

# **Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen: Integrale beoordeling en samenvatting van de monitoringresultaten over 2014.**

Nederlandse Aardolie maatschappij

Assen, april 2014

## Samenvatting

In het kader van de gawinningen vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, is gedurende 8 opeenvolgende jaren een monitoringprogramma uitgevoerd. Dit monitoringprogramma is ingericht voor de gebieden wadplaten van de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag, de kwelder de Paesumerlannen en het Lauwersmeergebied. Net als in voorgaande jaren volgt de ecologische monitoring een effectketen van diepe bodemdaling tot aan instandhoudingsdoelen. Over deze effectketens en de verschillende monitoringonderdelen is te lezen in het nieuwe monitoringprogramma 2014-2019 (NAM, 2014a). In het nieuwe monitoringprogramma 2014-2019 worden dezelfde ecologische variabelen gemonitord als in de jaren daarvoor. Hierdoor worden de reeds opgebouwde meetreeksen gecontinueerd.

Een belangrijke verandering t.o.v. eerdere jaren ligt in de gekozen analysestrategie voor het onderdeel wadplaten. Dit jaar is een start gemaakt met het integreren van de monitoringreeksen in een ecologisch model. Op basis van metingen aan (o.a.) wadplaathoogte, bodemdieren en waterstanden berekent het model de 'draagkracht' van het onderzoekgebied als foerageergebied voor individuele wadvogels. Het basismodel is klaar en dit jaar zijn analyses gedraaid voor de eerste 6 vogelsoorten. Bij de inrichting van het model is veel zorg besteed aan het versiebeheer van de input files en de model runs. Tevens is het model zo opgebouwd dat eigenschappen van vogels en prooidieren eenvoudig kunnen worden aangepast. Dit maakt het mogelijk het model op allerlei wijzen te verfijnen en aan te passen en om nieuwe kennis toe te voegen. Vervolgens draait het model in een handomdraai de nieuwe resultaten uit. Het model is dus zodanig vormgegeven dat ideeën van andere specialisten of de wensen van belanghebbenden eenvoudig en op gestructureerde wijze kunnen worden getest. Dit jaar zal het model verder worden verbeterd, uitgebreid voor meer vogelsoorten en worden gevalideerd d.m.v. vergelijking met vogelaantallen op HVP's.

De bodemdalingsnelheid onder de Waddenzee door de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen is in 2014 binnen de toegestane gebruiksruimte gebleven. Wel is de belasting van het Pinkegat hoger dan vorig jaar werd ingeschat. Dit komt omdat er vanuit gegaan wordt dat een watervoerendpakket onder het Pinkegat mee depleteert met het gasveld Ameland.

Onder de kwelder de Paesumerlannen en in het Lauwersmeergebied is sinds de start van deze winning slechts enkele centimeters bodemdaling opgetreden.

De bodemdaling veroorzaakt door gaswinning kan in de Waddenzee niet aan het wadoppervlak worden waargenomen of gemeten. Aan de hand van de wadhoogtemetingen en sedimentatiemetingen wordt dan ook geen afname van de wadhoogte of het plaatareaal/ droogvalduur vastgesteld. De spijkermetingen laten duidelijk het effect van de stormen zien die eind 2013 hebben plaatsgevonden. Ook op de kwelder Paesumerlannen is tijdens de decemberstorm (2013) veel slib op achter gebleven. Uit de vegetatieopnames blijkt dat op bijna de hele kwelder sprake is van successie. Langs de kwelderrand treedt geen klifvorming op en er is sprake van sterke zeewaartse uitbreiding van de pre-pionierzone.

In het Lauwersmeergebied wordt sinds de start van de nieuwe Waddenwinningen in 2006 nog nauwelijks bodemdaling waargenomen. Variaties in de grondwaterstand, -chemie, bodemchemie correleren wel met de aanwezige vegetatie, maar niet met de mate van bodemdaling door gaswinning. Op het niveau van de transectmetingen zijn veranderingen in de vegetatiestructuur vooral toe te schrijven aan de autonome ontwikkeling van het gebied en het beheer (beweiding en maaien). Validatie van de

vegetatiestructuurmetingen a.d.h.v. de verspreiding van de broedvogels is niet goed mogelijk door het verschil in schaalniveaus waarop beide surveys plaatsvinden.

Op basis van het 8<sup>ste</sup> monitoringjaar kan geconcludeerd worden dat de bodemdaling als gevolg van de waddenwinningen in zowel de Waddenzee als het Lauwersmeer vooralsnog geen effecten heeft gehad op de natuurwaarden en instandhoudingsdoelen. Dit is in lijn met de waarnemingen en de daaruit getrokken conclusies van de monitoring sinds 2007.

## Inhoudopgave

Samenvatting .....	2
Inhoudopgave .....	4
1 Inleiding .....	5
1.1 Sedimentdynamiek in de Waddenzee .....	5
1.2 Gaswinning en bodemdaling .....	5
1.3 Monitoring .....	7
1.4 Integrale beoordeling van de monitoringresultaten .....	8
2 Rapportages .....	10
3 Gasproductie 2013 .....	12
4 De Waddenzee .....	12
4.1 Bodemdaling onder de het Wad .....	12
4.2 De invloed van diepe bodemdaling op de sedimentatie .....	15
4.3 Ontwikkeling van de wadplaathoogte in de tijd .....	16
4.4 Integratie van monitoringdata in een Ecologisch model .....	20
4.5 De deelgebieden .....	24
5 De kwelder 'Paesumerlannen' .....	26
6 Het Lauwersmeergebied .....	28
6.1 Bodemdaling in het Lauwersmeergebied .....	28
6.2 Invloed van beheer .....	31
6.3 Bodemdaling onder het Lauwersmeergebied .....	32
6.4 Vegetatiestructuurmetingen .....	32
6.4 Nieuwe deelgebieden in 2014 .....	33
6.5 Broedvogelinventarisatie .....	34
6.6 Ontwikkeling van de vegetatie in de pq's .....	34
6.7 Discussie en conclusies over 2014 .....	35
6.8 Muizen als voedselbron voor roofvogels .....	35
7 Eindconclusies .....	36
8 Literatuur .....	36
Bijlage 1: Overzicht monitoringprogramma muizen in het Lauwersmeergebied	41
Bijlage 2: Overzicht modelontwikkeling voor de Waddenwinningen sinds 2006	43

## 1 Inleiding

### 1.1 Sedimentdynamiek in de Waddenzee

Het water in de Noordzeekustzone bevat fijn sediment. Dit gesuspendeerde sediment stroomt met de vloedstroom door een zeegat een kombergingsgebied binnen; de Waddenzee in. Hier nemen de stroomsnelheid en turbulentie af waardoor het fijne sediment op de ondergelopen wadplaten terecht komt. Zo groeien de wadplaten. Deze accumulatie neemt toe richting het land (Andersen & Pejrub, 2001).

Ophoging van wadplaten vindt vooral plaats in het voorjaar en de zomermaanden (Chang et al. 2006; Widdows et al. 2000; Postma, 1981). Dit wordt deels veroorzaakt door de afwezigheid van harde stroming en golfslag binnen de Waddenzee in die periode, maar ook door de groei van eencellige kiezelwieren en cyanobacterien die in deze periode in het sedimentoppervlak groeien. Van de algen is bekend dat ze eiwitten uitscheiden die het sedimentoppervlak erosiebestendig maken (Widdows et al. 2004; Austen et al. 1999; Noffke et al. 2001). De sedimentdynamiek in de Waddenzee als gevolg van de getijdenstroming beïnvloedt de wadplaathoogte met ca. 1 millimeter per getijdencyclus. Onder invloed van wind kan deze invloed oplopen tot 10 – 20 millimeter wadplaathoogte binnen enkele uren (Christiansen et al. 2006). Gedurende de wintermaanden kunnen onder invloed van harde stroming en golfslag wadplaten eroderen en grote hoeveelheden sediment met de ebstroom naar de Noordzee verdwijnen (Bartholdy & Anthony, 1998).

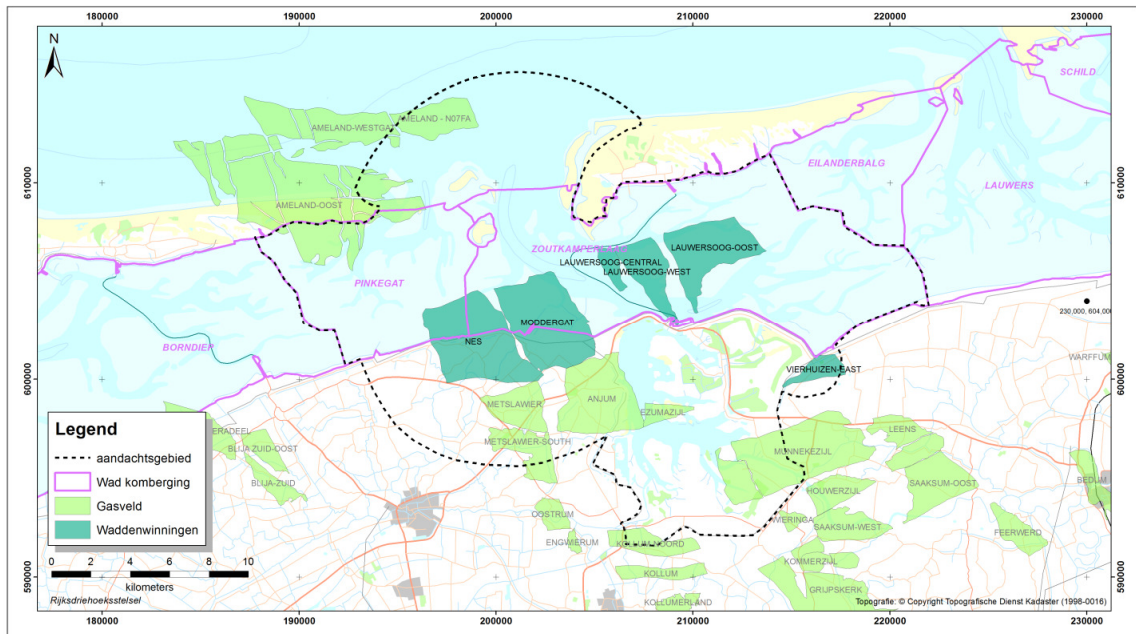
De uitwisseling van sediment tussen de Waddenzee en de Noordzeekustzone wordt het sedimentdelend systeem genoemd (Wang en Eysink, 2005). Als er in de Waddenzee een sedimenttekort optreedt, bijvoorbeeld als gevolg van bodemdaling, dan kun je in de Noordzeekustzone spreken van een sedimentoverschot. Het zanddelend systeem zal streven naar een evenwichtsituatie waardoor er netto meer sediment in de Waddenzee zal achterblijven. De snelheid waarmee dit proces optreedt wordt de sedimentatie- of meegroeicapaciteit genoemd. Hoe groot deze capaciteit precies is kan bij benadering worden vastgesteld. In de eerste bodemdaling studie (Wang en Eysink, 2005) werd geconcludeerd dat de sedimentatiecapaciteit van de Waddenzee minimaal 10 mm per jaar zou bedragen. Bij gebrek aan monitoringgegevens is op basis van conservatieve aannames de meegroeicapaciteit van het Pinkegat naar beneden bijgesteld, naar 6 mm per jaar en voor de Zoutkamperlaag werd dat 5 mm per jaar (Hoeksema et al. 1998). De gemeten wadplaat ophoging in wadengebieden wereldwijd varieert van 0 tot 125 mm per jaar (Yang et al. 2001). Ook wordt op sommige plekken of perioden natuurlijk erosie gemeten (Frostic & McCave, 1979). In veel gevallen beperkt dit soort onderzoek zich tot enkele locaties, waardoor geen 'gemiddeld' beeld van een vloedkom of riviermonding wordt verkregen.

Over een termijn van enkele decennia is er sprake van een netto sedimenttransport van de Noordzeekustzone naar de Waddenzee (Elias et al. 2012). Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de afsluiting van respectievelijk de Zuiderzee (1932) en de Lauwerszee (1969); (Deltaprogramma 2013). Dit sedimenttransport illustreert de capaciteit van het wadplatensysteem om met de zeespiegelstijging mee te groeien.

### 1.2 Gaswinning en bodemdaling

De Nederlandse Aardolie Maatschappij wint gas uit velden die op ca. 3 km onder de Waddenzee liggen. Door drukdaling in de gasreservoirs treedt compactie van het gasvoerende gesteente op. Deze compactie vertaalt zich naar bodemdaling aan het aardoppervlak. Op het land ontstaan zo bodemdalingkommen die op het diepste punt

enkele decimeters kunnen bedragen. In het intergetijdgebied van de Waddenzee worden dit soort bodemdalingen niet verwacht. Dit heeft te maken met het hierboven beschreven erosie- en sedimentatieproces. Onder invloed van wind en stroming wordt het sediment binnen de Waddenzee continue herverdeeld en is er uitwisseling tussen platen en geulen. Op deze wijze worden de bodemdalingen uitgesmeerd en wordt de bodemdaling uitgesmeerd over een groter gebied. Hiervoor worden de kombergingsgebieden aangehouden. Een komberging is een zogenaamd getijdenbassin, een complex van geulen, prielen en wadplaten, dat via hetzelfde zeegat gevuld en geledigd wordt. Kombergingen worden van elkaar gescheiden door wantijen (McLaren et al. 1998). De kombergingen die onder invloed staan van diepe bodemdaling door gaswinning zijn het Pinkegat en de Zoutkamperlaag (Fig. 1).



Figuur 1: Overzicht van het beïnvloedinggebied van de waddenwinningen. De contour van dat gebied is aangegeven met de stippelijlijn. De groene velden zijn gasvelden op ca. 3 km diepte. De donkergroene gasvelden Nes, Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen behoren tot de zgn. waddenwinningen, in dit document ook wel de MLV-winning genoemd.

Bodemdaling door gaswinning op kombergingniveau bedraagt enkele millimeters per jaar. Verwacht wordt dat deze daling door de aanvoer van sediment uit de kustzone zal worden gecompenseerd. Hetzelfde proces als het meegroeivermogen van de wadplaten met de zeespiegelstijging (§ 1.1). Voor de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag is het minimale meegroeivermogen conservatief geschat op 6 en 5 millimeter per jaar. De zeespiegelstijging is geschat op 2 tot 3 millimeter per jaar, waardoor er respectievelijk nog zo'n 2 tot 3 millimeter per jaar over is. Deze ruimte wordt de gebruiksruimte genoemd. Aangenomen is dat zolang de diepe bodemdaling door gaswinning binnen de gebruiksruimte valt het niet tot daling van de wadplaten zal leiden. Daarom wordt de bodemdaling gemonitord en jaarlijks gerapporteerd aan het bevoegd gezag. Mocht bodemdaling door gaswinning de gebruiksruimte overschrijden dan kan de gaswinning worden gereduceerd totdat de situatie zich hersteld heeft. Dit noemen we het 'Hand Aan de Kraan - principe'. Deze maatregel is vastgelegd in de diverse vergunningen die zijn verleend voor gasproductie vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen.

De Waddenzee is een Natura 2000-gebied. Dit houdt in dat op de Waddenzee de Natuurbeschermingswet ook van toepassing is. De Natuurbeschermingswet '98 schrijft

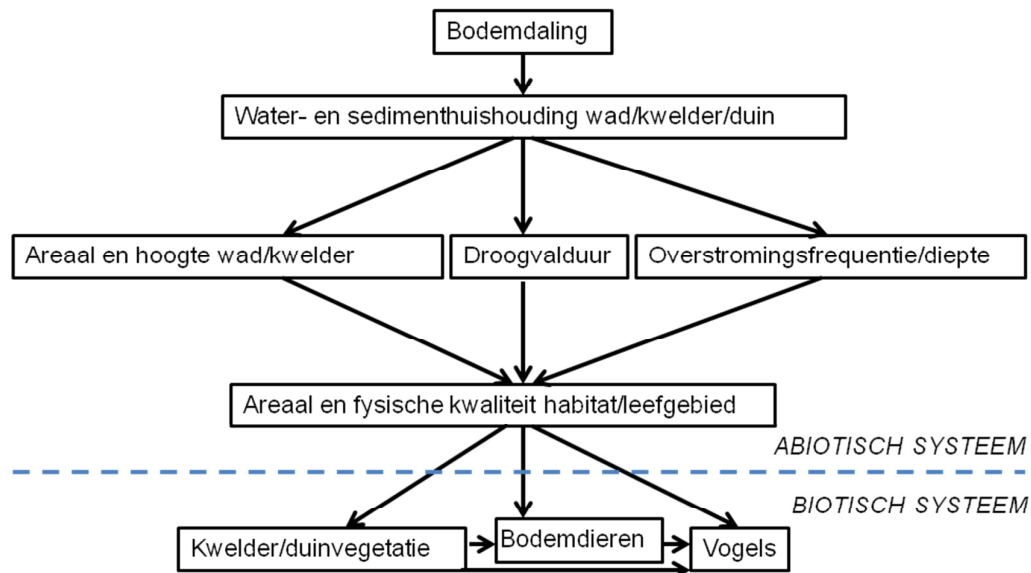
voor dat activiteiten niet mogen leiden tot een nadelige ontwikkeling van instandhoudingsdoelen. Deze doelen staan beschreven in het Aanwijzingsbesluit Waddenzee. Hierin wordt gesproken over habitattypen en doelsoorten. Het relevante habitatype in relatie tot bodemdaling is het type 'Droogvallende zand- en slikplaten' (H1140). Beschermde zijn het areaal en de kwaliteit van de wadplaten, waarbij kwaliteit wordt uitgelegd als diversiteit in 'structuur en functie' van de wadplaten. Een van de belangrijkste functies van de wadplaten in de Waddenzee is die van foerageergebied voor wadvogels. Deze vogelsoorten vormen samen met enkele zoogdieren en vissen de doelsoorten. Voor doelsoorten wordt in het Aanwijzingsbesluit uitgelegd dat de 'draagkracht' van het gebied niet mag afnemen voor populaties van een bepaalde omvang. Hierbij gaat het om het functioneren van de Waddenzee als foerageergebied en als broed- of rustgebied.

