Inhoudsopgave

6 Effecten van gasproductie op het Waddenzeesysteem 228

6.1 Inleiding 228

6.2 Abiotiek Pinkegat en Zoutkamperlaag (minus de kwelders) 229

6.2.1 Aanpak van de effectvoorspelling 229

6.2.2 Pinkegat 230

6.2.3 Zoutkamperlaag 236

6.2.4 Nadere analyses: vergelijking met monitorgegevens, afzonderlijke invloed Anjumvelden 241

6.2.5 Modelberekeningen met ESTMORF en DELFT 3D- 245

6.2.6 Beschouwing van consequenties voor zandsuppleties 246

6.2.7 Conclusies abiotische effecten Pinkegat en Zoutkamperlaag 247

6.3 Biotiek Pinkegat en Zoutkamperlaag (minus de kwelders) 248

6.3.1 Aanpak van de effectvoorspelling 248

6.3.2 Resultaten en conclusies biotiek Pinkegat en Zoutkamperlaag 248

6.4 Abiotische en biotische effecten kwelders 249

6.4.1 Abiotiek: ontwikkeling maaiveldhoogte 249

6.4.2 Biotiek: vegetatieontwikkeling 254

6.4.3 Biotiek: broedvogels 255

6.4.4 Conclusies abiotiek en biotiek kwelders 255

6.5 Passende beoordeling 256

6 Effecten van gasproductie op het Waddenzeesysteem

6.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft het effect van bodemdaling die als gevolg van de toekomstige gaswinning gaat optreden in de Waddenzee. Het gaat bij de uiteindelijke beoordeling om de effecten van de nieuwe activiteiten. Omdat de schotel van Anjum gering is en vrijwel geheel overlapt met die van de nieuwe winning, zijn ze voor de effectbeschrijving samengenomen.

De bodemdaling door de gaswinning op Ameland is apart zichtbaar gemaakt en wordt beschreven als autonome ontwikkeling. Ook zeespiegelstijging is beschreven als autonome ontwikkeling. Er zijn 2 scenario's voor zeespiegelstijging beschreven: het scenario voor een relatieve, maar constante zeespiegelstijging van 1,8 mm per jaar en een vergelijkbaar scenario van constant 6 mm per jaar. Dit laatste scenario is niet realistisch , maar is met opzet zo gekozen om effecten zichtbaar te kunnen maken op de tijdschaal van gaswinning. Bovendien wordt het effect van de zogeheten 18,6-jarige cyclus (zie hoofdstuk 3) onderzocht en het effect van een groeiende getijdeslag.

De nieuwe velden worden beschreven als een cumulatie op Ameland, op het resterende effect van de afsluiting van de Lauwerszee en op zeespiegelstijging.

De basis voor de effectbeschrijving wordt gevormd door de gegevens uit hoofdstuk 3 over bestaande toestand, trends en autonome ontwikkeling van de kombergingen Zoutkamperlaag en Pinkegat en de drie vastelandskwelders in het studiegebied: de Peazemerlannen en de kleinere en oudere kwelders bij Wierum en 't Schoor.

De central lijn wordt gevormd door een zeespiegelstijging van 1,8 mm per jaar. Alle modellen zijn namelijk geijkt en geverifieerd op deze situatie. Voor het 6 mm per jaar scenario is gekozen voor 2007 als abrupt overgangsmoment van 2 mm naar 6 mm. Op deze wijze wordt ook duidelijk wat uitstel betekent.

Voor de gaswinning is gekozen voor een economisch en pragmatisch uitgangspunt: een productieperiode van 20 jaar waarbij 60% van de daling plaatsvindt in de eerste 10 jaar en de bodemdaling begint 1 jaar na de start van de productie in 2007. Dit uitgangspunt is conservatiever (leidt tot extremer effect) dan de binnen de gebruiksruimte passende productiescenario's. De effecten van het meest conservatieve scenario zijn niet doorgerekend.

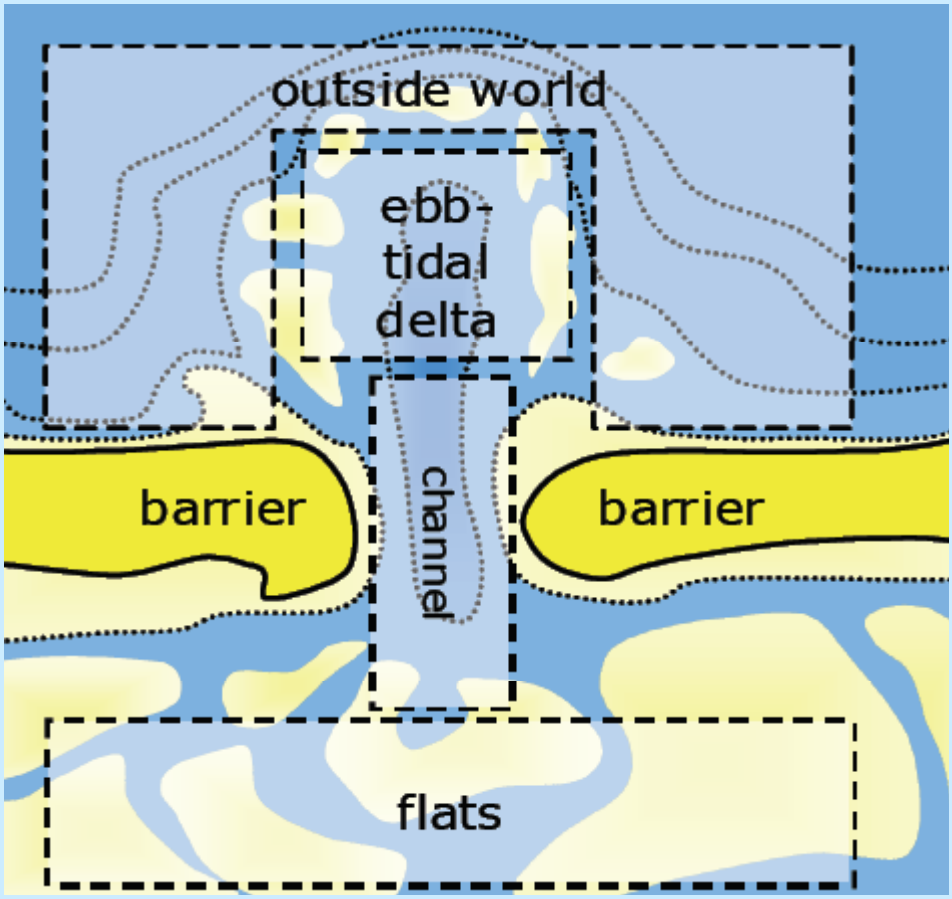
Hierbij is de volgende filosofie gevolgd:

- Als de gevolgde aanpak leidt tot een significant effect is er gegronde reden tot een verfijndere aanpak (aangepast productieprofiel, conservatiever scenario).
- Als deze aanpak niet leidt tot een significant effect, dan biedt de afstemming van het productieprofiel op een nog stringenter zeespiegelstijging-scenario, zoals gedaan in hoofdstuk 5, tot een stuk additionele zekerheid.

Er zijn geen significante effecten gevonden die gerelateerd kunnen worden aan de nieuwe winningen. De winning van Ameland en Anjum is zo realistisch mogelijk meegenomen.

In paragraaf 6.2 komen eerst de abiotische effecten op de buitendelta's, de platen en de geulen in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag aan de orde. WL | Delft Hydraulics heeft het onderzoek naar de effecten platen, geulen en sedimenten uitgevoerd. De resultaten ervan zijn samengevat in paragraaf 6.2.7 en zijn vervolgens door Alterra gebruikt als vertrekpunt om de effecten op plant en dier in kaart te brengen. De beschrijving van deze biotische effecten is te vinden in paragraaf 6.3.

