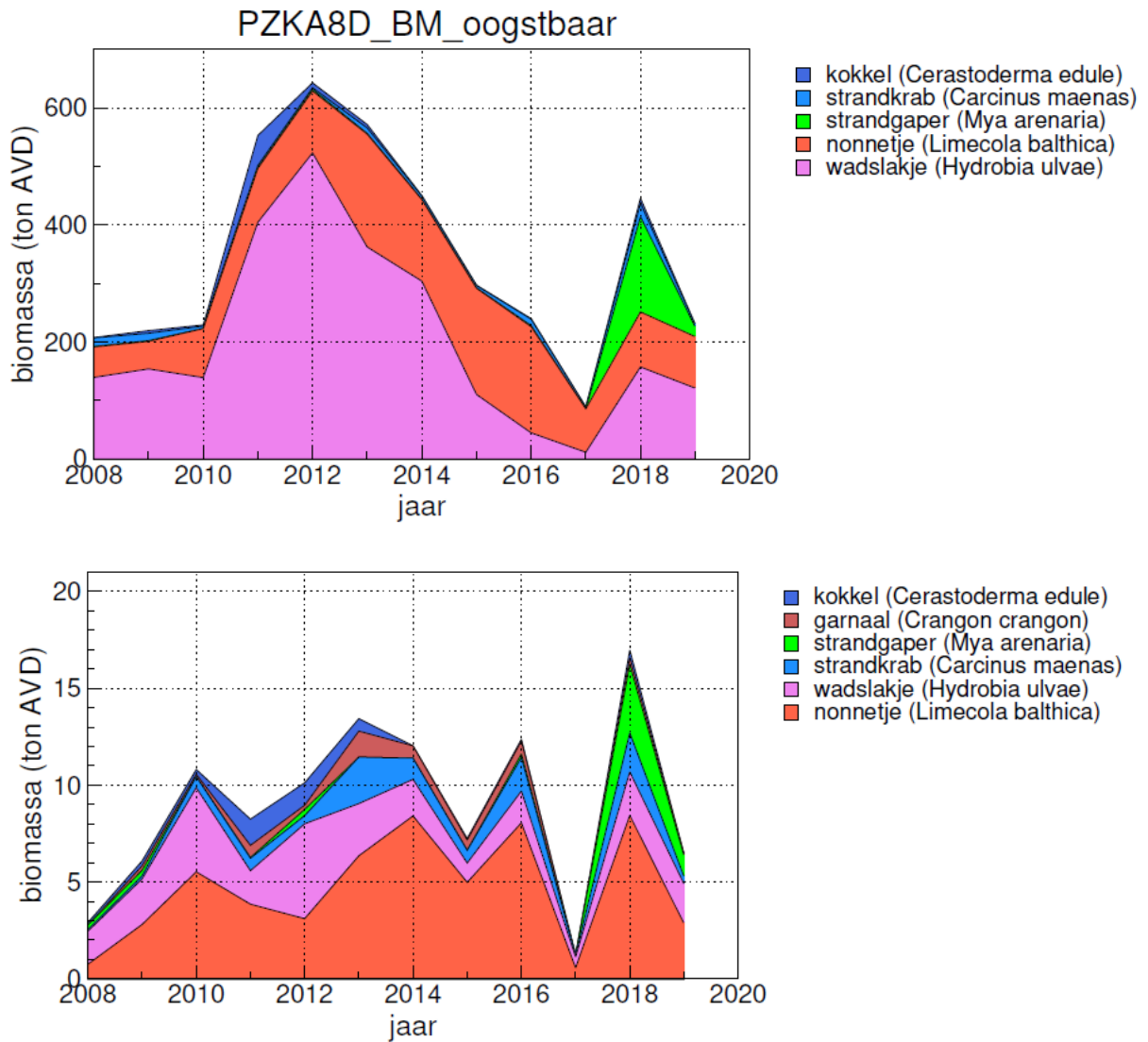
Kanoet	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 2008	vanaf 2008	vanaf 2008
Label	jaarverand	Symbool	Beoordeling	jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.04	+	matige toename	0.96	-	matige afname
rest Nederlandse Waddenzee	0.99	0	stabiel	1.01	?	onzeker
Duitse en Deense Waddenzee	0.98	-	matige afname	0.98	-	matige afname
Oost-Atlantische vliegroute (<i>islandica</i>)	1.01*	+	matige toename	1.00	0	stabiel
Oost-Atlantische vliegroute (<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)

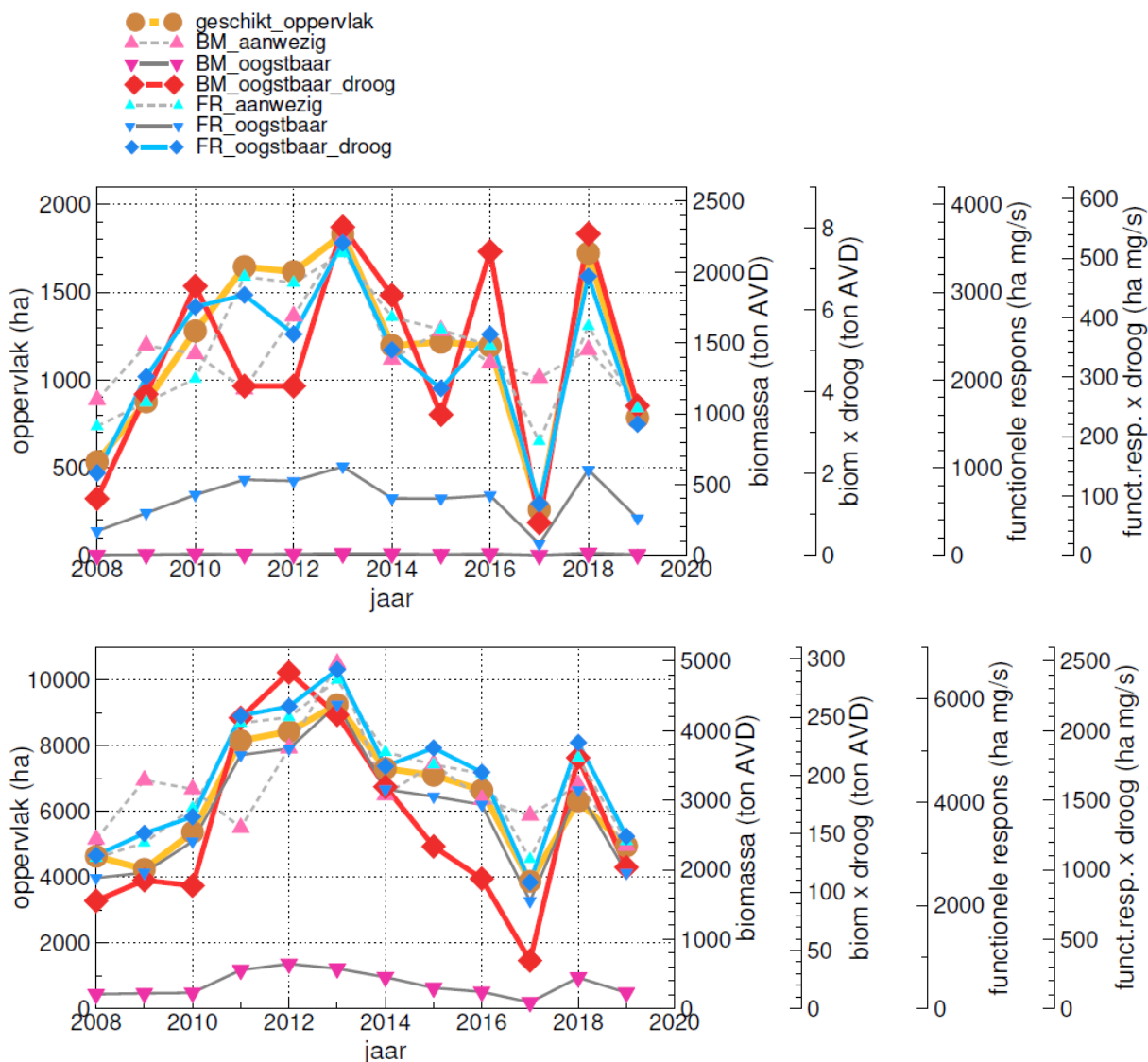
*** Betreft de periode 2006-2017 (Van Roomen *et al.* 2018)

In 2012-2014 was er sprake van duidelijk herstel 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 9-25).



Figuur 9-25. Verloop van de voor Kanoeten oogstbare biomassa in Pinkegat-Zoutkamperlaag in de periode 2008-2019 voor nazomer (boven) en winter (onder).

Voor de Kanoet kon geen van de proxies gevalideerd worden, noch in de zomer, noch in de winter. 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 9-26).



Figuur 9-26. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Kanoet in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2019 in de winter (boven) en de nazomer (onder).

In de monitoringrapportage t/m het jaar 2017 werd geconcludeerd dat niet uitgesloten kon worden dat er sprake was van een negatief effect van bodemdaling (Ens *et al.* 2018a), maar na toevoeging van de nieuwe gegevens uit 2018 en 2019 en doorlopen van het aangepaste beslissingschema luidt de conclusie dat zowel in de zomer als in de winter aanwijzingen ontbreken voor een negatief effect van bodemdaling. In het meest recente seizoen waren de aantallen in Pinkegat/Zoutkamperlaag hoger dan in voorgaande jaren en in de rest van de Waddenzee juist lager. Het voedselaanbod was na jaren van daling ook weer opvallend hoog, vooral in 2018.

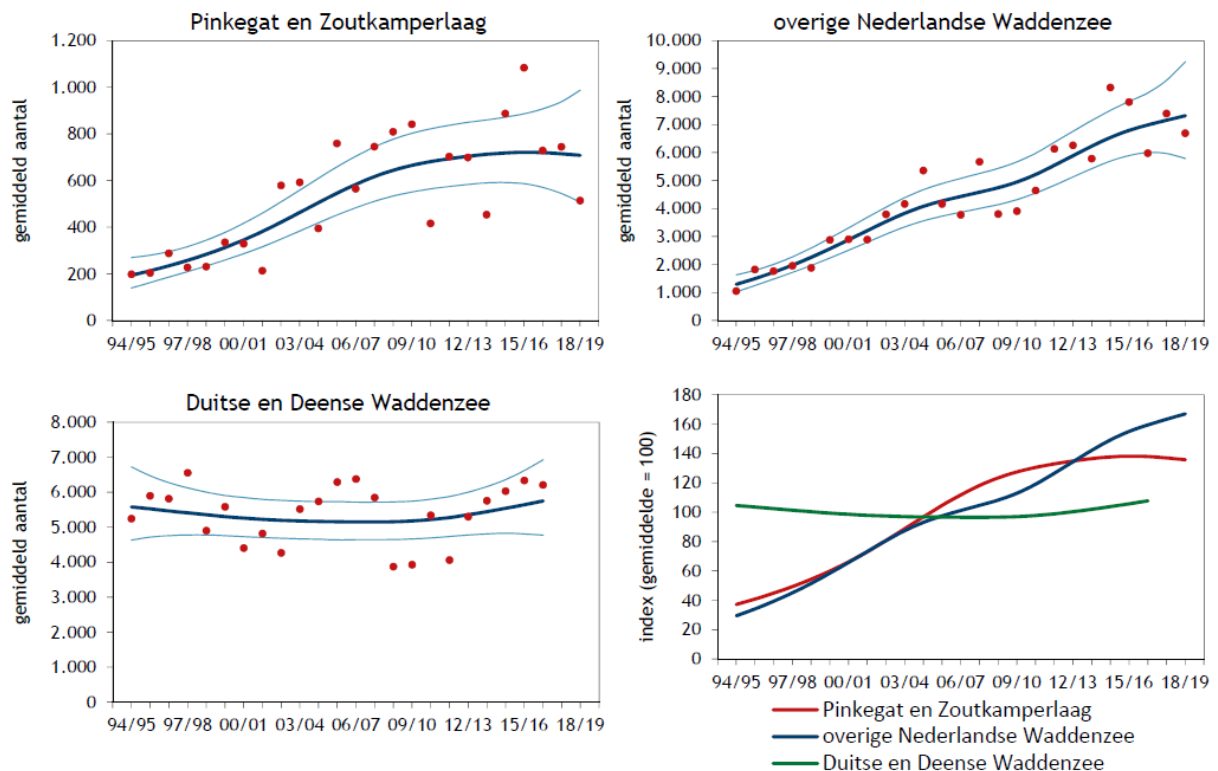
Conclusie na doorlopen van het beslisschema: noch in de nazomer, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 9-15).

Tabel 9-15. 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?	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

9.11 DRIETEENSTRANDLOPER

Vanaf 1994 is er sprake van een duidelijke toename van de aantallen Drieteenstrandlopers in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag (Figuur 9-27). Vanaf 2008 is er meer variatie, waardoor de trend als onzeker wordt geclassificeerd (Tabel 9-16). 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).



Figuur 9-27. 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.

Er bestaan alleen vermoedens over de oorzaken 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).

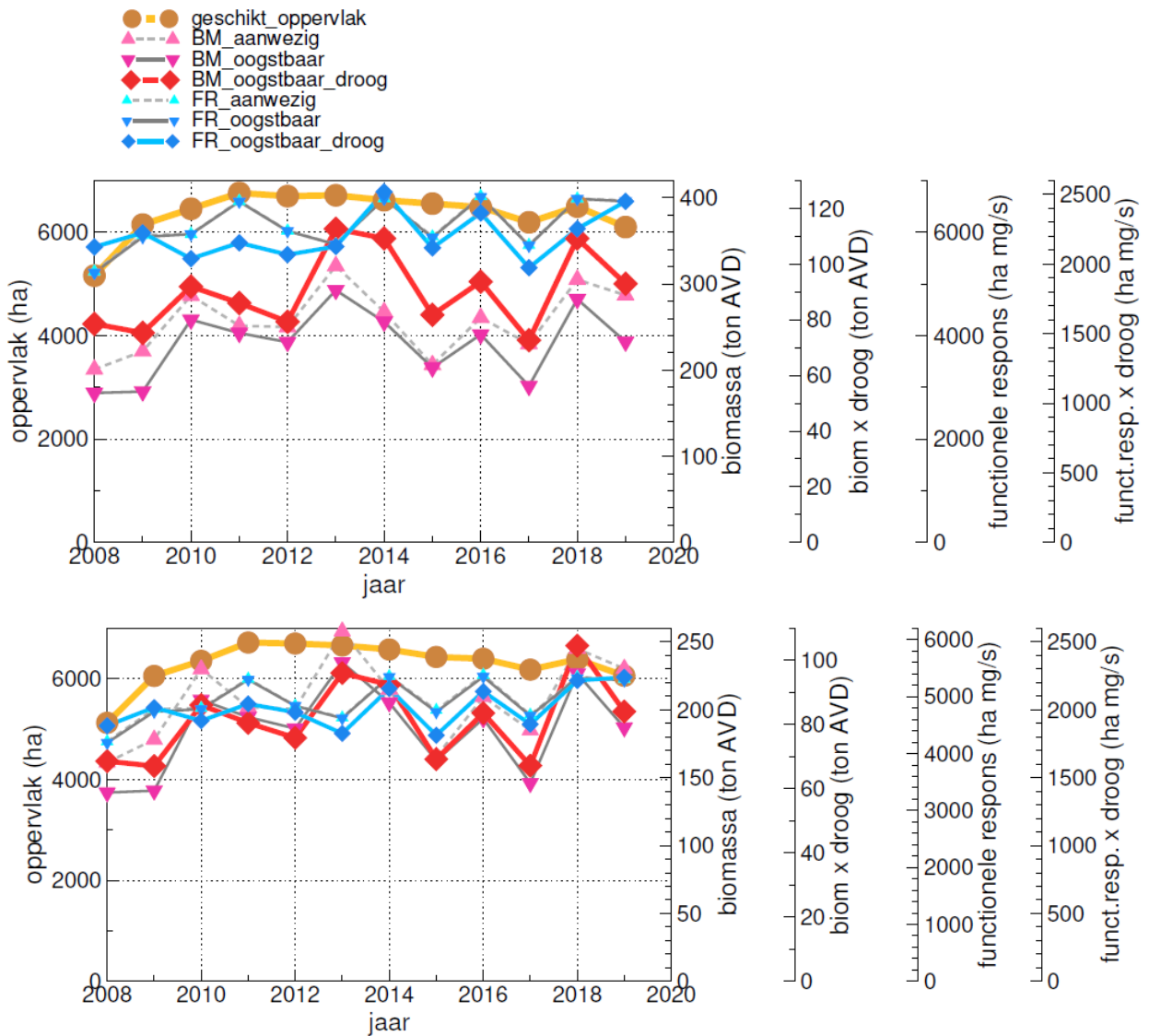
Tabel 9-16. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Drieteenstrandloper voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de populatie langs de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Drieteenstrandloper	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 2008	vanaf 2008	vanaf 2008
Label	jaarverand	Symbool	Beoordeling	jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.06	+	matige toename	1.01	?	onzeker
overige Nederlandse Waddenzee	1.07	++	sterke toename	1.04	+	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)

Voor de Drieteenstrandloper werd geen gevalideerde proxy voor draagkracht gevonden, noch in het voorjaar, noch in de zomer. 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 Oppervlakte proxy neigen de proxies naar een positieve trend, maar die trend is in geen van de gevallen significant (Figuur 9-28).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de nazomer, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 9-17).



