

# Effecten van bodemdaling door gaswinning op het Waddenzeegebied

In het Nederlandse Waddenzeegebied wordt gas gewonnen uit reservoirs op ca 2,5 km diepte. Daardoor is bodemdaling opgetreden. In twee gebieden worden de effecten van de bodemdaling gemonitord: Oost Ameland (sinds 1986) en het wad langs de vastelandskust van Friesland en Groningen (sinds 2007).

Het doel van beide programma's is te documenteren of en in hoeverre bodemdaling door gaswinning van invloed is op de natuurwaarden en het ecologisch functioneren van de beïnvloede Natura 2000 gebieden (Noordzeekustzone, Duinen van Ameland, Waddenzee en Lauwersmeer).

De bodemdaling in het Waddenzeegebied als gevolg van gaswinning vindt plaats rond het platform Zuidwal in de westelijke Waddenzee, op en rond Oost Ameland, op het wad ten noorden van Friesland en het Lauwersmeer, langs het noordoostelijk deel van de Groninger kust en in het Eems-Dollardgebied (fig. 1). Twee onderzoekprogramma's volgen de effecten van de bodemdaling.

## Monitoringprogramma's

Het programma rond de Amelandwinningen richt zich voornamelijk op het oostelijk deel van Ameland en het aangrenzende wad. Het programma rond de waddenwinningen vanaf de vastelandskust van Friesland en Groningen bestrijkt een groter gebied, omdat in dit programma het accent meer ligt op vergelijkingen met referentiegebieden. Beide monitoringprogramma's zijn ingevuld aan de hand van twee rapporten waarin de verwachte gevolgen zijn geanalyseerd (NAM, 1998; RIKZ, 2004). Het Amelandprogramma, dat nu al bijna 25 jaar loopt, is ondertussen enkele keren bijgesteld en aangevuld naar aanleiding van waargenomen ontwikkelingen.

Ook zijn verbeteringen en aanvullingen doorgevoerd op basis van de adviezen uit de audits die in 2000 en 2005 hebben plaatsgevonden. Het monitoringprogramma voor de waddenwinningen vanaf de Groninger en Friese kust dat in 2007 is opgestart, wordt in 2012 voor het eerst geëvalueerd.

In tabel 1 is aangegeven welke systeemonderdelen van de beïnvloede gebieden en referentiegebieden in de twee monitoringprogramma's worden meegenomen en door wie de monitoring wordt uitgevoerd. Het monitoringprogramma voor Ameland zal in 2012 worden aangepast op basis van het advies van de audit door de Waddenacademie in december 2011. Hetzelfde geldt voor het programma rond de waddenwinningen dat na oplevering van de evaluatie over de monitoringperiode 2007 t/m 2012, in 2013 opnieuw zal worden vastgesteld. Omdat op basis van dat programma nog geen duidelijke conclusies kunnen worden getrokken, worden hieronder hoofdzakelijk de resultaten uit de Amelandmonitoring besproken.

De monitoring op Ameland wordt uitgevoerd door de NAM (bodemdaling),

## Begrippenlijstje

**Komberging:** een waddegebied met een min of meer eigen water- en sedimenthuishouding gelegen tussen een of meer wad-tijen en de kust van het vaste land of een Waddeneiland.

**Kustfundament:** het kustgebied bestaande uit alle zeeverende duinen en constructies, het strand en zeegronden tot de -20 m NAP dieptelijn.

**Zeegat:** Opening tussen de Waddeneilanden waardoor de getijdenstromingen zich verplaatsen en die de verbinding vormt tussen Noordzee en Waddenzee.

Imares (kwelders), Alterra (duinen en kwelderrand), het Natuurcentrum Ameland (inundaties en bijzondere soorten), Eco-curves en SOVON (vogels). Daarnaast wordt begeleidend onderzoek gedaan door de RU Groningen. Bij de waddenmonitoring van de winningen vanaf de Friese en Groninger kust zijn NAM, Deltares, Natuurcentrum Ameland, Imares, NIOZ (bodemfauna) en SOVON betrokken. De gegevens over de bodemdaling op Ameland zijn te vinden op de website [www.waddenzee.nl](http://www.waddenzee.nl); de gegevens van de bodemdaling langs de vastelandskust op de website [www.NAM.nl](http://www.NAM.nl).

## Bodemdaling

De ecologische gevolgen van bodemdaling door gaswinning hangen in eerste instantie samen met veranderingen die kunnen



Fig. 1. Ligging van besproken gebieden rond Ameland en dat deel van de Waddenzee.

**Tabel 1.** Overzicht van de monitoringonderdelen en -gebieden in de monitoringprogramma's rond de Ameland- en Waddenwinningen.

optreden in de water- en sedimenthuishouding van de beïnvloede gebieden. Door bodemdaling wordt het sedimenttransport beïnvloed, komt de grondwaterstand relatief hoger te liggen en neemt de overstromingskans door de zee toe. Afhankelijk van de hoogteligging van de beïnvloede gebieden kan dit leiden tot meer opslibbing, vernatting en verzilting. Deze veranderingen in de fysische omstandigheden kunnen gevolgen hebben voor de planten en dieren in de bodemdalinggebieden. Sedimentatie- en erosieprocessen spelen een belangrijke rol in de wijze waarop een ecosysteem als de Waddenzee reageert op bodemdaling, doordat sedimentatie het effect van bodemdaling kan verminderen. Bodemdaling door gaswinning in het wadengebied wordt door de NAM gemeten en gemodelleerd (NAM, 2010a). Na iedere meetcyclus wordt gecontroleerd of de resultaten van de metingen goed aansluiten bij de resultaten van het prognosemodel voor bodemdaling. Als dit niet het geval is, wordt samen met de overheid (Staatstoezicht op de Mijnen) en TNO naar een verklaring gezocht voor de afwijking en wordt het prognosemodel zo nodig aangepast.

In figuur 2 en 3 zijn de gasvelden van de Ameland- en waddenwinningen in de diepe ondergrond weergegeven en resp. de huidige bodemdaling en de verwachte bodemdaling rond het einde van de winningen in 2050 (NAM, 2012a & b). Uit de figuren blijkt dat in de Waddenzee zelf de kombergingen Borndiep, Pinkegat en Zoutkamperlaag worden beïnvloed en daarbuiten de Natura 2000 gebieden de Duinen van Ameland, de Noordzeekustzone en het Lauwersmeer. De maximale bodemdaling in 2050 als gevolg van de Amelandwinningen is beduidend groter dan die van de waddenwinningen: ca 38 cm tegen ca 16 cm.