Ook onder het Natura 2000-gebied Lauwersmeer vindt bodemdaling plaats. Deze wordt niet gecompenseerd door sedimentaanvoer, waardoor de diepe bodemdaling aan het maaiveld meetbaar zal zijn. Het gebied lijdt echter aan verzuuring en verdroging. Het natuurbeheer is er in deelgebieden op gericht de vegetatie kort te houden en de situatie voor moerasvogels te verbeteren. Mochten er effecten van bodemdaling door gaswinning in het gebied optreden dan wordt verwacht dat deze effecten aan het natuurbeheer bijdragen en daardoor niet nadelig zijn. Het Lauwersmeergebied is een vogelrichtlijn gebied. De instandhoudingsdoelen voor dit gebied richten zich daarom uitsluitend op de draagkracht van dit gebied voor bepaalde vogelsoorten.

### **1.3 Monitoring**

Naast het hierboven beschreven Hand Aan de Kraan – principe schrijven de vergunningen een monitoringprogramma voor dat als doel heeft te controleren of, zoals verwacht, geen nadelige ontwikkeling van instandhoudingsdoelen optreedt. Indien er wel een nadelige ontwikkeling wordt vastgesteld dient aannemelijk gemaakt te worden dat dit niet deels het resultaat is van bodemdaling door gaswinning. Het monitoringprogramma is vastgesteld voor een periode van 6 jaar waarna een evaluatie plaatsvindt en het programma kan worden aangepast. In 2013 heeft de eerste evaluatie plaatsgevonden. Voor de periode 2014-2019 wordt er een aangepast monitoringprogramma gehanteerd naar aanleiding van de evaluatieresultaten van het monitoringprogramma 2007-2012. In het nieuwe monitoringprogramma 2014-2019 (NAM, 2014a) worden dezelfde ecologische variabelen gemonitord als in de jaren daarvoor. Hierdoor worden de reeds opgebouwde meetreeksen gecontinueerd. Een belangrijke verandering t.o.v. eerdere jaren ligt in de gekozen analysestrategie voor het onderdeel wadplaten. De onderhavige samenvatting en integrale beoordeling van de monitoringresultaten zijn voor het eerst op basis van het monitoringprogramma 2014-2019.

Ter beoordeling van de monitoringresultaten wordt een zgn. effectketenbenadering gevolgd. Deze benadering gaat er vanuit dat bodemdaling een effect kan hebben op de water- en sedimenthuishouding, wat kan leiden tot veranderingen in de oppervlakte en kwaliteit van het leefgebied van doelsoorten. De effectketens zijn voor de onderdelen wadplaten, kwelder en Lauwersmeergebied schematisch weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: Effectketens voor bodemdaling onder de wadplaten, kwelder en het Lauwersmeergebied

#### 1.4 Integrale beoordeling van de monitoringresultaten

In deze integrale beoordeling van de monitoringonderdelen worden de -resultaten uit het jaar 2014 samengevat en met elkaar in verband gebracht. In het eerste deel van het rapport (paragraaf 3) worden de productiecijfers over 2014 getoond. In paragraaf 4.1 wordt de ontwikkeling van de diepe bodemdaling onder de Waddenzee besproken in relatie tot de gebruiksruimte besproken en in de paragrafen 4.2 - 4.3 worden de gemeten wadplaathoogte en sedimentatie beschouwd en in verband gebracht met de gemeten diepe bodemdaling onder het gebied.

In tegenstelling tot voorgaande jaren worden voor de wadplaten de bodemdieren, sedimentsamenstelling en vogels niet afzonderlijk beschouwd. Dit jaar is namelijk gestart met het integreren van de monitoringreeksen in een ecologisch model. Op basis van metingen aan (o.a.) wadplaathoogte, bodemdieren en waterstanden berekent het model de 'draagkracht' van het onderzoeksgebied als foerageergebied voor individuele wadvogels (Natura 2000-doelsoorten). Naast monitoringdata is het model gevuld met soortspecifieke eigenschappen van de vogels, zoals het dieet, habitatvoorkeur/verspreiding, functionele respons, etc. en houdt het model rekening met seizoengebonden veranderingen in de kwaliteit van de prooidieren.

De modeluitkomsten tonen de ontwikkeling van de voedselvoorraad en voedselbeschikbaarheid voor foeragerende wadvogels in Pinkegat en Zoutkamperlaag. Op basis van de modelresultaten evalueren we of er sprake is van nadelige ontwikkelingen in die voedselbeschikbaarheid en -bereikbaarheid. Als dat zo blijkt te zijn, dan kijken we of die ontwikkeling het gevolg is van veranderingen in wadplaathoogte in het gebied.



Modelvalidatie staat voor 2015 op het programma. Gedurende dit monitoringjaar willen we tevens analyseren in hoeverre de vogeltellingen op hoogwater vluchtplaatsen de variatie in de berekende draagkracht reflecteren.

Kwelders zijn buitendijkse gebieden die als gevolg van stormvloed regelmatig overstromen. Tijdens zo'n overstroming wordt er slib op de kwelder afgezet. Voor de kwelder, de Paesumerlannen, wordt geëvalueerd in hoeverre die opslibbing de bodemdaling door gaswinning en de autonome zeespiegelstijging bijhoudt. We koppelen de ontwikkeling van de kwelderrand aan de ontwikkeling van de pionierzone en aan de sedimentatie op het wad voor de kwelder. De ontwikkeling van de vegetatie in het gebied wordt in verband gebracht met veranderingen in referentiegebieden.

De lobben en platen van het Lauwersmeergebied zijn niet onderhevig aan opslibbing tijdens overstromingen die ontstaan door fluctuaties in het meerpeil. Delen van platen en lobben eroderen en zullen meedalen met diepe bodemdaling door de gaswinning. In deze integrale beoordeling vatten we het rapport van Altenburg en Wymenga samen (Bakker et al. 2015) wat de ontwikkelingen in de grondwaterstand en -chemie koppelt aan de veranderingen op het niveau van de vegetatie. We bepalen in hoeverre deze veranderingen het gevolg zijn van bodemdaling door gaswinning en in hoeverre ze leiden tot grootschalige veranderingen in de vegetatiestructuur en het belang daarvan voor broedvogels (Natura 2000-doelsoorten).

Deze integrale beoordeling beoogt een samenvatting te geven van de in de rapportages over de monitoring gepresenteerde resultaten (Tab. 2). Daarbij wordt gefocust op die aspecten in de rapporten die het meest relevant zijn voor het Hand Aan de Kraan principe. Enerzijds zijn dit de resultaten uit de Meet- en Regelcyclus 2014, op basis waarvan de belasting voor de Waddenzee wordt berekend. Uit dat rapport zijn ook productiegegevens over 2014 overgenomen. Anderzijds zijn dat de monitoringparameters die inzicht geven in de ontwikkeling van de staat van instandhouding van de Waddenzee en het Lauwersmeergebied. Naast het samenvatten van de belangrijkste resultaten trachten we in dit rapport de gemonitord variabelen zoveel mogelijk in samenhang te bediscussiëren. De belangrijkste integratie van monitoringdata heeft in de rapporten van de onderzoekers reeds plaatsgevonden. Voor respectievelijk de wadplaten, kwelder en Lauwersmeer zijn dat de rapporten van Ens et al. (2015), van Duin en Sonneveld (2015) en Bakker et al. (2015).

## 2 Rapportages

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de rapporten die van belang zijn voor het tot stand komen van ons begrip over de sedimentatiecapaciteit van de Waddenzee, het Hand Aan de Kraan-principe en de ecologische monitoring (Tab. 1). In Tabel 2 staan de rapporten die in 2014/15 rond de monitoring beschikbaar zijn gekomen. Deze rapporten hebben betrekking op de monitoring die in 2014 is uitgevoerd.

Tabel 1: Overzicht bodemdalingstudies rond de gaswinningen op Ameland en onder de Waddenzee (vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen).

RAPPORTAGE	INSTANTIE	AUTEURS
Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee 1998	NAM	A.P. Oost, B.J. Ens, A.G. Brinkman, K.S. Dijkema, W.D. Eysink, J.J. Beukema, H.J. Gussinklo, B.M.J. Verboom & J.J. Verburgh
Bodemdalingstudie Waddenzee 2004	RIKZ	H.J. Hoeksema, H.P.J. Mulder, M.C. Rommel, J.G. de Ronde, J. de Vlas
Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 13 jaar gaswinning, 2000	BCMBA	Dijkema K.S., H.F. van Dobben, W.D. Eysink, M.E. Sanders, E.P.A.G. Schouwenberg, P.A. Slim, C.J. Smit, J. de Vlas & J. Wiertz
Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 18 jaar gaswinning, 2005	BCMBA	Dijkema K.S., D. Doornhof, H.F. van Dobben, W.D. Eysink, M. Kersten, J. Krol, W. Molenaar, M.E. Sanders, S. Schoustra, P.A. Slim, W. Veldwisch & Z.B. Wang
Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning Vloedkommen van het Friesche Zeegat, 2005. Rapport Z3995	Deltares	Wang, ZB & W.D. Eysink
MER aardgaswinning Waddenzeegebied vanaf locatie Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, 2006	NAM	Wittenveen & Bos, Berkenbod & Koetsenruiter, Alterra, WL/Delft Hydraulics, Grontmij, Oranjewoud, Altenburg & Wymenga, Tebodin, NAA akoestisch adviesbureau, Vectra Group, NAM.
Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 23 jaar gaswinning, 2011	BCMBA	Dijkema K.S., H.F. van Dobben, B. Dullo, B. Ens, M. Kersten, G. Ketelaar E. Koppenaar, J. Krol. K. Rappoldt, P. Slim & Z.B. Wang

Tabel 2: Overzicht rapportages over de monitoringresultaten en modellering uit 2014.

<b>MONITORINGONDERDEEL</b>	<b>INSTANTIE</b>	<b>RAPPORTAGE</b>
<b>Waddenzee</b>		
Bodemdaling	NAM	NAM (2015) Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2014. EP Document nummer: EP201504206417
Hoogteligging/arealen en sedimentatie	FUGRO	Fugro Geospatial B.V. (2015) Waddenzee LiDAR survey September 2014, Report ASM11515.001
	DELTAIRES	Vroom en Beekhuizen (2015) Analyse LiDAR data voor het Friesche Zeegat (2010-2014) Monitoring effect bodemdaling door gaswinning. Deltaresrapport 1210543-000
	NCA	Krol (2015) Wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog 2007-2014.
Voedselbeschikbaarheid en -bereikbaarheid voor wadvogels	SOVON Ecocurves IMARES NIOZ Ecosense NCA Deltares	Ens, Krol, van der Meer, Piening, Wijsman, Schekkerman, Rappoldt (2015) Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag. Sovon-rapport 2015.15
<b>Kwelder</b>		
Sedimentatie en vegetatie	IMARES	van Duin & Sonneveld (2015) Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied west- Groningen: Jaarrapport 2014 Rapport C034/15
<b>Lauwersmeer</b>		
Grondwater- en vegetatiedynamiek	A&W Buijs	Bakker, Bijkerk & Buijs (2015) Monitoring effecten van bodemdaling op vegetatie in de Lauwersmeer. Achtste voortgangsrapportage (2014). A&W-rapport 2084
Broedvogels	SOVON	Kleefstra & de Boer (2015) Broedvogelmonitoring in het Lauwersmeer in 2014. Sovon-rapport 2014/40

### 3 Gasproductie 2013

De totale gasproductie uit de velden Nes, Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen lag in 2014 beneden het geplande volume (Tab. 3). Dit verschil wordt vooral veroorzaakt door een relatief lage productie uit de velden Nes en Vierhuizen-oost. Uit het veld Moddergat is juist meer geproduceerd dan was gepland.

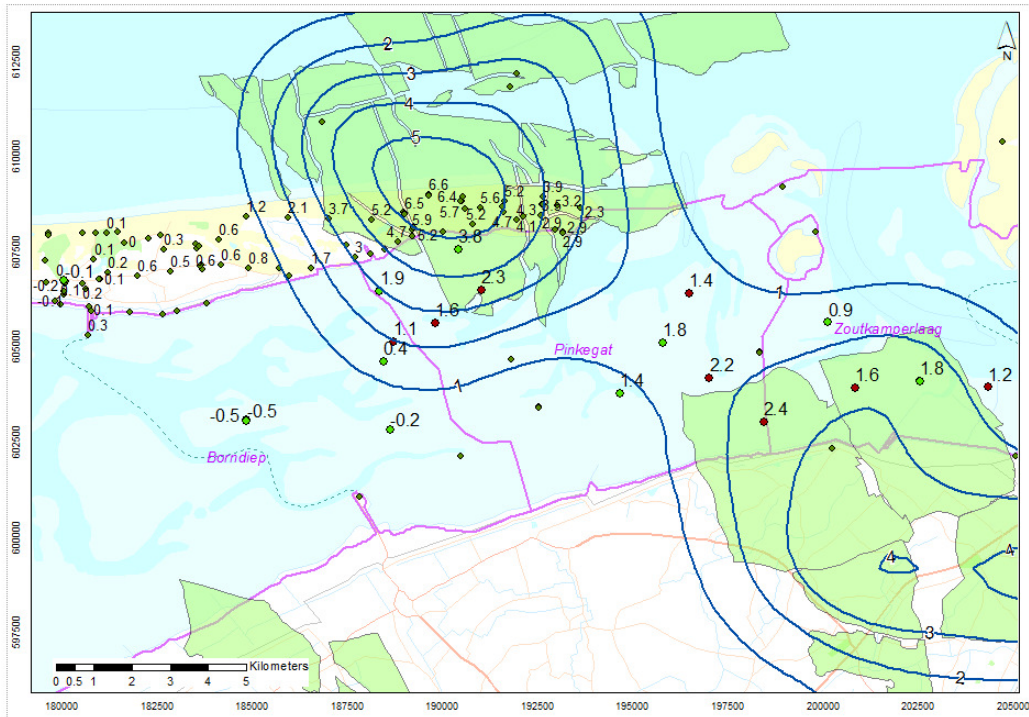
Tabel 3: Productie per voorkomen tot en met 31/12/2014 (Deze tabel is overgenomen uit de Meet-&Regelrapportage 2014; Tabel 2-2)

Velden	Cumulatieve productie t/m 2014 (10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> )	Productie volgens 2011 winningsplan in 2014 (10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> )	Actuele productie in 2014 (10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> )
Nes	6814	1550	1221
Moddergat	3297	256	354
Lauwersoog-C	97	3	20
Lauwersoog-West	1123	104	109
Lauwersoog-Oost	1484	164	185
Vierhuizen-Oost	1359	267	115
Totaal	14174	2344	2004

### 4 De Waddenzee

#### 4.1 Bodemdaling onder de het Wad

Gegevens over de diepe bodemdaling t/m 2014 zijn gerapporteerd in de Meet- en Regelrapportage over 2014 (NAM, 2015). De monitoring van de diepe bodemdaling onder het wad vindt sinds 2006 plaats op de punten van stalen palen (peilmerken) die 6 meter diep in de wadbodem zijn gezet. Deze palen dalen mee met de diepe bodemdaling. De hoogtemetingen bestaan uit GPS-metingen die 5 dagen per meting per paal in beslag nemen (NAM, 2014a). Deze meetperiode is nodig om de gewenste nauwkeurigheid te bereiken. In totaal staan er 34 peilmerkclusters van elk 3 peilmerken over het gebied verspreid die tezamen een goed beeld geven van diepe bodemdaling onder Pinkegat en Zoutkamperlaag (Fig. 3). De hoogte van de peilmerken wordt minimaal 1x per 3 jaar bepaald. Peilmerken die dicht bij het centrum van de bodemdalingkommen liggen komen vaker aan bod. In 2014 is voor 18 peilmerkclusters de hoogte bepaald. Deze hoogtemetingen worden aan de bestaande meetreeksen toegevoegd, waarmee de geomechanische modellen worden gekalibreerd. Met deze modellen worden de bodemdalingkommen ruimtelijk gemodelleerd en worden voorspellingen gedaan over het toekomstige verloop van de bodemdalingsnelheid. In het model is informatie betrokken over de geologie en gelaagdheid in en boven het reservoir (gasveld), de samendrukbaarheid van het gesteente in het reservoir, de gas- en waterproductie en het drukverloop in het reservoir (NAM, 2012). Een overzicht van de modelontwikkeling sinds 2006 wordt gegeven in bijlage 2.