Figuur 9-28. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Drieteenstrandloper in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2019 in de nazomer (boven) en het voorjaar (onder).

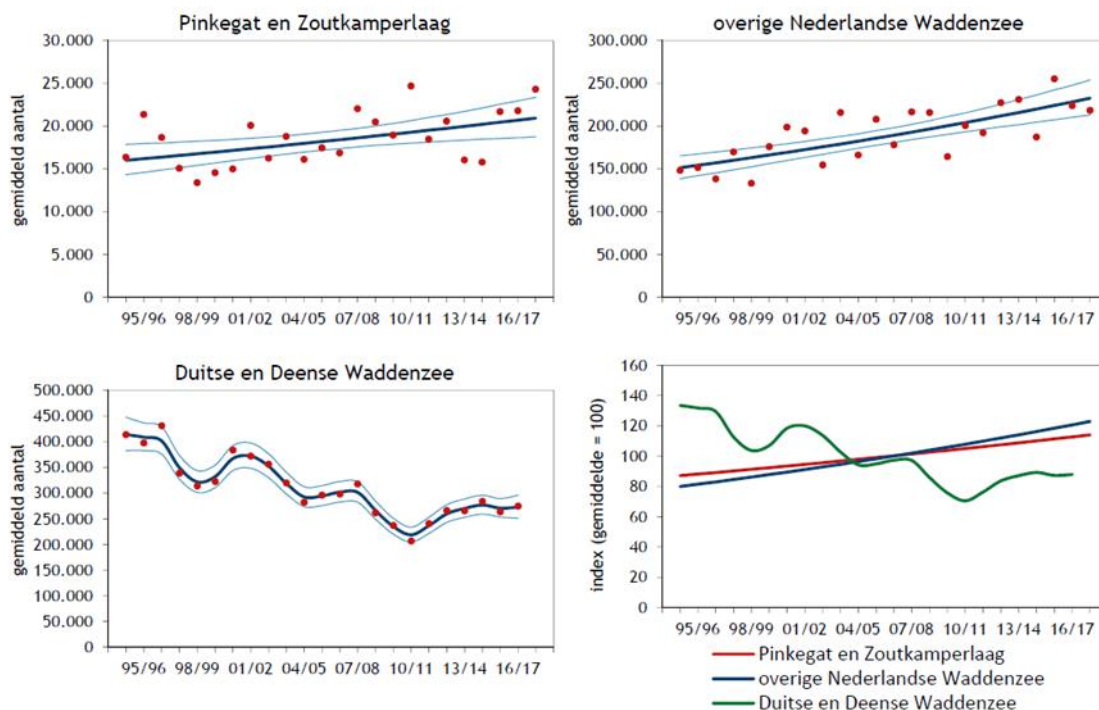
Tabel 9-17. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Drieteenstrandloper in mei en augustus.

		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

9.12 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 9-29). Dit aantalsverloop komt overeen met dat voor de rest van de Nederlandse Waddenzee (Figuur 9-29) 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 9-18).

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 9-18). De aantallen van de op IJsland en in NW-Europa broedende en in Afrika overwinterende ondersoort *schinzii* nemen af (Van Roomen *et al.* 2018), maar zijn in de Waddenzee vrij onbeduidend.



Figuur 9-29. 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.

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 klimaatverandering, 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 noordoost-waartse verschuiving van 75 km in het zwaartepunt van de winterspreiding 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 klimaateffect.

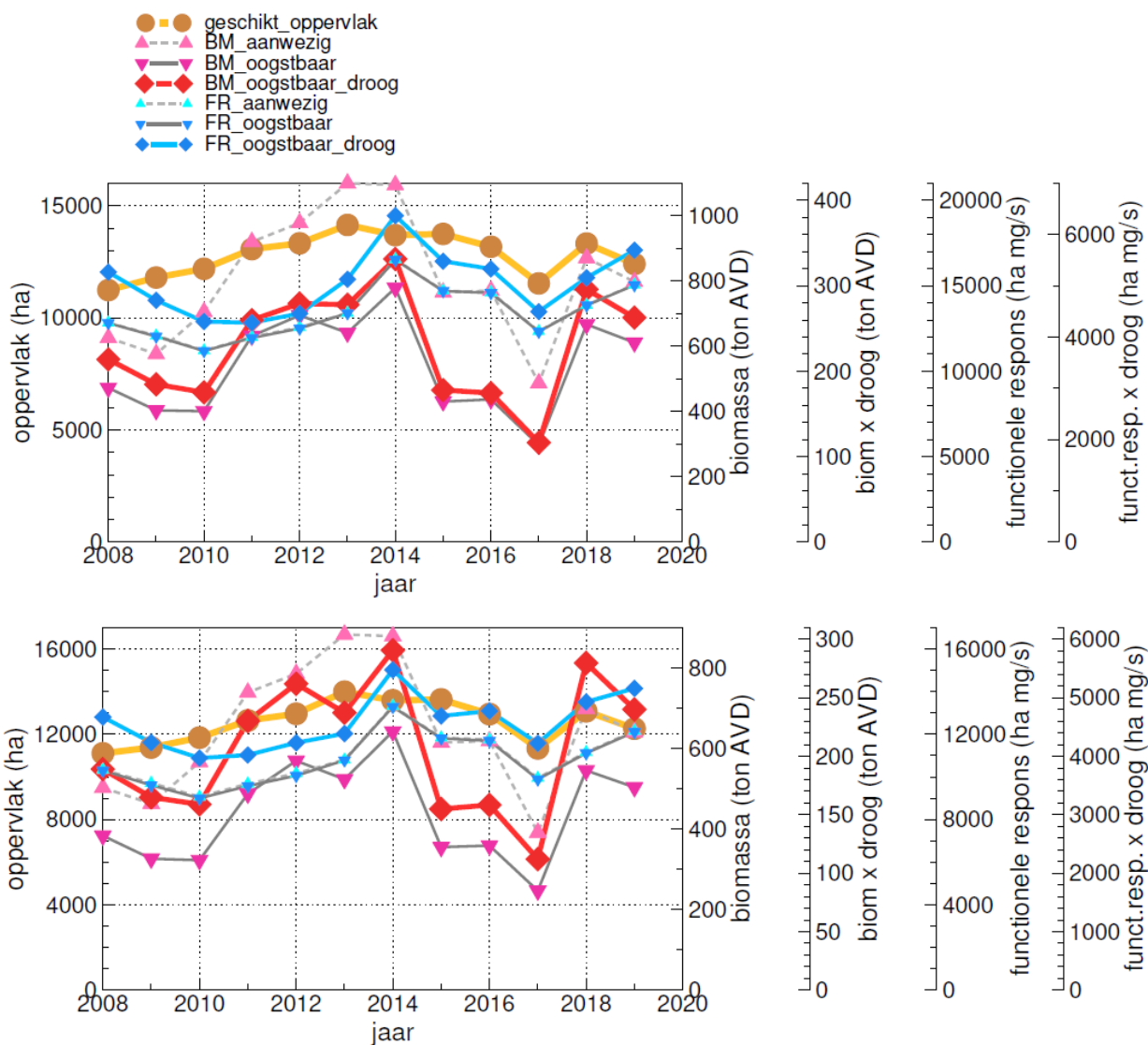
Tabel 9-18. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Bonte Strandloper voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, de Duitse en Deense Waddenzee en de populatiegrootte van de ondersoort alpina langs de Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Bonte Strandloper	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 2008	vanaf 2008	vanaf 2008
Label	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, ssp. <i>alpina</i>	0.99*	-	matige afname	0.99	0	stabiel

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

Voor de nazomer hebben we gevalideerde proxies voor draagkracht: oppervlakte (Opp) scoort het best, maar ook Fraanw en FRoogst scoren hoog. 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 in Pinkegat/Zoutkamperlaag (Figuur 9-30).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in het najaar, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 9-19).



Figuur 9-30. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Bonte Strandloper in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2019 in de nazomer (boven) en het voorjaar (onder).

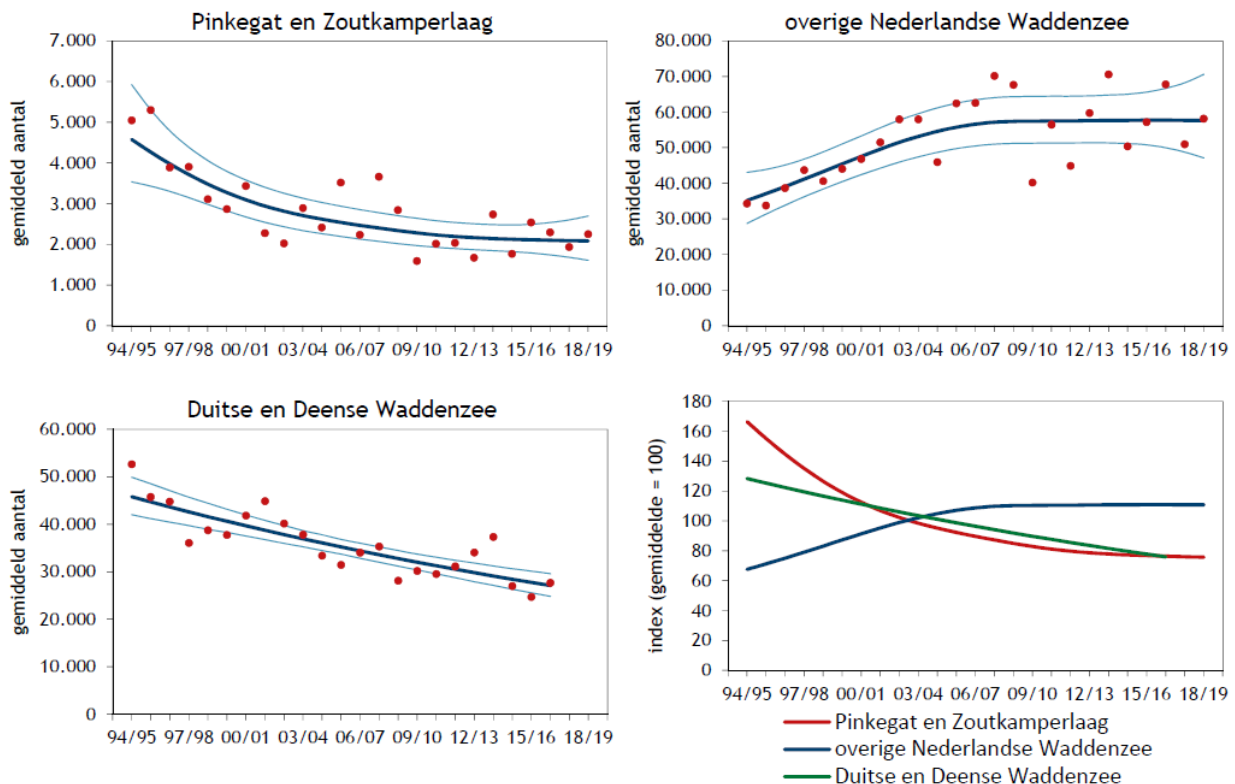
Tabel 9-19. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Bonte Strandloper in mei en september.

		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?	N→8	N→8
8	Geen aanwijzing voor negatief effect bodemdaling	Y	Y

9.13 ROSSE GRUTTO

De aantallen Rosse Grutto's in het bodemdalingsgebied Pinkegat/Zoutkamperlaag laten een duidelijke afname zien vanaf 1994 (Figuur 9-31), maar op de korte termijn is de trend stabiel (Tabel 9-20). In de 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 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 *taymyrensis* de Waddenzee aan. Deze (grotere) populatie neemt al langere tijd af (Van Roomen *et al.* 2018). In de rekenmaand mei vormen doortrekkende *taymyrensis* vermoedelijk de meerderheid van de aanwezige vogels; in augustus is de verdeling wellicht meer gelijk (Duijns *et al.* 2012).



Figuur 9-31. 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.

Op basis van de berekende voedselbeschikbaarheid zou voor Pinkegat/Zoutkamperlaag eerder een toenemend dan een afnemend aantal Rosse Grutto's verwacht kunnen worden. De trendrichting over de onderzoeksjaren is voor alle proxies toenemend (met 1.1-2.8 %/jr), hoewel significante trends zich vooral in augustus voordoen (zie onder). De ontwikkeling van het prooiaanbod lijkt vooral gestuurd te worden door een toename van de Wadpier *Arenicola marina* en de Zeeduizendpoot *Hediste*

diversicolor. Dit zijn belangrijke proisoorten voor Rosse Grutto's (Figuur 9-32); 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 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.

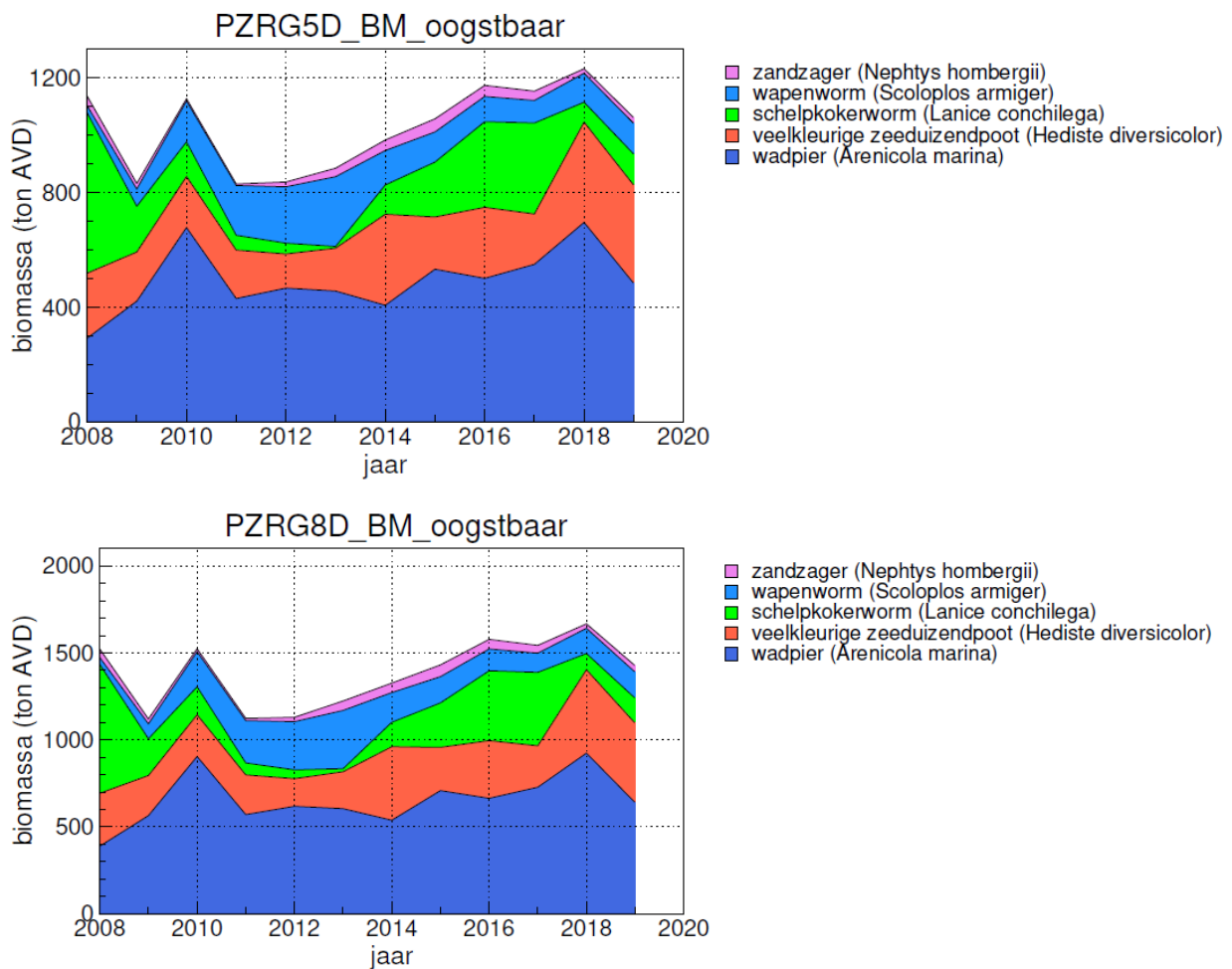
Tabel 9-20. Resultaten trendanalyse van de seizoensgemiddelden voor de Rosse Grutto voor Pinkegat/Zoutkamperlaag, rest Nederlandse Waddenzee, Duitse en Deense Waddenzee en de populatie-aantallen langs Oost-Atlantische vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Rosse Grutto	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 2008	vanaf 2008	vanaf 2008
Label	jaarverand	Symbool	Beoordeling	jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	0.97	-	matige afname	0.99	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)