Ontwikkelingen in de morfologie van bodemdaling- en referentiegebieden zijn bestudeerd aan de hand van gegevens over de hoogteligging uit lodingen en Lidar-opnamen (laser hoogtemetingen; Deltares, 2011; NAM, 2010b). Voor het bepalen van de sedimentatiesnelheid op het wad en de kwelder zijn resp. zogenaamde spijker- en SEB-metingen (BCMBA, 2011) gebruikt, terwijl voor ont-

| Monitoringonderdeel   | Programma Ameland- en/of Waddenwinningen | Instantie                       | Beïnvloedingsgebied  | Referentiegebied  |
|---|--|---------------------------------|--|---|
| <b>Abiotische systeem</b>   |  |                                 |  |   |
| Bodemdaling   | Ameland/Wadden                           | NAM                             | Noordzeekustzone Ameland Pinkegat, Zoutkamperlaag Borndiep | nvt   |
| Morfologie zanddelend kustsysteem   | Ameland                                  | DELTAIRES                       | Noordzeekustzone Pinkegat, Zoutkamperlaag de Hon (Ameland) | nvt   |
| Hoogteligging en oppervlakte wad  | Wadden                                   | FUGRO DELTAIRES NAM             | Kombergingen met bodemdaling                               | Andere kombergingen   |
| Sedimentatie (lokaal):<br>- wad (spijkermetingen)<br>- wad (waterpassingen)<br>- kwelder (SEB-metingen) | Ameland/Wadden                           | NCA NAM IMARES                  | Pinkegat, Zoutkamperlaag,                                  | Borndiep westelijke kwelderwerken Groningen                             |
| Waterhuishouding duinen   | Ameland                                  | NCA ALTERRA                     | Oost Ameland   | nvt   |
| <b>Biotisch systeem</b>   |  |                                 |  |   |
| kweldervegetatie  | Ameland Wadden                           | IMARES                          | Nieuwlandsrijd, de Hon Peazemerlannen                      | Oost Terschelling en Schiermonnikoog westelijke kwelderwerken Groningen |
| Duinvegetatie   | Ameland                                  | ALTERRA NCA                     | Oost Ameland   | Oost Terschelling en Schiermonnikoog                                    |
| Bodemdieren   | Wadden                                   | NIOZ                            | Kombergingen met bodemdaling                               | Andere kombergingen   |
| Wad/watervogel aantallen  | Ameland Wadden                           | Ecosense Ecocurves, SOVON SOVON | Pinkegat, Kombergingen met bodemdaling                     | Borndiep Andere kombergingen  |
| Draagkracht wad voor foeragerende wadvogels   | Wadden                                   | SOVON/ Ecocurves                | Kombergingen met bodemdaling                               | Andere kombergingen   |
| Broedvogelaantallen   | Ameland Wadden                           | SOVON/NCA SOVON                 | Oost Ameland Kombergingen met bodemdaling                  | Oost Terschelling en Schiermonnikoog Andere kombergingen                |
| Broedvogelverspreiding en overstromingsrisico broedplaatsen   | Ameland/Wadden                           | SOVON/NCA                       | Kwelders oostelijke Waddenzee met bodemdaling              | Kwelders oostelijke Waddenzee zonder bodemdaling                        |

wikkelingen in de waterhuishouding van kwelders en laaggelegen duinvaleien gebruik is gemaakt van weergegevens, peilbuizen en waterstandregistraties. Uit de monitoring van het abiotische systeem is naar voren gekomen dat de morfologische ontwikkelingen in de Noordzeekustzone en de Waddenzee met uitzondering van de kwelders en laaggelegen duinen van Ameland, niet waarneembaar zijn beïnvloed door bodemdaling (Wang et al., 2010; Deltares, 2011). Dit hangt samen met de grote sedimentdynamiek in de

gebieden, het overheidsbeleid dat handhaving van de kustlijn van 1990 en het kustfundament nastreeft (kustsuppleties) en de onnauwkeurigheid in de metingen die van dezelfde orde van grootte is als de veranderingen in hoogteligging door gaswinning. Opvallend is de geleidelijke toename in de hoogteligging en oppervlakte van het droogvallende wad in de gebieden achter de zeegaten en kombergingen met gaswinning (fig. 4 & 5; Wang et al., 2010). Door opslibbing neemt de hoogteligging en het oppervlak van droogvallende wadplaten

eerder toe dan af en zowel gebieden met als zonder bodemdaling laten eenzelfde ontwikkeling zien in de tijd. Een ontwikkeling die voor wat het Pinkegat betreft past bij de natuurlijke groei van De Hon en de migratie van het wad onder Ameland. Deze processen vinden al vanaf ongeveer 1980 plaats (Deltares, 2011).

### Compensatie van bodemdaling door aanzanding en opslibbing

In vijf gebieden in de Waddenzee worden metingen uitgevoerd om na te gaan hoeveel sedimentatie of erosie er plaatsvindt zowel binnen als buiten bodemdalingsgebieden. Uit lokale sedimentatiemetingen blijkt dat de gemiddelde sedimentatiesnelheid op de onderzochte wadplaten (5 á 10 mm/jaar; fig. 6; Krol, 2011) groter was dan de bodemdalingsnelheid ter plaatse (maximaal ca 5 mm/j). Alleen in een beperkt gebied langs de zuidrand van Oost-Ameland waar de bodemdaling het grootst is, lijkt sprake te zijn van een netto verlaging van het wad.