Het onderzoek is als volgt geschematiseerd weer te geven. Het systeem bestaat een groep zandbanken die net buiten het zeegat liggen (ebb-tidal delta), het zeegat en de geulen (channel) en de wadplaten (flats). Aan de Noordzeezijde wordt dit omgeven door zandbanken en zwinnen tot een diepte van 20 meter (outside world). Voor Ameland loopt het buitengebied van ongeveer Kilometerpaal 10 tot de oostpunt van het eiland. Het westelijk deel van Ameland (KM 10 tot de westpunt) behoort tot het invloedsgebied van het westelijk gelegen Borndiep en blijft verder buiten beschouwing. De berekeningen hebben betrekking op de buitendelta, het kombergingsgebied bestaande uit het geheel van geulen en platen en op de platen afzonderlijk.



Volgens dezelfde lijn – eerst de abiotiek, dan de biotiek – laat paragraaf 6.4 zien welke consequenties de bodemdaling door de nieuwe winningen, inclusief de reeds vergunde winning van de Anjumvelden heeft voor de kwelders.

In paragraaf 6.5 worden de resultaten van het effectonderzoek in het perspectief geplaatst van de 'passende beoordeling' die op grond van de natuurbeschermingswetgeving vereist is bij projecten in Speciale Beschermingszones zoals de Waddenzee. De centrale vraag hierbij is of er significante effecten kunnen optreden voor beschermde habitattypen en beschermde soorten. De conclusie luidt dat significante effecten niet aan de orde zijn.

6.2 Abiotiek Pinkegat en Zoutkamperlaag (minus de kwelders)

6.2.1 Aanpak van de effectvoorspelling

De belangrijkste gegevens over bodemdaling in de bestaande toestand en de autonome ontwikkeling in de beide kombergingsgebieden zijn in 3.2.3 gepresenteerd.

Hieronder wordt de bodemdaling door de voorgenomen winningen en de lopende winningen van de Anjumvelden over de autonome ontwikkeling heen gelegd. Dat maakt

inzichtelijk wat de precieze effecten zijn van alle winningen vanaf 2007 op de buitendelta, de kustzone, de geulen en de platen. Hierbij wordt ingezoomd op het effect van de 18,6-jarige cyclus, als meest realistische benadering en dat van versnelde zeespiegelstijging, als grootste bedreiging.

Eerst komen de uitkomsten van de modelberekeningen met ASMITA aan de orde. Vervolgens wordt kort ingegaan op de resultaten van berekeningen met het ESTMORF-model. Dit model is onder meer gebruikt om de ruimtelijke verdeling van de morfologische effecten in meer detail te kunnen bekijken. Daarna wordt aandacht besteed aan consequenties voor de waterbewegingen in de kombergingen op basis van de modelberekeningen met DELFT 3D. Dit is vooral relevant omdat op basis van de voorspelde waterbewegingen geanalyseerd is, of de bodemdaling door de nieuwe winningen consequenties heeft voor de sedimentsamenstelling en sedimenttransport.

De conclusies aan het slot van deze paragraaf:
- geven in samengevatte vorm weer wat de belangrijkste abiotische effecten zijn;
- dienen als input voor de voorspelling van de biotische effecten in paragraaf 6.3.

6.2.2 Pinkegat

Het kombergingsgebied Pinkegat is het gebied dat het meest door de gaswinning op Ameland wordt beïnvloed en tevens wat betreft het potentieel effect van bodemdaling het best bestudeerde gebied is. Aan het einde van dit hoofdstuk zal daarom een vergelijking worden gemaakt tussen de uitkomst van de modelberekeningen voor de periode 1985-2000 met de daadwerkelijke meetuitkomsten van deze monitoring.

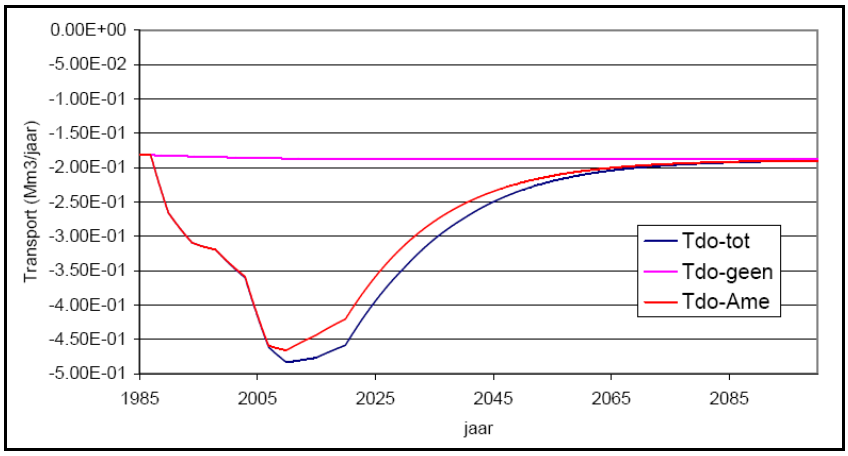
Onderstaande toelichting berust met name op paragraaf 4.8 van het WL-rapport [ref. 6.1] en bevat een selectie van de grafische weergave van de modelberekeningen.

Buitendelta
De beide buitendelta's worden vrijwel niet door de nieuwe velden beïnvloed. De afname van het buitendelta volume is vooral een gevolg van de Amelandwinning. De bodemdaling zal rond 2055 volledig zijn gecompenseerd door sedimentatie. Het effect van de nieuwe gaswinning op de buitendelta van het Pinkegat is slechts marginaal.

Kustzone
De extra zandvraag (zie ook 6.2.6) van de kust en het aangrenzende zeegebied door bodemdaling wordt gegeven in figuur 6.1. De zandvraag van het kombergingsgebied bestaande uit platen, geulen en buitendelta door een zeespiegelstijging van 1,8 mm per jaar, bedraagt 0,19 miljoen m^3. Daar moet voor de volledigheid het zandtekort dat ontstaat door zeespiegelstijging van het omringende gebied, bestaande uit het strand tot de –20 meterlijn bij opgeteld worden. Die hoeveelheid bedraagt naar schatting 300.000 m^3 per jaar. Voor het regulier bijhouden van zeespiegelstijging van de kust van het oostelijke deel van Ameland en het Pinkegat is dus ongeveer 500.000 m^3 zand per jaar nodig.

Door de bodemdaling van de Amelandwinning neemt de zandvraag toe met maximaal 0,27 miljoen m^3 per jaar rond 2010. Door de bodemdaling van de nieuwe velden zal de sediment-export naar het Pinkegat met maximaal 0,02 miljoen m^3 extra per jaar toenemen. Het maximum wordt bereikt rond 2010. De gemiddelde zandvraag tussen 2006 en 2015 bedraagt rond de 460.000 m^3 per jaar, exclusief de hoeveelheid die nodig is voor de kustzone zelf.

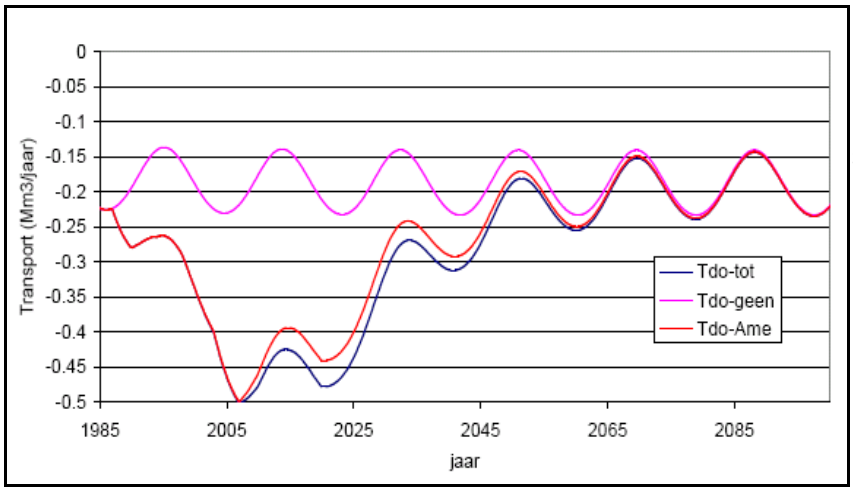
Omdat de Amelandwinning voorafgaat aan de winning van de nieuwe velden veroorzaakt de bodemdaling van de nieuwe velden eerder een verlenging dan een vergroting van de zandvraag. De invloed van de nieuwe velden is erg klein. Omstreeks 2065 is een nieuw evenwicht bereikt en daalt de zandvraag naar een niveau dat in evenwicht is met de dan optredende zeespiegelstijging.