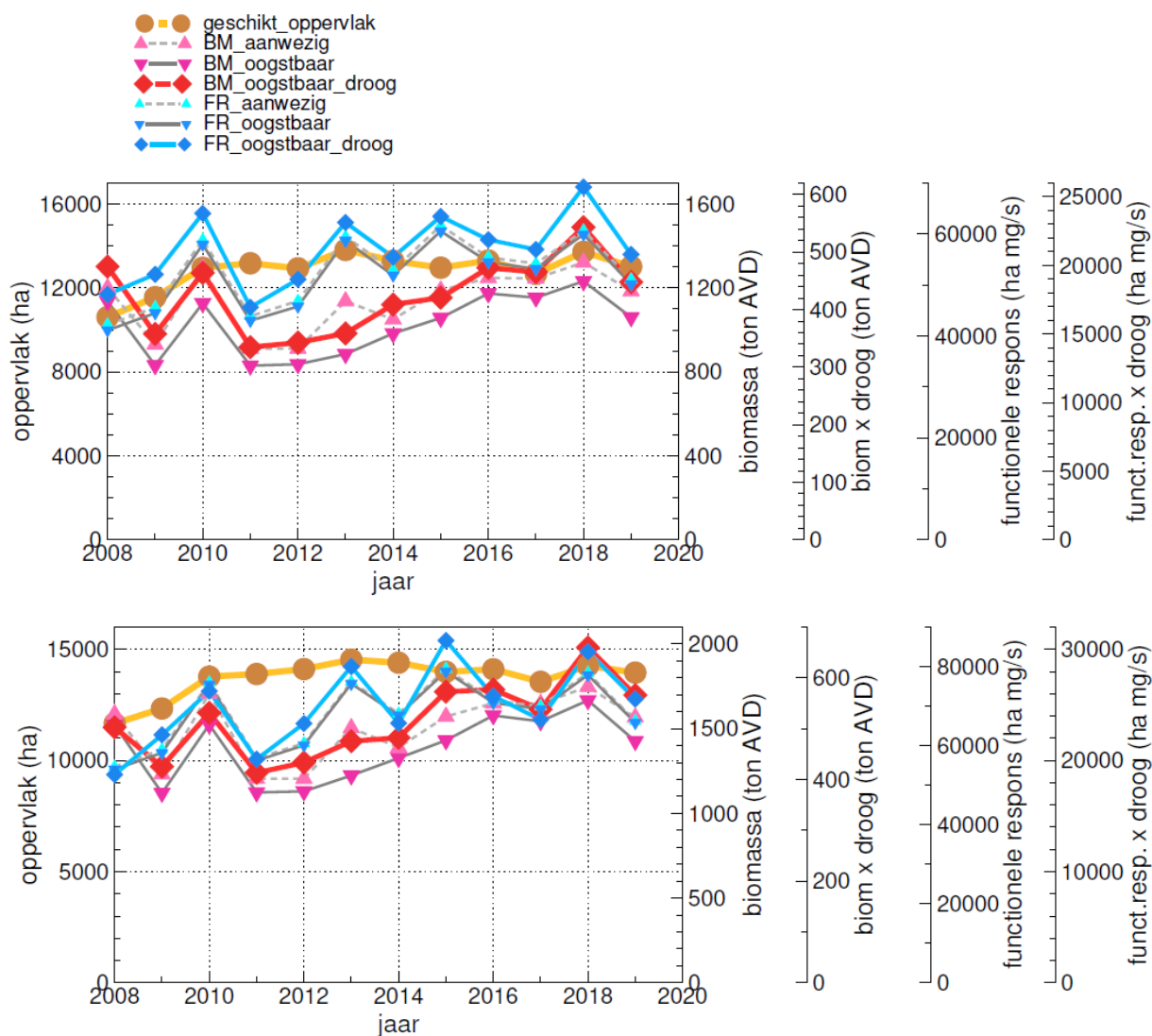
*** Betreft 2001-2017 (Van Roomen *et al.* 2018)



Figuur 9-32. Verloop van de voor Rosse Grutto's oogstbare biomassa in Pinkegat-Zoutkamperlaag in de periode 2008-2019 voor voorjaar (boven) en zomer (onder).

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 positief (Figuur 9-33), met vier significante toenames in september (Opp, BMoogstDr, FRoogst, en FRoogstDr) en één in mei (alleen Opp).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de zomer, noch in het voorjaar zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 9-21).



Figuur 9-33. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Rosse Grutto in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2019 in het voorjaar (boven) en de zomer (onder).

Tabel 9-21. 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.

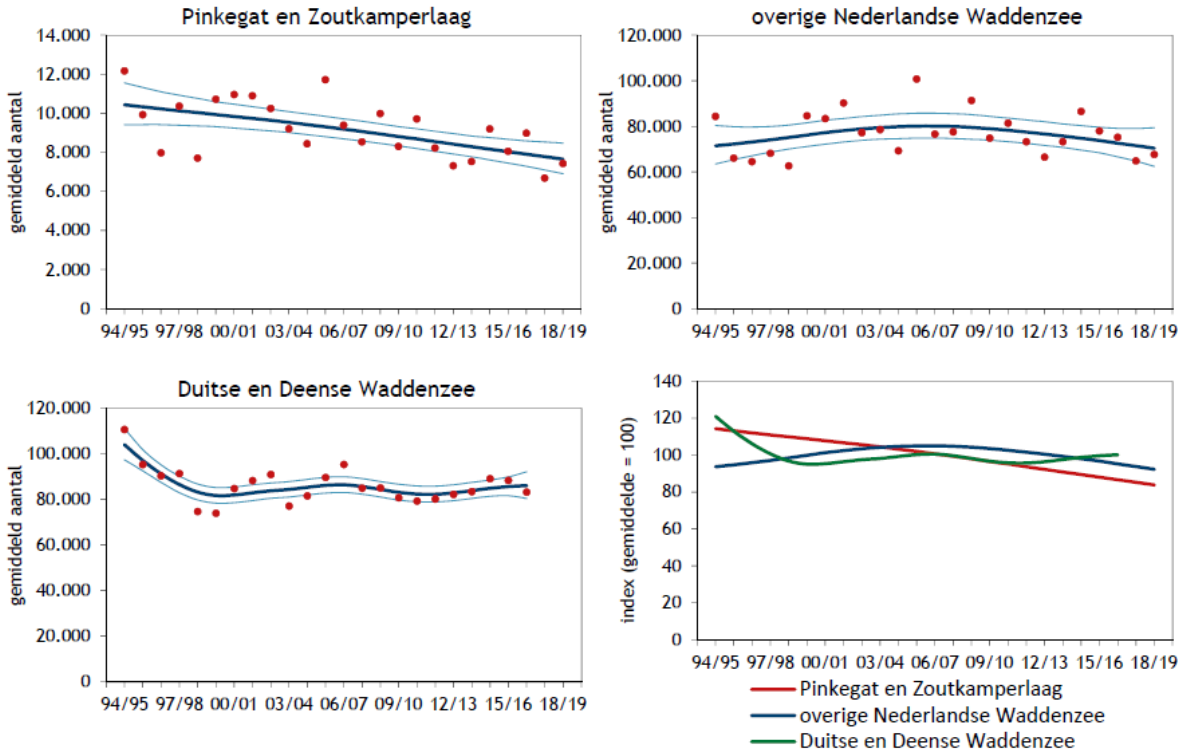
		mei	aug.
1	Trend uit tellingen geeft voldoende nauwkeurig beeld van ontwikkeling in de aantallen van een vogelsoort in bodemdalingsgebied?	N→3	N→3
3	Is er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht?	N→5	Y→4
4	Vertoont de proxy voor draagkracht een negatieve trend?	N→8	N→8
5	Vertonen alle proxies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

9.14 WULP

In de kombergingen van Pinkegat/Zoutkamperlaag nemen de aantallen Wulpen al jaren af, terwijl in de rest van de Nederlandse Waddenzee de aantallen stabiel zijn (Figuur 9-34, Tabel 9-22). 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 9-22.

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 9-35). 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 verstoringlandschap. 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 verstoringlandschap 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 Wulp 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).



Figuur 9-34. 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 9-22. 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	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 2008	vanaf 2008	vanaf 2008
Label	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

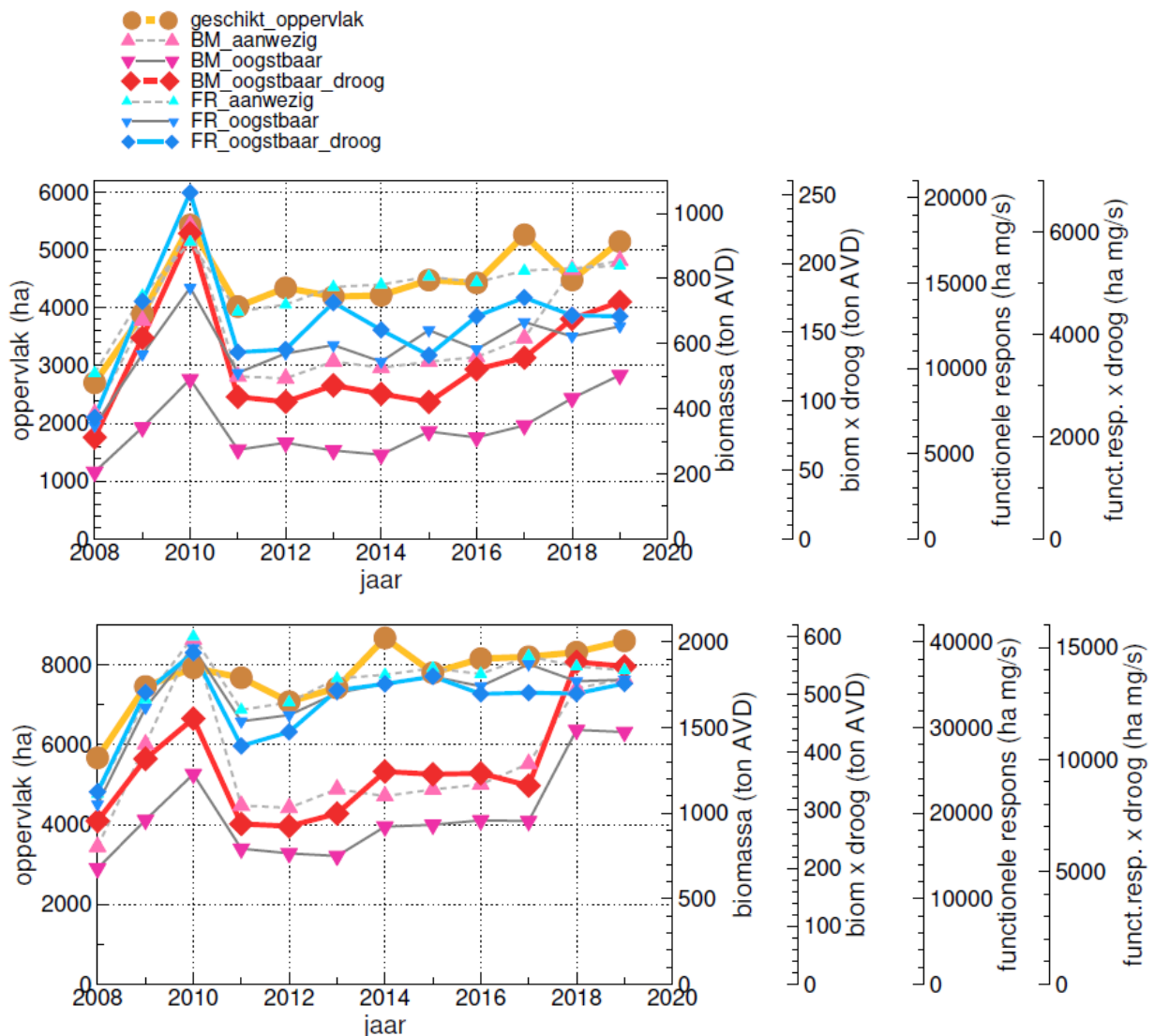
* Betreft de periode 1980-2012 (Van Roomen *et al.* 2018)

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

In de nazomer voldoen alle proxies aan het validatie criterium van 25% verklaarde variantie voor model 1. 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, die significant is voor Opp, BMoogst, FRAanw en FROogst in de nazomer (september), en voor Opp en FRAanw in de winter (Figuur 9-35).

Conclusie na doorlopen beslisschema: noch in de nazomer, noch in de winter zijn er aanwijzingen voor een negatief effect van bodemdaling (Tabel 9-23).



Figuur 9-35. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Wulp in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2019 in de winter (boven) en de nazomer (onder).

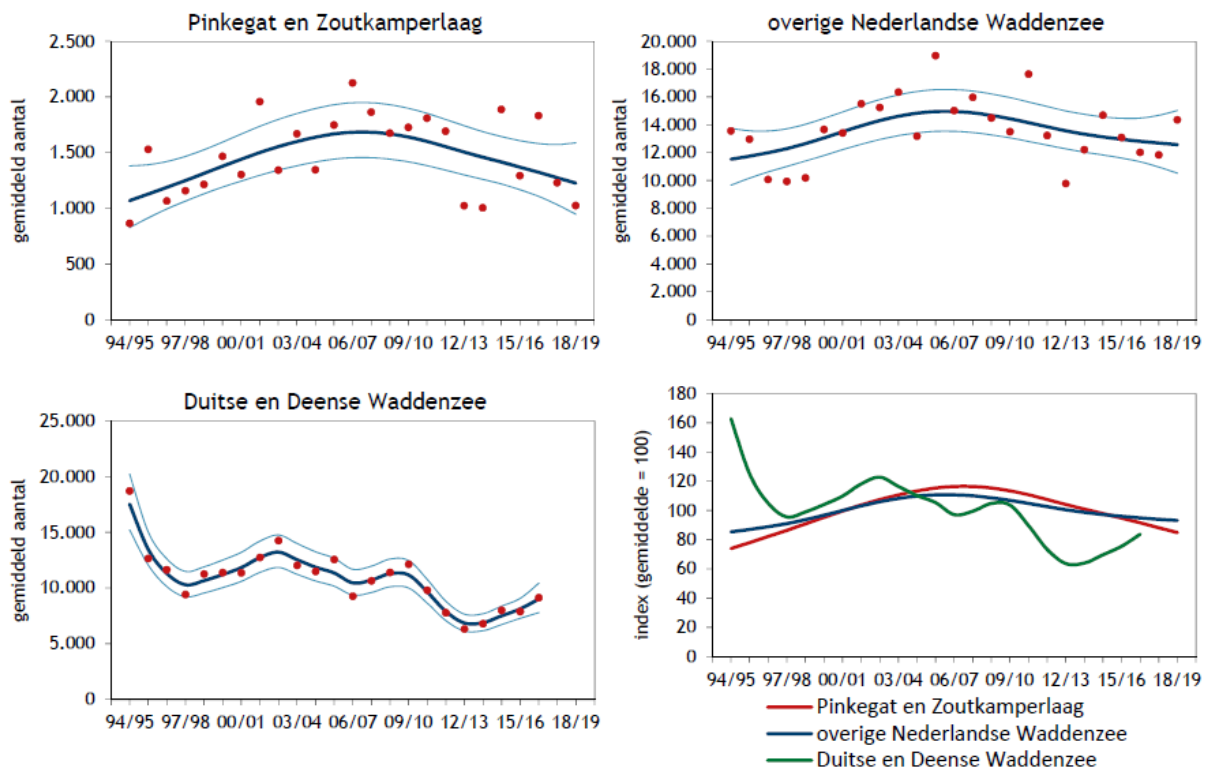
Tabel 9-23. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Wulp in januari en september.

		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

9.15 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 “onzeker” (Figuur 9-36; Tabel 9-24). Dit beeld komt overeen met het aantalsverloop in de rest van de Nederlandse Waddenzee vanaf 1987, al is daar de trend op korte termijn stabiel, maar verschilt van de trend in de internationale Waddenzee vanaf 198, 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 IJlandse ondersoort *robusta*, waarvan de lange termijn trend stabiel is maar de recente trend onzeker. In de doortrekperiodes, vooral in de nazomer, zijn ook Europese Tureluurs (ondersoort *totanus*) talrijk op het wad, vermoedelijk vooral vogels uit Noord-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 9-24).