De morfologische ontwikkeling van de kwelders en laaggelegen duinen van Ameland laat wel een effect van bodemdaling zien. De opslibbing op de kwelder neemt af met de afstand tot de Waddenzee en kwelderkreken en de toename in hoogteligging (fig. 7). Dichtbij het wad en de krekken is de opslibbing gemiddeld ca 9 mm/j; hoger op de kwelder gemiddeld ca 3 mm/j. De bodemdaling dichtbij de kwelderrand en de krekken wordt geheel gecompenseerd door opslibbing (fig. 7A), terwijl dat niet het geval is op grotere afstand van het wad en de krekken (fig. 7B). Hierdoor is lokaal op de midden en hoge kwelder een achterstand in opslibbing ontstaan en dus een netto maaiveldaling. Voor de laaggelegen natte duinvalleien op Ameland die grenzen aan de hoge kwelder geldt hetzelfde ver-

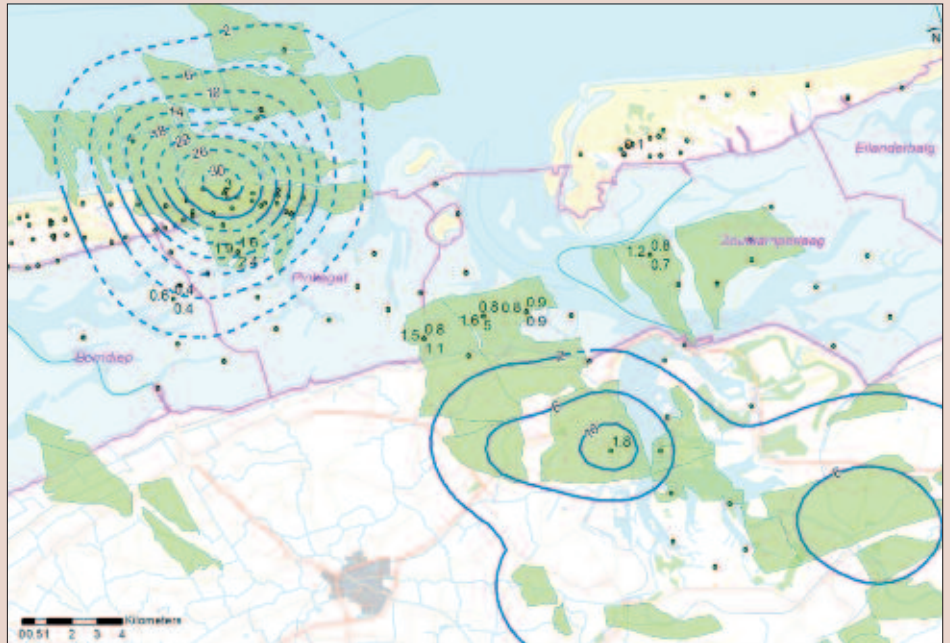


Fig. 2. Bodemdalingprognose (in cm) voor de periode 1986-2010 van de ondergrondse gasreservoirs (in groen). De getallen bij de meetpunten in de Waddenzee geven de daling van de 3 peilmerken weer sinds de beginmeting in 1986.

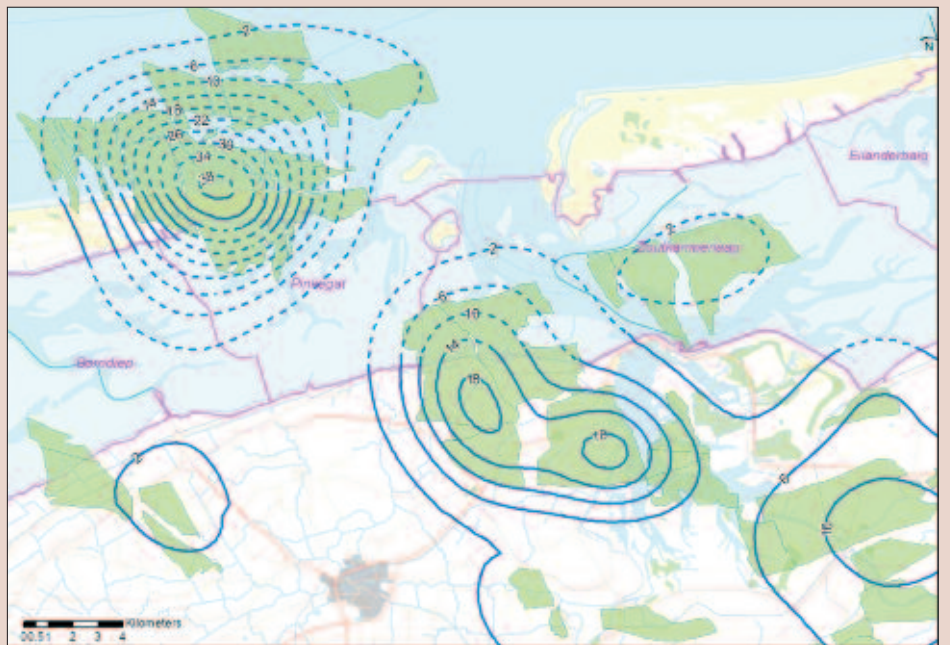
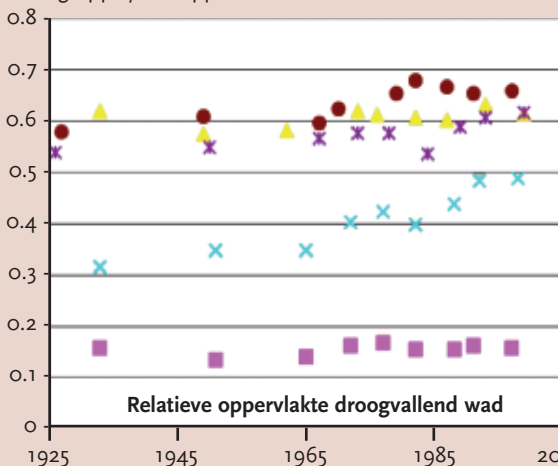


Fig. 3. Bodemdalingprognose (in cm) voor de periode 1986-2050 van de ondergrondse gasreservoirs (in het groen) na beëindiging van de Ameland- en waddenwinningen in 2035.