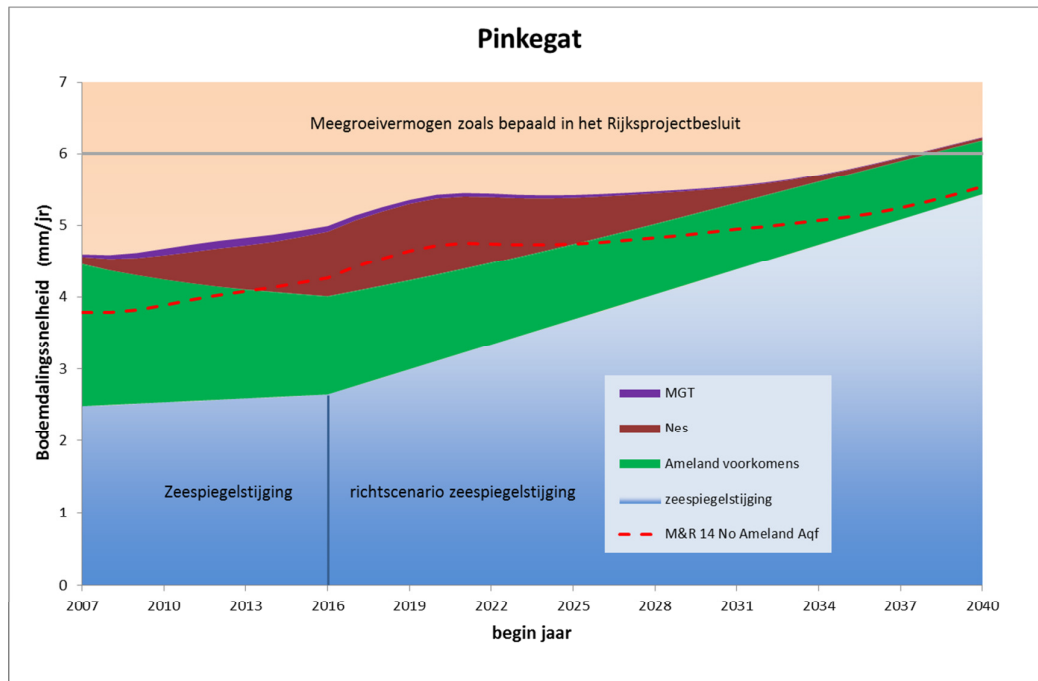


Figuur 3 Diepe bodemdaling (status 1-1-2014) door gaswinning sinds de start van de MLV-productie in 2006 in centimeters. De blauwe lijnen zijn de contouren van de gemodelleerde diepe bodemdaling volgens de aangepaste/gekalibreerde geomechanische modellen. De punten met label representeren de peilmerken met de gemeten hoogteverschillen in de periode 2006-2014.

Initieel zijn de bodemdalingberekeningen dit jaar op gelijke wijze uitgevoerd als vorig jaar. Dat wil zeggen dat dezelfde modellen en modelinstellingen gehanteerd zijn. De bodemdaling gemeten op 3 peilmerklusters in de Waddenzee week echter licht af van de prognoses. De modellen zijn aangepast om ook een passing te vinden met deze waargenomen bodemdaling. De meest waarschijnlijke verklaring voor de waargenomen daling is een drukdaling in een watervoerend pakket dat in verbinding staat met het gasveld Ameland.

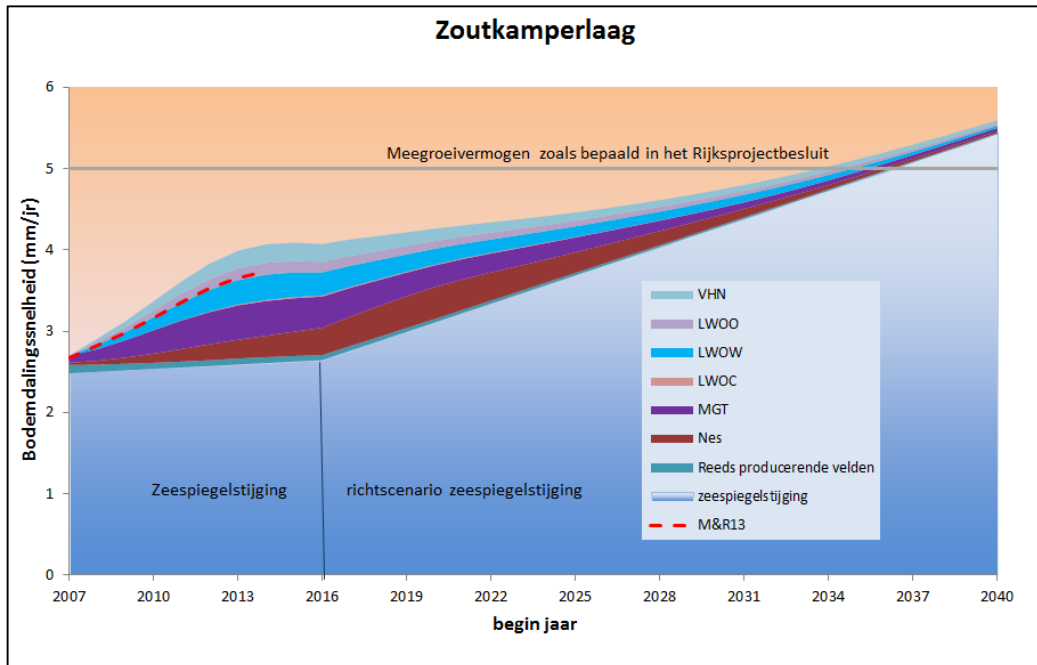
Bij aanvang van de MLV-winningen in 2006 werd aangenomen dat de watervoerende pakketten ten zuidwesten en ten zuidoosten van het gasveld Ameland aan drukdaling onderhevig zouden zijn. Daarom werd in de MER aardgaswinning Waddenzee (NAM, 2006) ook een relatief hoge belasting van het Pinkegat voorspeld. Metingen in het gebied ten zuidwesten van het Amelandveld lieten echter geen bodemdaling boven deze watervoerende pakketten zien. Ook de meetpunten het watervoerend pakket ten zuiden van het Ameland veld lieten in de periode 2006-2011 geen significante bodemdaling zien. In 2011 is besloten deze (laterale) aquifers in het model “uit” te zetten en daarmee geen rol te geven in het prognostiseren van de bodemdalingsschotel en de belasting van de gebruiksruimte. Deze keuze in de scenario's werd bevestigd door de toezichthouder om de beste passing te verkrijgen tussen model en metingen. Nu in 2014 bodemdaling werd gemeten boven de zuidelijk gelegen watervoerend pakket zijn deze watervoerende pakketten weer “aangezet” in het model waarbij de mobiliteit van het water en daarmee de drukdaling gereduceerd is t.o.v. het gasvoerende gedeelte van Ameland. Dit leidt momenteel tot een lichte overschatting in de geprognostiseerde bodemdaling in het gebied ten zuidoosten van het Ameland gasveld.

Om de bodemdaling in het betreffende gebied nog beter te monitoren is het meetschema van peilmerkkusters op het wad voor komend jaar aangepast, conform de procedure zoals die is beschreven in het Meet- en Regelprotocol (NAM, 2012), met als doel de modelfit komend jaar te optimaliseren. Ook de uitkomsten van lopend onderzoek naar het compactiegedrag van gasvelden in de Waddenzeeregio zal helpen tot een betere begrip van de bodemdaling in het Pinkegat te komen. Figuur 3 geeft een overzicht van de bodemdalingcontouren op basis van de modelberekeningen die aan de hand van de in 2014 verzamelde data zijn uitgevoerd.



Figuur 4: Voorspelde belasting inclusief zeespiegelstijging voor het kombergingsgebied Pinkegat. Voor de modellering van de bodemdaling tengevolge van de gaswinning van Ameland is het meest recente geomechanische model toegepast. De roodgestreepte lijn geeft de berekende belasting aan wanneer de aquifers niet meedepleteren.

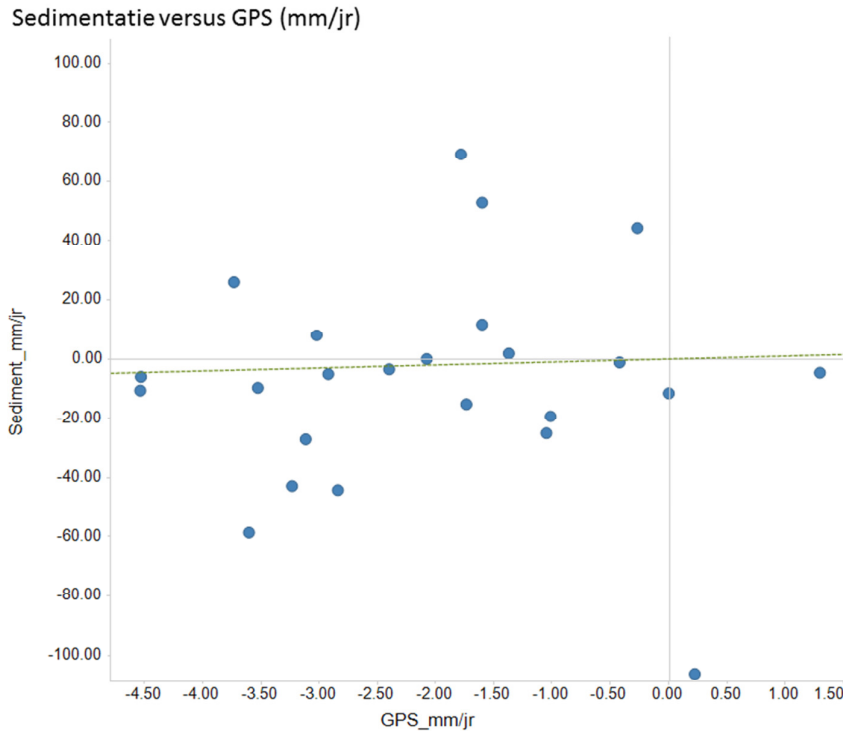
Op kombergingsniveau bedroeg de berekende diepe bodemdalingsnelheid voor de Zoutkamperlaag in 2014 1,46 millimeter per jaar. Een range aan modelscenario's genereert een minimum dalingsnelheid van 1,01 millimeter en een maximum dalingsnelheid van 1,65 millimeter voor dat jaar. Voor het Pinkegat is de bodemdalingsnelheid berekend op 2,23 millimeter met een minimaal en maximaal scenario van respectievelijk 1,79 en 2,52 millimeter in 2014. Hoe zich dat verhoudt tot de gebruikruimte is weergegeven in de figuren 4 en 5, waarin de zgn. belasting en gebruikruimte voor beide kombergingen zijn geplot.



Figuur 5: Voorspelde belasting inclusief Zeespiegelstijging + autonome daling voor het kombergingsgebied Zoutkamperlaag. De roodgestreepte lijn geeft berekende belasting aan zoals gerapporteerd in de Meet- en regelcyclusrapportage over 2013 (gerapporteerd in 2014).

#### 4.2 De invloed van diepe bodemdaling op de sedimentatie

Parallel aan de hoogtemetingen die op de peilmerken op het wad worden uitgevoerd, worden waterpassingen verricht om de sedimenthoogte lokaal in beeld te brengen. Deze hoogtemetingen vinden plaats op een grid van 7x5 punten die op een afstand van 5 meter van elkaar liggen. Per punt wordt de wadplaathoogte bepaald t.o.v. de hoogte van het peilmerk dat met grote nauwkeurigheid t.o.v. NAP wordt vastgesteld. Op deze wijze ontstaat een dataset van diepe bodemdaling en wadhoogtemetingen op dezelfde locatie. Door deze metingen in de tijd te herhalen kan gekeken worden of de ontwikkeling in de hoogte van het sedimentoppervlak beïnvloed wordt door de mate van diepe bodemdaling op locaties. Tot dusver zijn op deze wijze gegevens verzameld tussen 2010 en 2013. De resultaten van deze eerste metingen zijn weergegeven in figuur 6. Naast metingen uit Pinkegat en Zoutkamperlaag worden in figuur 10 ook metingen van het Groningerwad gepresenteerd. Het eerste wat in figuur 6 opvalt is dat er op dit moment geen afname in de sedimenthoogte kan worden gecorreleerd aan de mate van diepe bodemdaling. Daarnaast is duidelijk te zien dat erosie en sedimentatieprocessen een veel grotere variatie kennen dan de diepe bodemdaling die de gaswinning veroorzaakt.



Figuur 6: De relatieve verandering in wadplaathoogte (Y) gemeten naast de peilmerken als functie van de diepe bodemdaling gemeten op de peilmerken voor dezelfde periode. Negatieve Y-waarden wijzen op erosie en positieve waarden op sedimentatie. Negatieve X-waarden geven de mate van bodemdaling weer. Alle metingen zijn verricht in de jaren 2010, 2011, 2012, 2013 en 2014. De gestreepte lijn is de lijn  $y=x$  (zouden de punten precies op deze lijn liggen dan vult de sedimentatie precies de diepe bodemdaling aan op deze locaties).

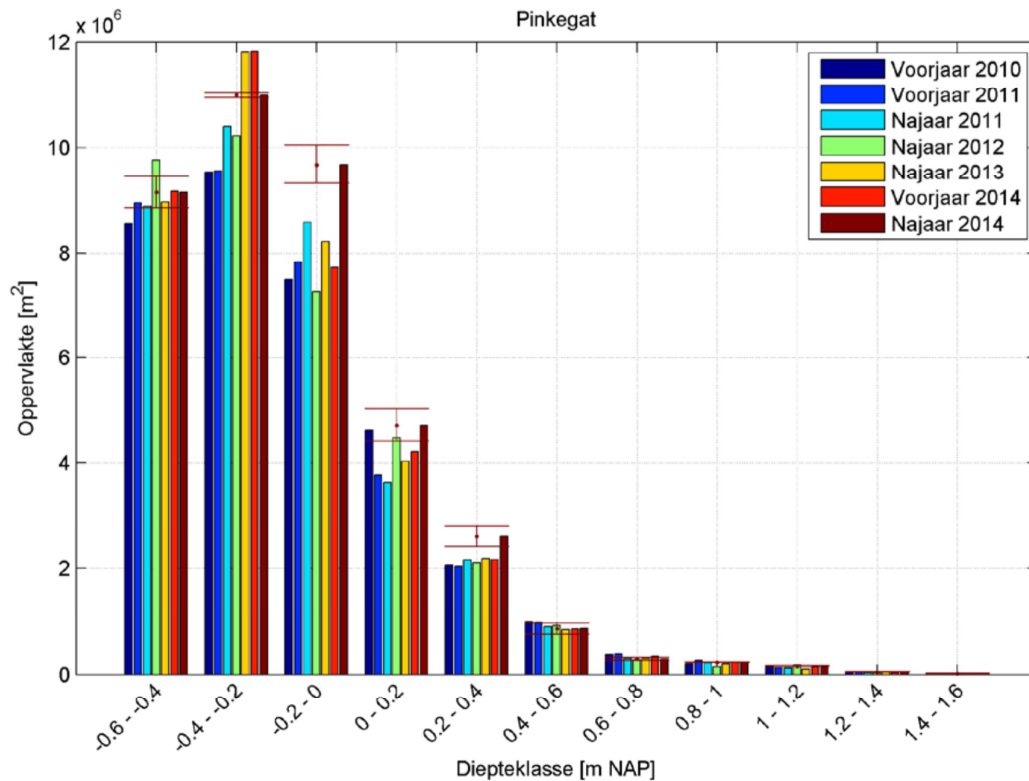
Zoals verwacht is de sedimentdynamiek veel groter dan de diepe bodemdaling. Dit verschil is ongeveer een factor 10. Ofschoon de meeste veranderingen in wadplaathoogte kleiner zijn dan 50 millimeter per jaar zijn er enkele uitschieters bij. Op basis van deze resultaten kan de hypothese dat bodemdaling op kombergingsniveau wordt uitgespreid niet worden verworpen. Tevens valt op dat enkele punten lichte (diepe) bodemstijging laten zien. Dit valt binnen de meetruis van de meting op de peilmerken. Een toenemend aantal metingen in de toekomst zal de zeggingskracht van deze vergelijking vergroten.

### 4.3 Ontwikkeling van de wadplaathoogte in de tijd

Het areaal wadplaten is synoniem voor een bepaald deel van het wad met een zekere droogvalduur. De temporele variatie in het wadplaatareaal van het Pinkegat en de Zoutkamperlaag wordt bestudeerd aan de hand van LIDAR-opnames. In 2014 zijn twee LIDAR-surveys uitgevoerd. Deze waren succesvol. Echter in het najaar van 2014 is een klein deel gemeten bij een waterstand hoger dan -0,5m NAP. Het berekende plaatareaal boven deze waterstand is representatief, het deel daaronder niet. Opvallend is de hogere dekking van de LIDAR in vergelijking met eerdere jaren. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door de in gebruikname van de nieuwe scanner sinds 2013. Dit werk is uitgebreid gerapporteerd in Vroom en Beekhuizen (2015).