Figuur 9-36. 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 9-24. 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	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 2008	vanaf 2008	vanaf 2008
Label	jaarverand	Symbool	Beoordeling	jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.01	0	stabiel	0.97	?	onzeker
rest Nederlandse Waddenzee	1.00	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)

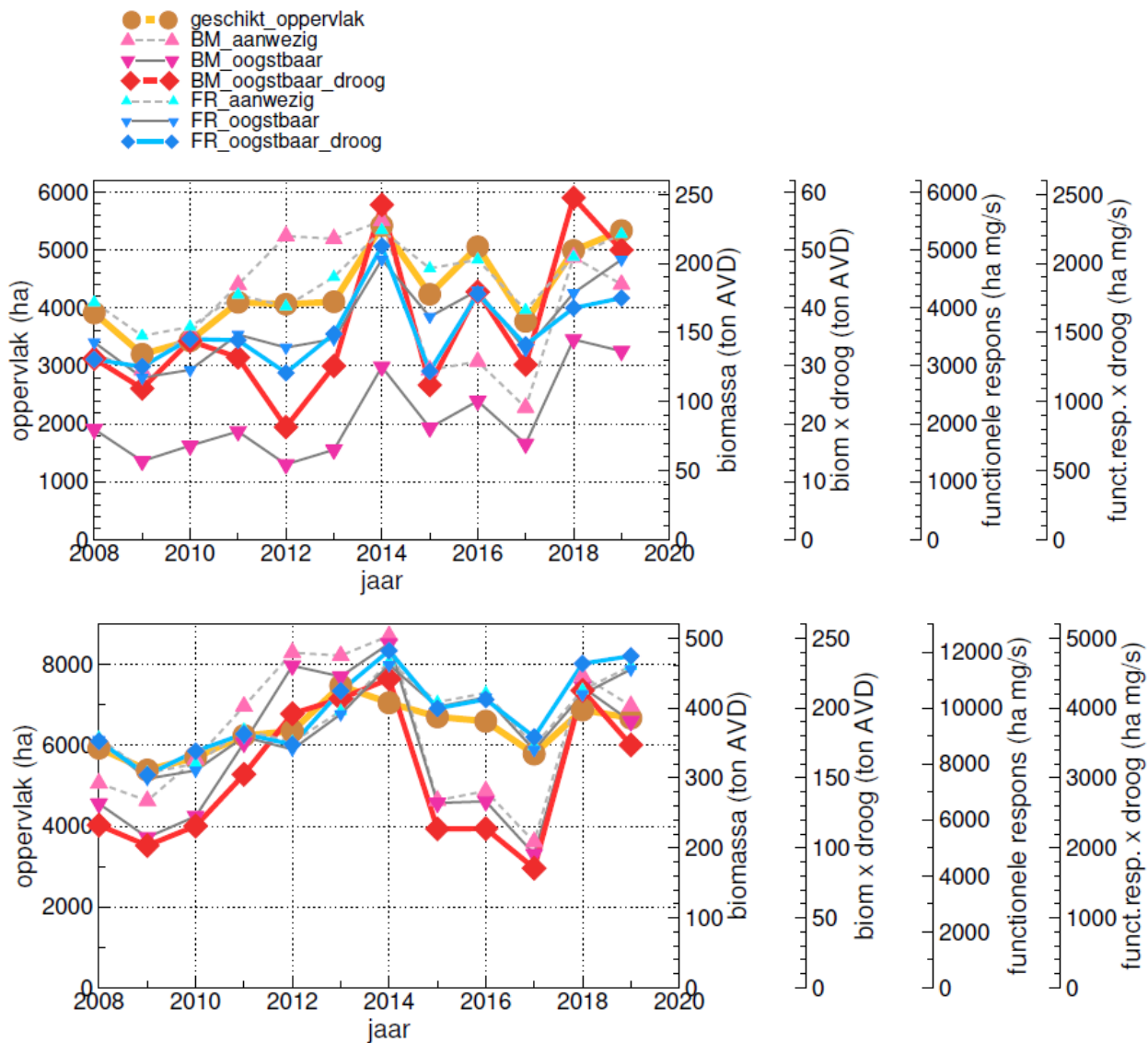
** Betreft de periode 1976-2016 (Van Roomen *et al.* 2018)

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

Er lijkt enige discrepantie te zitten tussen de trends over de onderzoeksperiode in de aantallen Tureluurs in Pinkegat/Zoutkamperlaag (trend onzeker, maar ogenschijnlijk afnemend) en in de berekende proxies voor voedselbeschikbaarheid (Figuur 9-37). Voor alle proxies is de trendrichting toenemend (+0.5 tot +3.6 %/jr), zij het slechts in de helft van de gevallen significant (winter: Opp, BMoogst, F Raanw, F Roogst; zomer: F Raanw, F Roogst, F RoogstDr). 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. 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 9-25).



Figuur 9-37. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Tureluur in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2019 in de winter (boven) en de zomer (onder).

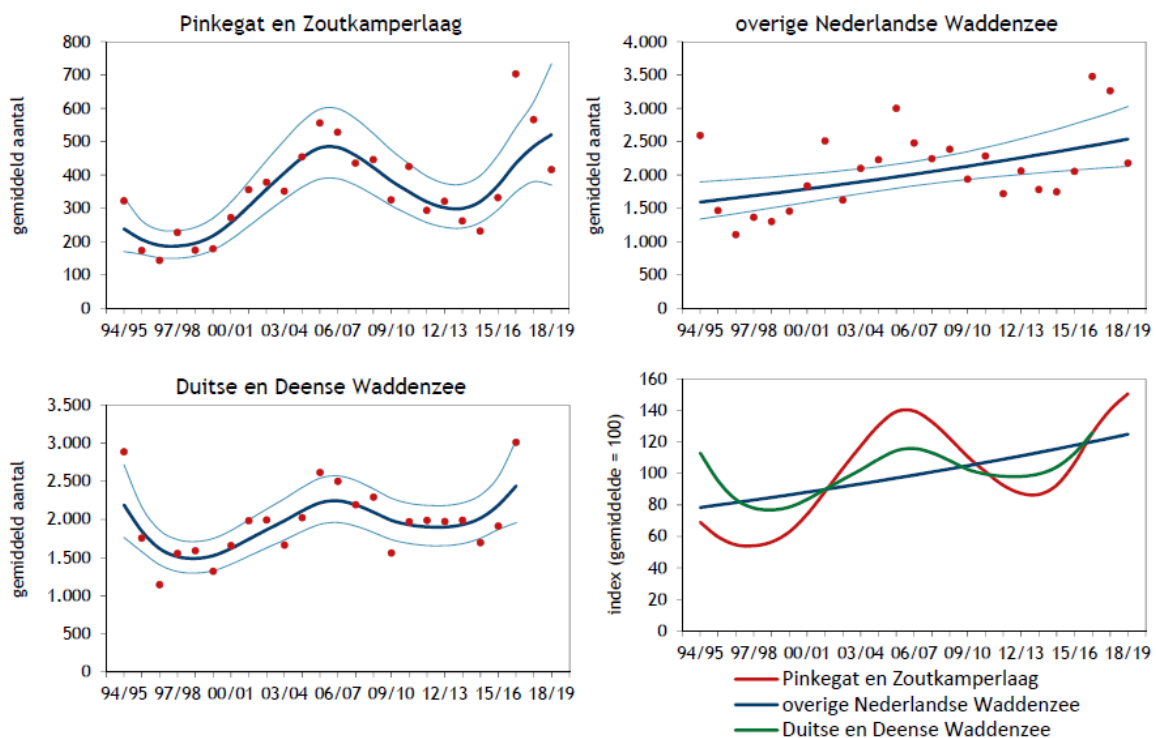
Tabel 9-25. Weergave in tabelvorm van het beslisschema hoe monitoring resultaten vertaald kunnen worden naar uitspraken over het al of niet optreden van effecten van bodemdaling op de wadvogels, toegepast op de Tureluur in januari en juli.

		jan.	juli
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

9.16 STEENLOPER

De aantallen Steenlopers in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag nemen toe tussen 1997 en 2005, daarna weer af en recent weer toe (Figuur 9-38). 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 in Pinkegat-Zoutkamperlaag onzeker (Tabel 9-26). Dit heeft te maken met de onzekerheid rond de schatting van de toename (Figuur 6-2), die groter is bij Pinkegat-Zoutkamperlaag dan in de rest van de Waddenzee. Zonder het data punt voor het seizoen 2018/2019 berekent trendspotter voor de rest van de Nederlandse Waddenzee trouwens net zo'n golvende lijn als voor Pinkegat-Zoutkamperlaag, maar de lage aantallen in 2018/2019 leiden tot een vrijwel rechte lijn. 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 9-26).

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 9-26).



Figuur 9-38. 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 9-26. 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 vliegroute voor de lange termijn (vanaf 1994) en de korte termijn (vanaf 2008).

Steenloper	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 1994	vanaf 2008	vanaf 2008	vanaf 2008
Label	jaarverand	Symbool	Beoordeling	jaarverand	Symbool	Beoordeling
Pinkegat en Zoutkamperlaag	1.03	+	matige toename	1.02	?	onzeker
overige Nederlandse Waddenzee	1.02	+	matige toename	1.02	+	matige toename
Duitse en Deense Waddenzee	1.00	0	stabiel	1.03	?	onzeker
Oost-Atlantische vliegroute (Nearctic)	1.01*	+	matige toename	0.99	0	stabiel
Oost-Atlantische vliegroute (Palearctic)	0.97**	-	matige afname	0.98	0	stabiel

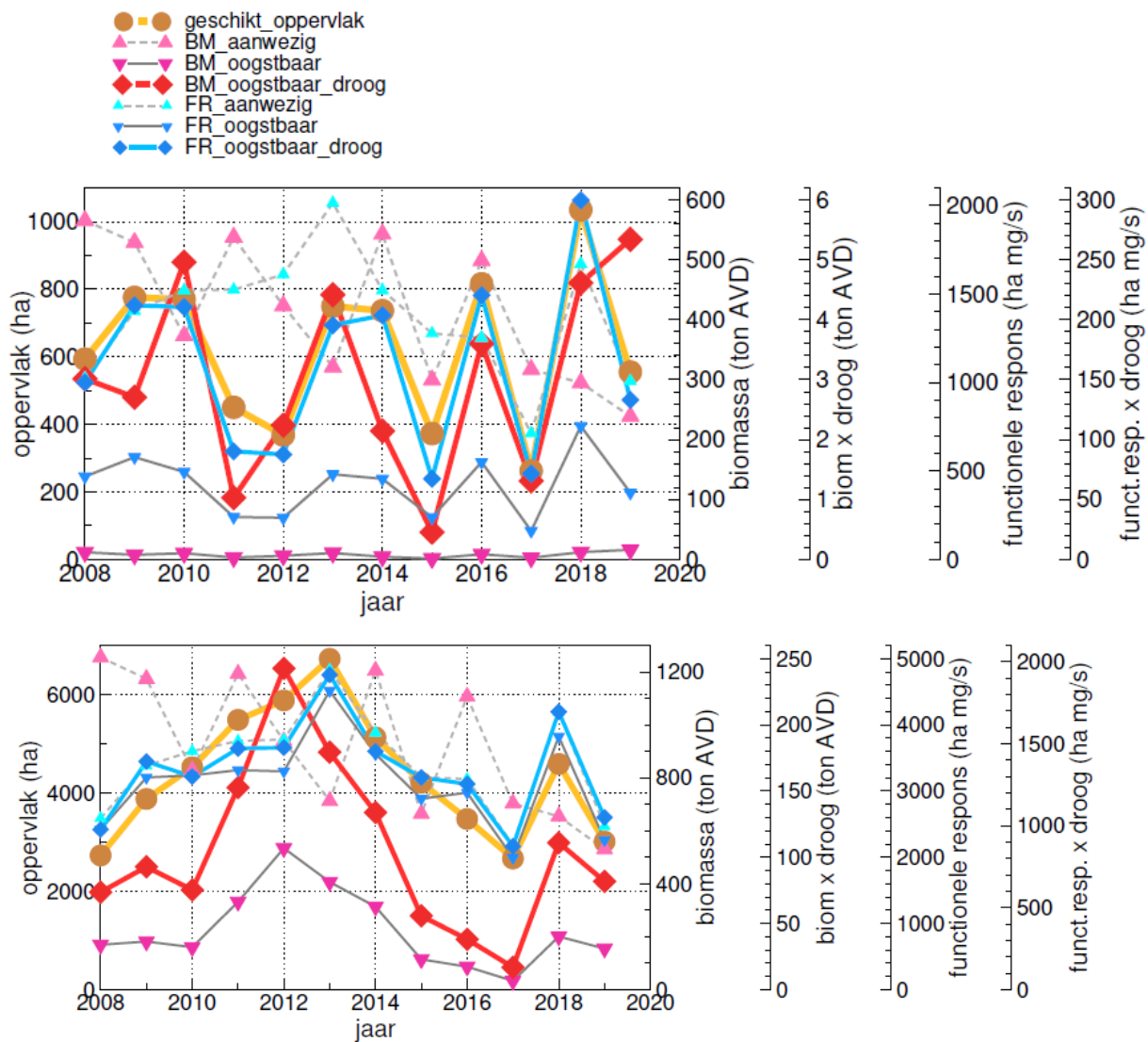
* Betreft de periode 1977-2016 (Van Roomen *et al.* 2018)

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

Voor de Steenloper is geen gevalideerde proxy voor draagkracht gevonden, noch in de zomer, noch in de winter. De proxies zijn onderling gecorreleerd, maar die correlatie is duidelijk hoger in de zomer (gemiddeld 0,77), dan in de winter (gemiddeld 0,61).

De meeste proxies vertonen geen duidelijke trend, maar BMAanw neemt met 5,1% per jaar af in beide seizoenen (Figuur 9-39).

Toepassing van het beslisschema leidt tot de conclusie dat er geen uitspraak mogelijk is (Tabel 9-27).



Figuur 9-39. Verloop van de proxies voor draagkracht voor de Steenloper in Zoutkamperlaag-Pinkegat voor de jaren 2008-2019 in de winter (boven) en de nazomer (onder).

Tabel 9-27. 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
5	Vertonen alle proxies dezelfde trend?	N→7	N→7
7	Geen uitspraak mogelijk	Y	Y

10 DISCUSSIE EN CONCLUSIES

10.1 SIGNALERINGSMONITORING & SIGNALERING

Met de werkzaamheden en metingen in het monitoringjaar 2019 is opnieuw een stap gezet in een goed onderbouwde signaleringsmonitoring van eventuele negatieve effecten van bodemdaling door gaswinning op de vogels in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag buiten het broedseizoen. Dit alles natuurlijk binnen de randvoorwaarden van de huidige monitoring inspanning. Met onbeperkte financiële middelen zouden alle drukfactoren in kaart gebracht worden, zou de bemonstering van de bodemdieren geïntensiveerd worden, zou de telfrequentie natuurlijk worden opgevoerd, zou ook de demografie van de vogelpopulaties gemonitord worden en zouden grote aantallen zenders worden ingezet om het terreingebruik en de activiteit van de vogels in detail vast te leggen.

Voor elk van deze 13 soorten is het aantalsverloop in de kombergingen van Pinkegat-Zoutkamperlaag over de lange termijn (periode 1994/1995 – 201/2019) 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 is de trendvergelijking uitgebreid met een vergelijking van de ontwikkeling van de populatie-aantallen langs de hele Oost-Atlantische vliegroute (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 10-1. 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 drie soorten: Pijlstaart, Zilverplevier en Bonte Strandloper.

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. Op een paar uitzonderingen na (Pijlstaart-herfst, Pijlstaart-winter en Steenloper-winter) bleken de proxies onderling sterk gecorreleerd en lieten dezelfde trend zien. Die gezamenlijke trend kan 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 voedsleecologie is verwerkt in de proxies. De verschillende proxies richten zich vooral op de vraag hoe het voedsellandschap het beste gekarakteriseerd kan worden. Het sterke gebieds-effect 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 alle soorten van het volledig doorlopen van het nieuwe beslisschema.

Tabel 10-1. Samenvatting van de trends in het seizoensgemiddelde voor de 13 onderzochte wadvogelsoorten voor de periode 2008-2019. 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 nieuwe beslisschema de trendinformatie voldoende is om te besluiten dat er geen aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling. In zulke gevallen is er sprake van een betrouwbare trend in Pinkegat-Zoutkamperlaag (Y) en zijn er geen aanwijzingen dat de vogelaantallen zich negatiever of minder positief hebben ontwikkeld in het bodemdalingsgebied (N).

	Pinkegat-Zoutkamperlaag	Rest Nederlandse Waddenzee	Duitse & Deense Waddenzee	Pinkegat-Zoutkamperlaag	Rest Nederlandse Waddenzee	Duitse & Deense Waddenzee	Eerste stappen beslisschema
Bergeend	0.95	0.98	1.01	-	0	0	
Pijlstaart	1.05	1.02	1.06	+	?	+	YN
Scholekster	0.97	0.98	0.98	-	-	-	
Kluut	0.93	0.93	0.93	-	-	-	
Bontbekplevier	1.01	1.05	1.02	?	+	+	
Zilverplevier	1.02	1.02	0.98	+	+	-	YN
Kanoet	0.96	1.01	0.98	-	?	-	
Drieteenstrandloper	1.01	1.04	1.01	?	+	0	
Bonte Strandloper	1.01	1.02	1.00	+	+	0	YN
Rosse Grutto	0.99	1.00	0.98	0	0	-	
Wulp	0.98	0.99	1.00	-	0	0	
Tureluur	0.97	0.98	0.97	?	0	-	
Steenloper	1.02	1.02	1.03	?	+	?	