Droog oppvl/Nat oppvl



Hoogte droog wad/Getijdenslag

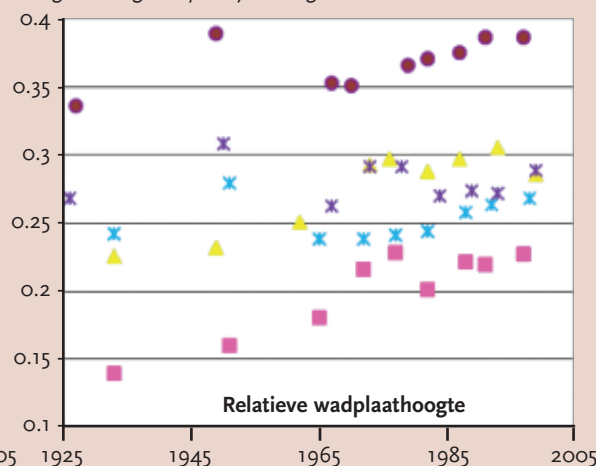
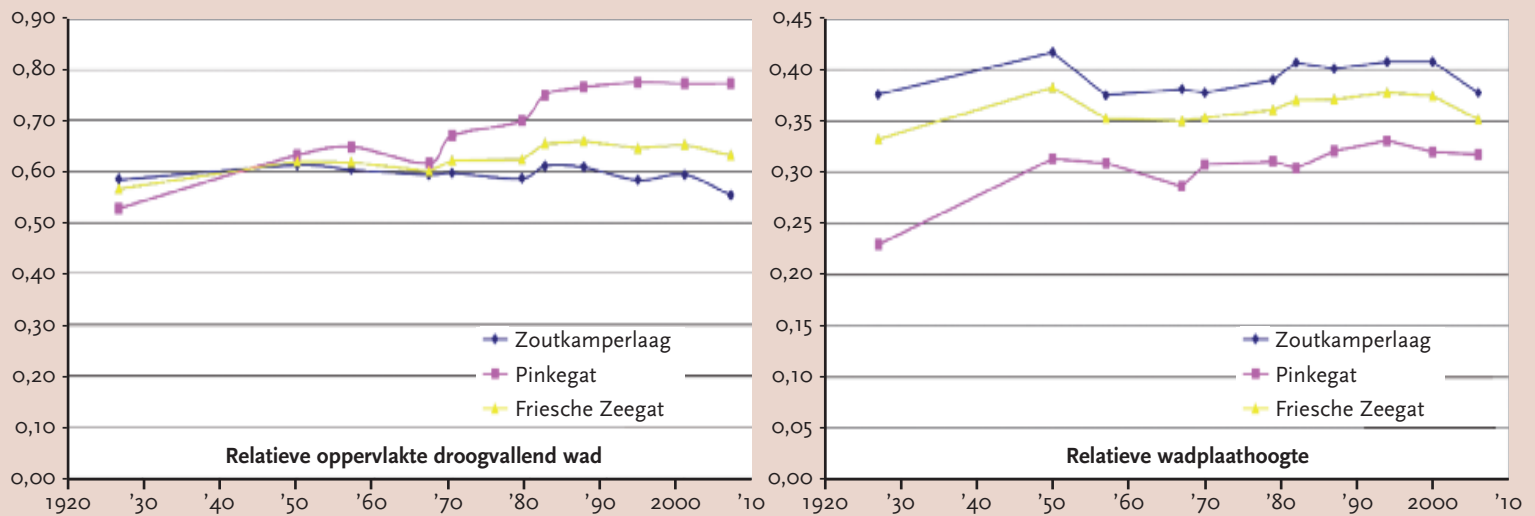


Fig. 4. Het relatieve plaatereaal (droogvallende wadoppervlakte gedeeld door hoogwater oppervlakte) en de relatieve plaat-hoogte (hoogte droogvallend wad t.o.v. NAP gedeeld door getijdenslag) in de Nederlandse Waddenzee (Wang et al., 2010).

- Marsdiep
- ▲ Eierlandsgat
- × Vlie
- × Amelanderzeegat
- Friesche zeegat

**Fig. 5.** Het relatief plaatareaal en de relatieve plaathoogte van de kombergingen Pinkegat (veel bodemdaling) en Zoutkamperlaag (weinig bodemdaling). Het Friese zeegat is het zeegat tussen Ameland en Schiermonnikoog en staat voor het wadgebied gevormd door Pinkegat en Zoutkamperlaag samen. Het relatieve plaatareaal is droogvallende wadoppervlakte gedeeld door hoogwater oppervlakte en de relatieve plaathoogte is hoogte droogvallend wad t.o.v. NAP gedeeld door getijdenslag (tek.: Deltares).



haal: er is praktisch geen opslibbing en dus daalt het maaiveld. Daardoor komt de grondwaterstand hoger te liggen ten opzichte van het maaiveld en neemt de overstromingsfrequentie en -duur toe. Deze ontwikkelingen leiden tot vernatting en verzilting.

De kwelders van de Peazemerlannen kennen opslibbingsnelheden van 9 tot 14 mm per jaar (Dijkema & van Duin, dit nummer) bij een bodemdalingsnelheid van ca 2,5 mm per jaar. Ondanks de bodemdaling treedt er dus een maaiveldverhoging op.

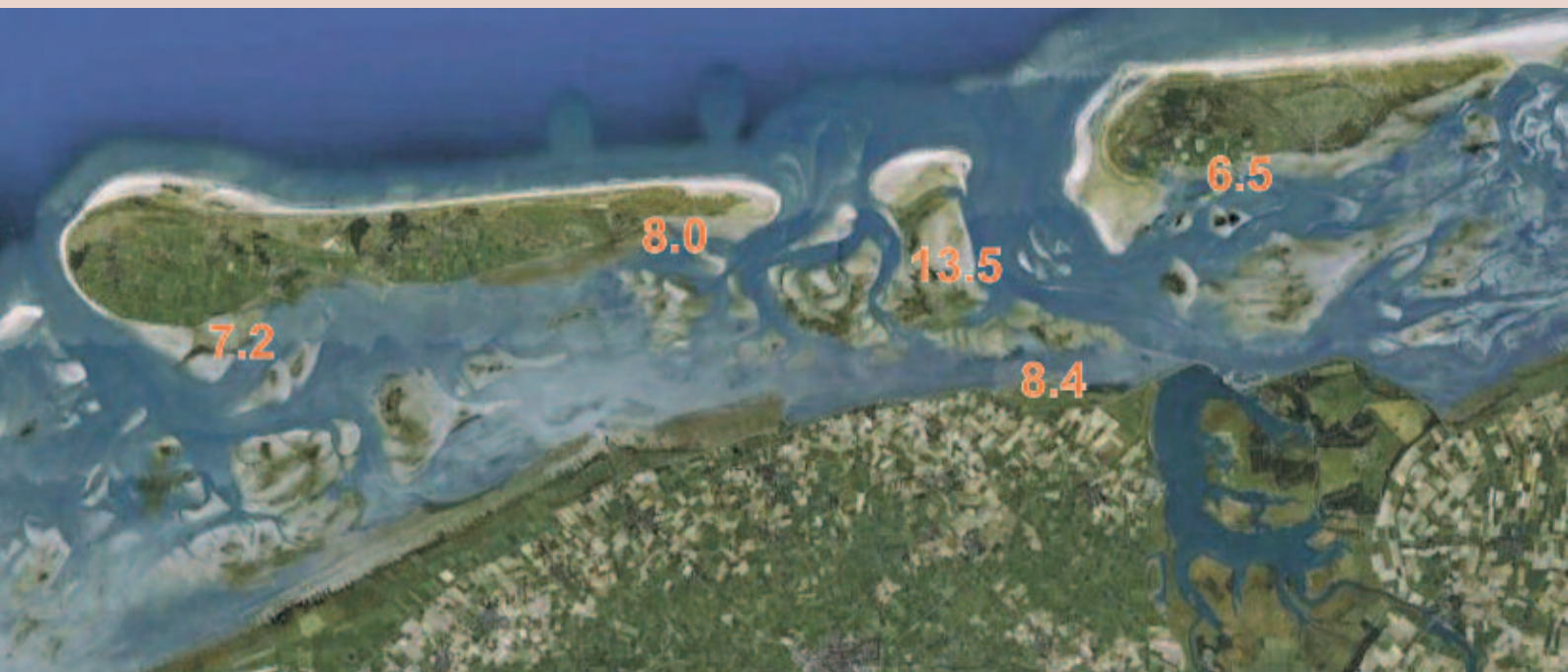
Daarom, en gelet op de bevindingen van de Amelandmonitoring, worden hier voorsnog geen gevolgen voor de morfologie (en de vegetatie) van de kwelder verwacht.