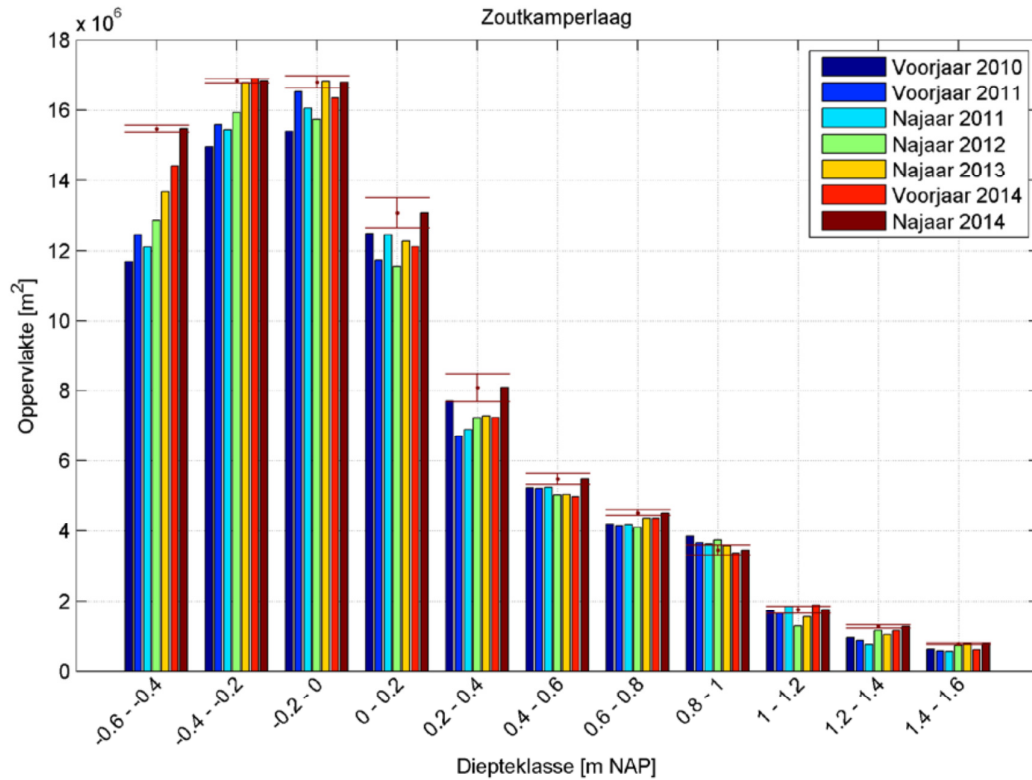


In de figuren 7 en 8 is de ontwikkeling van het wad weergegeven voor verschillende hoogteklassen. Deze histogrammen laten zien dat in vergelijking met voorgaande jaren vooral in het najaar van 2014 wadplaatareaal is bijgekomen.



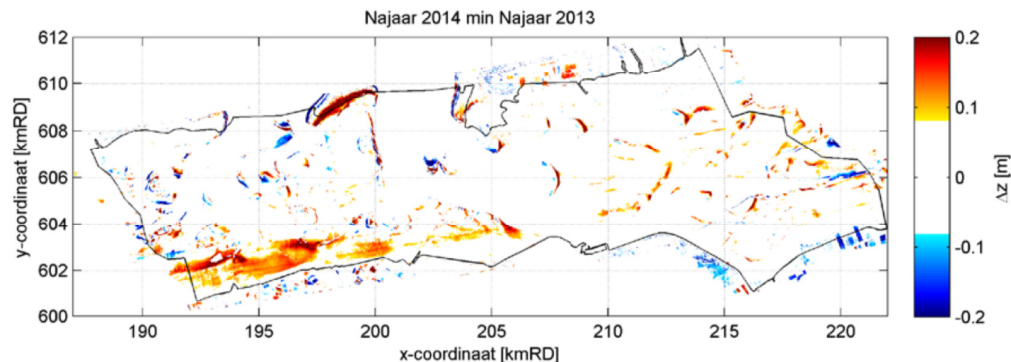
Figuur 7 Histogram van de oppervlaktes van de wadplaten per hoogteklasse voor het kombergingsgebied Pinkegat. De errorbar geeft de fout voor het najaar van 2014 aan. (Deze figuur komt uit Vroom en Beekhuizen, 2015; fig. 5.5)

Over de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de LIDAR-opnames is rond de in 2013 uitgevoerde evaluatie veel gediscussieerd. Uit de rapportage van Deltares blijkt dat er consensus is over de interpretatie van de fout en hoe deze kan worden gebruikt om te beoordelen of afwijkende meetwaarden buiten de meetfout vallen. Voor de verschilkaarten, die het verschil in wadplaathoogte tussen twee LIDAR-opnames weergeven, wordt nu een meetfout van 8cm gehanteerd. Als je kijkt naar verschillen tussen jaren, dan valt voor 70% van het wad de verandering in bodemhoogte binnen de meetfout. Voor sommige vergelijkingen is dat zelfs 90% (Vroom en Beekhuizen, 2015; figuur 4.3).



Figuur 8: Histogram van de oppervlaktes van de wadplaten per diepteklasse voor het kombergingsgebied Zoutkamperlaag. De errorbar geeft de fout voor het najaar van 2014 aan (Deze figuur komt uit Vroom en Beekhuizen, 2015; fig. 5.4).

In Pinkegat en Zoutkamperlaag is sterke erosie en sedimentatie opgetreden rond de geulen. Het laatste jaar is er echter ook veel sediment bijgekomen langs de Friese kust ter hoogte van Ternaard. Dit is duidelijk zichtbaar in figuur 9, waarin voor de meetfout is gecorrigeerd (zie ook Vroom en Beekhuizen, 2015; fig. 5.11). Voor de Zoutkamperlaag geldt dat het areaal wadplaten beneden NAP sinds 2010 sterk is toegenomen. Het areaal boven NAP is sinds 2010 niet veel veranderd. De LIDAR-opname uit het najaar van 2014 toont een lichte toename van het areaal wadplaten tussen 0 en 60 cm boven NAP (Fig. 8).

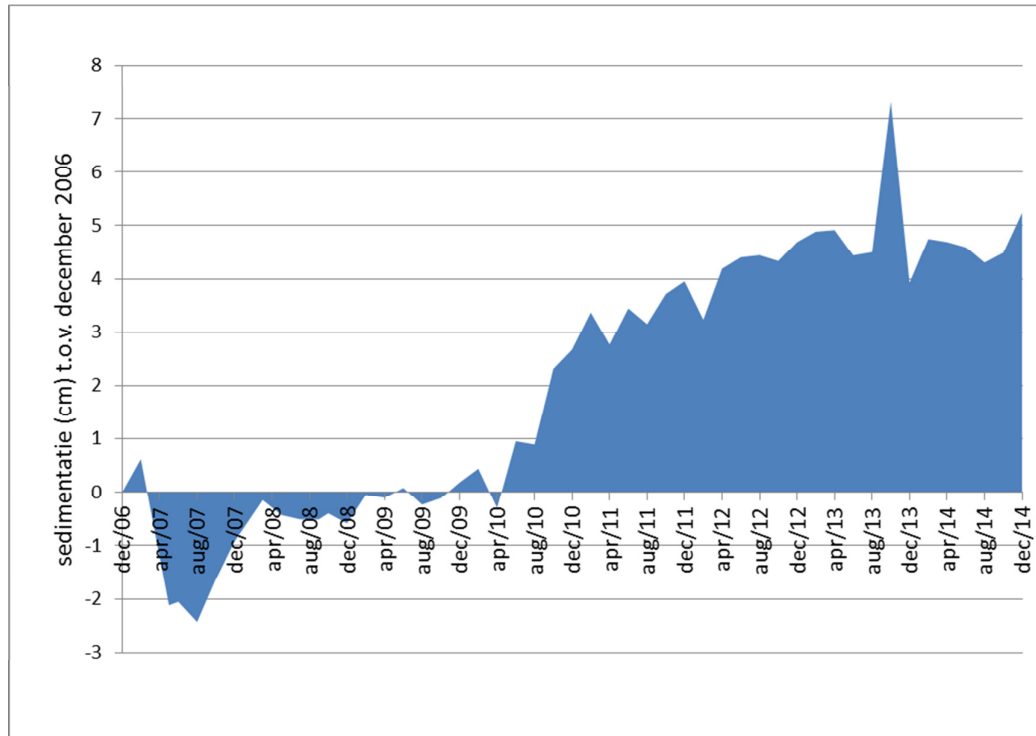


Figuur 9 Verschilkaart van de LIDAR opnames uit het najaar van 2013 met het najaar van 2014. De kleurenbalk die de mate van erosie en sedimentatie laat zien is aangepast aan de meetfout. Veranderingen in wadplaathoogte die binnen de meetfout vallen zijn wit (Deze figuur komt uit Vroom en Beekhuizen, 2015; fig. 4.5).

Het Natuurcentrum Ameland heeft het afgelopen jaar iedere twee maanden op vaste punten de lokale erosie en sedimentatie op een aantal grote wadplaten in Pinkegat en Zoutkamperlaag uitgevoerd; de zogenaamde spijkermetingen (Krol, 2015). De gevonden resultaten voor 2014 passen in de trends van de voorgaande jaren. Het meest opvallend is dat de storm van afgelopen winter een negatief effect heeft gehad op de sedimentatie bij Paesens. Na stevige erosie treedt er nu weer sedimentatie op, maar in 2014 is niet de plaatgroei gemeten die er in 2010 en 2011 is waargenomen.

Op het Peasumerwad zijn 18 spijkermetingen geplaatst. In figuur 10 hebben we de gemiddelde ontwikkeling van de relatieve wadhoogte voor het Peasumerwad geplote. Een gestage positieve ontwikkeling van deze wadplaathoogte is duidelijk waarneembaar.

Voor het gebied oost-Ameland lijkt de sterke jaarlijkse ophoging van de wadplaten in 2006 gestopt te zijn. Sindsdien is er een afwisselend beeld van erosie en sedimentatie zichtbaar. Voor een aantal punten komt er gemiddeld weinig sediment bij en is de bodemdalingsnelheid hoger dan de sedimentatiesnelheid, of accumuleert met gemiddelde erosie (op twee punten). Hierbij gaat het respectievelijk over 2 tot 6 mm over een periode van 15 jaar (Krol, 2015; fig 20).



Figuur 10: De ontwikkeling in wadplaathoogte op het Peasumerwad gemeten aan de hand van de spijkermetingen. Dit betreft de gemiddelde ontwikkeling op basis van 18 locaties die ieder bestaan uit 4 spijkermetingen. Deze ontwikkeling is niet ten opzichte van NAP, maar ten opzichte van de 'nul-situatie' in 2006.

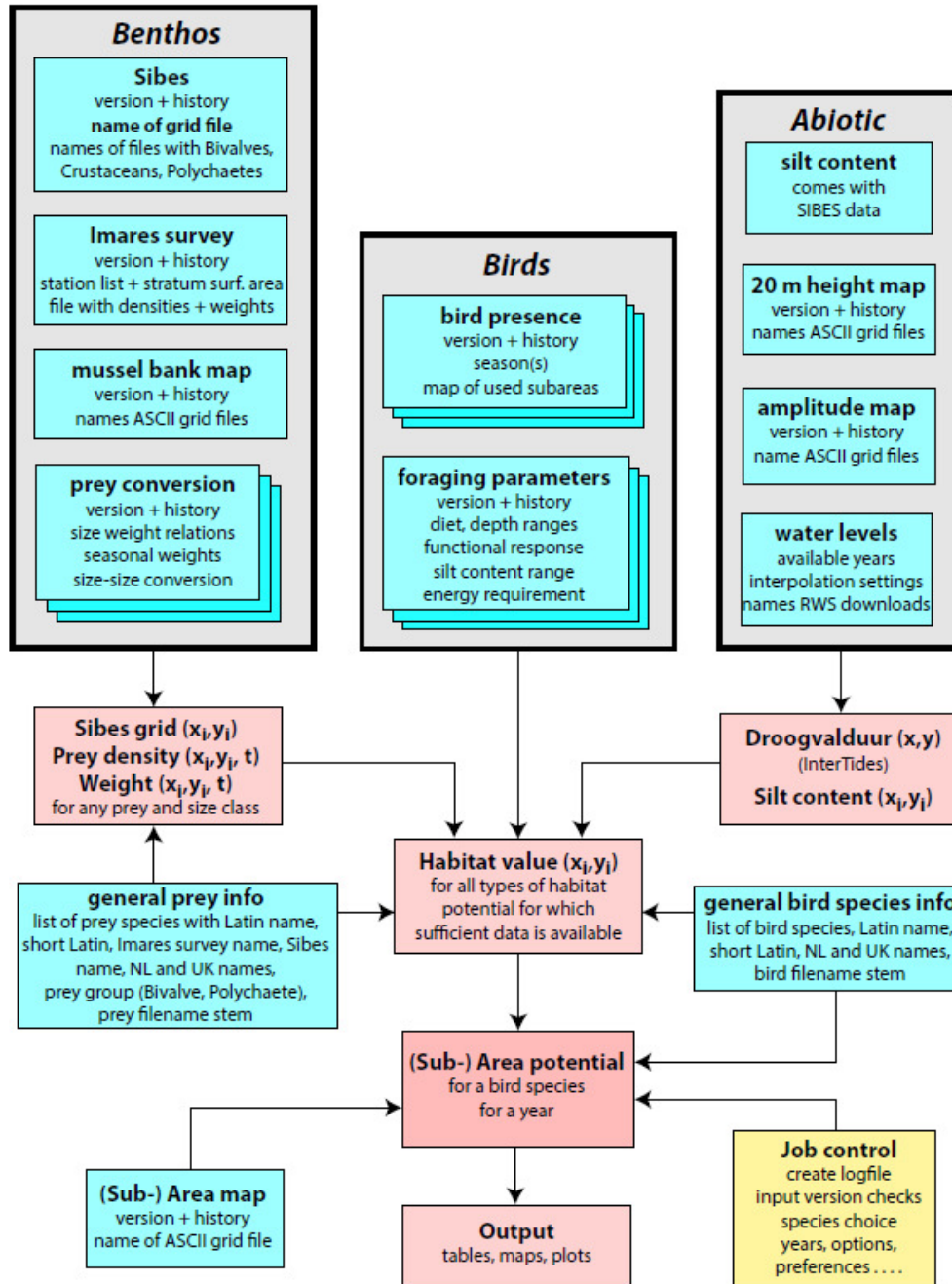
Onder de opslibbende wadplaat vindt dus bodemdaling plaats. De opslibbing is niet voor alle locaties waar spijkermetingen plaatsvinden gelijk. Er zijn punten op het Peasumerwad waar de opslibbing zeer sterk is, maar ook punten waar deze afwezig is of zelfs een beetje erosie optreedt. Deze lokale variatie is deels toe te schrijven aan de door de mens aangepaste kustlijn (Krol, 2015). Andersen & Pejrub, (2001) schrijven dat sedimentatie toe neemt naarmate je dichter bij het land komt. Voor het Peasumerwad is dat verband echter niet aangetroffen (Krol (2015); fig. 30).

In de grillige erosie- en sedimentatiepatronen is zichtbaar hoe sedimentatie vooral in het voorjaar en de zomer optreedt en erosie in het najaar en de winter. Zie bijvoorbeeld Krol (2015; figuur 21. Deze seizoendynamiek is een bekend fenomeen (Bartholdy & Anthony, 1998; Chang et al. 2006) die deels wordt toegeschreven aan meteorologische processen (Christiansen et al. 2006) en deels aan de invloed van biota (Borsje et al. 2008; Widdows et al. 2004).

#### **4.4 Integratie van monitoringdata in een Ecologisch model**

Tot vorig jaar werd in de effectketenbenadering onderzocht in hoeverre bodemdaling effect heeft op wadplaathoogte en -areaal, of bodemdieren daar op reageren en of trends in de abundantie van beschermde vogelsoorten weer met die bodemdieren correleert. Het probleem was echter dat diëten en behoeften van vogelsoorten verschillen, dat er veel soorten bodemdieren zijn, dat die bovendien niet homogeen over het wad verspreid voorkomen en dat veranderingen in wadplaathoogte en areaal gedomineerd worden door verplaatsingen van geulen. Daar bovenop zijn er allerlei factoren van invloed op vogelpopulaties en hun voedselbeschikbaarheid. De vraag was dan ook welke parallele trends zinvol zijn om te vergelijken. In het nieuwe monitoringprogramma (2014-2019) is daarom gekozen voor integratie van monitoringdata in een ecologisch model. In dit model worden de hierboven geschetste relaties in rekenregels beschreven. Een schematisch overzicht van het model wordt gepresenteerd in figuur 11.

Het doel van het model is de draagkracht voor verschillende beschermde vogelsoorten te berekenen. Dit sluit namelijk aan bij het Aanwijzingsbesluit Waddenzee, waarin als beschermde natuurwaarden o.a. de “draagkracht van het gebied voor een bepaald aantal vogels van een bepaalde soort” is opgenomen. Voor het berekenen van draagkracht zijn gedetailleerde modellen nodig die voor de meeste vogelsoorten niet beschikbaar zijn. Daarom is gekozen voor het berekenen van zogenaamde proxies voor draagkracht. Om dicht bij de effectketen te blijven zijn de door ons gekozen proxies varianten op de “oogstbare hoeveelheid voedsel per tij” (Zwarts en Wanink, 1993), een benadering die eerder is toegepast voor de Waddenzee door Zwarts *et al.* (1996) en Kraan *et al.* (2009).



Figuur 11. Schema van het ecologische model met monitoringdatadata modules (cyaan) en programma modules (roze). De pijlen geven weer waar de onderdelen aan bijdragen. Het geel gekleurde onderdeel "job control" bepaalt aan de hand van de "user input" wat er wordt uitgerekend. De berekeningen worden gedaan op het SIBES grid ( $x_i, y_i$ ). Zie de onderstaande tekst voor verdere uitleg. Dit figuur is overgenomen uit Ens et al. 2015;fig. 5-1.