Toepassing van het beslisschema op de resultaten t/m monitoringjaar 2019, samengevat in Tabel 10-2, leidt tot de volgende conclusies:

1. Voor 24 onderzochte soort-seizoen combinaties luidt de conclusie dat er geen aanwijzingen zijn voor een negatief effect van bodemdaling.
2. Voor 6 soort-seizoen combinaties (de reeds besproken Pijlstaart, Zilverplevier en Bonte Strandloper 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).
3. 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.
4. Voor 4 soort-seizoen combinaties was er sprake van een gevalideerde proxy voor draagkracht die in alle gevallen geen negatieve trend vertoonde.
5. Voor de Steenloper kon noch in de winter, noch in de zomer een 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.

Tabel 10-2. Toepassing van het beslisschema over hand aan de kraan (Tabel 5-1, Figuur 5-1) 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 bodemdalinggebied 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	Y	N	N	N					Y
	nov	Y	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	N	Y	N	Y	N				Y
	sept	N	Y	N	Y	N				Y
Zilverplevier	jan	Y	N	N	Y	N				Y
	mei	Y	N	N	Y	N				Y
Kanoet	jan	N		N	Y	N				Y
	aug	N		N	Y	N				Y
Drieteenstrandloper	mei	N		N	Y	N				Y
	aug	N		N	Y	N				Y
Bonte Strandloper	mei	Y	N	N	Y	N				Y
	sep	Y	N	Y	Y	N				Y
Rosse Grutto	mei	N	N	N	Y	N				Y
	aug	N	N	Y	Y	N				Y
Wulp	jan	Y	Y	N	Y	N				Y
	sep	Y	Y	Y	Y	N				Y
Tureluur	jan	N	N	N	Y	N				Y
	jul	N	N	N	Y	N				Y
Steenloper	jan	N		N	N			Y		
	aug	N		N	N			Y		

10.2 AANBEVELINGEN AUDIT COMMISSIE

In haar evaluatie van het monitoringsprogramma 2013-2019 concludeert de auditcommissie 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." (Auditcommissie 2019).

Naast het reeds besproken advies over het beslisschema doet de auditcommissie een drietal aanbevelingen om de monitoring van de wadvogels verder te verbeteren. Hieronder voor elke aanbeveling eerst een letterlijk citaat van de aanbeveling, gevolgd door onze reactie.

1. "De Auditcommissie adviseert voor de referentieberekeningen ook de Waddenzee-brede benthosdata over jaren na 2013 gericht te benutten"

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 9-1 en Figuur 9-2. Met die gegevens wordt alleen het voedselaanbod voor de Scholekster goed in kaart gebracht, wat gedetailleerde berekeningen met het draagkrachtmodel WEBTICS mogelijk maakt. In een eerdere modelstudie met WEBTICS over het effect van bodemdaling op overwinterende Scholeksters in de Waddenzee (Rappoldt & Ens 2013a) werd het volgende geconcludeerd: *"Omdat de bodemdaling optreedt op een termijn van vele jaren kan worden aangenomen dat de schelpdieren van plaats veranderen en hun droogvalduur gelijk houden. Onder deze aanname wordt een effect berekend van 1,5±0,9 procent van de scholeksters per centimeter bodemdaling.....In combinatie met een theoretische verwachting voor de bodemdaling impliceert dit een aantalsvermindering van ongeveer 800 vogels voor het Pinkegat en 350 vogels voor het Zoutkamperlaag.....Omdat de bodemdaling tijdelijk is en na afloop van de gaswinning geleidelijk verdwijnt door opslibbing kan de stress verhoging door bodemdaling vergeleken worden met de natuurlijke variatie in het gemiddelde stress niveau over een periode van 40 jaar. Het effect van bodemdaling blijkt een factor 4 kleiner dan deze natuurlijke variatie wat overigens niet wil zeggen dat het effect niet bestaat. In de periode 2008-2010 heeft in het gebied ten zuiden van Ameland-Oost en Schiermonnikoog een jaarlijkse kokkelvisserij plaatsgevonden van ongeveer 5% van het lokale kokkelbestand. Het effect van een langjarige visserijdruk van die grootte wordt geschat op 6% van het lokale aantal scholeksters, ofwel 2600 vogels."* Deze studie betrof het verwachte effect van bodemdaling, maar het model kan natuurlijk ook voor signalerings-berekeningen worden ingezet.

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. Zodra de monsters uit de rest van de Waddenzee zijn uitgezocht en de gegevens beschikbaar gemaakt zullen wij die natuurlijk graag gebruiken voor berekeningen met wadmap. Hopelijk 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.

2. "Gegeven het grote aantal verklarende variabelen voor de vogelaantallen en de grote ruimtelijke en temporele variatie van de uitkomsten van de ecologische metingen adviseert de Auditcommissie na te gaan in hoeverre 'machine learning', ook wel 'deep learning' genoemd, ingezet kan worden om nog niet eerder gedetecteerde verbanden tussen de verklarende variabelen bloot te leggen en beter zicht te krijgen op trends in vogelaantallen. (De Auditcommissie verwacht dat 'machine learning', ten opzichte van bestaande regressie- en correlatiemethoden, een meerwaarde kan bieden, met name gelet op de aanwezigheid van veel historische informatie.)"

De nu beschikbare verklarende variabelen in wadmap zijn de dichtheid en biomassa van de verschillende bodemdieren en de hoogteligging van het wad en de waterstanden die samen de

drooglijgtijd bepalen. Er is een begin gemaakt met het inbouwen van de sedimentsamenstelling. In een uitgebreide studie naar de verspreiding van de bodemdieren in de Waddenzee op basis van de SIBES-gegevens zijn vijf verschillende *machine learning* algorithmes ingezet om soortspecifieke verspreidingsmodellen te ontwikkelen op basis van sediment, drooglijgtijd, schuifspanning en golfwerking (Folmer *et al.* 2017). De voorspellingen van de verschillende modellen zijn gewogen om tot een consensus voorspelling te komen. Het voorstel van de audit commissie is hiermee in wezen al uitgevoerd, met als conclusie: *“The finding that most benthos species occur over broad ranges of environmental conditions and that the temporal variabilities are relatively large suggests that the benthos communities are quite irrepressible to moderate changes in the environmental variables on short timescales. However, the dependence relationships suggest that if there are significant and permanent changes in the environmental variables, changes in the benthos community are to be expected in the long term. The variability of the benthos densities under relatively constant abiotic conditions (i.e. the conditions considered in this report) suggests that it will take a long time and many observations to detect systematic shifts in benthos distributions related to changes in the physical variables.”* (Folmer *et al.* 2017). Naar ons idee is het grootste gemis dat we niet alle verklarende variabelen voor de vogelaantallen goed in beeld hebben. In het volgende hoofdstuk over de ecologische verklaringen van de waargenomen veranderingen gaan we daar dieper op in.

3. “De Auditcommissie adviseert te onderzoeken in hoeverre de keuze van de referentiegebieden verder kan worden verbeterd. Trends en ruimtelijke verschillen in benthos kunnen daarmee naar verwachting beter gerelateerd worden aan die van vogels.”

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 hoogwatervluchtplaatsen. Ook hier is monitoring van andere verklarende variabelen, dan alleen bodemdieren die als voedsel dienen, van grote waarde. Te denken valt aan verstoring op de HVP bijvoorbeeld. In het volgende hoofdstuk over de ecologische verklaringen van de waargenomen veranderingen gaan we daar dieper op in.

10.3 ECOLOGISCHE VERKLARINGEN VAN WAARGENOMEN VERANDERINGEN

Dit hoofdstuk is een bewerking van het gelijknamige hoofdstuk in de rapportage t/m het monitoringjaar 2018 (Ens *et al.* 2019a). Het zoeken naar ecologische verklaringen van waargenomen veranderingen in vogelaantallen is direct relevant voor de suggesties van de audit commissie om (1) machine learning in te zetten om niet eerder gedetecteerde verbanden tussen de verklarende variabelen bloot te leggen en beter zicht te krijgen op trends in vogelaantallen, (2) te onderzoeken of de keuze van de referentiegebieden verder kan worden verbeterd, om daarmee trends en ruimtelijke verschillen in benthos beter te kunnen relateren aan die van de vogels.

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 voor draagkracht geheel of gedeeltelijk veroorzaakt door bodemdaling.

Hieronder zullen wij daar dieper op ingaan, waarbij we de tweede vraag eerst zullen behandelen.

10.3.1 Is daling proxy geheel of gedeeltelijk veroorzaakt door bodemdaling?

De vraag naar een mogelijke samenhang tussen een trend in de proxy en bodemdaling is makkelijker gesteld dan beantwoord. Eerder onderzochten wij de gevoeligheid van de proxies voor bodemdaling en welk deel van de variatie in proxywaardes verklaard 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:

1. 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).
2. 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).
3. 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.
4. 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.

In feite zijn het combinaties van twee scenario's over hoe diepe bodemdaling uitwerkt op de wadbodem en twee scenario's over hoe de bodemdieren reageren op veranderingen van de wadbodem. 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. Het is wel de vraag of die veranderingen meetbaar zullen blijken met de huidige monitoring gezien de grote jaarlijkse variatie in de bodemdierbestanden.

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.

10.3.2 Is er een gevalideerde proxy voor draagkracht?

De onderzochte proxies voor draagkracht geven een indicatie van het oppervlak geschikt voedselgebied, of de biomassa voedsel, of voor oogstbaarheid en/of drooglijtijd 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 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. In het volgende zullen wij de verschillende mogelijke verklaringen bespreken:

(1) De toewijzing van laagwaterfoerageergebieden aan hvp's is (deels) foutief. Voor soorten waar de relatie tussen hvp's en laagwaterfoerageergebieden bestudeerd kon worden middels gezenderde vogels, zoals de Scholekster (Ens *et al.* 2015a; Dokter *et al.* 2017) en de Kanoet (van Gils *et al.* 2000), is

dit niet zo waarschijnlijk. Scholekster en Kanoet zijn echter uitzonderingen en in de andere gevallen is de relatie tussen hvp en laagwaterfoerageergebied gebaseerd op de inschatting van lokale experts. Voor de Kluut wordt de Ballastplaat aangemerkt als potentieel voedselgebied en de aanname is dat de vogels die op de Ballastplaat naar voedsel zoeken overtijen op Griend. Daar worden echter nooit Kluten waargenomen en het zou dus kunnen dat alle Kluten op de Friese kust overtijen (deelgebied Noorderleegh). Kennis over de relatie tussen voedselgebieden en hoogwatervluchtplaatsen is ook van groot belang bij het kiezen van goede referentiegebieden. 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>.

(2) Als gevolg van activiteiten die het prooideraanbod lokaal direct beïnvloeden wordt het voedsellandschap niet volledig in kaart gebracht. Hierbij moet gedacht worden aan handkokkelvisserij (Rappoldt, Ens & Brinkman 2008; Natuurmonumenten 2016; Troost & Van Asch 2019) en het rapen van oesters (Vegter & Punter 2011; Bruinzeel, Sas & de Jong 2012). Effecten op het voedselaanbod zijn waarschijnlijk alleen relevant voor handkokkelvisserij en Scholeksters, want grote Japanse oesters waar de oesterrapers op uit zijn, worden door geen enkele vogel gegeten. Scholeksters zijn de enige vogelsoort die Japanse oesters eten, maar ze beperken zich daarbij tot de kleine exemplaren (Cadée 2008). Oesterrapers zorgen natuurlijk wel voor verstoring in een vogelrijk laagwaterhabitat. Voor de meeste vogelsoorten zijn de dichtheden op schelpdierbanken aanzienlijk hoger dan op het omringende wad (Waser *et al.* 2016). Handkokkelvisserij vindt vooral in de nazomer en herfst plaats, als de Kokkels maximaal vlees bevatten. Dit is nadat de bemonstering van de bodemfauna door WMR en NIOZ heeft plaatsgevonden.

(3) Naast voedsel op het wad is ook de bodemgesteldheid belangrijk. Hierbij moet vooral gedacht worden aan de sedimentsamenstelling. Langs de vastelandskust is het wad veel slijkgiger dan onder de eilanden (Figuur 8-7). 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 (Figuur 8-3). 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 (Figuur 8-2). Ook de Rosse Grutto prefereert zeer zandig sediment, terwijl Kanoeten op niet zeer zandig of zeer slijkgig 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 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 (Figuur 8-1 t/m Figuur 8-6). 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 (Figuur 8-9), maar de verklaarde variantie is 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 slijbgehalte (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.

(4) Naast voedsel op het wad zijn ook binnendijkse foerageermogelijkheden van belang. 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 10-1. 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 vogelsoorten zijn ook de binnendijkse graslanden belangrijk in het bepalen van de lokale draagkracht in de verschillende delen van de Waddenzee.



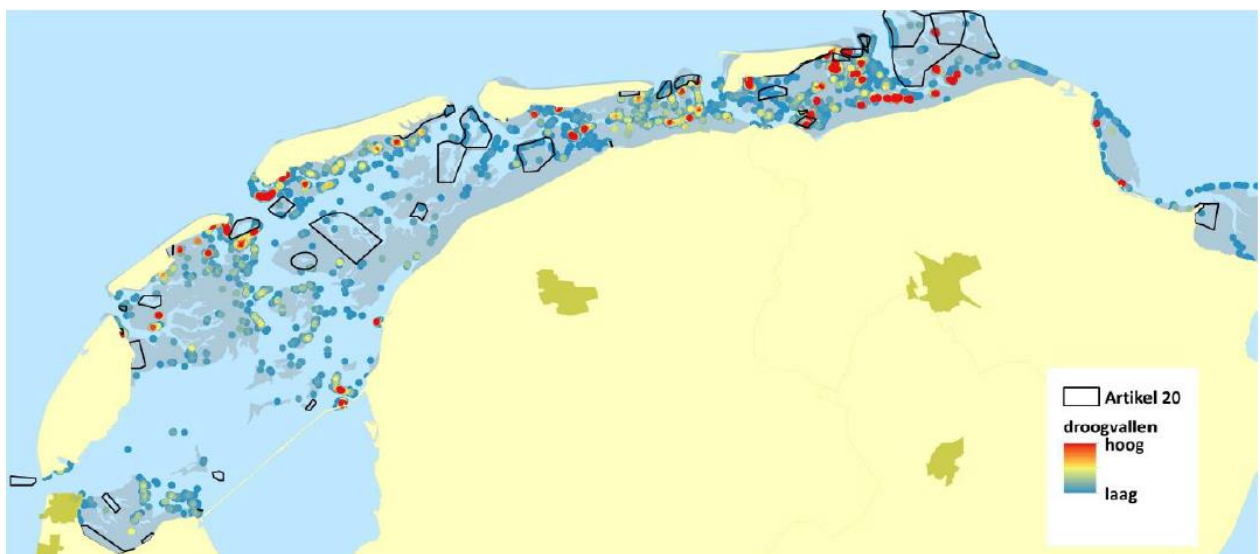
Figuur 10-1. Overwinterende Scholeksters die met hoogwater in de polder van Terschelling naar voedsel zoeken (en daarbij beroofd worden door Stormmeeuwen). Foto genomen op 31 januari 2016.

(5) Naast voedsel zijn ook predatierisico en verstoring van belang. Voor wadvogels hangt overleven niet alleen af van voldoende voedsel vinden, maar de vogels moeten ook zorgen niet zelf als prooi te eindigen. 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). 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.