### Kweldervegetaties

Kwelders slibben van nature op en dit gaat gepaard met een geleidelijke veroudering van de vegetatie. Deze veroudering of successie loopt van een pionierstadium met Zeekraal (*Salicornia*) soorten en Schorrekruid (*Suaeda maritima*) via een lage en middenkwelder met Kweldergras (*Puccinellia maritima*) en een aantal andere grassen en kruiden naar een hoge kwelder met een soortenarm climax-stadium met Strandkweek (*Elymus athericus*). Wanneer beweiding wordt toegepast wordt Strandkweek

onderdrukt en blijft de meer soortenrijke vegetatie van grassen en kruiden behouden. Wanneer de vegetatie-ontwikkeling (bijvoorbeeld door bodemdaling) terug zou gaan in de richting van een pioniervegetatie, dan wordt dat verjonging of regressie genoemd. Tegen de verwachting in is op de kwelders van Oost-Ameland (het Nieuwlandsrijd en de Hon) alleen heel lokaal regressie opgetreden. In totaal gaat het om een oppervlak van hooguit enkele tientallen hectares. Op de Hon betreft het een gebied van ca 10 ha, waar

**Fig. 6.** Overzicht van de gebieden op het wad met meetstations voor lokale sedimentatiemetingen en de gemiddelde sedimentatie (mm/j) tot en met 2010 in die gebieden (Krol, 2011). NB: West Ameland en Schiermonnikoog liggen buiten de bodemdalingkommen.



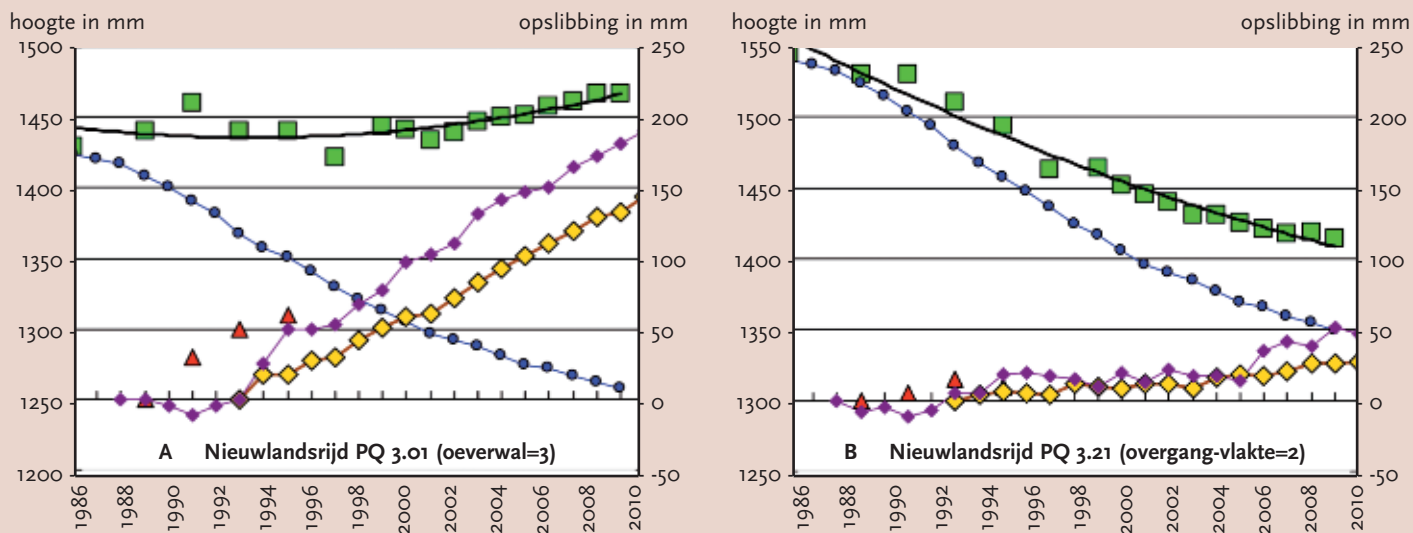


Fig. 7. Verloop in de tijd van de maaiveldhoogte (groen), de hoogte van het peilmerk (blauw) en de opslibbing (gemeten met 3 methodes; kleuren rood, bruin, geel) in mm bij meetpunten op het Nieuwlandsrijd die vlakbij het wad (A) en op grote afstand van het wad (B) liggen (Dijkema et al., 2011).

de regressie wordt veroorzaakt door een combinatie van bodemdaling, lage opslibbing en een slechte ontwatering. Het belangrijkste effect van bodemdaling op de kweldervegetatie lijkt het afremmen van de successie te zijn; in ongeveer de helft van het gebied is de successie naar het climaxstadium vertraagd. Voor de plantendiversiteit is dat gunstig, omdat vooral in de lage en midden kwelderzone veel specifieke kwelderplanten groeien. De verwachting voor de toekomst is dat de regressie door bodemdaling verder afneemt, omdat de bodemdaling afneemt en dat uiteindelijk het proces van successie weer overal de overhand krijgt.