De monitoringdata waarmee het model gevoed wordt zijn de hoogtekarten van Pinkegat en Zoutkamperlaag die twee maal per jaar a.d.h.v. LIDAR-opnames worden gemaakt, de jaarlijkse bodemdiereninventarisaties van NIOZ (SIBES) en IMARES (WOT schelpdieren), de sedimentdata van het NIOZ (SIBES) en de waterstanden van Rijkswaterstaat. Op basis van deze gegevens wordt op een 500x500m grid de

bodemdierendichtheid, de droogvalduur en de sedimentsamenstelling berekend. In het model is per vogelsoort informatie opgenomen over het dieet, verspreiding, habitatvoorkeur en over de periode waarin de soort het meest abundant in de Waddenzee aanwezig is. Daarnaast corrigeert het model voor het verschil tussen de timing van de bemonstering en die periode. Dit gebeurt a.d.h.v. het conditieverloop van de bodemdieren gedurende het jaar. Het model combineert de bovengenoemde informatie tot een aantal proxies voor draagkracht die voor ieder gewenst gebied kunnen worden uitgerekend.

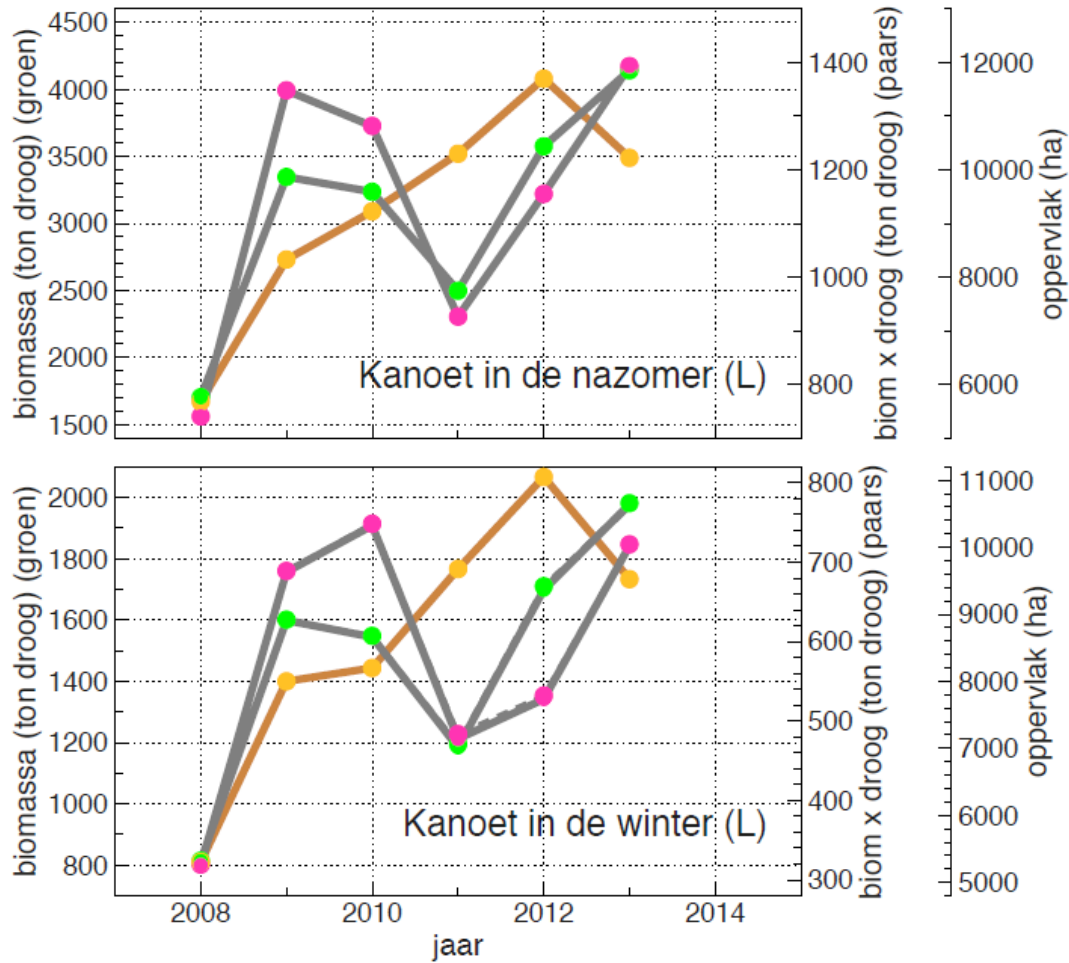
Het model berekent de volgende 5 proxies voor draagkracht.

- De **aanwezige biomassa** op basis van dieet
- De **beschikbare biomassa**. Dit is de aanwezige biomassa gewogen naar de droogvalduur.
- Het **areaal geschikt foerageergebied** op basis van dieet, opnamesnelheid en een energetische drempelwaarde aan wat nog rendabel is.
- De **oogstbare prooibiomassa**. Dit is de biomassa prooidieren in gebieden waarvoor de drempelwaarde wordt gehaald.
- De **beschikbare oogstbare prooibiomassa**. Dit is de oogstbare prooibiomassa gewogen naar droogvalduur.

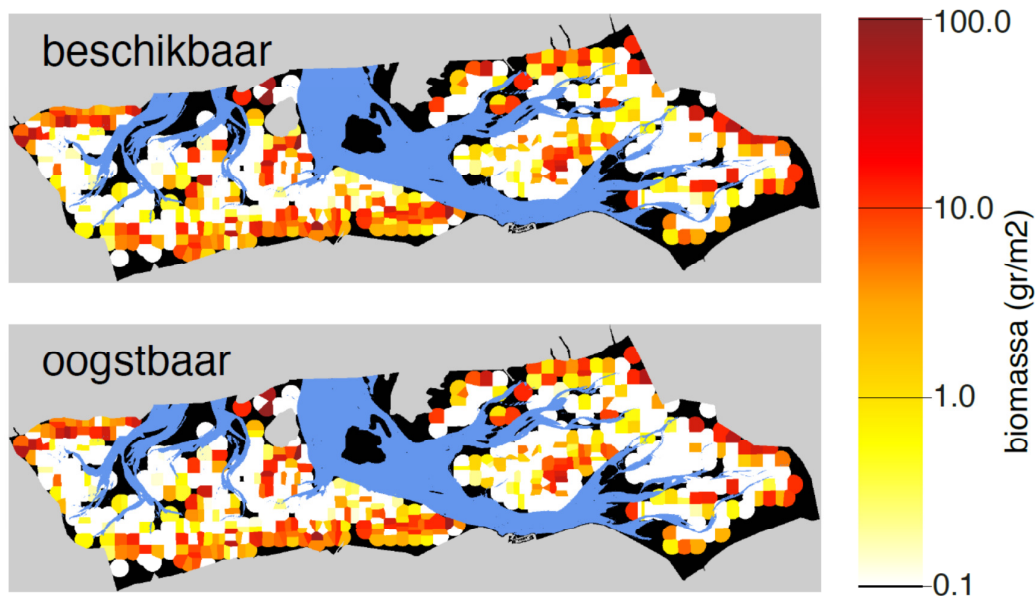
De bovenstaande proxies zijn berekend op basis van verschillende diëten, een zogenaamde short-list van de voornaamste prooisoorten en de long-list waaraan ook de overige mogelijke prooisoorten zijn toegevoegd. De onderstaande figuren (12 & 13) geven een voorbeeld van de model-output voor de Kanoet, zowel voor het najaar als voor de winterperiode. Deze resultaten laten zien dat na 2008 het beschikbare voedsel in Pinkegat en Zoutkamperlaag is toegenomen. Dit geldt zowel voor de aanwezige biomassa, als voor de beschikbare biomassa. Sinds 2011 zijn de aan biomassa gerelateerde proxies weer flink afgenomen en in de jaren 2012 en 2013 nemen die weer toe. De oppervlakte foerageergebied waar de biomassa voedsel groter is dan de voor de Kanoet gekozen drempelwaarde stijgt tussen 2008 en 2012 gestaag. In 2013 lijkt deze weer wat te zijn afgenomen.

De hierboven beschreven patronen zijn ook waargenomen voor de andere 5 onderzochte vogelsoorten (Scholekster, Wulp, Rosse Grutto, Zilverplevier en Kluit). In het model wordt onderscheid gemaakt tussen een strikt dieet en een uitgebreid dieet. Het strikte dieet wordt gevormd door de voornaamste prooisoorten, het zogenaamde stapelvoedsel (short list). Het uitgebreide dieet bevat alle benthosoorten waarvan we weten dat ze wel eens door deze vogels gegeten zijn (long list). Voor de onderzochte vogelsoorten in de periode 2007-2013 volgen de long- en short-list hetzelfde patroon. Natuurlijk is de absolute hoeveelheid voedsel wel verschillend.

Voor de Kanoet zijn modelberekeningen uitgevoerd op basis van de algemene functionele response en a.d.h.v. het zgn. *digestive rate model*. Toepassing van de het *digestive rate model* leidt tot een zeer klein oppervlak geschikt foerageergebied (zie Ens et al. 2015; fig 6-27 / 6-28).



Figuur 12. Verloop van de verschillende proxies voor draagkracht in de komberegingen Pinkegat en Zoutkamperlaag voor de Kanoet voor (c) lange prooijst in de nazomer, (d) lange prooijst in de winter. De waarden voor de aanwezige biomassa (grote groene stippen) en beschikbare biomassa (kleine groene stippen) zijn weergegeven op de linker Y-as. De waarden voor de oogstbare biomassa (grote paarse stippen) en beschikbare oogstbare biomassa (kleine paarse stippen) zijn weergegeven op de rechter Y-as. De waarden voor het areaal geschikt foerageerhabitat (gele stippen) zijn weergegeven op de schaalverdeling rechts naast de grafiek. Deze figuur is afkomstig uit Ens et al. (2015); fig 6-16.



Figuur 13. Ruimtelijke verdeling van het voedselaanbod in 2009 voor de Kanoet berekend volgens de algemene functionele respons en de lange prooilijs: (a) het beschikbare voedselaanbod (d.w.z. het aanwezige voedselaanbod gewogen naar de droogvalduur), (b) het beschikbare oogstbare voedselaanbod (d.w.z. het oogstbare voedselaanbod gewogen naar de droogvalduur). Deze figuur is afkomstig uit Ens et al. (2015); fig. 6-27.

In de afgelopen maanden is het de betrokken onderzoekers gelukt om een werkend model te creëren en daarvoor 6 vogelsoorten informatie over dieet, habitatvoorkeuren, etc. in op te nemen. Dit jaar zal het model verder worden ontwikkeld. De modulaire opbouw van het model staat toe dat het eenvoudig is om aanpassingen in het model aan te brengen en zo ideeën uit te proberen. Doordat veel tijd is geïnvesteerd in een goed versiebeheer en registratie van de modelruns in log-files kunnen tests systematisch worden uitgevoerd en gecontroleerd.

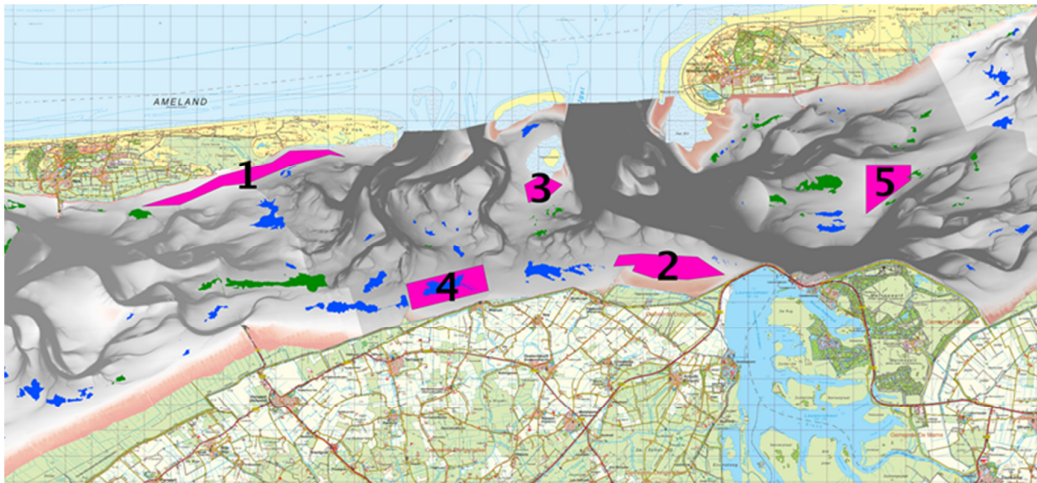
Komend jaar willen we het model uitbreiden met een aantal vogelsoorten. Daarnaast willen we een aantal aspecten aan de invoerdata verbeteren. Denk hierbij o.a. aan het inbouwen van een amplitudekaart voor betere schattingen van de droogvalduur; aan het kwantificeren van prooidieren die naast schelpdieren op mossel- en oesterbanken voorkomen; etc.. Ook willen we komend jaar de proxies voor draagkracht valideren door ze te correleren aan de verspreiding van vogels op HVP's in de hele Waddenzee. Voor vogels die een relatie tonen met het verloop van de proxies kan de betekenis van het verloop van de proxies in de tijd worden geëvalueerd.

#### 4.5 De deelgebieden

In deze paragraaf besteden we aandacht aan de ontwikkelingen van de wadplaten in enkele deelgebieden. Deze deelgebieden zijn weergegeven in figuur 14. Een deel van deze gebieden ligt binnen de contouren van diepe bodemdaling door gaswinning. Onder deelgebied 1 (Ameland-oost) is sinds de start van de winning in 1986 enkele decimeters bodemdaling opgetreden. Onder deelgebied 2 (Paesumerwad) is die diepe bodemdaling sinds 2006 enkele centimeters, terwijl de gebieden 3 (Engelsmanplaat), 4 (Wierumerwad) en 5 (Brakzand) niet in directe zin beïnvloed worden door diepe bodemdaling. Wel liggen ze binnen de grenzen van de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag. In het rapport van Vroom en Beekhuizen (2015) wordt deelgebied 4 als "Ternaard" aangemerkt. Voor de deelgebieden 1, 2 en 3 is gekozen omdat hier ook de



spijkermetingen plaatsvinden. In deelgebied 4 zal binnenkort met Spijkermetingen worden gestart. In deelgebied 5 zijn deze zomer de eerste spijkermeeetopstellingen geplaatst.



Figuur 14: Ligging van de deelgebieden (in roze) in het onderzoeksgebied. Bij de nummers horen de volgende namen: 1= Oost-Ameland, 2= Paesumerwad, 3= Engelsmanplaat, 4= Wierumerwad, 5= Brakzand. Ook weergegeven zijn de contouren van de mosselbanken (blauw) en gemengde mossel-oesterbanken (groen) voor het jaar 2013. Deze figuur is afkomstig uit Ens et al. 2015; fig. 4-1.

Analyse van de LIDAR-data voor deelgebieden laat relatief grote verschillen zien in sedimenthoogte tussen jaren. Hierbij moet worden opgemerkt dat correctie van LIDAR-opnames a.d.h.v. vaste meetpunten op het land plaatsvindt voor de kaart van Pinkegat en Zoutkamperlaag als geheel en niet op het niveau van de deelgebieden.

Voor Ameland Oost was 2010 een uitzonderlijk jaar waarin het areaal wadplaten in de range 0.2-0.4 m boven NAP twee maal zo groot was als in de daarop volgende jaren. Dit was ook goed zichtbaar in de hypsometrische curve (Vroom en Beekhuizen, 2015; fig. 5.7-5.8 en werd enigszins bevestigd door de spijkermetingen (Krol, 2015; fig. 21). De spijkermetingen tonen echter dat de wadplaat in dit deelgebied ook in het voorjaar van 2011 nog hoog lag, terwijl de LIDAR-data suggereert dat dit niet zo is. Terwijl de spijkermetingen in de periode 2010-2015 en redelijk stabiele wadplaathoogte laten zien, met een enkele afname van de wadplaathoogte in het najaar van 2011, tonen de LIDARopnames geen trendmatige ontwikkeling.

Het onderzoek naar draagkracht van de wadplaten als foerageergebied voor vogels laat zien dat het wad onder oost-Ameland relatief belangrijk is voor bijvoorbeeld de Kanoet, Scholekster, Wulp, etc. hetgeen veroorzaakt wordt door het aanwezige voedsel in dit gebied (Ens et al. 2015; fig. 6-26). Dit geldt overigens voor alle 5 de deelgebieden. Voor de Wulp is ook de ontwikkeling van de deelgebieden in de tijd (2008-2013) uitgewerkt. Voor oost-Ameland was de hoeveelheid voedsel in 2010 het hoogst. Het nader analyseren van dergelijke trends a.d.h.v. modelanalyses komt dit jaar aan bod (Paragraaf 4.4).

Op het Paesumerwad is sinds 2010 veel sedimentatie opgetreden. Het wad is omhoog gekomen (Fig. 10), al komt dit uit de LIDAR-data niet duidelijk naar voren (Vroom en Beekhuizen 2015; fig. 5.9). Uit de modelanalyses blijkt dat 2010 en 2013 jaren waren met een relatief hoge voedselbeschikbaarheid (Ens et al. 2015; fig. 6-29). Op het oog lijkt

er geen relatie te zijn met de ontwikkeling van de wadplaathoogte. De variatie in het prooiaanbod (biomassa bodemdieren) veroorzaakt deze trend.

De Engelsmanplaat is het enige deelgebied waarvoor de hoogste voedselbeschikbaarheid voor de Wulp in 2011 is waargenomen. De spijkermetingen tonen dat 2011 een jaar was waarin erosie in het gebied de overhand had. Het is mogelijk dat de periode van sedimentatie (2010-2011) een positief effect heeft gehad op de ontwikkeling van de voedselbeschikbaarheid voor de Wulp.