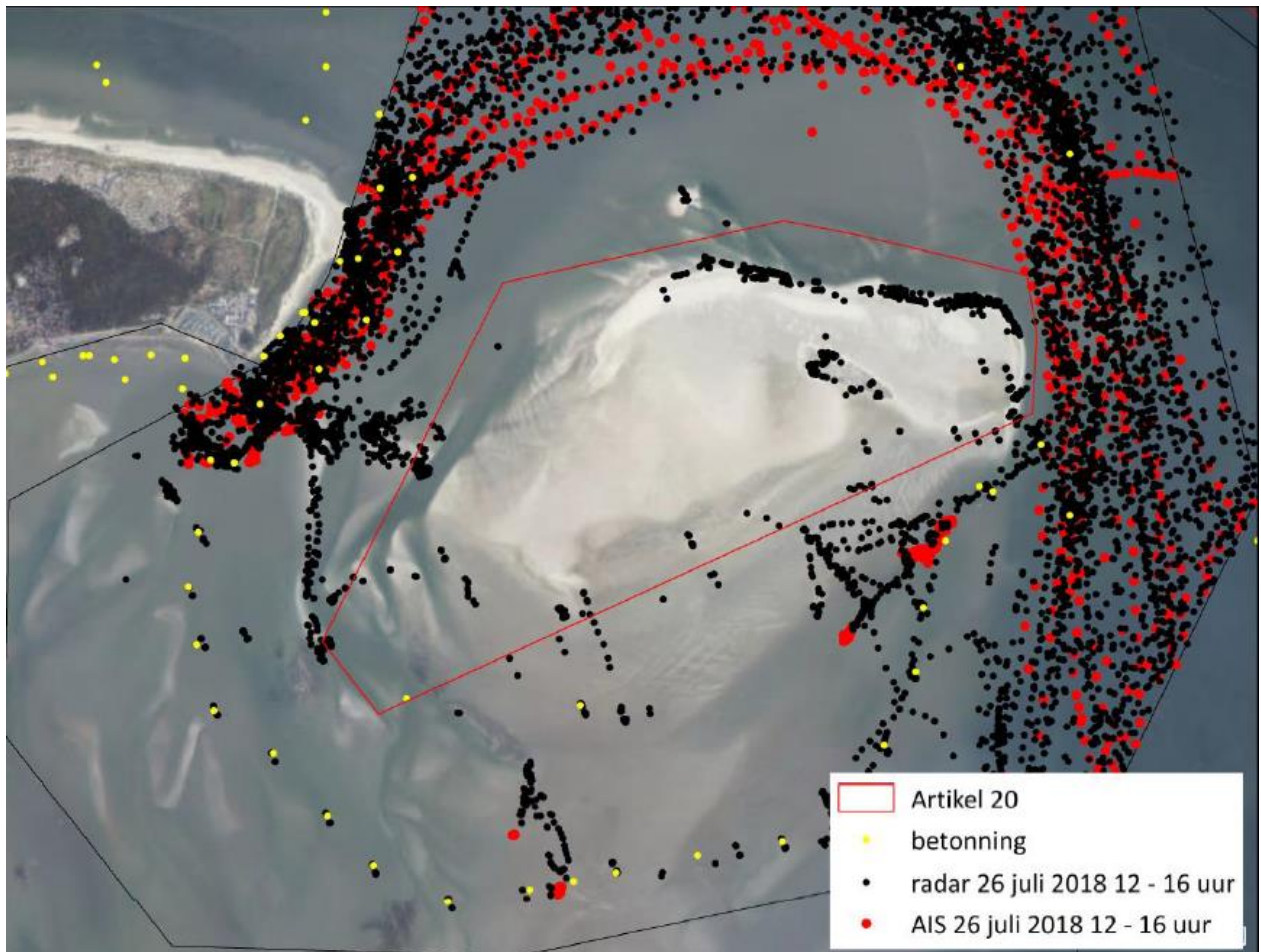
De roofvogels zorgen ook voor verstoring van de vogels die wel in het gebied blijven, wat tijd- en energieverlies betekent, waardoor gebieden ook minder aantrekkelijk kunnen zijn dan op grond van het voedselaanbod verwacht kan worden. Behalve roofvogels zorgen ook mensen voor verstoring, zowel tijdens hoogwater (vooral recreanten, maar ook boeren, jagers en vogeltellers) als tijdens laagwater (wadlopers, kokkelvissers, oesterrapers, drooggevallen wadvaarders etc.). Het wegvliegen voor menselijke verstoringbronnen (waaronder ook boten en vliegtuigen) is net als het opvliegen voor roofvogels een vorm van antipredator gedrag.

Het is zeer waarschijnlijk dat de Waddenzee-brede verspreiding van de wadvogels alleen verklaard kan worden als naast het voedsellandschap ook het verstoringlandschap volledig in beeld gebracht wordt. MOCO (monitoring consortium bestaande uit Vandertuuk Revisited, De Karekiet, Rijksuniversiteit Groningen, Altenburg & Wymenga en Sovon Vogelonderzoek Nederland) hebben 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.* 2018b; Meijles *et al.* 2018a; Meijles *et al.* 2018b). Boten langer dan 20 m zijn verplicht AIS te voeren, die elke paar minuten hun positie vastlegt. Deze gegevens zijn geanonimiseerd beschikbaar en daarmee kan o.a. vlakdekkend berekend worden waar (en wanneer) deze boten droogvallen en voor verstoring zorgen (Meijles *et al.* 2018b). Droogvallen komt vooral veel voor rondom Richel, de Noordsvaarder, Engelsmanplaat en ten zuiden van Schiermonnikoog (Figuur 10-2).



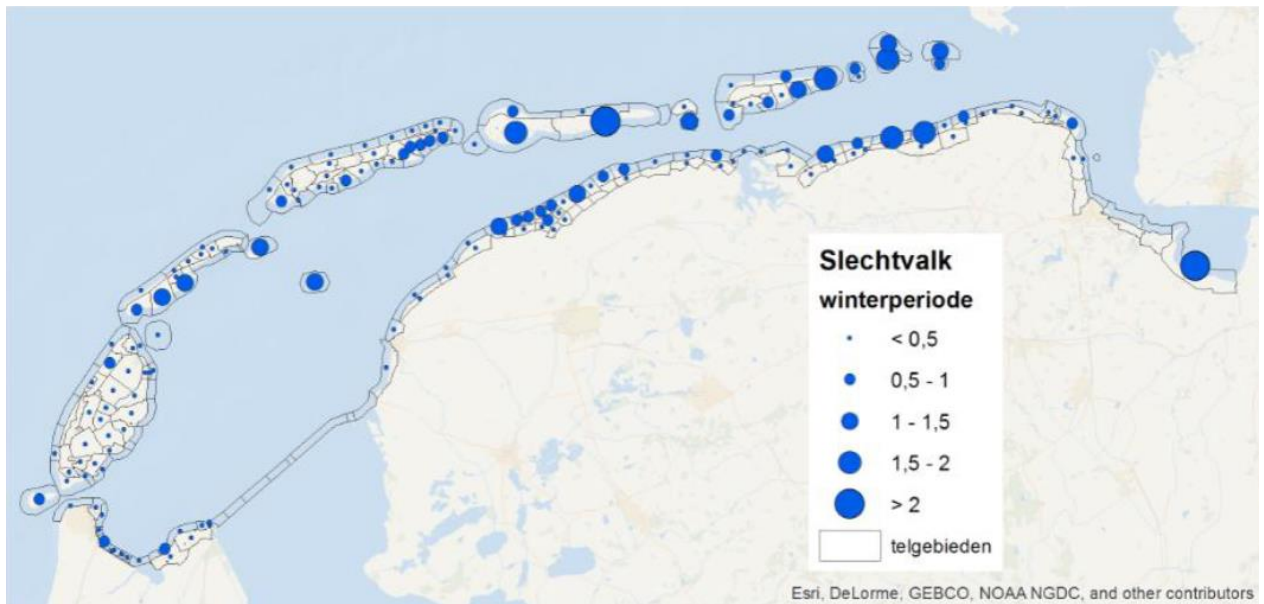
Figuur 10-2. Puntdichtheidskaart van droogvallers tijdens het vaarseizoen 2017 voor het gehele Waddengebied op basis van AIS. Ook aangegeven de grenzen van artikel 20 gebieden, waar droogvallen niet is toegestaan. Bron: (Meijles *et al.* 2018b).

Wat nog ontbreekt is de monitoring van kleinere boten en menselijke verstoringbronnen. 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 10-3). 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 verstoringlandschap beter in beeld te brengen.



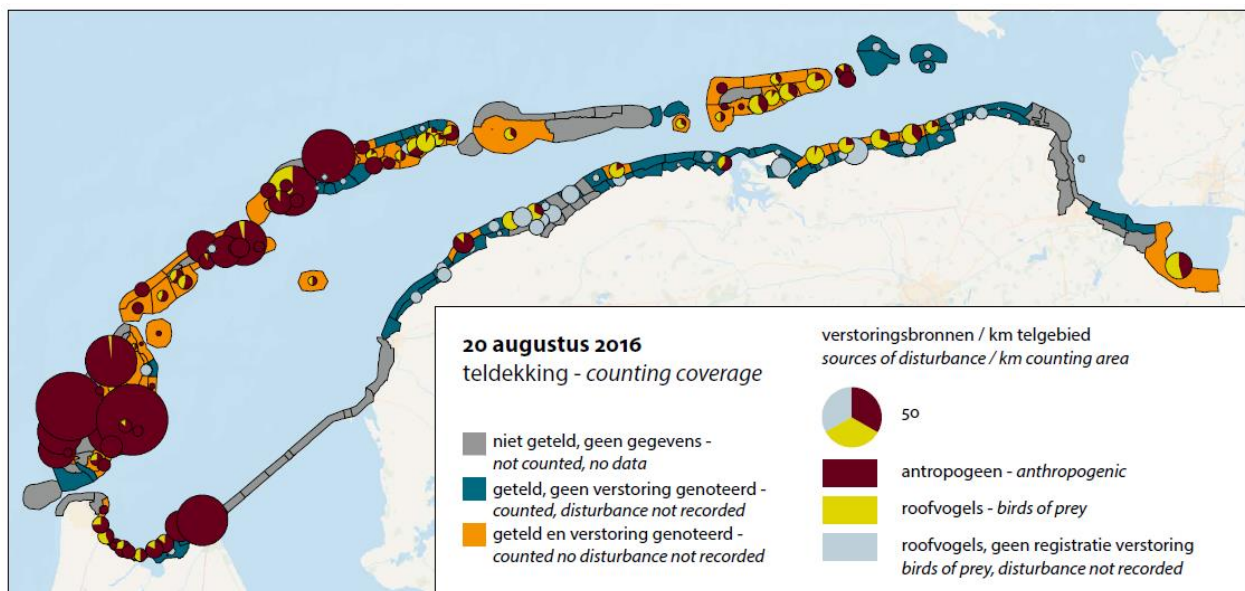
Figuur 10-3. Radar (zwart)- en AIS-punten (rood) bij Richel (binnen het zwarte kader) op 26 juli 2018 tussen 12 en 16 uur. Ook weergegeven de betonning (gele stippen). Uit veldwaarnemingen is bekend dat de radar reflecties rechtsboven op de kust van Richel de branding betreft en rechtsonder zijn mensen die van de wadhut naar de voor anker liggende boten lopen en omgekeerd. Bron: Meijles et al. (2019).

Sinds 1989/1990 worden naast de overtijende 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 10-4).



Figuur 10-4. Verspreiding van de Slechtvalk in de Waddenzee in het winterseizoen op basis van de door Sovon georganiseerde hoogwatertellingen. Bron: Ens et al. (2017b).

Geïnspireerd door het onderzoek aan de vaarrecreatie is Sovon begonnen met een meer systematische monitoring van menselijke en natuurlijke verstoringbronnen en verstoringen tijdens de hoogwatertellingen van de wadvogels (Polwijk *et al.* 2018). In augustus zijn er meer verstoringbronnen in de westelijke Waddenzee, dan in de oostelijke Waddenzee, en in het oosten overheersen de natuurlijke verstoringbronnen (Figuur 10-5).



Figuur 10-5. Verspreiding van het aantal meldingen van potentiële verstoringbronnen, weergegeven in een taartdiagram per telgebied als aantal per km telgebied voor de telling van 20 augustus 2016. Van het aantal potentiële verstoringbronnen is aangegeven hoeveel van antropogene aard (bruin) was en hoeveel keer roofvogels (geelgroen) genoemd werden. Als er geen verstoringen zijn genoteerd, maar het aantal roofvogels is wel geteld, dan is het aantal middels een grijze cirkel weergegeven. Voor de telgebieden is aangegeven of ze niet geteld zijn (grijs), wel geteld, maar geen verstoring vastgelegd (blauw) en wel geteld en ook verstoring genoteerd (oranje). Bron: Polwijk *et al.* (2018)

Bewegingen van vliegtuigen en helicopters worden ook continu geregistreerd en zijn ook beschikbaar. Menselijke bewegingen kunnen gevolgd worden met radar, maar een aanzienlijk aantal mensen legt de eigen bewegingen vast middels strava (Figuur 10-6). 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 10-6. 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 wadlooproutes zijn duidelijk zichtbaar. Ook is duidelijk dat de drukst bezochte gebieden op land liggen.

Om het effect van verstoring goed te kunnen wegen tegen het voedsel, moet alleen het verstoringslandschap volledig in beeld gebracht worden, maar ook de afstand-effect relatie. Op welke afstand heeft een specifieke verstoringbron nog effect op een bepaalde vogelsoort en hoeveel tijd- en energie is de vogel daaraan kwijt? En wanneer wordt een gebied helemaal gemeden? Hier wordt uitgebreid onderzoek aan gedaan in het kader van CHIRP www.chirpscholekster.nl en de eerste resultaten van onderzoek op de Vliehors laten zien dat overtijdende Rosse Grutto's aldaar veel meer verstoord worden door vliegtuigen en roofvogels, dan Wulpen (Van der Kolk *et al.* 2020), 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.

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 verstoringbronnen 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.

11 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. De in het vorige hoofdstuk opgevoerde verklaringen voor het beperkte succes bij de validatie leiden tot de volgende aanbevelingen. Die aanbevelingen kunnen deels gezien worden als uitwerking van de aanbevelingen van de audit commissie om de monitoring te verbeteren:

- (1) Controleer of de toekenning van laagwaterfoerageergebieden aan hvp's klopt.
- (2) Probeer een inschatting te maken van de omvang van de handkokkelvisserij in de afgelopen jaren in de verschillende onderzoeksgebieden en verdisconteer dit in de draagkrachtproxies voor de Scholekster.
- (3) Onderzoek of sedimentsamenstelling, naast voedsel, een rol speelt bij het verklaren van de verspreiding van de wadvogels in de Waddenzee. Liefst op basis van tellingen van foeragerende vogels bij laagwater in kleinschalige (homogene) gebieden.
- (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.

In het ideale geval worden bovenstaande analyses uitgevoerd voor de hele Waddenzee over de periode 2008-2019. Of dit mogelijk is zal afhangen van de beschikbaarheid van de SIBES data voor de andere gebieden dan Pinkegat-Zoutkamperlaag voor de jaren 2014-2018.

Daarnaast lijkt het zinvol te zoeken naar alternatieve manieren om de proxies voor draagkracht te valideren. Wij denken hierbij aan:

- (6) Vergelijken van laagwatertellingen van wadvogels op geselecteerde wadplaten met de proxywaarde berekend voor elk van die wadplaten. Door de Waddenunit en vrijwilligers worden verspreid over de Waddenzee tellingen uitgevoerd tijdens laagwater (en tijdens hoogwater) van geselecteerde wadplaten. Daarnaast zijn er historische gegevens. Deze laagwatertellingen zijn mogelijk bruikbaar voor validatie van de verschillende proxies, in aanvulling op de validatie op basis van de hoogwatertellingen.
- (7) De voorspelde prooikeuze voor de verschillende wadvogelsoorten is van doorslaggevend belang voor het berekenen van het beschikbare voedselaanbod. De best beschikbare kennis is gebruikt, maar het zou zeer waardevol zijn als het door de proxies lokaal voorspelde dieet vergeleken kon worden met het dieet in veld. Nieuwe technieken, zoals DNA barcoding, waarbij aan de hand van korte genetische merkers uit het DNA prooi-soorten kunnen worden geïdentificeerd in de faeces (Novcic *et al.* 2015), maken dit misschien mogelijk.

De meest radicale aanbeveling is af te stappen van de proxies voor draagkracht. Proxies voor draagkracht heten niet voor niets proxies voor draagkracht. Ze geven in het meest gunstige geval een afgeleid beeld van de ontwikkeling van de draagkracht, maar geen voorspelling van de draagkracht. Daarvoor is een draagkrachtmodel nodig, zoals WEBTICS, ontwikkeld voor Scholeksters en toegepast op

bodemdaling (Rappoldt & Ens 2013a), kokkelvisserij (Rappoldt, Ens & Brinkman 2008), zandhonger Oosterschelde (Rappoldt & Ens 2013b) en vaargeulverdieping Westerschelde (Rappoldt & Ens 2007). WEBTICS is wel een dynamisch model, maar geen *individual-based* model (IBM), omdat met het gemiddelde individu wordt gerekend. 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. Dit zijn ook precies de soorten waarvoor wadmap is ontwikkeld. In het kader van CHIRP is IBM MODMAR ontwikkeld om de vastgestelde verschillen tussen verschillende prooispecialisten bij de Scholekster (van der Kolk *et al.* 2019) in te kunnen bouwen (Rijksen 2019). Na calibratie zou Wadmap als basis kunnen dienen voor berekeningen met WEBTICS, MORPH of MODMAR. Dit leidt tot de volgende aanbeveling:

(8) Ontwikkel en valideer draagkrachtmodellen voor de onderzoeksoorten, waarin niet alleen het voedsellandschap, maar ook het verstoringlandschap en de fourageermogelijkheden tijdens hoogwater worden meegenomen.