#### Vegetaties van duinen en duinvalleien

Voor de duinvegetatie op Oost-Ameland zijn vooral de veranderingen in de grondwaterstand en overstromingen door de zee van belang gebleken (BCMBA, 2011). Uit de monitoring blijkt dat er sprake is van vernatting en verzilting waarbij de verzilting goed verklaarbaar is uit bodemdaling. Die bedraagt ca 33 cm in het centrum van het onderzoeksgebied, waardoor het zee-water via de hoge kwelder gemakkelijker in de valleien kan stromen. Ook de vernatting kan deels door de bodemdaling worden verklaard, omdat de grondwaterspiegel ongeveer gelijk blijft, terwijl het maaiveld zakt. Maar de vernatting hangt ook samen met de toegenomen neerslag in de monitoringperiode. Verder heeft ook een natuurontwikkelingsproject van It Fryske Gea, waarbij in 2005 een laaggelegen duinvallei werd afgeplagd en meer toegankelijk werd gemaakt voor zee-water, bijgedragen aan het vergroten van de invloed van het grondwater en de zee in de duinvalleien. In het algemeen heeft bodemdaling niet

geleid tot een verlies aan biodiversiteit. Uit de monitoring van bijzondere plantensoorten is gebleken dat de acht gekarteerde soorten zich in het bodemdalinggebied handhaven en zelfs uitbreiden waarschijnlijk dankzij de vernatting, de overstromingen met zeewater en het instuiven van zeezand.

Maar de biodiversiteit is in de hogere delen van het duingebied wel afgenomen. Daar overheerste een geleidelijke verruiging, mede veroorzaakt door atmosferische depositie.

#### Vogelaantallen

In de Amelandmonitoring zijn de vogelaantallen steeds gebruikt als indicator voor eventuele veranderingen op het wad door bodemdaling. Een kortere droogvaltijd op het wad zou volgens de verwachtingen van 1986 kunnen leiden tot afnemende vogelaantallen en verschuivingen in de soortensamenstelling.

Uit de monitoring van het aantal wad- en watervogels op het wad ten zuiden van Ameland (sinds 1972; Kersten & Rappoldt, 2011) en in de kombergingen van de Waddenzee (sinds 1990; Wiersma et al., 2011), is gebleken dat de aantalontwikkelingen van de meeste vogelsoorten in gebieden met of zonder bodemdaling niet significant verschillen. In een enkel geval is mogelijk sprake van een indirecte relatie met bodemdaling via het voedselaanbod (uitblijven herstel mosselbanken) of de sedimentsamenstelling (verzanding van het wad). Figuur 8 geeft als voorbeeld de Scholekster (*Haematopus ostralegus*), die zowel in het bodemdalinggebied alsook daarbuiten is afgenomen, waarschijnlijk als gevolg van het verdwijnen van de mosselbanken. Vooralsnog is echter geen correla-

tie aangetoond tussen bodemdaling en het voedselaanbod en de sedimentsamenstelling. Deze correlatie wordt nader onderzocht in het nieuwe monitoringprogramma rond de waddenwinningen vanaf de Friese kust en naar verwachting gerapporteerd in het voorjaar van 2013.

Ook de broedvogelaantallen kunnen worden beïnvloed door de bodemdaling, vooral als de nesten op de kwelder in de broedtijd vaker overspoeld worden als gevolg van een afname in de hoogteligging (van de Pol et al., dit nummer). Bodemdaling wordt op de kwelder weliswaar deels gecompenseerd door extra opslibbing maar ten opzichte van een kwelder zonder bodemdaling kan nog steeds sprake zijn van een achterstand in opslibbing en daarmee een verhoogd overstromingsrisico. Daarom zijn de ontwikkelingen in de broedvogelaantallen van Oost-Ameland vergeleken met de aantallen op Oost-Terschelling en Oost-Schiermonnikoog (Liefing et al., 2011). Er blijken geen significante verschillen aantoonbaar te zijn. Daarbij moet echter wel worden opgemerkt dat door de grote natuurlijke variatie in de vogelaantallen over de jaren en de onnauwkeurigheid en/of onvolledigheid van de tellingen, veranderingen in aantallen niet snel statistisch significante verschillen opleveren.

De gevolgen van bodemdaling voor de ligging en het overstromingsrisico van broedlocaties van Scholekster en Lepelaar (*Platalea leucorodia*) op de kwelders worden in beide monitoringprogramma's bestudeerd. Omdat dit deel van de monitoring ook op Ameland nog maar enkele jaren geleden (in 2007) is begonnen, zijn er nog geen bruikbare resultaten te melden. Wel zijn modelberekeningen uitgevoerd, waarbij

**Fig. 8.** Aantalverloop (gemiddelden met standaarddeviatie) van de Scholekster (*Haematopus ostralegus*) op Oost-Ameland (boven) en West-Ameland (onder) vóór het begin van de gaswinning (1972-1986) en de laatste monitoringperiode (2005 t/m 2010) (Kersten & Rappoldt, 2011).