Figuur 6.1 Nevenstaand figuur laat zien de zandvraag (T) die optreed voor de kust van Ameland (KM 10 tot KM 25) tengevolge van zeespiegelstijging en bodemdaling (zonder 18,6-jarige cyclus).

De "roze" lijn geeft aan het niveau van de jaarlijkse zandvraag door zeespiegelrijzing van 2 mm per jaar. De hoeveelheid bedraagt ca. 190.000 m^3 per jaar en is exclusief de zandvraag van de kustzone zelf.
De "rode" lijn laat zien de zandvraag die gegenereerd wordt de bodemdaling van de gaswinning op Ameland. De zandvraag wordt substantieel vanaf 1994 en bereikt een maximum in 2005. Daarna neemt de zandvraag geleidelijk af en komt omstreeks 2065 in evenwicht met de zeespiegelrijzing.
De "blauwe" lijn geeft aan de relatieve toename van de zandvraag ten gevolge van de nieuwe gaswinning. Het belangrijkste effect is een vertraging van de vermindering van de zandvraag en minder de geringe toename.

De verfijning die aangebracht kan worden op de bovenstaande modelberekening is om rekening te houden met de natuurlijke getijcyclus van 18,6 jaar. Dit levert een meer realistische beeld. Deze cyclus heeft tot gevolg dat de zandvraag een cyclisch verloop krijgt met een periodiciteit van 18,6 jaar waarbij jaren van toenemende vraag afwisselen met jaren van afnemende vraag. Dat is goed te zien in figuur 6.2 (roze lijn). Het effect van de bodemdaling op de zandvraag krijgt daardoor ook een cyclisch karakter.
Het effect op de zandvraag die door de bodemdaling van Ameland wordt gegenereerd, wordt door deze cyclus min of meer van nature gedempt tot 1995 en bereikt – maar daarna versterkt – een maximum van 500.000 m^3 in 2006. Het relevante handhavingsbeleid van de kustlijn wordt met name toegepast op het gebied tussen kilometerpaal 10 en 20. Een zandvraag die van invloed kan zijn op suppleties voor instandhouding van dit deel van de kust van Ameland is volgens deze berekening ontstaan in de afgelopen 10 jaar aan de oostpunt van Ameland. Een belangrijke vraag is of, en zo ja hoe lang het vervolgens duurt voordat deze extra zandvraag merkbaar wordt voor de kust van Ameland tussen kilometerpaal 10 en 20 waar de basiskustlijn wordt gehandhaafd. Gezien de kennis die inmiddels is opgebouwd over het gedrag van de zandhaak aan de westpunt van Ameland, moet gedacht worden aan vele tot tientallen jaren. Het feit dat een toename van de zandvraag voor de kust van Ameland nog niet merkbaar is tot op heden is hiermee in overeenstemming. Na 2006 neemt de zandvraag cyclisch af tot omstreeks 2065. De zandvraag blijft schommelen rond de 190.000 m^3 per jaar.
De nieuwe velden veroorzaken een relatieve toename van de zandvraag. Het netto-effect is dat de totale zandvraag weliswaar afneemt na 2006 maar enigszins hoger blijft dan in de situatie zonder de nieuwe winning.

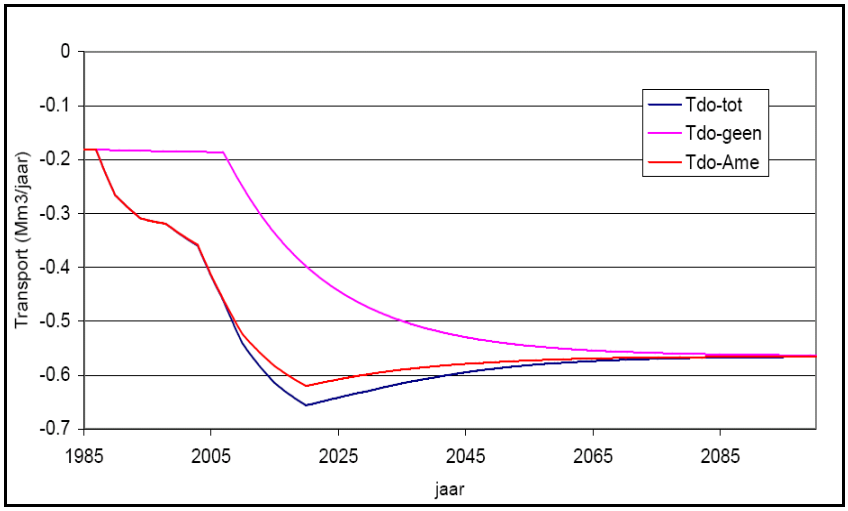


Figuur 6.2 Nevenstaand figuur laat zien de zandvraag die optreed voor de kust van Ameland (KM 10 tot KM 25) tengevolge van zeespiegelstijging en bodemdaling (met 18,6-jarige cyclus).

De "roze" lijn geeft aan het niveau van de jaarlijkse zandvraag door zeespiegelrijzing van 2 mm per jaar en is exclusief de zandvraag van de kustzone zelf. De "rode" lijn laat zien de zandvraag die gegenereerd wordt de bodemdaling van de gaswinning op Ameland. De zandvraag bereikt een maximum in 2005. De "blauwe" lijn geeft aan de relatieve toename van de zandvraag ten gevolge van de nieuwe gaswinning. Nadat de zandvraag van Ameland een kentering heeft bereikt neemt de zandvraag cyclisch steeds verder af.

Om een oplossing te vinden op de vraag wat het gevolg is een versnelde zeespiegelstijging is het effect doorgerekend van een plotselinge zeespiegelstijging naar een niveau van 6 mm per jaar te beginnen in 2007. Dit is een onrealistisch scenario onmiddellijk beginnend in het startjaar van de nieuwe winning. In de eerste plaats heeft dit gevolgen voor het strand en de kustzone. Om de verdieping van het strand en versteiling van de vooroever te voorkomen zou globaal voor de oostzijde van Ameland een hoeveelheid tussen 750.000 en 900.000 m^3 per jaar aan zandhonger ontstaan. Vervolgens gaat het waddensysteem naar een nieuwe evenwichtsituatie. Hierbij neemt de zandvraag van de komberging door de hogere zeespiegelstijgingsnelheid geleidelijk toe van 190.000 m^3 per jaar in 2007 tot circa 560.000 m^3 per jaar omstreeks 2065 (figuur 6.3)

De winning van Ameland en van de nieuwe velden verandert niet zozeer de eindvraag, als wel het moment waarop die zandvraag wordt bereikt. De maximale zandvraag wordt bereikt omstreeks 2020 en bedraagt dan iets meer dan 600.000 m^3 per jaar en neemt vervolgens geleidelijk af tot een evenwichtsituatie is benaderd rond 2065.