12 APPENDIX – TRENDS IN DE PROXIES

Trends over 2008-2019 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	SibesYear	se	R2adj	F1,10	Pr(> t)	***	Uitspraak
Bergeend_Jan	Opp	-22.59	81.05	0.014	0.040	-0.086	0.13	0.728		geen sign. verandering
Bergeend_Jan	BMaanw	-1.70	46.98	0.004	0.023	-0.097	0.26	0.875		geen sign. verandering
Bergeend_Jan	BMoogst	-56.70	112.11	0.030	0.056	-0.069	0.29	0.605		geen sign. verandering
Bergeend_Jan	BMoogstDr	-42.65	114.40	0.022	0.057	-0.083	0.15	0.703		geen sign. verandering
Bergeend_Jan	FRaanw	-50.13	27.31	0.029	0.014	0.250	4.67	0.056	.	geen sign. verandering
Bergeend_Jan	FRoogst	-20.79	82.79	0.014	0.041	-0.088	0.11	0.743		geen sign. verandering
Bergeend_Jan	FRoogstDr	-11.04	87.64	0.009	0.044	-0.096	0.38	0.848		geen sign. verandering
Bergeend_Sep	Opp	-74.99	29.33	0.041	0.015	0.392	8.84	0.018	*	toename met 4.1 %/jr
Bergeend_Sep	BMaanw	-0.96	46.98	0.004	0.023	-0.097	0.26	0.875		geen sign. verandering
Bergeend_Sep	BMoogst	-101.74	54.78	0.053	0.027	0.205	3.83	0.079	.	geen sign. verandering
Bergeend_Sep	BMoogstDr	-94.93	58.21	0.049	0.029	0.149	2.92	0.118		geen sign. verandering
Bergeend_Sep	FRaanw	-49.39	27.31	0.029	0.014	0.250	4.67	0.056	.	geen sign. verandering
Bergeend_Sep	FRoogst	-66.86	36.47	0.038	0.018	0.235	4.37	0.063	.	geen sign. verandering
Bergeend_Sep	FRoogstDr	-59.61	39.28	0.034	0.020	0.154	3.70	0.114		geen sign. verandering
Bontbek_Mei	Opp	-17.44	10.77	0.013	0.005	0.316	6.89	0.033	*	toename met 1.3 %/jr
Bontbek_Mei	BMaanw	-90.37	28.81	0.048	0.014	0.479	11.11	0.008	**	toename met 4.8 %/jr
Bontbek_Mei	BMoogst	-90.71	27.82	0.048	0.014	0.500	12.00	0.006	**	toename met 4.8 %/jr
Bontbek_Mei	BMoogstDr	-85.52	27.54	0.045	0.014	0.470	1.76	0.008	**	toename met 4.5 %/jr
Bontbek_Mei	FRaanw	-40.43	12.94	0.025	0.006	0.553	14.58	0.003	**	toename met 2.5 %/jr
Bontbek_Mei	FRoogst	-41.97	13.28	0.025	0.007	0.555	14.71	0.003	**	toename met 2.5 %/jr
Bontbek_Mei	FRoogstDr	-32.46	12.01	0.020	0.006	0.487	11.43	0.007	**	toename met 2 %/jr
Bontbek_Sep	Opp	-13.01	10.82	0.011	0.005	0.225	4.20	0.068	.	geen sign. verandering
Bontbek_Sep	BMaanw	-90.15	28.81	0.048	0.014	0.479	11.11	0.008	**	toename met 4.8 %/jr
Bontbek_Sep	BMoogst	-89.64	27.72	0.047	0.014	0.497	11.87	0.006	**	toename met 4.7 %/jr
Bontbek_Sep	BMoogstDr	-82.73	28.09	0.044	0.014	0.443	9.74	0.011	*	toename met 4.4 %/jr
Bontbek_Sep	FRaanw	-40.21	12.94	0.025	0.006	0.553	14.58	0.003	**	toename met 2.5 %/jr
Bontbek_Sep	FRoogst	-40.80	13.15	0.025	0.007	0.550	14.46	0.003	**	toename met 2.5 %/jr
Bontbek_Sep	FRoogstDr	-28.62	12.64	0.018	0.006	0.406	8.59	0.015	*	toename met 1.8 %/jr
BonteStrloper_Mei	Opp	-6.63	12.87	0.008	0.006	0.048	1.56	0.240		geen sign. verandering
BonteStrloper_Mei	BMaanw	-8.75	44.15	0.008	0.022	-0.087	0.12	0.738		geen sign. verandering
BonteStrloper_Mei	BMoogst	-15.11	50.68	0.011	0.025	-0.081	0.17	0.685		geen sign. verandering
BonteStrloper_Mei	BMoogstDr	-6.68	51.92	0.006	0.026	-0.094	0.53	0.822		geen sign. verandering
BonteStrloper_Mei	FRaanw	-28.17	16.08	0.019	0.008	0.287	5.43	0.042	*	toename met 1.9 %/jr
BonteStrloper_Mei	FRoogst	-29.02	16.41	0.019	0.008	0.288	5.44	0.042	*	toename met 1.9 %/jr
BonteStrloper_Mei	FRoogstDr	-21.73	15.02	0.015	0.007	0.216	4.28	0.073	.	geen sign. verandering
BonteStrloper_Sep	Opp	-3.86	12.53	0.007	0.006	0.012	1.13	0.313		geen sign. verandering
BonteStrloper_Sep	BMaanw	-8.53	44.15	0.008	0.022	-0.087	0.12	0.738		geen sign. verandering
BonteStrloper_Sep	BMoogst	-9.08	51.33	0.008	0.025	-0.090	0.89	0.771		geen sign. verandering
BonteStrloper_Sep	BMoogstDr	2.07	53.62	0.002	0.027	-0.100	0.38	0.952		geen sign. verandering
BonteStrloper_Sep	FRaanw	-28.17	16.22	0.019	0.008	0.285	5.39	0.043	*	toename met 1.9 %/jr
BonteStrloper_Sep	FRoogst	-28.45	16.33	0.019	0.008	0.286	5.40	0.043	*	toename met 1.9 %/jr
BonteStrloper_Sep	FRoogstDr	-18.95	19.94	0.014	0.010	0.076	1.90	0.198		geen sign. verandering
Drieteen_Aug	Opp	-3.64	12.45	0.006	0.006	-0.001	0.99	0.343		geen sign. verandering
Drieteen_Aug	BMaanw	-27.44	24.38	0.016	0.012	0.070	1.83	0.206		geen sign. verandering
Drieteen_Aug	BMoogst	-26.17	30.14	0.016	0.015	0.009	1.99	0.319		geen sign. verandering
Drieteen_Aug	BMoogstDr	-23.95	25.13	0.014	0.012	0.025	1.28	0.284		geen sign. verandering
Drieteen_Aug	FRaanw	-15.75	11.54	0.012	0.006	0.241	4.49	0.060	.	geen sign. verandering
Drieteen_Aug	FRoogst	-16.11	11.62	0.012	0.006	0.245	4.57	0.058	.	geen sign. verandering
Drieteen_Aug	FRoogstDr	-7.67	12.30	0.008	0.006	0.048	1.56	0.240		geen sign. verandering
Drieteen_Mei	Opp	-3.54	12.42	0.006	0.006	-0.002	0.98	0.346		geen sign. verandering
Drieteen_Mei	BMaanw	-27.66	24.38	0.016	0.012	0.070	1.83	0.206		geen sign. verandering
Drieteen_Mei	BMoogst	-26.76	30.06	0.016	0.015	0.012	1.13	0.313		geen sign. verandering
Drieteen_Mei	BMoogstDr	-26.46	24.44	0.015	0.012	0.051	1.59	0.236		geen sign. verandering
Drieteen_Mei	FRaanw	-16.38	11.27	0.012	0.006	0.261	4.88	0.052	.	geen sign. verandering
Drieteen_Mei	FRoogst	-16.68	11.35	0.013	0.006	0.263	4.92	0.051	.	geen sign. verandering
Drieteen_Mei	FRoogstDr	-11.91	11.50	0.010	0.006	0.146	2.88	0.121		geen sign. verandering

VogelMaand	Proxy	Intercept	se	SibesYear	se	R2adj	F1,10	Pr(> t)	***	Uitspraak
Kanoet_Aug	Opp	6.95	50.50	0.001	0.025	-0.100	0.12	0.973		geen sign. verandering
Kanoet_Aug	BMaanw	18.07	35.90	-0.005	0.018	-0.091	0.78	0.786		geen sign. verandering
Kanoet_Aug	BMoogst	45.32	99.15	-0.020	0.049	-0.083	0.16	0.698		geen sign. verandering
Kanoet_Aug	BMoogstDr	33.51	97.03	-0.014	0.048	-0.091	0.87	0.775		geen sign. verandering
Kanoet_Aug	FRaanw	0.88	48.15	0.004	0.024	-0.097	0.24	0.880		geen sign. verandering
Kanoet_Aug	FRoogst	11.14	57.32	-0.001	0.028	-0.100	0.26	0.960		geen sign. verandering
Kanoet_Aug	FRoogstDr	5.48	53.68	0.001	0.027	-0.100	0.12	0.973		geen sign. verandering
Kanoet_Jan	Opp	32.91	100.06	-0.013	0.050	-0.093	0.67	0.801		geen sign. verandering
Kanoet_Jan	BMaanw	17.28	35.90	-0.005	0.018	-0.091	0.78	0.786		geen sign. verandering
Kanoet_Jan	BMoogst	-25.01	128.78	0.013	0.064	-0.095	0.44	0.838		geen sign. verandering
Kanoet_Jan	BMoogstDr	-28.57	124.38	0.015	0.062	-0.094	0.58	0.814		geen sign. verandering
Kanoet_Jan	FRaanw	9.29	56.53	-0.001	0.028	-0.100	0.70	0.978		geen sign. verandering
Kanoet_Jan	FRoogst	26.98	103.56	-0.010	0.051	-0.096	0.40	0.846		geen sign. verandering
Kanoet_Jan	FRoogstDr	33.45	93.38	-0.014	0.046	-0.090	0.88	0.772		geen sign. verandering
Kluut_Nov	Opp	-76.40	29.89	0.042	0.015	0.389	7.99	0.018	*	toename met 4.2 %/jr
Kluut_Nov	BMaanw	-86.04	45.58	0.045	0.023	0.213	3.98	0.074	.	geen sign. verandering
Kluut_Nov	BMoogst	-114.76	50.02	0.059	0.025	0.300	5.77	0.038	*	toename met 5.9 %/jr
Kluut_Nov	BMoogstDr	-131.07	66.44	0.067	0.033	0.221	4.12	0.070	.	geen sign. verandering
Kluut_Nov	FRaanw	-62.63	24.89	0.035	0.012	0.396	8.22	0.017	*	toename met 3.5 %/jr
Kluut_Nov	FRoogst	-73.72	30.73	0.041	0.015	0.360	7.17	0.023	*	toename met 4.1 %/jr
Kluut_Nov	FRoogstDr	-88.81	46.95	0.048	0.023	0.227	4.22	0.067	.	geen sign. verandering
Kluut_Sep	Opp	-63.64	23.07	0.036	0.011	0.442	9.72	0.011	*	toename met 3.6 %/jr
Kluut_Sep	BMaanw	-85.71	45.58	0.045	0.023	0.213	3.98	0.074	.	geen sign. verandering
Kluut_Sep	BMoogst	-110.17	48.41	0.057	0.024	0.298	5.67	0.039	*	toename met 5.7 %/jr
Kluut_Sep	BMoogstDr	-101.49	49.99	0.053	0.025	0.240	4.47	0.061	.	geen sign. verandering
Kluut_Sep	FRaanw	-62.30	24.89	0.035	0.012	0.396	8.22	0.017	*	toename met 3.5 %/jr
Kluut_Sep	FRoogst	-67.27	26.93	0.038	0.013	0.390	8.19	0.018	*	toename met 3.8 %/jr
Kluut_Sep	FRoogstDr	-57.02	25.25	0.032	0.013	0.339	6.65	0.028	*	toename met 3.2 %/jr
Pijlstaart_Jan	Opp	-53.24	58.55	0.030	0.029	0.005	1.53	0.329		geen sign. verandering
Pijlstaart_Jan	BMaanw	32.11	37.12	-0.013	0.018	-0.050	0.48	0.506		geen sign. verandering
Pijlstaart_Jan	BMoogst	-87.38	84.08	0.045	0.042	0.015	1.17	0.305		geen sign. verandering
Pijlstaart_Jan	BMoogstDr	-78.29	85.87	0.040	0.043	-0.010	0.89	0.369		geen sign. verandering
Pijlstaart_Jan	FRaanw	-60.78	28.58	0.034	0.014	0.306	5.86	0.036	*	toename met 3.4 %/jr
Pijlstaart_Jan	FRoogst	-46.70	59.90	0.027	0.030	-0.017	0.81	0.388		geen sign. verandering
Pijlstaart_Jan	FRoogstDr	-34.35	60.18	0.020	0.030	-0.052	0.46	0.513		geen sign. verandering
Pijlstaart_Nov	Opp	-27.64	25.79	0.018	0.013	0.081	1.97	0.191		geen sign. verandering
Pijlstaart_Nov	BMaanw	32.51	37.12	-0.013	0.018	-0.050	0.48	0.506		geen sign. verandering
Pijlstaart_Nov	BMoogst	-13.79	69.32	0.009	0.034	-0.092	0.76	0.788		geen sign. verandering
Pijlstaart_Nov	BMoogstDr	-25.12	81.27	0.015	0.040	-0.086	0.13	0.723		geen sign. verandering
Pijlstaart_Nov	FRaanw	-60.38	28.58	0.034	0.014	0.306	5.86	0.036	*	toename met 3.4 %/jr
Pijlstaart_Nov	FRoogst	-60.38	28.58	0.034	0.014	0.306	5.86	0.036	*	toename met 3.4 %/jr
Pijlstaart_Nov	FRoogstDr	-72.67	43.77	0.040	0.022	0.178	3.39	0.096	.	geen sign. verandering
RosseGrutto_Aug	Opp	-12.97	9.14	0.011	0.005	0.315	6.55	0.034	*	toename met 1.1 %/jr
RosseGrutto_Aug	BMaanw	-28.17	21.38	0.018	0.011	0.138	2.75	0.128		geen sign. verandering
RosseGrutto_Aug	BMoogst	-31.07	22.45	0.019	0.011	0.148	2.99	0.119		geen sign. verandering
RosseGrutto_Aug	BMoogstDr	-49.17	18.01	0.028	0.009	0.435	9.46	0.012	*	toename met 2.8 %/jr
RosseGrutto_Aug	FRaanw	-30.66	18.78	0.021	0.009	0.264	4.95	0.050	.	geen sign. verandering
RosseGrutto_Aug	FRoogst	-31.50	19.02	0.021	0.009	0.268	5.19	0.049	*	toename met 2.1 %/jr
RosseGrutto_Aug	FRoogstDr	-40.33	21.14	0.025	0.011	0.299	5.69	0.038	*	toename met 2.5 %/jr
RosseGrutto_Mei	Opp	-16.27	10.31	0.013	0.005	0.322	6.23	0.032	*	toename met 1.3 %/jr
RosseGrutto_Mei	BMaanw	-28.45	21.38	0.018	0.011	0.138	2.75	0.128		geen sign. verandering
RosseGrutto_Mei	BMoogst	-31.66	23.06	0.019	0.011	0.141	2.80	0.125		geen sign. verandering
RosseGrutto_Mei	BMoogstDr	-33.45	24.33	0.020	0.012	0.129	2.64	0.136		geen sign. verandering
RosseGrutto_Mei	FRaanw	-31.13	19.21	0.021	0.010	0.256	4.78	0.054	.	geen sign. verandering
RosseGrutto_Mei	FRoogst	-32.59	19.73	0.022	0.010	0.259	4.85	0.052	.	geen sign. verandering
RosseGrutto_Mei	FRoogstDr	-26.72	18.65	0.018	0.009	0.207	3.87	0.078	.	geen sign. verandering