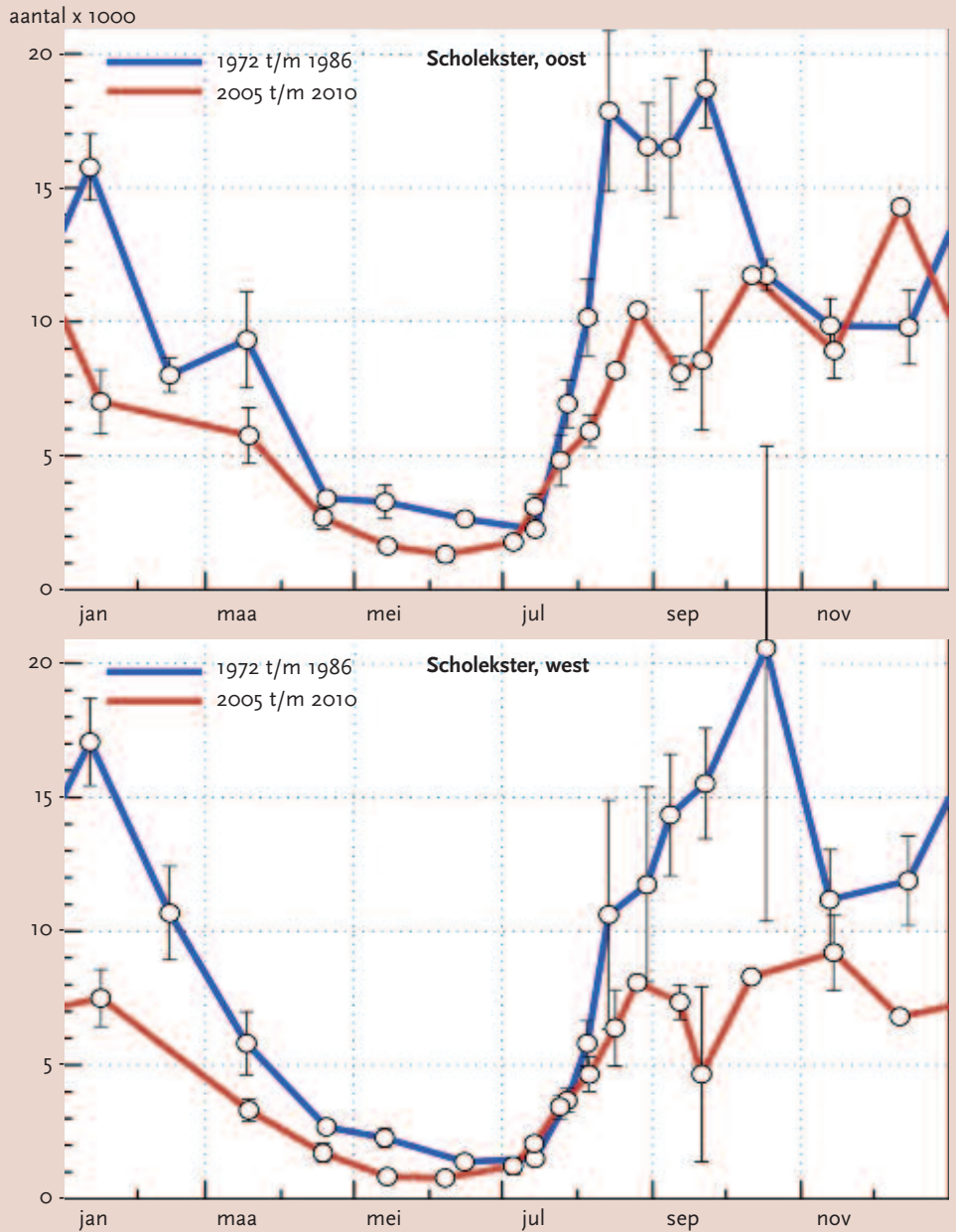
zowel situaties met en zonder bodemdaling als situaties met en zonder opslibbing zijn doorgerekend (Krol & Hallman, 2011). Voor de Scholekster op Ameland laten de berekeningen een overstromingsrisico van gemiddeld 23% zien, een fractie hoger dan het risico dat is berekend voor Schiermonnikoog (19%). Zonder bodemdaling door gaswinning zou het overstromingsrisico op Ameland 12% zijn geweest. Hierbij moet worden opgemerkt dat in de berekeningen voor Ameland geen rekening is gehouden met de verschillen in opslibbing op de kwelder afhankelijk van de afstand tot de wadrand en kwelderreek en dat is aangenomen dat de broedvogels zich niet aanpassen aan veranderende zeewaterstanden.

Ook voor de Lepelaars zijn berekeningen gemaakt. Sinds Lepelaars op de kwelders van Ameland broeden (1994), is het maai-veld vrijwel niet in hoogteligging veranderd, terwijl de hoogwaterstanden in de broedtijd wel zijn verhoogd. De voorkeurskolonies hebben daardoor een overstromingsrisico van 50%, en dat zou zonder bodemdaling 25% zijn geweest. Wat de locatiekeuze van Lepelaars betreft zijn er overigens goede uitwijkmogelijkheden elders op de kwelder waar Lepelaars ook nu al gebruik van maken.

### Draagkracht van het wad voor vogels

De gevolgen van bodemdaling voor de draagkracht van het wad voor foeragerende Scholeksters worden binnen de monitoring van de bodemdaling ten noorden van de Friese kust bestudeerd aan de hand van een model (WEBTICS; Rappoldt & Ens, 2011). De modelberekeningen geven een indicatie van de grootte van het effect van een verandering in de droogvalduur (door bodemdaling en/of zeespiegelstijging) en het voedselaanbod (door variatie in bodemdierbestanden en/of visserij).

In 2010 zijn door Rappoldt & Ens de eerste verkennende berekeningen uitgevoerd, waarbij is uitgegaan van een niet door sedimentatie gecompenseerde bodemdaling op het wad. De draagkracht neemt in dat geval af met  $1,8 \pm 0,7\%$  per centimeter



daling. In het Pinkegat en de Zoutkamperlaag zou dat een draagkrachtverlies voor enkele honderden Scholeksters betekenen. In 2012 vinden de definitieve berekeningen plaats waarbij de daadwerkelijke veranderingen in de hoogteligging van het wad en de monitoringgegevens van de bodemdieren worden meegenomen. Voor zover nu bekend is (Krol, 2011), is bij Ameland de sedimentatie op het wad groter geweest dan de bodemdaling, zodat daar waarschijnlijk geen draagkrachtverlies is opgetreden.

### Eindconclusies

Alles overziend kan worden geconcludeerd dat:

- de bodemdaling op het wad bij Ameland hoogstwaarschijnlijk wordt gecompenseerd door sedimentatie.
- de gevolgen van bodemdaling door gaswinning aantoonbaar zijn op de kwelders

en de aangrenzende duinvalleien van Ameland, met name zijn veranderingen in de vegetaties van de midden en hoge kwelder en laaggelegen duinvalleien vastgesteld.

- op basis van verrichte monitoring er tot nu toe geen nadelige gevolgen voor de natuurwaarden en biodiversiteit zijn vastgesteld.
- gelet op de relatief beperkte bodemdaling op de Peazemerlannen door de waddenwinningen (2,5 mm/j) en de hoge opslibbingsnelheid ter plaatse (tot 15 mm/j) daar geen effecten op de kweldervegetatie en broedvogels worden verwacht.