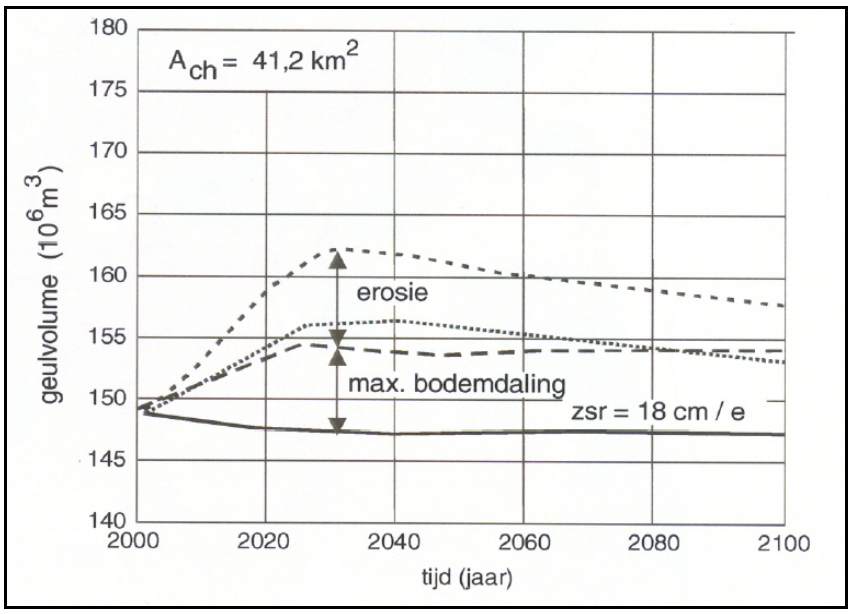


Figuur 6.3 Nevenstaand figuur laat zien de zandvraag die optreed voor de kust van Ameland (KM 10 tot KM 25) tengevolge van versnelde zeespiegelstijging (6 mm per jaar vanaf 2007) en bodemdaling.

De "roze" lijn geeft aan het niveau van de jaarlijkse zandvraag door zeespiegelrijzing van 2 mm per jaar tot 2007 en 6 mm per jaar vanaf 2007 en is exclusief de zandbehoefte van het strand en de kustzone zelf. De "rode" lijn laat zien de zandvraag die gegenereerd wordt de bodemdaling van de gaswinning op Ameland. De zandvraag door Ameland bereikt een maximum omstreeks 2015. De "blauwe" lijn geeft aan de extra toename van de zandvraag ten gevolge van de nieuwe gaswinning. Het maximum valt ook omstreeks 2015 en de zandvraag neemt toe 30.000 m^3 per jaar. Nadat de zandvraag van Ameland een kentering heeft bereikt neemt de zandvraag cyclisch steeds verder af. De gemiddelde totale zandvraag (inclusief strand en kustzone) schommelt vanaf 2050 rond de 490.000 m^3 per jaar

Geulen

Geulen worden breder en dieper door bodemdaling of zeespiegelstijging. Figuur 6.4 [4.4 WL] toont dat in de eerste fase van de Amelandwinning het geulvolume iets meer toenam dan het volume van de bodemdaling. Naast de bodemdaling in de geulen trad er initieel dus ook enige erosie op. De jaarlijkse toename van het geulvolume door bodemdaling en erosie blijkt maximaal ongeveer 10% van de toename veroorzaakt door zeespiegelstijging (1.8mm /jr scenario).

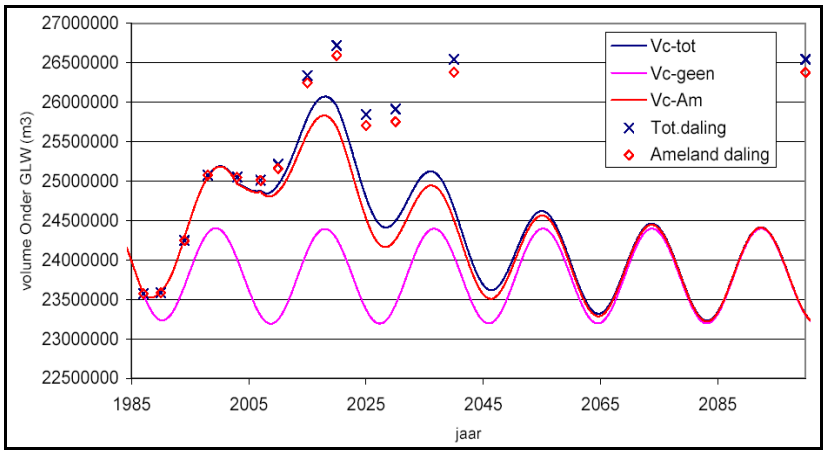


Figuur 6.4 Verandering van geulvolume ten gevolge van bodemdaling.

Op de horizontale as staat het geulvolume. Bij een zeespiegelstijging van 1,8 mm per jaar is het geulvolume ongeveer 148 miljoen m^3. Er zijn 2 reacties van het systeem. Ten gevolge van bodemdaling daalt de geulbodem en wordt de geuldieper. Door de daling van de platen neemt de stroomsnelheid toe bij ieder tijwisseling en hierdoor schuurt de geul uit. De geul wordt hierdoor dieper en breder.

In figuur 6.5 is de dynamische 18.6 jaar cyclus beschouwd. Hieruit blijkt dat de jaarlijkse variaties in verhouding tot figuur 6.4 een wezenlijke rol spelen. Uit figuur 6.5 blijkt dat sinds ongeveer 2000 de erosie in de geul is omgeslagen in sedimentatie en groeit het geulvolume langzamer dan de bodemdaling. Het maximum aan bodemdaling als gevolg van de gaswinning op Ameland zou worden bereikt rond 2010. Als gevolg van de winning in de nieuwe velden loopt dit maximum iets verder op voordat herstel intreedt en wordt herstel pas in 2015 bereikt. Bij de huidige zeespiegelstijging wordt volledig herstel van de bodemdaling door sedimentatie bereikt rond 2100. De maximum geulverruiming door bodemdaling ligt in de orde van grootte van 70% van de voorspelde bodemdaling door gaswinning. Ook bij de geulen geldt dat de verruiming door bodemdaling dezelfde orde van grootte heeft als de natuurlijke fluctuaties als gevolg van de 18,6-jarige cyclus.

De geulverruiming wordt ten dele veroorzaakt door een areaalvergroting en ten dele door verdieping. Het totale oppervlak van de komberging, bestaande uit platen en geulen, blijft constant in de tijd. Dit betekent dat verlies van plaatareaal automatisch een toename van geulareaal van dezelfde grootte tot gevolg heeft. Onder invloed van de 18,6-jarige cyclus krijgt het geulvolume een cyclisch verloop. Figuur 6.5 schetst een meer realistisch beeld waarin geulen geleidelijk verdiepen en verondiepen rond een volume van 23.800.000 m^3. Weergegeven is het verloop van het geulvolume (beneden laagwater) in de tijd. De zeespiegelstiging is constant 1,8 mm per jaar.



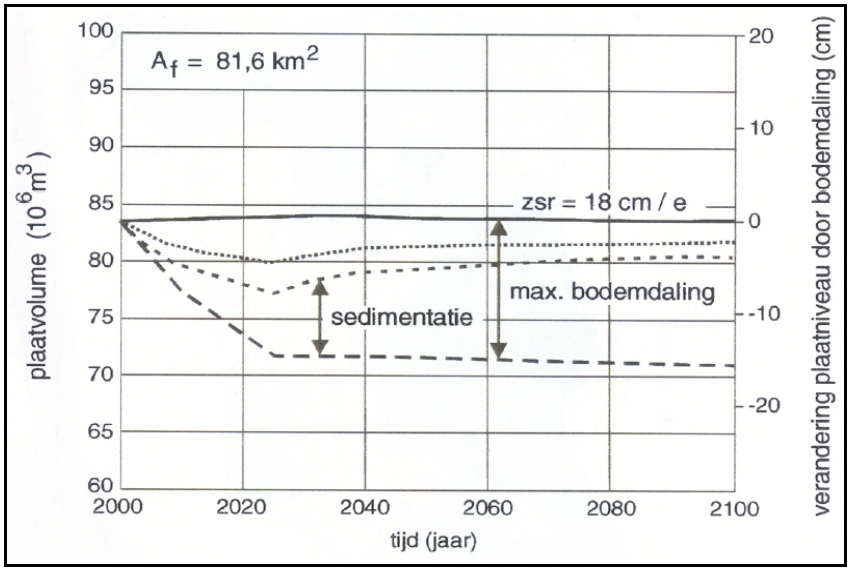
Figuur 6.5 De ontwikkeling van het geulvolume in de tijd (onder invloed van de 18,6-jarige cyclus).