VogelMaand	Proxy	Intercept	se	SibesYear	se	R2adj	F1,10	Pr(> t)	***	Uitspraak
Scholekster_Jan	Opp	-38.08	63.53	0.023	0.032	-0.046	0.52	0.489		geen sign. verandering
Scholekster_Jan	BMaanw	20.99	24.66	-0.007	0.012	-0.068	0.32	0.595		geen sign. verandering
Scholekster_Jan	BMoogst	39.14	96.07	-0.016	0.048	-0.087	0.12	0.738		geen sign. verandering
Scholekster_Jan	BMoogstDr	55.95	103.28	-0.025	0.051	-0.074	0.24	0.633		geen sign. verandering
Scholekster_Jan	FRaanw	-3.54	32.00	0.006	0.016	-0.084	0.15	0.705		geen sign. verandering
Scholekster_Jan	FRoogst	-34.38	68.33	0.021	0.034	-0.060	0.38	0.550		geen sign. verandering
Scholekster_Jan	FRoogstDr	-4.82	74.67	0.006	0.037	-0.097	0.25	0.878		geen sign. verandering
Scholekster_Sep	Opp	5.93	35.88	0.001	0.018	-0.099	0.68	0.936		geen sign. verandering
Scholekster_Sep	BMaanw	21.73	24.66	-0.007	0.012	-0.068	0.32	0.595		geen sign. verandering
Scholekster_Sep	BMoogst	1.56	46.10	0.003	0.023	-0.098	0.18	0.895		geen sign. verandering
Scholekster_Sep	BMoogstDr	11.07	47.76	-0.002	0.024	-0.099	0.80	0.930		geen sign. verandering
Scholekster_Sep	FRaanw	-2.80	32.00	0.006	0.016	-0.084	0.15	0.705		geen sign. verandering
Scholekster_Sep	FRoogst	-6.77	35.92	0.008	0.018	-0.078	0.27	0.659		geen sign. verandering
Scholekster_Sep	FRoogstDr	5.64	32.67	0.001	0.016	-0.099	0.82	0.929		geen sign. verandering
Steenloper_Aug	Opp	41.20	52.36	-0.016	0.026	-0.058	0.39	0.544		geen sign. verandering
Steenloper_Aug	BMaanw	124.83	37.16	-0.059	0.018	0.453	1.90	0.010	**	afname met -5.9 /jr
Steenloper_Aug	BMoogst	165.30	122.47	-0.080	0.061	0.061	1.79	0.220		geen sign. verandering
Steenloper_Aug	BMoogstDr	140.67	120.29	-0.068	0.060	0.025	1.28	0.284		geen sign. verandering
Steenloper_Aug	FRaanw	33.88	39.97	-0.013	0.020	-0.056	0.42	0.534		geen sign. verandering
Steenloper_Aug	FRoogst	34.29	39.56	-0.013	0.020	-0.054	0.45	0.522		geen sign. verandering
Steenloper_Aug	FRoogstDr	19.01	39.50	-0.006	0.020	-0.090	0.90	0.771		geen sign. verandering
Steenloper_Jan	Opp	25.31	71.94	-0.009	0.036	-0.092	0.69	0.798		geen sign. verandering
Steenloper_Jan	BMaanw	124.03	37.16	-0.059	0.018	0.453	1.90	0.010	**	afname met -5.9 /jr
Steenloper_Jan	BMoogst	13.97	124.42	-0.006	0.062	-0.099	0.94	0.925		geen sign. verandering
Steenloper_Jan	BMoogstDr	-17.20	129.91	0.009	0.065	-0.098	0.19	0.892		geen sign. verandering
Steenloper_Jan	FRaanw	48.49	47.59	-0.021	0.024	-0.023	0.75	0.406		geen sign. verandering
Steenloper_Jan	FRoogst	32.17	81.63	-0.013	0.041	-0.089	0.13	0.755		geen sign. verandering
Steenloper_Jan	FRoogstDr	18.02	88.37	-0.006	0.044	-0.098	0.22	0.886		geen sign. verandering
Tureluur_Jan	Opp	-58.62	21.32	0.033	0.011	0.446	9.87	0.011	*	toename met 3.3 %/jr
Tureluur_Jan	BMaanw	-5.51	50.93	0.005	0.025	-0.095	0.43	0.839		geen sign. verandering
Tureluur_Jan	BMoogst	-118.83	43.94	0.061	0.022	0.384	7.87	0.019	*	toename met 6.1 %/jr
Tureluur_Jan	BMoogstDr	-100.32	50.11	0.052	0.025	0.231	4.30	0.065	.	geen sign. verandering
Tureluur_Jan	FRaanw	-44.70	17.09	0.026	0.008	0.440	9.65	0.011	*	toename met 2.6 %/jr
Tureluur_Jan	FRoogst	-63.35	22.51	0.036	0.011	0.453	1.11	0.010	**	toename met 3.6 %/jr
Tureluur_Jan	FRoogstDr	-42.48	26.42	0.025	0.013	0.188	3.55	0.089	.	geen sign. verandering
Tureluur_Jul	Opp	-19.25	14.61	0.014	0.007	0.196	3.67	0.084	.	geen sign. verandering
Tureluur_Jul	BMaanw	-4.73	50.93	0.005	0.025	-0.095	0.43	0.839		geen sign. verandering
Tureluur_Jul	BMoogst	-33.89	55.85	0.020	0.028	-0.047	0.54	0.494		geen sign. verandering
Tureluur_Jul	BMoogstDr	-36.58	56.75	0.021	0.028	-0.044	0.54	0.481		geen sign. verandering
Tureluur_Jul	FRaanw	-43.92	17.09	0.026	0.008	0.440	9.65	0.011	*	toename met 2.6 %/jr
Tureluur_Jul	FRoogst	-46.01	17.96	0.027	0.009	0.434	9.43	0.012	*	toename met 2.7 %/jr
Tureluur_Jul	FRoogstDr	-52.56	17.72	0.030	0.009	0.495	11.79	0.006	**	toename met 3 %/jr
Wulp_Jan	Opp	-53.03	25.54	0.030	0.013	0.303	5.78	0.037	*	toename met 3 %/jr
Wulp_Jan	BMaanw	-52.57	43.09	0.029	0.021	0.074	1.87	0.201		geen sign. verandering
Wulp_Jan	BMoogst	-67.74	40.91	0.037	0.020	0.169	3.23	0.103		geen sign. verandering
Wulp_Jan	BMoogstDr	-46.61	50.10	0.026	0.025	0.005	1.54	0.329		geen sign. verandering
Wulp_Jan	FRaanw	-37.57	21.01	0.023	0.010	0.269	5.39	0.049	*	toename met 2.3 %/jr
Wulp_Jan	FRoogst	-44.55	29.65	0.027	0.015	0.173	3.30	0.099	.	geen sign. verandering
Wulp_Jan	FRoogstDr	-21.56	41.84	0.015	0.021	-0.047	0.52	0.491		geen sign. verandering
Wulp_Sep	Opp	-37.20	13.95	0.023	0.007	0.475	1.95	0.008	**	toename met 2.3 %/jr
Wulp_Sep	BMaanw	-51.84	43.09	0.029	0.021	0.074	1.87	0.201		geen sign. verandering
Wulp_Sep	BMoogst	-81.01	35.27	0.044	0.018	0.321	6.27	0.032	*	toename met 4.4 %/jr
Wulp_Sep	BMoogstDr	-71.24	36.45	0.038	0.018	0.240	4.48	0.060	.	geen sign. verandering
Wulp_Sep	FRaanw	-39.29	22.14	0.025	0.011	0.269	5.49	0.048	*	toename met 2.5 %/jr
Wulp_Sep	FRoogst	-41.16	23.12	0.026	0.011	0.266	4.98	0.050	*	toename met 2.6 %/jr
Wulp_Sep	FRoogstDr	-29.88	22.54	0.020	0.011	0.157	3.41	0.112		geen sign. verandering
Zilverplevier_Jan	Opp	-51.01	23.42	0.030	0.012	0.333	6.49	0.029	*	toename met 3 %/jr
Zilverplevier_Jan	BMaanw	-51.04	29.64	0.028	0.015	0.193	3.63	0.086	.	geen sign. verandering
Zilverplevier_Jan	BMoogst	-93.99	50.07	0.049	0.025	0.208	3.90	0.077	.	geen sign. verandering
Zilverplevier_Jan	BMoogstDr	-79.27	58.94	0.041	0.029	0.083	1.99	0.188		geen sign. verandering
Zilverplevier_Jan	FRaanw	-36.36	14.67	0.023	0.007	0.439	9.68	0.011	*	toename met 2.3 %/jr
Zilverplevier_Jan	FRoogst	-52.34	26.49	0.030	0.013	0.281	5.32	0.044	*	toename met 3 %/jr
Zilverplevier_Jan	FRoogstDr	-36.13	34.58	0.022	0.017	0.052	1.68	0.233		geen sign. verandering
Zilverplevier_Mei	Opp	-39.82	21.10	0.024	0.010	0.288	5.44	0.042	*	toename met 2.4 %/jr
Zilverplevier_Mei	BMaanw	-50.52	29.64	0.028	0.015	0.193	3.63	0.086	.	geen sign. verandering
Zilverplevier_Mei	BMoogst	-68.10	34.03	0.037	0.017	0.253	4.72	0.055	.	geen sign. verandering
Zilverplevier_Mei	BMoogstDr	-64.97	33.45	0.035	0.017	0.235	4.38	0.063	.	geen sign. verandering
Zilverplevier_Mei	FRaanw	-35.85	14.67	0.023	0.007	0.439	9.68	0.011	*	toename met 2.3 %/jr
Zilverplevier_Mei	FRoogst	-41.36	16.47	0.025	0.008	0.438	9.57	0.011	*	toename met 2.5 %/jr
Zilverplevier_Mei	FRoogstDr	-33.81	16.08	0.021	0.008	0.353	7.00	0.025	*	toename met 2.1 %/jr

13 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.
- 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) *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.
- Brinkman, A.G. & Ens, B.J. (1998) Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee: Vogels. *IBN rapport 371*, pp. 1-250. Den Burg.
- Bruinzeel, L.W., Sas, H. & de Jong, M. (2012) Japanse oester: tussen nulstand en H1170, Verslag van een workshop. *A&W-rapport 1798*, pp. 1-31. Veerwouden.
- Buiter, R., Govers, L. & Piersma, T. (2016) *Knooppunt Waddenzee*. Bornmeer, Gorredijk.
- Cadée, G.C. (2008) Scholeksters en Japanse oesters. *Natura*, **106**, 6-7.
- Cervenci, 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., Holthuisen, 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.

- 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. & Meijboom, 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 Horsen, 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.
- 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., 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., van der Meer, J., Troost, K., van Winden, E., Schekkerman, H. & Rappoldt, C. (2018a) 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. (2018b) Monitoring Vaarrecreatie Waddenzee. Verstoring en potentiële verstoringbronnen van vogels en zeehonden in de Waddenzee - seizoen 2016 & 2017. pp. 1-69. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- Ens, B.J., van Winden, E.A.J., van Turnhout, C.A.M., van Roomen, M.W.J., Smit, C.J. & Jansen, J.M. (2009) 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.
- Folmer, E.O. & Piersma, T. (2012) The contributions of resource availability and social forces to foraging distributions: a spatial lag modelling approach. *Animal Behaviour*, **84**, 1371-1380.
- 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.I.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.
- 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.
- Hornman, M., Hustings, F., Koffijberg, K., van Winden, E., van Els, P., van Kleunen, A., Zwanenwerkgroep, S.G.-e. & Soldaat, L. (2019) Watervogels in Nederland in 2016/2017. pp. 1-162. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- Kampichler, C., Sierdsema, H., Roodbergen, M. & Ens, B.J. (2013) Ruimtelijke analyses van dichtheden en trends van binnendijks broedende Scholeksters. *Sovon-rapport 2013-08*, pp. 1-52. Nijmegen.
- Kersten, M., Brenninkmeijer, A. & de Jong, J. (2014) De hvp op de Feugelpôle. Effect van verstoring op het aantal vogels. *A&W-rapport 2033*, pp. 1-69. Feanwâlden.

- Kersten, M., Brenninkmeijer, A., Krol, J., Kijk 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., 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., 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. Kloepper & e. 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. & Raaijmakers, 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) Verstoringgevoeligheid 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., Rehfish, 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.
- Meesters, H.W.G., Dijkema, K.S., van Duin, W.E., Smit, C.J., Dankers, N., Reijnders, 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., van der Veen, E., Rijnks, R., Sijtsma, F., Ens, B.J., van der Zee, E., Vroom, M. & van der Tuuk, B. (2018a) Recreatievaart en natuur in de Waddenzee—seizoen 2017. *Interactie Natuur & Vaarrecreatie*. pp. 1-47. Leeuwarden.
- Meijles, E., van der Veen, E., Rijnks, R., Vroom, M. & Sijtsma, F. (2018b) Monitoring vaarrecreatie op de Waddenzee - seizoen 2017. AIS en Radar. *Rapport*, pp. 1-42.
- Meijles, E., van der Veen, E., Sijtsma, F., Ens, B.J., van der Zee, E., Vroom, M. & van der Tuuk, B. (2019) Recreatievaart en natuur in de Waddenzee - seizoen 2018. pp. 1-80. Programma naar een Rijke Waddenzee, Leeuwarden.
- NAM (2014) Monitoringprogramma 2014 t/m 2019 in het kader van de gaswinning van de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Versie 7 juli 2014. *Rapport EP201407210103*, pp. 1-29. Assen.
- Natuurmonumenten (2016) Zienswijze vergunningaanvraag Nbwet handkokkelvisserij 2016-2017. pp. 1-4.

- 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.
- Novcic, I., Mizrahi, D.S., Veit, R.R. & Symondson, W.O.C. (2015) Molecular Analysis of the Value of Horseshoe Crab Eggs to Migrating Shorebirds. *Avian Biology Research*, **8**, 210-220.
- 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.
- Polwijk, F., Kleefstra, R., van Winden, E. & Ens, B.J. (2018) Monitoring van verstoringsbronnen en verstoringen als onderdeel van hoogwatertellingen in de Waddenzee. *Limosa*, **91**, 131-143.
- Postma, J., van Winden, E. & Ens, B.J. (2009) Relatie tussen hoogwatertellingen en aantallen foeragerende vogels op de Ballastplaat. *SOVON-onderzoeksrapport 2009/03*, pp. 1-43. Beek-Ubbergen.
- Rakhimberdiev, E., Duijns, S., Karagicheva, J., Camphuysen, C.J., van Loon, A., Wijker, 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. (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. & Schekkerman, H. (2019) Wadvogel habitat model Wadmap. Technische documentatie pp. 1-109. EcoCurves, Haren.
- Rappoldt, C., Roosenschoon, O.R. & van Kraalingen, D.W.G. (2014) : maps of the intertidal by interpolation of tidal gauge data. *EcoCurves Rapport 19*, pp. 1-36. Haren.
- Rijksen, M. (2019) Using Individual Based Modelling to Assess How Winter Survival in Oystercatchers Depends on Feeding Specialisation. Master of Science MSc thesis, University of Amsterdam.
- 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. Schekkerman). Wadden Sea Flyway Initiative / Wetlands International / BirdLife International, Wilhelmshaven / Wageningen / Cambridge.
- 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 C022/04*, 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. (2017a) Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone in 2017. *CVO rapport 17.014*, pp. 1-38. Wageningen.
- Troost, K. & van Asch, M. (2018) Herziene schatting van het kokkelbestand in de Waddenzee en Oosterschelde in het najaar van 2018. pp. 1-24. Stichting Wageningen Research - Centrum voor Visserijonderzoek (CVO), IJmuiden.
- Troost, K. & Van Asch, M. (2019) Effecten van handkokkelvisserij op het kokkelbestand in de Waddenzee. pp. 1-22. Wageningen Marine Research, Wageningen.
- Troost, K., van Asch, M., Brummelhuis, E.B.M., van den Ende, D. & van Zweeden, C. (2017b) Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2017. *CVO rapport 17.013*, pp. 1-30. Yerseke.
- Van Asch, M., Brummelhuis, E.B.M., Van den Ende, D., Troost, K. & Van Zweeden, C. (2018) Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2018. pp. 1-30. Stichting Wageningen Research - Centrum voor Visserijonderzoek (CVO), IJmuiden.
- van Asch, M., van den Ende, D., van der Pool, J., Brummelhuis, E., van Zweeden, 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., 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., Brummelhuis, E., Perdon, J. & van Zweeden, C. (2017) Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen in de Nederlandse kustwateren in 2017: bestand en arealen. *CVO rapport 17.022*, pp. 1-48. Wageningen.
- van den Ende, D., Troost, K., van Asch, M., Perdon, J. & Van Zweeden, C. (2018) Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen in de Nederlandse kustwateren in 2018: bestand en arealen. pp. 1-43. Stichting Wageningen Research - Centrum voor Visserij Onderzoek (CVO), IJmuiden.
- van den Ende, D., Troost, K., van Asch, M., Perdon, J. & van Zweeden, 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 den Hout, P.J. & Piersma, T. (2013) Laagwatersverspreiding van steltlopers in de Waddenzee. *Limosa*, **86**, 25-30.
- Van der Jeugd, H.P., Ens, B.J., Versluijs, 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., Ens, B.J., Oosterbeek, K., Bouten, W., Allen, A.M., Frauendorf, M., Lameris, T.K., Oosterbeek, T., Deuzeman, S., 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. (2020) Cumulative energetic costs of military aircraft, recreational and natural disturbance in roosting shorebirds. *Animal Conservation*, **14**.
- 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 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. (2006) Shellfish Dredging Pushes a Flexible Avian Top Predator out of a Marine Protected Area. *PLoS Biology*, **4**, e376.
- 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 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. Analysedocumenten voor de sleutelaspecten van de basismonitoring Wadden. pp. 1-8. Kernteam Basismonitoring, Leeuwarden.
- Vegter, J. & Punter, H. (2011) Rol van de Japanse oester in de Waddenzee; indrukken uit het veld. *Rapport in opdracht PRW*, pp. 1-36.
- Waser, A.M., Deuzeman, S., van 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.
- Wijnhoven, 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.I.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. *Flevobericht 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.