### Toekomstverwachting

Zowel langs de Fries-Groninger kust als op Ameland zal de monitoring worden voortgezet. Op Ameland heeft nu ongeveer driekwart van de verwachte uiteindelijke bodemdaling daadwerkelijk plaatsgevonden en in de resterende winningperiode

zal de bodemdalingssnelheid verder afnemen. Dat zou kunnen betekenen dat veel van de nu waargenomen ontwikkelingen naar de toekomst kunnen worden geëxtrapoleerd. Maar er ligt een adder onder het gras. De stand van de zeespiegel is in de afgelopen decennia in de Waddenzee niet of nauwelijks veranderd en wijkt daarmee af van de wereldwijde trend. Wanneer die trend zich ook in de Waddenzee manifesteert, dan zouden de effecten op de kwelders en aangrenzende duinvalleien wel eens groter kunnen zijn dan nu is vastgesteld. Vanuit die optiek en achteraf gezien, is het goed dat in 1986 met de Amelandwinnings is begonnen. Als de huidige conclusie dat het wad de bodemdaling goed bijhoudt overeind blijft, dan lijken grote veranderingen voor wat betreft het wad en de wadvogels niet erg waarschijnlijk. Gezien het nog kortlopende onderzoek naar de verspreiding en het overstromingsrisico van broedplaatsen zijn er mogelijk nog interessante resultaten te verwachten. De monitoring van de effecten van bodemdaling langs de Friese kust en ten noorden van het Lauwersmeer is zo kort geleden begonnen dat er nu geen duidelijke resultaten gemeld kunnen worden. De bodemdaling langs de vastelandskust is veel minder groot dan bij Ameland en op grond van de opgedane kennis worden hier geen nadelige effecten verwacht. De lopende monitoring en de evaluatie in 2012 zal dat duidelijk moeten maken.

### Zeespiegelstijging

Het effect van bodemdaling door gaswinning is op lokale schaal vergelijkbaar met het effect van zeespiegelstijging. In beide gevallen komt het zeewater hoger ten opzichte van het niveau van wadplaten, stranden, kwelders en duinvalleien waardoor overstromingsduur en -frequentie toenemen. Daardoor kunnen uit de effecten van bodemdaling door gaswinning lessen worden getrokken over de mogelijke effecten van zeespiegelstijging.

### Literatuur

**BCMBA, 2011.** Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost, oktober 2011. Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland.  
**Deltares, 2011.** Effecten bodemdaling op morfologie. In: Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland 2011.  
**Dijkema, K.S., H.F. van Dobben, E.C. Koppenaal, E.M. Dijkman & W.E. van Duin, 2011.**

Kweldervegetatie Ameland 1986-2010: effecten van bodemdaling en opslibbing op Neerlands Reid en De Hon. In: Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland 2011.  
**Kersten, M. & C. Rappoldt, 2011.** Wadvogels op Oost-Ameland. Veranderingen sinds 1972 en vergelijking met referentiegebieden. EcoCurves rapport 14. EcoSense, Groningen; EcoCurves, Haren. In: Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland 2011.  
**Krol, J., 2011.** Tussenverslag wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog. Jaar 2010. Natuur Centrum Ameland (NCA). In: Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland 2011.  
**Krol, J. & C. Hallman, 2011.** Effect van bodemdaling op situering, hoogteligging en overstromingsrisico van broedkolonies op De Hon. Natuur Centrum Ameland (NCA) en SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen. In: Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland 2011.  
**Liefting M., C. Hallmann & B.J. Ens, 2011.** Trendontwikkeling van broedvogels op Oost-Ameland in vergelijking met Oost-Terschelling en Oost-Schiermonnikoog. In: Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland 2011.  
**NAM, 1998.** Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee (IBW). Nederlandse Aardoliemaatschappij BV, Assen.  
**NAM, 2010a.** Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2010. EP 201109210410. Nederlandse Aardoliemaatschappij BV, Assen.  
**NAM, 2010b.** Uitwerking Lodinggegevens RWS 2003-2008 (4e cyclus, incl. LIDARdata). Nulsituatie voor de Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen winningsen. EP201005301455. NAM BV, Assen.  
**NAM, 2012a.** Winningplan Ameland. Nederlandse Aardoliemaatschappij BV, Assen.  
**NAM, 2012b.** Winningplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Nederlandse Aardoliemaatschappij BV, Assen.  
**RIKZ, 2004.** Bodemdalingstudie Waddenzee 2004. Vragen en onzekerheden opnieuw beschouwd. Rapport RIKZ / 2004.025. Ministerie van V&W, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee.  
**Rappoldt, C. & B.J. Ens, 2011.** Het effect van bodemdaling op het aantal scholeksters dat kan overwinteren in de Waddenzee; exploratieve berekeningen met het model WEBTICS. EcoCurves rapport 12; SOVON-onderzoeksrapport 2011/05.  
**Wang, Z.B, K. Cronin & M. van Ormondt, 2010.** Analyse Lidar data voor Het Friesche

Zeegat. Monitoring effect bodemdaling door gaswinning. Rapport nr 1202285-000; 27 mei 2010, definitief. Deltares, Delft.

**Wiersma, P., E. van Winden, K. Koffijberg, K. Oosterbeek, D. Zoetebier & B.J. Ens, 2011.** Voortgangsrapportage monitoring vogels in de Waddenzee in het kader van de nieuwe gaswinnings over de periode 1990-2009. SOVON-onderzoeksrapport 2011-01. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

### Summary

#### The impact of subsidence by gas production on the Wadden Sea region

In the Dutch Wadden Sea region gas is produced from sandstone layers at about 2.5 km depth. The compaction of the underground causes subsidence in the Wadden Sea itself, the North Sea coastal zone and nature areas on the island of Ameland (ca 33 cm) and the mainland (ca 10 cm). The impact of subsidence on the ecology of the nature areas involved is monitored by a number of research institutes over a period of 23 years. The monitoring addresses both abiotic and biotic parameters.

Within the tidal basins of the Wadden Sea subsidence by gas production cannot be measured as a lowered elevation. Natural sediment dynamics appear to dominate. Measurable effects were observed in dune slacks and salt marshes, where sedimentation rates are lower than the annual subsidence.

The most relevant impacts are an increase in the frequency and duration of flooding by sea water (salt marshes and dune valleys) and a rise in the ground water table and longer period of immersion by fresh water (dune slacks). Due to these impacts changes have been taken place in the vegetation of salt marshes and low dune valleys. The vegetations of the middle and high salt marsh locally show retarded succession and in a small area regression. The vegetation of low dune valleys reflects impacts of longer periods of inundation and, in some years, of siltation.

Explorative modeling of impacts of subsidence on benthic life and birds show potential impacts if subsidence is not compensated by sedimentation on the tidal flats and in breeding areas on salt marshes. In 2013 the results of more elaborated calculations with these models will be presented and discussed.

Drs. G.J.M. Wintermans  
 Hoofdweg 34  
 9684 CH Finsterwolde  
 e-mail: george.wintermans@shell.com