De bodemdaling van Ameland leidt tot 2005 tot snelle vergroting van het geulvolume door de daling van de geulen en het transport van zand naar de platen. De cyclische verondieping wordt voorspeld niet op te treden en na 2007 treedt een tweede periode van verdieping en verbreding op. De geulen bereiken hun maximale volume rond 2015. De invloed van de nieuwe gaswinning is dan eveneens maximaal. Na 2015 neemt het geulvolume cyclisch af en blijft schommelen rond een evenwichtswaarde van ongeveer 23,8 miljoen m³. In kruisjes en ruitjes zijn ter vergelijking de waarden aangegeven zonder herstel door sedimentatie in de geulen.

Platen

Centraal in de effectvoorspelling staat de ontwikkeling van het plaatareaal. Dat geldt voor zowel de ontwikkeling ten gevolge van de bodemdaling van Ameland als van de nieuwe winning. De bodemdaling van Ameland is namelijk gevolgd door middel van een intensief monitoringprogramma. De huidige berekeningsuitkomsten kunnen voor de periode 1985 tot 2005 daardoor direct in verband gebracht worden met de werkelijke waarnemingen in het veld.

Figuur 6.6 laat zien dat op de platen reeds vanaf het begin van de gaswinning compensatie van de bodemdaling optreedt door sedimentatie. Ook is duidelijk dat de invloed van de nieuwe velden hier groter is dan in de geulen en op de buitendelta.



Figuur 6.6 Compensatie van bodemdaling door sedimentatie bij een constante zeespiegelstijging van 1,8 mm per jaar.

De werkelijke bodemdaling bedraagt nooit meer dan 40% van de voorspelde bodemdaling.

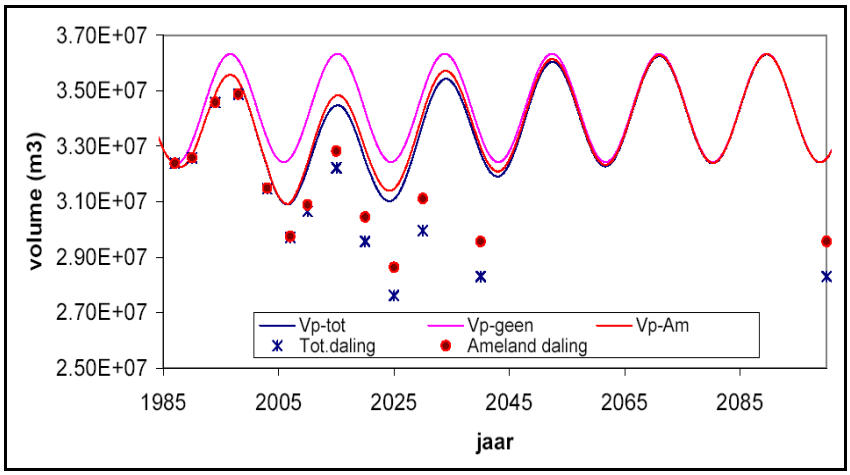
Als gevolg van de automatisch optredende compensatie door sedimentatie wordt de uiteindelijke maximum daling van de platen niet meer dan circa 40% van de voorspelde bodemdaling door gaswinning. De feitelijke maximum verlaging van de platen in de kom van het Pinkegat zal dan gemiddeld 4,9 cm bedragen van een gemiddeld plaatniveau op 90,5 cm boven GLW. Hiervan is 0,5 cm (10%) toe te schrijven aan de gaswinning uit de nieuwe velden.

Met het model is berekend dat zonder de 18,6-jarige cyclus door de Amelandwinning de bodemdaling een maximaal verlies van plaatareaal van 0,53 km^2 heeft veroorzaakt in 2005. Als de nieuwe gasvelden in productie worden genomen (vanaf 2007) zal het maximale verlies verder oplopen tot 0,57 km^2 dat dan rond 2010 wordt bereikt. De maximale afname van plaatareaal door alleen de nieuwe velden is ongeveer 0,095 km^2 en wordt rond 2020 bereikt.

In onderstaande simulatie is de reactie van het plaatvolume weergegeven onder invloed van de 18,6-jarige cyclus en bodemdaling in de tijd. Veranderingen in het "plaatvolume" vertalen zich voor 75% in de hoogteligging en voor 25% in de omvang. De getrokken lijnen geven weer het verloop met gelijktijdige sedimentatie. De punten geven het volume zonder sedimentatie.

Het plaatvolume vertoond de kenmerkende cyclische variatie in de tijd. De bodemdaling van Ameland volgt dit patroon. De afname van het plaatvolume door de bodemdaling van Ameland neemt toe tot ongeveer 1%. Na 2004 neemt de compenserende sedimentatie toe. Het laagste gemiddelde plaatniveau wordt in 2006/2007 bereikt. Het plaatvolume is dan circa 3% kleiner dan het zou zijn zonder bodemdaling, waarna geleidelijk weer herstel optreedt. Het plaatvolume gaat daarbij snel omhoog door een gunstig samenvallen met de 18,6 jarige cyclus.
Het cumulatieve effect van de winning uit de nieuwe velden is dus niet een verdere gemiddelde verlaging van de wadplaten, maar een vertraging van de verhoging die door herstel daarvan gaat optreden. De grootste cumulatieve en ecologisch relevante invloed van de nieuwe velden vindt plaats omstreeks 2023.

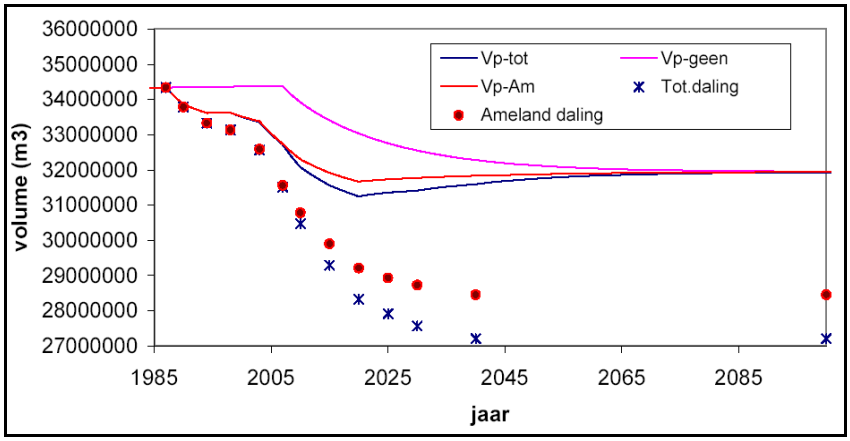
Volledig herstel van de bodemdaling wordt bereikt rond 2085. De 18,6-jarige cyclus veroorzaakt een fluctuatie van het plaatvolume die veel groter is dan het plaatverlies door de bodemdalingen.



Figuur 6.7 De ontwikkeling van het plaatvolume(Vp) in de tijd (onder invloed van de 18,6-jarige cyclus).

De 18,6-jarige cyclus veroorzaakt een variatie in plaatvolume in de orde van 10%. De invloed van de bodemdaling van Ameland is met name relevant in de periode 2003 tot 2008. Het plaatvolume is dan met circa 3% extra verlaagd tot 31 miljoen m^3. Na 2006 treedt geleidelijk herstel op. Rond 2023 is het plaatvolume wederom minimaal, maar hoger dan in 2006. Na 2035 is vrijwel volledig herstel opgetreden en blijft het plaatvolume schommelen rond een evenwichtswaarde van ongeveer 34 miljoen m^3. In kruisjes en ruitjes zijn ter vergelijking de waarden aangegeven zonder herstel door sedimentatie in de geulen.

De resultaten van het modelonderzoek naar het effect van een versnelde zeespiegelstijging op de ontwikkeling van het plaatvolume zijn weergegeven in onderstaande figuur. Het is interessant te moeten constateren dat een nieuw evenwicht omstreeks 2065 minder dan 10% lager is vergeleken met het huidige volume. Dit is in overeenstemming met het uitgangspunt dat de platen in het Pinkegat min of meer intact blijven bij 6 mm zeestijging per jaar. Het effect van een versnelde zeespiegelstijging is vooral dat de bodemdaling zo groot is dat de nieuwe evenwichtswaarde schijnbaar bijna 40 jaar eerder wordt bereikt. De nieuwe winning veroorzaakt een geringe extra verkleining van het plaatvolume.