De trends in voedselbeschikbaarheid in de deelgebieden Brakzand en Ternaard zijn vergelijkbaar met die van oost-Ameland en het Paesumerwad. Inzicht in de erosie en sedimentatie in deze deelgebieden om basis van spijkermetingen is nog niet beschikbaar. De LIDAR-data toont echter een gestage toename in wadplaathoogte voor deelgebied Ternaard en een redelijk stabiele situatie voor het Brakzand. De afname van de proxy voor draagkracht in deze gebieden na 2010 is dan ook niet het gevolg van een afname van de wadplaathoogte, maar van de ontwikkeling van de biomassa bodemdieren.

De deelgebieden laten zien dat delen van het wad die direct onder invloed staan van diepe bodemdaling zich vergelijkbaar gedragen als delen van het wad waar dat niet voor geldt. Het generieke patroon in Ens et al. (2015; fig 6-29) beperkt zich niet tot een enkel kombergingsgebied. De onderzoekers verwachten dat (waddenzeebrede) rekrutering van schelpdieren en wormachtigen aan dit patroon ten grondslag liggen. Er zijn in de data vooralsnog geen indicaties dat bodemdaling door gaswinning van invloed is op de waargenomen ontwikkelingen in de draagkracht voor vogels in het gebied.

## 5 De kwelder 'Paesumerlannen'

De kwelder Paesumerlannen staat onder invloed van diepe bodemdaling door productie uit de gasvelden Moddergat en Nes. De bodemdalingsnelheid onder de kwelder is 2 millimeter per jaar. De uiteindelijke diepe bodemdaling in 2035 zal zo'n 8 tot 10 centimeter bedragen. Aan het maaiveld wordt minder invloed van diepe bodemdaling verwacht omdat de kwelder opslibt. Opslibbing vindt plaats wanneer een kwelder met stormvloed overstroomt. Opslibbing is het hoogst op delen van kwelders die het eerst en meest regelmatig overspoeld worden. In de 'jonge kwelder' worden opslibbingsnelheden tot 15-25 millimeter per jaar gerapporteerd (Pethick, 1981; Dijkema et al. 2007). Het middendeel van de kwelder ontvangt veel minder sediment en het oude, vaak ingepolderde deel van kwelders het minst. De gerapporteerde sedimentatiesnelheden in oudere delen van kwelders variëren van 2 tot 7 millimeter per jaar (Frostick & McCave, 1979; Esselink et al. 1998).

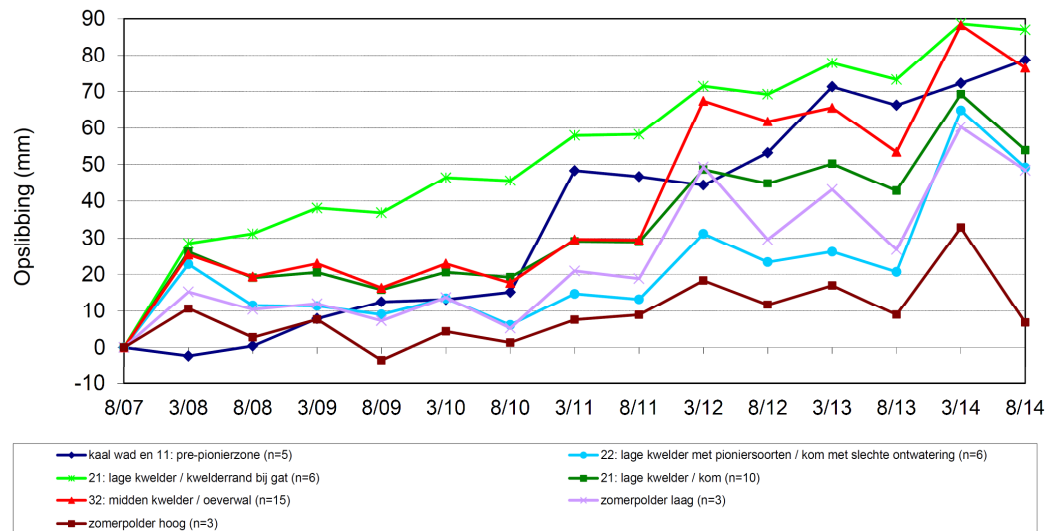
Ook op het aan de kwelder aangrenzende Paesumerwad worden sedimentatiemetingen uitgevoerd. Dit doet het Natuurcentrum Ameland op basis van spijkermetingen. Parallele metingen laten zien dat de verschillende methodes vergelijkbare resultaten opleveren (Tab. 4).

Tabel 4: Vergelijking van sedimentatiemetingen van NCA en IMARES op overgang van kwelder naar wad. Er zijn 3 groepjes van 3 vrij dicht bij elkaar liggende punten (eerst meetpunt(en) van NCA gevolgd door die van IMARES). Deze tabel is overgenomen uit van Duin en Sonneveld 2015; tab. 3.1.

Meetpunt	aug 2007-aug 2014	aug 2010-aug 2014
	mm/jr.	mm/jr.
P10 (NCA)	16	11
P20 (NCA)	11	3
P32 (IMARES)	2	14
P140 (NCA)	9	9
P37 (IMARES)	16	13
P38 (IMARES)	25	22
P120 (NCA)	12	-3
P44 (IMARES)	9	10
P45 (IMARES)	15	20
Gemiddeld	12.6	11

Van Duin en Sonneveld (2015) schrijven dat een opslibbing van ca. 4 mm/jr voldoende is om het effect van zeespiegelstijging en bodemdaling door gaswinning te compenseren. Op de Paesumerlannen voeren zij sinds 2007 sedimentatiemetingen uit. Dit gebeurt aan de hand van de zgn. SEB-metingen. De daarbij horende meetopstellingen liggen over de kwelder verspreid. Tijdens de storm van 28 oktober 2013 is een grote hoeveelheid slib op het voor de kwelder gelegen wad terecht gekomen (Krol, 2015). De daaropvolgende decemberstorm heeft dit slib naar de kwelder verplaatst. Dit is te zien aan de hoge opslibbing die is gemeten in maart 2014 in de meeste vegetatiezones (Fig 15).

Op zeven van de 38 meetpunten is over de afgelopen 7 jaar een gemiddeld lagere opslibbing gemeten dan 4 mm/j. Vier van deze punten liggen in de zomerpolder, één op het wad (tot 2010 erosie, maar vervolgens enkele jaren een sterke opslibbing), één in een poel (afwisselend verweking en uitdroging) en één ver weg van het wad en sediment-aanvoerende geulen.



Figuur 15: Maaiveldhoogteontwikkeling (mm) bij de 30 oorspronkelijke meetpunten in de pionierzone, lage en midden kwelder en zomerpolder van 1995-2007. Deze figuur is overgenomen uit van Duin en Sonneveld (2015); fig.3.1.

In deze kweldermonitoring worden ook referentiegebieden meegenomen. Dit zijn delen van de Groningerkwelder die niet onder invloed staan van bodemdaling. De op deze referentiekwelders gemeten sedimentatiesnelheid was lager dan op de Peasumerlannen.

Los van de recente uitbreiding van de pionierzone (Fig. 16) is de rest van de Peasumerlannen aan successie en veroudering onderhevig. Dit blijkt ook uit de vegetatieopnames die in 2014 zijn uitgevoerd. Er heeft in negen pq's successie plaatsgevonden en in drie pq's een lichte regressie. Dit zijn alle drie pq's die op de grens van lage kwelder en pionierzone liggen. De oorzaak van deze lichte regressie ligt bij twee van deze pq's vooral in het feit dat er een vrij sterke uitbreiding van Engels slijkgras heeft plaatsgevonden, die voor een klein deel ten koste is gegaan van Gewoon kweldergras, maar vooral ten koste van onbegroeide delen. In dat opzicht is dus eigenlijk sprake van successie, maar voor het vegetatietype betekend het regressie. Deze uitbreiding van Engels slijkgras is niet het gevolg van bodemdaling.



Figuur 16: De uitgebreide (pre-)pionierzone met voornamelijk Zeekraal die ook in 2014 weer aanwezig was (foto vanaf pq 38 richting Lauwersoog). Deze foto is overgenomen uit van Duin en Sonneveld (2015); foto 3.1.

De Peasumerlannen is aan veroudering onderhevig. In principe werkt bodemdaling dit verouderingsproces tegen. De vertraagde netto ophoging van het maaiveld tijdens de bodemdalingsperiode is echter zo klein dat hierdoor hooguit lokaal de veroudering van de kweldervegetatie vertraagd kan worden. Dit kan gezien worden als een positief neveneffect van gaswinning, maar de bodemdaling is niet groot genoeg om het verouderingsprobleem grootschalig en langdurig op te lossen.

## 6 Het Lauwersmeergebied

### 6.1 Bodemdaling in het Lauwersmeergebied

Op de platen en lobben van het Lauwersmeergebied (Fig. 17) treedt geen sedimentatie op die het effect van bodemdaling teniet doet. Bodemdaling door gaswinning in het Lauwersmeergebied is hierdoor meetbaar aan het maaiveld. Dit kan er lokaal toe leiden dat de grondwaterstand dichterbij het maaiveld komt te liggen waardoor het drassiger wordt. Vernatting kan veranderingen in de biochemische condities tot gevolg hebben, bijvoorbeeld door een geringere beschikbaarheid van zuurstof in de bodem. Hierdoor zal

de mineralisatie van plantenresten verminderen en kan de bodem verzuren. Zo kan bodemdaling invloed hebben op de ontwikkeling van de vegetatie in het gebied. Omdat in een deel van het gebied brak grondwater tot dicht onder het maaiveld voorkomt, leidt op deze locaties vernatting door bodemdaling in theorie tot meer zoute invloed op de vegetatie. Naast effecten op de vegetatie heeft vernatting ook invloed op sommige diersoorten. Bijvoorbeeld voor muizen die in de bodem leven kan vernatting leiden tot een verschuiving van hun leefgebied.

Het Lauwersmeergebied is aangewezen als vogelrichtlijngebied. De instandhoudingsdoelen betreffen de draagkracht van het gebied voor aantallen vogels en broedparen van bepaalde soorten. Voor het Lauwersmeergebied zijn geen beschermde habitattypen geformuleerd. De draagkracht voor vogelsoorten wordt vertaald in vegetatiestructuur die geschikt is om te foerageren of te broeden.

Het nieuwe monitoringprogramma (NAM, 2014a) voor de periode 2014-2019 beoogt de draagkracht van het Lauwersmeergebied voor vogels te meten. Hierbij focust het programma op broedvogels. Als proxy voor draagkracht wordt de vegetatiestructuur geanalyseerd langs transecten (Fig. 17). Hierbij gaat het om aspecten die relevant zijn voor de broedvogels, zoals bijvoorbeeld de oppervlakte “dicht waterriet”, de toename van “open middelhoog struweel”, etc.. Ook de broedvogels zelf worden gemonitord met als doel de bruikbaarheid van de vegetatiestructuurkenmerken als proxies voor draagkracht te gaan valideren. In het nieuwe monitoringprogramma is het aantal gebieden waarin vogels worden gemonitord toegenomen. Er zijn twee deelgebieden waar wel vegetatiemetingen maar geen vogeltelling worden verricht. Dit zijn “de Lasten” en “Juffrouw Alie”. Deze deelgebieden worden gevolgd vanwege hun interessante vegetatietype.



Figuur 17: Kaart van het Lauwersmeergebied met daarop de bodemdalingcontouren, ligging van de vogeltelgebieden (grijze vlakken) en de transecten waarlangs de vegetatiestructuur wordt bepaald. Deze figuur is afkomstig uit Kleefstra en de Boer (2015);fig. 2.

Wanneer er nadelige veranderingen in vegetatiestructuurkenmerken optreden moet worden aangetoond dat deze niet het effect zijn van bodemdaling door gaswinning. Hiertoe dienen de zogenaamde PQ-metingen, grondwaterpeil- en -chemiemetingen en bodemchemiemetingen die langs de transecten plaatsvinden. Voor details over de opzet van deze monitoring wordt doorverwezen naar Bakker et al. (2015). In de pq's wordt de vegetatie op soortniveau bepaald, gekwantificeerd en ingedeeld in vegetatietypen. Veranderingen in de pq's kunnen direct gekoppeld worden aan veranderingen in het grondwater en in de toplaag van de bodem, kenmerken die het eerst veranderen als significante bodemdaling optreedt (Fig. 2).

Naast het meten van vegetatiestructuurkenmerken voor broedvogels wordt in 2014 een start gemaakt met het meten van de muizenpopulatie in het gebied als voedselbron voor o.a. roofvogels. Dit wordt uitgebreid behandeld in paragraaf 6.8.

## **6.2 Invloed van beheer**

De belangrijkste sturende variabele die de ontwikkeling van de vegetatie in het Lauwersmeergebied bepaalt is het natuurbeheer. Dit is immers bedoeld om de vegetatieontwikkeling te sturen. Het beheer bestaat uit maaieregimes en uit beweiding in deelgebieden. Ter interpretatie van de monitoringgegevens worden gegevens over de mate van beweiding tegenwoordig meegenomen en gerapporteerd (Bakker et al. 2015; Kats en de Boer 2015). Het gevoerde beheer en de veebezetting zijn in de afgelopen jaren weinig veranderd. Als we kijken naar een langere periode, zijn wel veranderingen zichtbaar. Zo is de som van het aantal Konikpaarden dat jaarrond delen van het Lauwersmeer begraaft sinds 1999 verdubbeld.

De veebezetting op de zuidelijke platen (zuidelijke Ballastplaat, Schildhoek, Zoutkamperplaat, Blikplaat en Sennerplaat) is in 2014 voor het eerst verzameld. Hier gaan we de komende jaren mee door om de invloed van het beheer op de vegetatiestructuur te kunnen analyseren.

Veranderingen in het rietbeheer is ook een vorm van beheer dat direct van belang is, mede vanwege de directe link met broedvogels van nat overjarig riet. In 2013 is de commerciële rietooft in Staatsbosbeheer terreinen in het Lauwersmeer gebied gestopt, waardoor op sommige plaatsen, zoals op de zuidoever van de zuidelijke Ballastplaat, al het overjarig riet is blijven staan.

Naast natuurbeheer kan ook het waterpeilbeheer van invloed zijn. Dit is in ieder geval een belangrijke factor omdat een gemiddeld hoger waterpeil mogelijk vergelijkbare effecten geeft als bodemdaling door gaswinning. Fluctuatie in het waterpeil zorgen voor overstromingen in het gebied (Bijvoorbeeld figuur 18). Deze overstromingen treffen echter hoofdzakelijk de randen van de platen. Bijkerk et al. (2014) heeft onderzocht in hoeverre het meerpeil van invloed is op het grondwaterpeil in de peilbuizen die bij de pq's, langs de transecten zijn opgesteld. Uit deze analyse blijkt dat het grondwaterpeil hoofdzakelijk beïnvloed wordt door de mate van neerslag en verdamping. Een duidelijke relatie tussen grondwaterstandsverloop en bodemdaling is vooralsnog niet aantoonbaar aanwezig. Ook is er nog geen sprake van een trendmatige verhoging van de grondwaterstanden ten opzichte van het maaiveld, die je bij bodemdaling zou verwachten. In 2016-2017 zal er een experiment worden uitgevoerd met een gedempt peil (verschil). Wellicht dat er dan effecten op de grondwaterstand waarneembaar zijn.



Fig uur18: Extreem hoog water in het Lauwersmeer op 6 januari 2012. (Foto: Nico Beemster)

Naast bodemdaling door gaswinning wordt de maaiveldhoogte in het Lauwersmeergebied beïnvloed door opslibbing, inklink en erosie. In 2014 zijn daarom sedimentatie-erosie balken (SEB) geplaatst om deze factoren te kunnen meten. De eerste metingen zullen in 2015 worden uitgevoerd.

### **6.3 Bodemdaling onder het Lauwersmeergebied**

Diepe bodemdaling onder het Lauwersmeergebied wordt voor het grootste deel veroorzaakt door de productie uit het Anjum gasveld. Deze productie is gestart in 1997 en de hierdoor ontstane bodemdaling bedraagt ca. 10 centimeter op het diepste punt. Naast Anjum zijn er kleinere velden ten zuidoosten van de Lauwersmeer in productie, zoals Munnekezijl, Houwerzijl, Saaksum-West. In het kader van de MLV-winningen die in 2006 zijn gestart, is een aantal velden in productie genomen ten noorden, noordwesten en oosten van het gebied, vanaf de locaties de Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (Fig. 1). De sinds 2006 opgetreden bodemdaling in het gebied bedraagt ca. 3-4 centimeter bij Anjum en nul tot 2 centimeter onder de rest van het gebied. In de voorspelde eindsituatie (2050) is er maximaal 8 centimeter bij Anjum bijgekomen, een totaal van 18 cm (NAM, 2014b).

### **6.4 Vegetatiestructuurmetingen**

In figuur 17 wordt een overzicht gegeven van de transecten waarlangs in 2014 de vegetatiestructuurmetingen zijn uitgevoerd. Het doel is deze metingen om het jaar uit te voeren en ontwikkelingen van vegetatiestructuurkenmerken in de tijd te analyseren. De helft van deze transecten is nieuw en daarom in 2014 voor het eerst gemonitord. We kunnen nog niet veel zeggen over ontwikkelingen in de tijd. In de deelgebieden waarin al langere tijd de vegetatiestructuur gemonitord wordt, is sinds 2008 sprake van een toename van het areaal open grasland. Ook in de andere deelgebieden is grasland een belangrijke component. Een uitzondering vormt het deelgebied Sennerplaat dat vooral uit rietland bestaat.