Figuur 6.8 De ontwikkeling van het plaatvolume (Vp) in de tijd (onder invloed van versnelde zeespiegelstijging).

De versnelde zeespiegelstijging leidt tot een geringe verkleining van het plaatvolume in de orde van 10%. De omvang en snelheid van de bodemdaling is toevalligerwijze zodanig dat schijnbaar het nieuwe evenwicht 40 jaar eerder wordt bereikt. Ten opzichte van de autonome ontwikkeling (zeespiegelstijging en de bodemdaling van Ameland) leidt de nieuwe winning tot een geringe (10% extra) tijdelijke verkleining van het plaatvolume. In kruisjes en ruitjes zijn ter vergelijking de waarden aangegeven zonder herstel door sedimentatie in de geulen.

Samenvattende conclusies Pinkegat

1. De huidige zeespiegelstijging van 1,8 mm/jr leidt in de Waddenzee (geulen, platen en buitendelta) tot een continue zandvraag van gemiddeld 190.000 m^3 per jaar. Dit is exclusief de hoeveelheid die toegerekend kan worden aan het instandhouden van de kust en het strand tot circa kilometerpaal 10. Die hoeveelheid is het product van de zeespiegelstijging en het strand en zeeoppervlak tot een diepte van 20 meter en bedraagt globaal 300.000 m^3 per jaar extra. Om de kust en Waddenzee “in stand te houden” is dus per jaar circa 500.000 m^3 zand nodig.
2. Ook bodemdaling genereert een zandvraag. De grootte van de zandvraag wordt bepaald door de inhoud van de bodemdalingsschotel. Uit de verschillende berekeningswijzen blijkt dat in 10-15 jaar 50% herstel optreedt. Het effect van gaswinning is daardoor nooit meer dan 50% van het berekende effect. Na een periode van 40-80 jaar is de zandvraag geheel vervloeid in de achtergrond. Transportsnelheden van zand langs de kust zijn niet onderzocht, maar liggen in de orde van tientallen jaren.
3. Het effect van bodemdaling is onderzocht in verschillende scenario’s. Het meest realistische en meest geavanceerde scenario (best beschikbare kennis) is dat met betrekking tot 1,8 mm zeespiegelstijging per jaar en met inbegrip van de zogeheten 18,6-jarige cyclus. Deze cyclus veroorzaakt een variatie in plaatvolume van 10% (plaatvolume= plaathoogte x oppervlakte) en daardoor een afname van 7,5% in plaathoogte en 2,5% in oppervlak.
4. Amelandwinning. Het belangrijkste effect bestaat uit een tijdelijke bijdrage aan de zandvraag, een gemiddelde verlaging van het plaatvolume en een verdieping en verbreding van geulen. In omvang is dat circa 3% van het plaatvolume en dus minder dan de natuurlijke variatie. De 18,6-jarige cyclus domineert dus het beeld. Het plaatvolume is het kleinst rond 2005, daarna neemt het plaatvolume met de cyclus van 18,6 jaar weer toe.
5. De nieuwe winning en de winning van Anjum. De omvang van de bodemdaling is maar 10% van die van de Amelandwinning. De invloed is het grootst omstreeks 2023; het plaatvolume is dan echter niet kleiner dan in 2005. De bijdrage van de nieuwe winning aan de reeds autonoom verlopende processen is niet significant.
6. Versnelde zeespiegelstijging. Het effect van de bodemdaling van Ameland in een situatie met plotseling versnelde zeespiegelstijging is een schijnbare verkorting van de tijd waarin het nieuwe evenwicht wordt bereikt. Het effect van de nieuwe winning is hierin sterk ondergeschikt, maar leidt wel tot een tijdelijke verkleining van het plaatvolume.

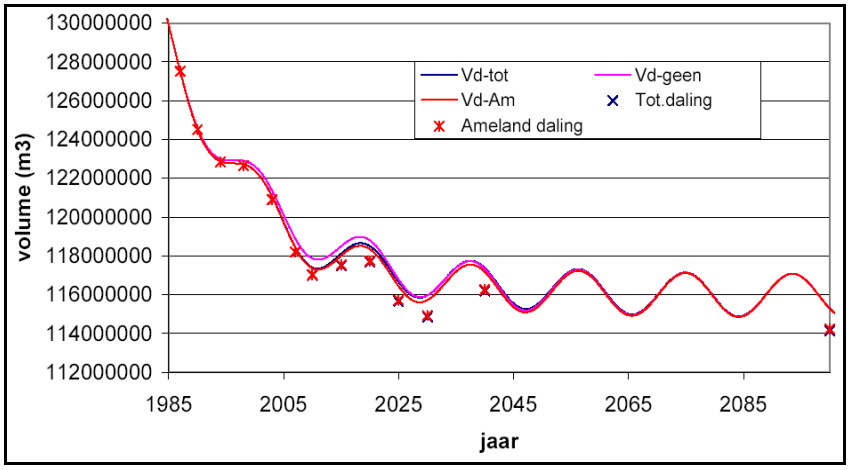
6.2.3 Zoutkamperlaag

In aanvulling op hoofdstuk 3 is een woord van geleiding hier op haar plaats. Door de grote invloed van de afsluiting van de Lauwerszee is voor de kust en het wad van Schiermonnikoog namelijk sinds 1969 een heel bijzondere situatie ontstaan. De geulen

waren danwel te diep en te wijd, maar in de voordelta waren plotseling grote voorraden zand vrijgekomen en beschikbaar. Dit zand heeft de afgelopen jaren gediend om de geulen te vullen tot een niveau dat past bij een afgesloten Lauwerszee (het huidige Lauwersmeer) en om de zandhonger te stillen van de voortgaande zeespiegelstijging. Terwijl de overige waddeneilanden voortdurend zand tekort kwamen en worstelden met suppletieprogramma's, had Schiermonnikoog zand te over. Uit onderstaande modeluitkomsten blijkt echter dat aan die weelde inmiddels een einde is gekomen. De eerste tekenen daarvan zijn wellicht op het wad al merkbaar. De komende decennia zullen daarmee in het licht van verschraling en suppleties komen te staan. Schiermonnikoog gaat dus terug naar de situatie van vóór 1969 toen erosie en kustafslag tot de normale cycli behoorden. Het effect van de nieuwe winning moet gezien worden in het licht van de autonome ontwikkeling naar de nieuwe evenwichtssituatie. De onderstaande toelichting berust in belangrijke mate op paragraaf 4.9 van het WL-rapport.

Buitendelta

De buitendelta van de Zoutkamperlaag is na de afsluiting van 1969 veel te groot en convergeert naar het nieuwe evenwicht dat omstreeks 2045 wordt bereikt. Het effect van de bodemdaling door gaswinning is dat deze buitendelta sneller naar zijn nieuwe evenwicht convergeert. De maximale volumeverandering van de delta door gaswinning is ongeveer 0,5 miljoen m^3, een kleine fractie van het totale volume van circa 120 miljoen m^3. Vergeleken met de fluctuatie van het buitendeltavolume door bijvoorbeeld de 18,6-jarige cyclische variatie van het getij (figuur 6.9) is de maximale afname veel kleiner dan die fluctuatie. In de praktijk zal de afname dus niet te meten zijn. Volledige compensatie wordt bereikt rond 2060.

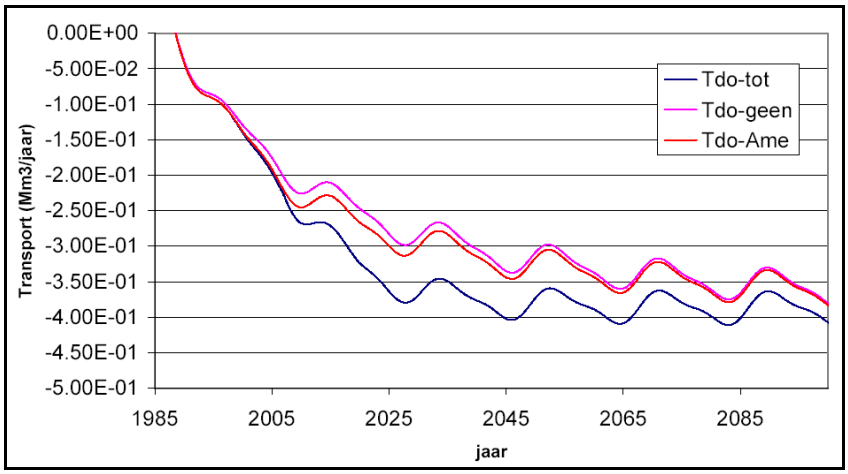


Figuur 6.9 De ontwikkeling van het buitendeltavolume (Vd) van de Zoutkamperlaag in de tijd (onder invloed van de 18,6-jarige cyclus).

De buitendelta neemt af (vanaf 1969) totdat omstreeks 2045 een situatie wordt bereikt waarbij het volume cyclisch varieert die past bij de afsluiting. Ameland en de nieuwe winning versnellen dit proces. Het effect is verwaarloosbaar. In kruisjes en ruitjes zijn ter vergelijking enkele concrete waarden aangegeven zonder sedimentatie.

Kustzone

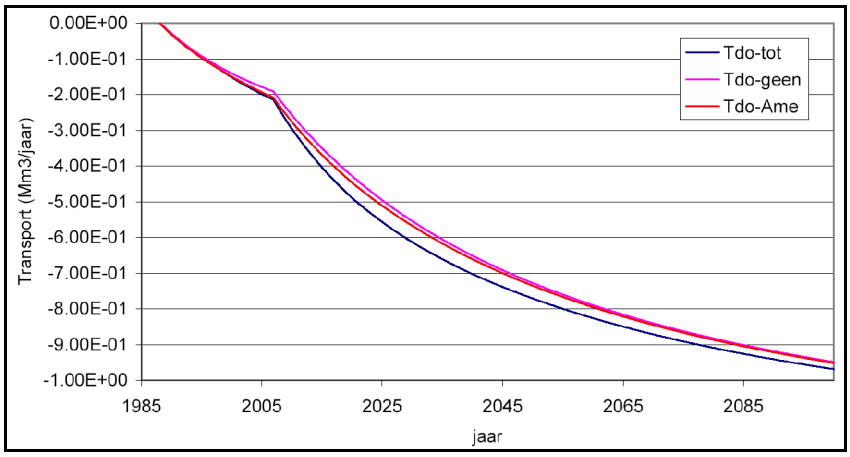
Tot omstreeks 1990 is er in de voordelta nog een overmaat aan zand aanwezig. Hierna ontstaat een steeds sterker wordende zandvraag die wordt gedreven door zeespiegelstijging. Omstreeks 2085 wordt de nieuwe evenwichtssituatie benaderd en schommelt de zandvraag rond 390.000 m^3 per jaar. Dit bedrag is exclusief de zandvraag van de kust zelf en van het strand als dat op de huidige breedte gehandhaafd zou moeten worden. De extra zandvraag die dit veroorzaakt is een veelvoud van bovengenoemde waarde. Door de bodemdaling van alle velden samen zal het sedimentimport naar de Zoutkamperlaag met maximaal 65.000 m^3 per jaar toenemen. Dit maximum wordt bereikt rond 2025. Door de bodemdaling van alleen de Amelandwinning is de toename maximaal ongeveer 0,02 miljoen m^3 per jaar rond 2010. De bodemdaling door alleen de nieuwe gasvelden veroorzaakt een maximale toename van 0,05 miljoen m^3 per jaar, die pas rond 2030 optreedt. De invloed van zowel de nieuwe velden als van de Amelandwinning is erg klein.



Figuur 6.10 De ontwikkeling van de zandvraag (T) van de Zoutkamperlaag in de tijd (onder invloed van de 18,6-jarige cyclus).

Vanaf 1990 ontstaat een zandvraag ten gevolge van uitputting van het overschot van de buitendelta. De zandvraag neemt sterk toe tot 2005 en stijgt vervolgens cyclisch en geleidelijk tot een evenwichtswaarde die schommelt rond 390.000 m^3 per jaar en bereikt wordt omstreeks 2085. De bijdrage van de nieuwe velden bedraagt ongeveer 65.000 m^3 per jaar in de periode 2010-2050 en neemt vervolgens geleidelijk af. Een evenwicht wordt pas in de volgende eeuw bereikt. Het belangrijkste effect is dat de evenwichtssituatie in zandvraag reeds omstreeks 2045 wordt bereikt.

De Zoutkamperlaag is een groter kombergingsgebied dan het Pinkegat en de natuurgrenswaarde is door de Universiteit Utrecht geschat op 5 mm per jaar. Om die reden is het interessant het effect van 6 mm zeespiegelstijging goed in beeld te brengen. Uit onderstaande modeluitkomsten blijkt dat een versnelde zeespiegelstijging leidt tot een sterk toenemende zandvraag die blijft stijgen tot de volgende eeuw. De bijdrage van de nieuwe gaswinning is marginaal. De orde van grootte is 40.000 m^3 per jaar in de periode 2010-2110.



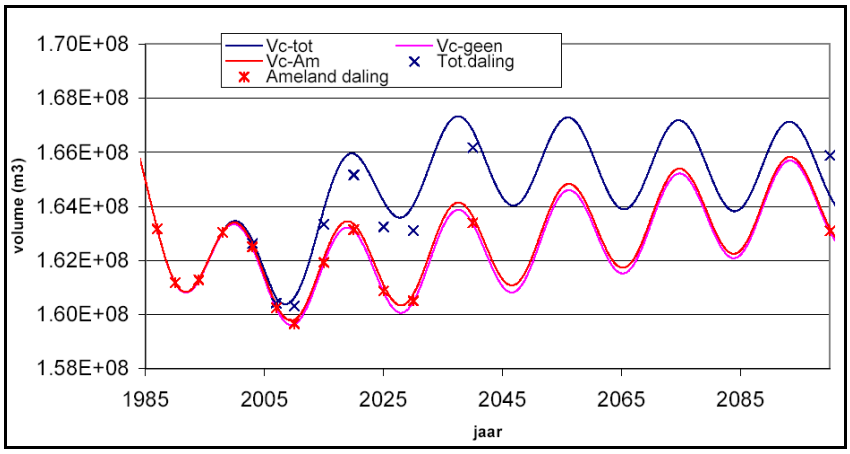
Figuur 6.11 De ontwikkeling van de zandvraag (T) van de Zoutkamperlaag in de tijd (onder invloed van versnelde zeespiegelstijging).

Vanaf 1990 ontstaat een zandvraag ten gevolge van uitputting van het overschot van de buitendelta. De zandvraag neemt onder invloed van een versnelde zeespiegelstijging sterk toe waarbij de zandvraag zal stijgen tot meer dan 1 miljoen m^3 per jaar in de volgende eeuw. De nieuwe winning leidt tot een theoretisch goed te kwantificeren, maar verwaarloosbare bijdrage.

Geulen

Figuur 6.12 toont dat de Amelandwinning nauwelijks invloed heeft op het geulvolume in de kom van de Zoutkamperlaag. Duidelijke effecten ontstaan pas door gaswinning uit de nieuwe velden. Initieel neemt dan het geulvolume meer toe dan het bodemdalingsvolume. Naast de bodemdaling in de geulen treedt er initieel ook hier erosie op. Omstreeks 2060 zal de erosie in de geul omslaan in sedimentatie en zal het geulvolume langzamer groeien dan de bodemdaling. Het maximum effect als gevolg van de gaswinning zou worden bereikt rond 2030. Bij de huidige zeespiegelstijging wordt volledig herstel van de bodemdaling door sedimentatie pas bereikt na 2100. De maximum geulverruiming door bodemdaling ligt in de orde van 130% van de voorspelde bodemdaling door gaswinning door de extra erosie. Voor de geulen geldt dat de

verruiming door bodemdaling tussen 2020 en 2045 vrijwel even groot is als de natuurlijke fluctuaties als gevolg van de 18,6-jarige cyclus.