De twee deelgebieden de Lasten en Juffrouw Alie kennen beide een maairegime dat gericht is op het versralen van de bodem. De aanwezige soortenrijke duinvalleivegetaties op het veldje van Juffrouw Alie was in 2014 onveranderd in vergelijking met de jaren ervoor. Op de Lasten is een duidelijke toename van de duinvalleivegetatie en een afname van de kweldervegetatie waargenomen. Een verschuiving van de rietzone duidt mogelijk op drogere omstandigheden in dit gebied.



De afname in kweldersoorten wordt ook vanuit de pq's bevestigd. In deze gebieden vindt geen beweiding plaats.

De overige deelgebieden die al gedurende langere tijd gemonitord worden zijn de Bantswal, de Rug en de Zuidelijke Lob. Deze gebieden worden beweid met paarden, pony's en koeien. Sinds 2013 is het aantal stuks vee gelijk gebleven. Een uitzondering vormt de afname in winterbegrazing van de Batswal door Schotse Hooglanders. Een extra effect van begrazing is ontstaan op de Zuidelijke Lob waar de beheerder de prikkeldraad exclave heeft verwijderd en de aanwezige rietvegetaties zijn afgegraasd. Dit betrof echter een zeer klein deel van dit deelgebied. In alle drie de deelgebieden is schade door storm waargenomen. Dit uit zich in afslag van de oever en schade aan de schietwilgen op de Rug. Ook is op de Rug een afname van de kruipwilgstruwelen waargenomen. De vegetatieopnames in de pq's tonen echter dat dit een tijdelijk fenomeen is. Op de Zuidelijke Lob is sprake van afslag van de vegetatie, waarbij een stukje voedselrijke graslanden is vervangen door open water. Als gevolg van de afslag is er een toename van de oppervlakte kale bodem en pioniervegetatie.

#### **6.4 Nieuwe deelgebieden in 2014**

Deelgebieden waarvoor in 2014 voor het eerst transectmetingen zijn gedaan zijn de Zuidelijke Ballastplaat, Schildhoek, de Zoutkamperplaat, de Blikplaat en de Sennerplaat. In onderstaande tabel 5 is een overzicht opgenomen van de vegetatiestructuurtypen langs de transecten op deze terreindelen, alsmede een overzicht van de meest voorkomende broedvogels in het corresponderende proefvak in 2014.

Tabel 5: Overzicht van de vegetatiestructuur en broedvogelterritoria in deelgebieden die in 2014 in de vegetatiemonitoring zijn opgenomen.

Deelgebied	Vegetatiestructuurtype	Broedvogelinventarisatie (Soorten met >10 territoria)
Zuidelijke Ballastplaat	Het transect op de Zuidelijke Ballastplaat bestaat voornamelijk uit verschillende typen struwelen (82%) en open grasland (17%).	Krakeend; Wilde eend; Kievit; Veldleeuwerik; Graspieper; Rietzanger; Grasmus; Fitis; Rietgors
Schildhoek	Het transect op Schildhoek bestaat voornamelijk uit grasland (59%) en landriet (35%).	Grauwe Gans; Krakeend; Wilde eend; Kievit; Veldleeuwerik; Graspieper; Blauwborst; Rietzanger; Kleine karekiet; Fitis; Rietgors
Zoutkamperplaat	Het transect op Zoutkamperplaat bestaat voornamelijk uit landriet (47%), grasland (39%), en in mindere mate struwelen (9%). Ook is dicht bos (4%) aanwezig.	Rietzanger; Grasmus; Tjiftjaf; Graspieper; Winterkoning; Blauwborst; Sprinkhaanzanger; Fitis; Vink
Blikplaat	Het transect op de Blikplaat bestaat veelal uit landriet (76%) en grasland (17%). Ook zijn struwelen aanwezig (6%).	Graspieper; Blauwborst; Rietzanger; Fitis; Rietgors
Sennerplaat	Het transect op de Sennerplaat bestaat veelal uit landriet (83%) en struwelen (13%).	Rietzanger; Kleine Karekiet; Fitis; Baardman; Rietgors

## 6.5 Broedvogelinventarisatie

Vanaf 2014 is in toenemende mate een koppeling gelegd tussen broedvogel- en vegetatiemonitoring. In 2014 bestond de broedvogelinventarisatie uit 13 proefvakken met een gezamenlijke oppervlakte van circa een vijfde deel van het gehele Lauwersmeergebied. Van de 91 integraal te karteren soorten werden er in 2014 48 vastgesteld, waarvan er 27 op de Rode Lijst van Nederlandse broedvogels staan.

Ten opzichte van 2012 is een toename van grasslandsoorten en broedvogels van nat-overjarig riet waargenomen. Het stoppen van de rietoogs in o.a. de Kollumerwaard is gunstig voor de laatst genoemde soorten, o.a. voor Natura 2000-soorten Roerdomp, Bruine Kiekendief en Snor. Er zijn ook soorten die een terugval laten zien ten opzichte van 2012, het gaat om o.a. Grauwe gans, Buizerd, Kluut, Nachtegaal, Grauwe vliegenvanger en Matkop. De soorten Paapje en Zomertortel zijn in 2014 niet meer als broedvogel vastgesteld.

In de proefvakken die al meerdere jaren achtereen worden geïnventariseerd is de toename van struweelvogels de gemene deler. Deze toename lijkt het sterkst in begraasde delen.

Van 13 gekwalificeerde Natura 2000-soorten zijn er in de praktijk nog maar 2 die instandhoudingsdoelen halen; Blauwborst en Snor. Van de overige 11 werden er 4 in 2014 niet meer als broedvogel vastgesteld (Grauwe Kiek, Noordse Stern, Velduil, Paapje). Het verdwijnen van de Noordse Stern als broedvogel wordt gerelateerd aan de opkomst van de vos in het gebied (Kats en de Boer, 2015). Voor de Velduil en Grauwe Kiekendief is mogelijk de voedselbeschikbaarheid een sturende factor. Meer hierover wordt beschreven in paragraaf 6.8.

## 6.6 Ontwikkeling van de vegetatie in de pq's

Op pq-niveau zijn op basis van 2014 enkele veranderingen waargenomen. Kruiwilg is in alle vegetatietypen toegenomen en Duinriet lijkt niet verder af te nemen. Kweldersoorten, met name Zilte rus, namen binnen de zilte pioniersvegetaties en de

overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver van 2007 tot en met 2012 toe in bedekking. De nog sterker aan zilte omstandigheden gebonden soorten als Kortarige zeekraal en Schorrekruid veranderden binnen de pq's weinig in bedekking. In 2013 en 2014 is bedekking aan kweldersoorten weer nagenoeg gelijk aan de situatie in 2007, vooral door teruglopende bedekking van Zilte rus. De Lasten is het enige deelgebied waar in 2014 sprake is van een duidelijke afname van kweldersoorten.

Bodemmonsters die in 2014 zijn genomen wijzen uit dat de pH in de toplaag van de bodem afneemt, vooral in de duinvalleivegetaties op de Rug en bij Juffrouw Alie. Dit komt door de afbraak van organisch materiaal en het uitspoelen van kalk. Dit treedt niet op in de zilte pioniervegetaties waar de bodem gebufferd is door het brakke grondwater.

### **6.7 Discussie en conclusies over 2014**

De uitgevoerde structuurmetingen vormen in potentie bruikbare proxies voor het monitoren van draagkracht voor broedvogels in het Lauwersmeergebied. De transectmetingen lenen zich goed voor het van jaar tot jaar vaststellen van veranderingen in de vegetatie. Toch wijkt het schaalniveau van de transectmetingen te veel af van het schaalniveau van de broedvogelinventarisatie om veranderingen uit beide inventarisaties te correleren en zodoende de zeggingskracht van de gekozenproxies voor draagkracht te valideren. Voor komend jaar wordt onderzocht in hoeverre het vlakdekkend vaststellen van vegetatiestructuur a.d.h.v. stereoscopische luchtfotointerpretatie mogelijk is.

Analyse van de vegetatieopnames in de pq's laat zien dat waargenomen veranderingen niet correleren met bodemdaling door gaswinning in het gebied. Effecten van bodemdaling zijn ook nog niet verwacht aangezien de mate van bodemdaling sinds 2006 nog zeer gering is.

### **6.8 Muizen als voedselbron voor roofvogels**

De muizenplaag die Friesland dit jaar trof, trok een groot aantal roofvogels aan. Verhalen doen de ronde dat er tientallen jagende velduilen in het door muizen bevolkte gebied zijn waargenomen. Volgens onderzoekers van het bureau Altenburg & Wymenga is ook in het Lauwersmeergebied een koppeling tussen de muizen- en roofvogelpopulaties waarneembaar. De muizenpopulaties vormen als zodanig een proxy voor draagkracht van het gebied voor roofvogels (Kiekendieven, Torenvalk, Ruigpootbuizerd, Buizerd) en ook reigerachtigen (Grote zilverreiger, Roerdomp).

Omdat muizen gevoelig zijn voor vernatting en inundatie is een effect van bodemdaling door gaswinning op de muizenpopulaties in het gebied denkbaar. De NAM heeft daarom besloten om de ruimtelijke en temporele variatie in muizen- en roofvogeldichtheid de komende jaren te gaan monitoren. In het verleden is al veel onderzoek gedaan naar het voorkomen van muizen en roofvogels in het Lauwersmeer (o.a. Beemster *et al.* 1989, Beemster & Dijkstra 1991, Beemster 1994, Dijkstra *et al.* 1995, Dijkstra & Zijlstra 1997, Beemster & Vulink 2013). Met behulp van deze gegevens, aangevuld met ongepubliceerde gegevens (Beemster ongepubl.), kan nieuwe monitoring in de periode 2015-2019 in perspectief geplaatst worden.

Voorgesteld wordt om de muizenpopulatie jaarlijks op elf locaties jaarlijks te bemonsteren (Bijlage 1). De locaties verschillen onderling in de mate van isolatie (eilanden, schiereilanden), de hoogte op de plaat (en daarmee kans op inundatie) en het vegetatiebeheer (seizoensbeweiding, jaarrondbeweiding, seizoensbeweiding in

combinatie met jaarrondbeweiding en onbeweid). De bemonstering vindt plaats in het najaar (eind september - begin oktober), wanneer de muizenpopulatie gewoonlijk op zijn hoogst is. Fluctuaties in de muizenpopulatie kunnen beter worden beschreven wanneer de bemonstering 2-3 maal of nog vaker per jaar plaats vindt (Beemster & Dijkstra 1991).

Maandelijks vindt in het Lauwersmeer een vogeltelling plaats met behulp van vrijwilligers. Roofvogels worden op deze telling op een kaart ingetekend, waarbij aanvullend het gedrag, de sexe en de leeftijd van waargenomen vogels worden genoteerd.

## **7 Eindconclusies**

De bodemdalingsnelheid onder de Waddenzee door de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen blijft binnen de toegestane gebruiksruimte. Wel is de belasting van het Pinkegat hoger dan vorig jaar werd ingeschat. Dit omdat er vanuit gegaan wordt dat een watervoerendpakket onder het Pinkegat meedepleteert met het gasveld Ameland.

Aan de hand van de wadhoogtemetingen en sedimentatiemetingen wordt dan ook geen afname van de wadhoogte of het plaatareaal/ droogvalduur gemeten. De spijkermetingen laten duidelijk het effect van de stormen zien die eind 2013 hebben plaatsgevonden. Ook op de kwelder Paesumerlannen is tijdens de decemberstorm (2013) veel slib op de kwelder achter gebleven. Uit de vegetatieopnames blijkt dat op bijna de hele kwelder sprake is van successie.

Voor de wadplaten vindt integratie van surveydata plaats in een ecologisch model dat proxies voor draagkracht voor vogelsoorten berekend. Dit model is gedurende 2014 ontwikkeld en kan worden ingezet voor 6 Natura 2000-doelsoorten. Dit jaar zal het model verder worden verbeterd, uitgebreid voor meer vogelsoorten en worden gevalideerd d.m.v. vergelijking met vogelaantallen op HVP's.

In het Lauwersmeergebied wordt sinds de start van de nieuwe Waddenwinnings in 2006 nog nauwelijks bodemdaling waargenomen. Variaties in de grondwaterstand, -chemie, bodemchemie correleren wel met de aanwezige vegetatie, maar niet met de mate van bodemdaling door gaswinning. Op het niveau van de transectmetingen zijn veranderingen in de vegetatiestructuur vooral toe te schrijven aan de autonome ontwikkeling van het gebied en het beheer (beweiding en maaien). Validatie van de vegetatiestructuurmetingen a.d.h.v. de verspreiding van de broedvogels is niet goed mogelijk door het verschil in schaalniveaus waarop beide surveys plaatsvinden.

Op basis van het 8<sup>ste</sup> monitoringjaar kan geconcludeerd worden dat de bodemdaling als gevolg van de waddenwinnings in zowel de Waddenzee als het Lauwersmeer vooralsnog geen effecten heeft gehad op de natuurwaarden en instandhoudingsdoelen. Dit is in lijn met de waarnemingen en de daaruit getrokken conclusies van de monitoring sinds 2007.

## **8 Literatuur**

Altenburg W., Beemster N., van Dijk K., Esselink P, Prop D. & Visser H. 1985. Ontwikkelingen van de broedvogelbevolking van het Lauwersmeer in 1978-83. *Limosa* 58: 149-161.

- Andersen T. J., M. Pejrup (2001) Suspended sediment transport on a temperate, microtidal mudflat, the Danish Wadden Sea. *Marine Geology* 173 (1–4), 69–85
- Arentz L., en Vroom (2014) Analyse Lidar data voor Het Friesche Zeegat (2010–2013). Monitoring effect bodemdaling door gaswinning. Deltares rapport.
- Austen I, T.J. Andersen, K. Edelvang (1999) The Influence of Benthic Diatoms and Invertebrates on the Erodibility of an Intertidal Mudflat, the Danish Wadden Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 49, 99–111
- Bakker, Bijkerk & Buijs (2015) Monitoring effecten van bodemdaling op vegetatie in de Lauwersmeer. Achtste voortgangsrapportage (2014). A&W-rapport 2084
- Bartholdy J., D. Anthony (1998) Tidal dynamics and seasonal dependent import and export of fine sediment through a back barrier tidal channel of the danish Wadden Sea. Society for Sedimentary Geology (SEPM) Special Publication No 61 ISBN 1 56576 059 X
- Beemster, N. & C. Dijkstra 1991. Roofvogels in de Nederlandse wetlands: 1. Variaties in voedselaanbod: woelmuizen. Intern rapport 1991-21 lio. Rijkswaterstaat, Directie Flevoland, Lelystad.
- Belle, J. van 2014. Vegetatieontwikkeling en broedvogelontwikkeling in het Lauwersmeer. A&W-notitie 2129lav-1. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Beukema J. J., (1976) Biomass and species richness of the macro-benthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 10, 236–261
- Beusekom R. van, Huigen P., Hustings F., de Pater K. & Thissen J. 2005. Rode Lijst van de Nederlandse broedvogels. Tirion Uitgevers BV, Baarn.
- Bijkerk, W., R. Bakker & R. Buijs 2014. Monitoring effecten van bodemdaling op vegetatie in de Lauwersmeer. Zevende voortgangsrapportage (2014). A&W-rapport 1957. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Borsje B. W., M. B. de Vries, S. J.M.H. Hulscher and Gerben J. de Boer (2008) Modeling large-scale cohesive sediment transport affected by small-scale biological activity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 78 468-480
- Chang T. S., O. Joerdel, B. W. Flemming, A. Bartholom (2006) The role of particle aggregation/disaggregation in muddy sediment dynamics and seasonal sediment turnover in a back-barrier tidal basin, East Frisian Wadden Sea, southern North Sea. *Marine Geology* 235 (1–4) 49–61
- Christiansen C., G. Vølund, L. C. Lund-Hansen, J. Bartholdy (2006) Wind influence on tidal flat sediment dynamics: Field investigations in the Ho Bugt, Danish Wadden Sea. *Marine Geology* 235, 1–4, 20 75–86
- Compton T. J., J. van der Meer, S. Holthuijsen, A. Koolhaas, A. Dekinga, J. ten Horn, L. Klunder, N. McSweeney, M. Brugge, H. van der Veer and T. Piersma (2013) SYNOPTIC INTERTIDAL BENTHIC SURVEYS ACROSS THE DUTCH WADDEN SEA 2008 to 2011. NIOZ 2013-1
- Dekker R. (2011) Macrozoobenthosonderzoek MWTL, voor en najaar 2009, Waterlichaam: Waddenzee (Balgzand en sublitorale westelijke Waddenzee) Rijkswaterstaat rapportnummer BM10.01
- Deltaprogramma 2013 Waterstaatkundige samenhang kust RWS Waterdienst. Eindredactie Deltaprogramma – Kust, [www.deltaprogramma.nl](http://www.deltaprogramma.nl)
- Dijkema K. S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, P.W. van Leeuwen (2007) Monitoring van kwelders in de Waddenzee. Rapport in het kader van het WOT programma Informatievoorziening. Natuur i.o. (WOT IN). Alterra-rapport 1574 / IMARES-rapport C104/07 WOT IN serie nr. 5 Alterra, Wageningen
- Duk-Geun Honga D. G., M. S. Choib, J. Hanb, C.-S. Cheong (2003) Determination of sedimentation rate of a recently deposited tidal flat, western coast of Korea, using IRSL dating. *Quaternary Science Reviews* 22, (10–13) 1185–1189

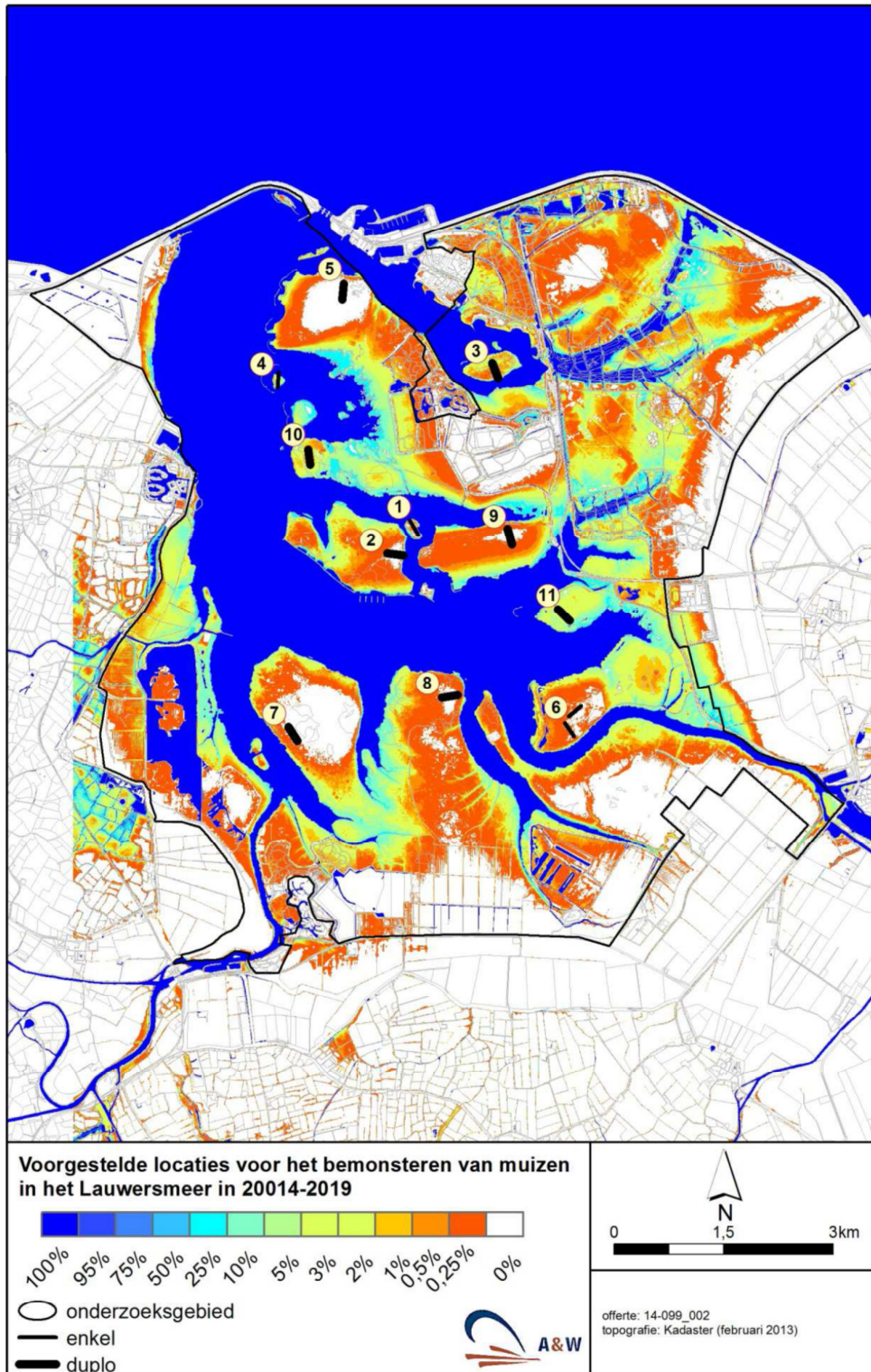
- E.P.L. Elias, A.J.F. van der Spek, Z.B. Wang and J. de Ronde (2012) Morphodynamic development and sediment budget of the Dutch Wadden Sea over the last century. *Netherlands Journal of Geosciences* 91 (03) 293-310
- Ens B. J., M Hornman, F. Hustings, K. Koffijberg, L. Marx, L. van den Bremer, A. van Kleunen, M. van Roomen, E. A.J. van Winden (2014) Trendanalyses van vogels in de Waddenzee in het kader van de nieuwe gaswinningen over de periode 1990-2012. Sovon-rapport 2014/08
- Ens B. J., E. A. J. van Winden, C. A. M. van Turnhout, M. W. J. van Roomen, C. J. Smit en J. M. Jansen (2009) Aantalontwikkeling van wadvogels in de Nederlandse Waddenzee in 1990-2008, verschillen tussen oost en west. *LIMOSA* 82, 100-112
- Ens, Krol, van der Meer, Piening, Wijsman, Schekkerman, Rappoldt (2015) Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag. Sovon-rapport 2015.15
- Esselink P., KS Dijkema, S Reents and Geert Hageman (1998) Vertical accretion and profile changes in abandoned man-made tidal marshes in the Dollard estuary, the Netherlands. *Journal of Coastal Research* 14 (2) 570-582
- Frostick L. E., I.N. McCavea (1979) Seasonal shifts of sediment within an estuary mediated by algal growth. *Estuarine and Coastal Marine Science* 9 (5) 569-576
- Fugro Geospatial B.V. (2015) Waddenzee LiDAR survey September 2014, Report ASM11515.001
- Glenn A. Richard, G. A. (1978) Seasonal and environmental variations in sediment accretion in a Long Island salt marsh. *Estuaries* 1 (1) 29-35
- Goudswaard P. C., K.J. Perdon, J. Jol, J.J. Kesteloo, C. van Zweeden & K. Troost (2011) Schelpdieren in de Nederlandse kustwateren Bestandsopname 2011. IMARES Rapport C094/11
- H.J. Hoeksema, H.P.J. Mulder, M.C. Rommel, J.G. de Ronde, J. de Vlas (1998) Bodemdalingstudie Waddenzee 20 04. RIKZ
- Kesteloo J.J., C. van Zweeden en K. Troost (2012) Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2011. IMARES Rapport C098/12
- Kleefstra, R. z.j. Toelichting op de broedvogeltrends in het noordelijke deel van het Lauwersmeergebied.
- Kleefstra R. & de Boer P. 2012. Broedvogelmonitoring in het Lauwersmeer in 2012. Sovon-rapport 2012/39. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- Kleefstra & de Boer (2015) Broedvogelmonitoring in het Lauwersmeer in 2014. Sovon-rapport 2014/40
- Koffijberg K., C. Kampichler & B. J. Ens (2013) Overstromingsrisico's en verspreiding van kwelderbroedvogels in de Nederlandse Waddenzee in relatie tot bodemdaling door gaswinning. Sovon-rapport 2013/26
- 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.
- Krol J. (2014) Wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog 2007-2013. Natuurcentrum Ameland.
- Krol (2015) Wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog 2007-2014
- McLaren P., F. Steyaert and R. Powys (1998) Sediment transport studies in tidal basins of the Dutch Wadden Sea. *Senckenbergiana Maritima* 29 (1-6) 53-61
- NAM (2012) Gaswinning Moddergat/Lauwersoog/Vierhuizen: Technische bijlage (bijlage 3) behorend bij het geactualiseerde Meet- en Regelprotocol d.d. 1 april 2012. EP201201210893
- NAM (2013) Meet- en Regelrapportage 2013
- NAM (2014a) Monitoringprogramma 2014 t/m 2019 in het kader van de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. EP: 201407210103

- NAM (2014b) Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2013.
- NAM (2015) Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2014. EP Document Nummer: EP201504206417
- Noffke N., G. Gerdes, T. Klenke, W. E. Krumbein (2001) Microbially Induced Sedimentary Structures--A New Category within the Classification of Primary sedimentary Structures. *Journal of Sedimentary Research, Section A: Sedimentary Petrology and Processes* 71 (5) 649-656
- Osieck E.R. & Hustings F. 1994. Rode lijst van bedreigde soorten en blauwe lijst van belangrijke soorten in Nederland. Technisch Rapport 12. Vogelbescherming Nederland, Zeist.
- Pethick (1981) Long-term accretion rates on tidal salt marshes. *Journal of sedimentary petrology* 251 (2) 571-577
- Postma, H. (1961) Transport and accumulation of suspended matter in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 1 (1-2) 148-180
- Postma H (1981) Exchange of materials between the North Sea and the
- Rappoldt C., B. J. Ens, T. P. Bult, E. M. Dijkman (2003) Scholeksters en hun voedsel in de Waddenzee. Alterra rapport 822
- Sierdsema H. 1995. Broedvogels en beheer. Het gebruik van broedvogelgegevens in het beheer van bos- en natuurterreinen. SBB-rapport 1995-1, Sovon-onderzoeksrapport 1995/04. Staatsbosbeheer/Sovon, Driebergen/Beek-Ubbergen.
- Stumpf, R. P. (1983) The process of sedimentation on the surface of a salt marsh. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 17 (5) 495-508
- van den Ende D., K. Troost, M. van Stralen, C. van Zweeden, M. van Asch (2012) Het mosselbestand en het areaal aan mosselbanken op de droogvallende platen van de Waddenzee in het voorjaar van 2012. IMARES Rapport C149/12
- van Duin W. E., P.-W. van Leeuwen & C. Sonneveld (2014) Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied west-Groningen: Jaarrapport 2013. IMARES Rapport C026/14
- van Duin & Sonneveld (2015) Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied west- Groningen: Jaarrapport 2014 Rapport C034/15
- van Zweeden C., M. van Asch, D. van den Ende en K. Troost (2013) Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2013. IMARES rapport C115/13
- Vroom en Beekhuizen (2015) Analyse LiDAR data voor het Friesche Zeegat (2010-2014) Monitoring effect bodemdaling door gaswinning. Deltaresrapport 1210543-000
- Wang, Z. B. and W.D. Eysink (2005) Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning. *Vloedkommen van het Friesche Zeegat. WL | Delft Hydraulics* Z3995
- Widdows J., M. D. Brinsley, P. N. Salkeld, C. H. Lucas (2000) Influence of biota on spatial and temporal variation in sediment erodability and material flux on a tidal flat (Westerschelde, The Netherlands) *MEPS* 194, 23-37
- Widdows J., A. Blauw, C. H. R. Heip, P. M. J. Herman, C. H. Lucas, J. J. Middelburg, S. Schmidt, M. D. Brinsley, F. Twisk, H. Verbeek (2004) Role of physical and biological processes in sediment dynamics of a tidal flat in Westerschelde Estuary, SW Netherlands *MEPS* 274: 41-56
- Williams H. F. L., M. C. Roberts (1989) Holocene sea-level change and delta growth: Fraser River delta, British Columbia. *Canadian Journal of Earth Sciences* 26(9) 1657-1666
- Yang, S-L, P.-X. Ding, S.-L. Chen (2001) Changes in progradation rate of the tidal flats at the mouth of the Changjiang (Yangtze) River, China. *Geomorphology* 38 (1-2) 167-180

- Ysebaert T., and P. M. J. Herman (2002) Spatial and temporal variation in benthic macrofauna and relationships with environmental variables in an estuarine, intertidal soft-sediment environment. MEPS 244, 105-124
- ZWARTS L., CAYFORD J.T., HULSCHER J.B., KERSTEN M., MEIRE P.M. & TRIPLET P. 1996a. Prey size selection and intake rate. In: J.D. Goss-Custard (red), *The Oystercatcher: From Individuals to Populations*, p. 30-55. Oxford University Press, Oxford.
- 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



## Bijlage 1: Overzicht monitoringprogramma muizen in het Lauwersmeergebied



Voorgestelde locaties voor het bemonsteren van muizen in het Lauwersmeer in de periode 2014-2019. De achtergrond is de inundatiekans, berekend voor de periode 2002-2012.

Locaties in het Lauwersmeergebied voor het jaarlijks bemonsteren van de muizenpopulatie in het najaar (eind september – begin oktober). Per locatie wordt de mate van isolatie, hoogte op de plaat (en daarmee de kans op inundatie), het vegetatiebeheer, de (globale) verwachte bodemdaling in de periode 1997-2050 en bijzonderheden per raai (aantal raaien en manier van vervoer naar de raai (per boot of een combinatie van auto en lopen).

Locatie	Mate van isolatie	Maximale hoogte	Vegetatiebeheer	Verwachte bodemdaling 1997-2050	Bijzonderheden per raai	
					raaien	Boot/lopen
1.N. eiland doorgraving	Eiland (klein)	boven 25 cm+ NAP	Onbeweid	6 cm	1	boot
2.Schoenerbult	Eiland	25-0 cm -NAP	Onbeweid	14 cm	2	boot
3.Eiland Nw. Robbengat	Eiland	50-25 cm -NAP	Onbeweid	2 cm	2	boot
4.N.eiland A. de Zwart	Eiland (klein)	75-50 cm -NAP	Onbeweid	9 cm	1	boot
5.Rug	Schiereiland	boven 25 cm+ NAP	Seiz. + jr beweiding	4 cm	2	lopen
6.Schildhoek	Schiereiland	0-25 cm +NAP	Seiz. beweiding	6 cm	2	lopen
7.Sennerplaat	Schiereiland	0-25 cm +NAP	Onbeweid	8 cm	2	boot
8.Blikplaat	Schiereiland	25-0 cm -NAP	Jr beweiding	5 cm	2	boot
9.Zuid. Ballastplaat	Schiereiland	25-0 cm -NAP	Seiz. + jr beweiding	5 cm	2	lopen
10.Zuidelijke lob	Schiereiland	50-25 cm -NAP	Seiz. + jr beweiding	12 cm	2	lopen
11.Pampusplaat	Schiereiland	50-25 cm -NAP	Seiz. beweiding	5 cm	2	lopen

## Bijlage 2: Overzicht modelontwikkeling voor de Waddenwinningen sinds 2006

M&R cyclus	Statisch (geologisch model)	Dynamisch (reservoir-stroommodel)	Geomechanisch (bodemdalingsmodel)	Gevolg van de veranderingen op begrip van de ondergrond
2006	In 2006 is de eerste geologische interpretatie van het reservoir uitgevoerd, waarvoor een model is opgesteld.	Het primaire analytische reservoir model gaat uit van een gastank. Aquifers kunnen niet worden meegenomen in dit model. Er wordt uitgegaan van volledige depletie in de watervoerende lagen. Dit betreft een eerste conservatieve inschatting.	Omdat verwacht wordt dat de bodemdaling vertraagd opgang komt en later versneld wordt voor de bodemdalingberekening gebruik gemaakt van een bilineair compactiemodel (Geertsma en van Opstal). In dit model neemt de relatie tussen drukkaling en bodemdaling toe na een bepaalde mate van drukkaling. Het model is gekalibreerd op basis van bodemdalingmetingen boven Anjum. De gehanteerde aanname van volledige depletie in de aquifers resulteerde in een relatief hoge schatting van de bodemdaling boven de Waddenzee.	Een eerste conservatief model voor de verwachte bodemdalingssnelheid is opgesteld.
2007	geen veranderingen in het geologische model	geen verandering in het reservoir-stroommodel	geen verandering in het bodemdalingmodel	Geen verandering t.o.v. het 2006 model.
2008	geen veranderingen in het geologische model	Na 2 jaar productie geven de gemeten productie en drukkingsgegevens informatie om het reservoir model voor NES en Moddergat te vernieuwen. Hierbij is meer aandacht besteed aan de drukkings in de watervoerende lagen m.b.v. Mores. LWO-O en -W hebben lagere reserves en minder productie. De verhoogde productie uit Nes en Moddergat compenseert de verminderde productie uit de LWO velden.	bilineair/geen verandering	Gereduceerde onzekerheid van initiële gasvolumes. De verwachte bodemdalingssnelheid is minimaal omlaag bijgesteld.
2009	Seismiek van dit gebied is opnieuw geïnterpreteerd en heeft er toe geleid dat een nieuw geologisch model is gemaakt voor de Waddenzee velden	Aan de hand van de nieuwe geologische modellen en nieuwe productie- en drukgegevens zijn de reservoir modellen aangepast. Nu zijn ook Mores modellen beschikbaar voor de LWO-velden. Aangenomen wordt dat de watervoerende lagen minder depletieren op basis van de geringe waterproductie in Ameland en Anjum	bilineair Door de lagere drukkaling van de watervoerende lagen is de belasting van voornamelijk de LWO velden en het Moddergatveld lager.	Door de vernieuwde inzichten omtrent de (im)mobilititeit van het aquifer, is de verwachte bodemdalingssnelheid verder omlaag bijgesteld.
2010	Volledige herziening van de geologische, dynamische en geomechanische modellen ook voor Ameland en Anjum, ingegeven door hogere productie en hogere gemeten drukkings. De totale GIIP van de	Nieuwe Mores modellen zijn gemaakt voor Ameland, Anjum en de Waddenzee op basis van de nieuwe geologische interpretatie. Nieuwe passing uitgevoerd van het dynamische model met de gemeten data. Hierbij zijn ook de	Een tijdsafhankelijk compactiemodel wordt geïntroduceerd ter vervanging van het bilineaire model. Dit model geeft een verbeterde passing van het model met de metingen boven het Amelandveld. Deze passing toont tevens aan dat de watervoerende lagen niet of bijna niet	Vooral de aanpassing in Ameland, met name dat het aquifer onder de waddenzee minder depleteert, geeft dat de bodemdalingssnelheid voor Ameland sterk is gereduceerd. De aanpassing op de