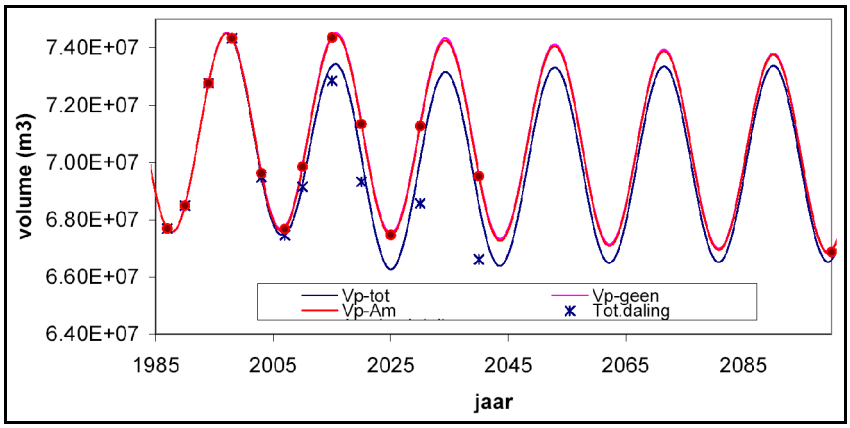


Figuur 6.12 De ontwikkeling van het geulvolume(Vc) in de tijd (onder invloed van de 18,6-jarige cyclus).

De bodemdaling van Ameland is hier nauwelijks in terug te vinden en overlapt geheel met de reactie van het systeem op de afsluiting en zeespiegelrijzing.Het geulvolume bereikt haar minimale omvang omstreeks 2010 en heeft dan een inhoud van iets minder dan 160 miljoen m^3. Vervolgens neemt het geulvolume cyclisch toe en bereikt een maximum rond 2045. Het belangrijkste effect van de nieuwe winning is dat het evenwicht sneller wordt bereikt. In kruisjes en ruitjes zijn ter vergelijking de waarden aangegeven zonder herstel door sedimentatie in de geulen.

Platen

Figuur 6.13 laat zien dat de invloed van de nieuwe velden hier dominant is. Als gevolg van de compensatie door sedimentatie wordt de uiteindelijke maximum daling van de platen niet meer dan circa 44% van de voorspelde bodemdaling door gaswinning. De maximum verlaging van de plaathoogte door gaswinning bedraagt gemiddeld 1,4 cm en wordt in 2025 bereikt. Daarna treedt weer geleidelijk herstel op. Volledig herstel van de bodemdaling wordt pas bereikt na 2100. De 18,6-jarige cyclus veroorzaakt een fluctuatie van het plaatvolume die een factor 5 groter is dan het plaatverlies door bodemdalingen. Het moment waarop de start van de nieuwe gaswinning is voorzien, valt globaal samen met het moment waarop plaatgroei start ten gevolge van de 18,6 jarige cyclus. Ondanks bodemdaling is daardoor de verwachting dat het plaatvolume vanaf 2006-2007 zal gaan toenemen. Het plaatvolume blijft hoger dan in 2005 tot omstreeks 2022. Volgens berekening zijn de platen dan 1,4 cm lager dan ze zouden zijn zonder bodemdaling.



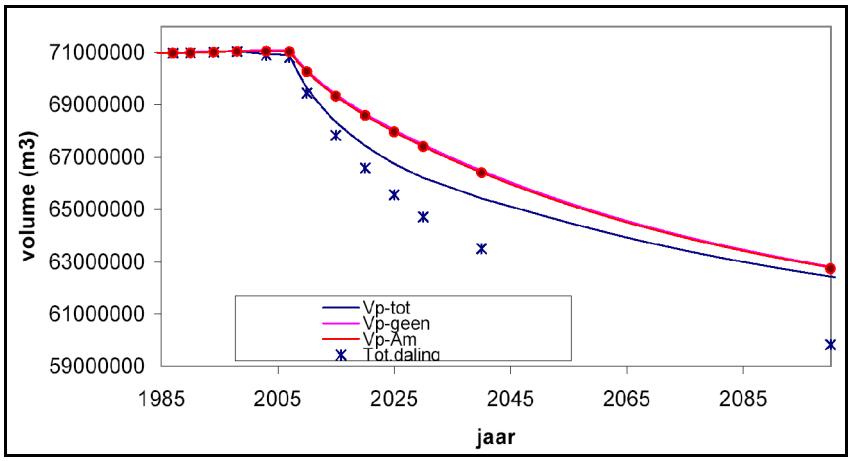
Figuur 6.13 De ontwikkeling van het plaatvolume(Vp) in de tijd (onder invloed van de 18,6-jarige cyclus).

De 18,6-jarige cyclus veroorzaakt een variatie in plaatvolume in de orde van 10%. De invloed van de bodemdaling van Ameland is niet meer terug te vinden. De invloed van de nieuwe velden wordt pas zichtbaar rond 2010 en leidt tot een geringe extra afname van het plaatvolume rond 2023-2028. Het plaatvolume bereikt in die periode een waarde die gedurende cyclus een aantal malen terugkomt en overeenkomt met de autonome ontwikkelingswaarde. In kruisjes en ruitjes zijn ter vergelijking de waarden aangegeven zonder sedimentatie.

Het plaatoppervlak van Zoutkamperlaag is ongeveer 72 km^2. Door de Amelandwinning zal de bodemdaling een maximaal verlies van plaatareaal van circa 0,02 km^2 veroorzaken, dat rond 2020 wordt bereikt. Als de nieuwe gasvelden in productie worden

genomen (vanaf 2007) zal het maximale verlies verder oplopen tot 0,23 km^2. Dit maximum wordt rond 2025 bereikt. De maximale afname van plaatareaal door alleen de nieuwe velden is ongeveer 0,21 km^2 (0,3% van het plaatareaal) en wordt ook rond 2025 bereikt. Het plaatvolume is dan vergelijkbaar met de evenwichtsituatie van de autonome ontwikkeling zoals die bereikt zou worden in de volgende eeuw (zonder versnelde zeespiegelstijging).

Het effect van versnelde zeespiegelstijging (6 mm/jr) is weergegeven in figuur 6.14. De verlaging van het plaatvolume is significant en zet zich voort na 2085. Het effect van de nieuwe velden is een geringe extra verlaging van het plaatvolume. Na 2045 convergeert het volume naar de natuurlijke autonome ontwikkeling en zal ongeveer uitkomen op 60 miljoen m^3 in de volgende eeuw.



Figuur 6.14 De ontwikkeling van het plaatvolume (Vp) in de tijd (onder invloed van versnelde zeespiegelstijging).

De versnelde zeespiegelstijging leidt tot een significante verkleining van het plaatvolume. De bodemdaling door de gaswinning uit de nieuwe velden versnelt dit proces. In kruisjes is ter vergelijking de waarde aangegeven zonder sedimentatie.

Samenvattende conclusies Zoutkamperlaag

1. Het gebied wordt nog steeds sterk beinvloed door de afsluiting van de Lauwerszee (vorming van het Lauwersmeer). Deze afsluiting heeft van 1969 tot omstreeks 1995 gezorgd voor een zandvoorraad. Na 1995 raken die voorraden in de buitendelta uitgeput ontstond een situatie van groeiende zandvraag door de steeds doorgaande zeespiegelstijging.
2. De zandvraag in 2005 bedraagt circa 200.000 m^3. Dit is exclusief de hoeveelheid die toegerekend kan worden aan het instandhouden van de kust en het strand. Die hoeveelheid is het product van de zeespiegelstijging en het strand en zeeoppervlak tot een diepte van 20 meter en bedraagt ruwweg 300.000 m^3 per jaar extra. Op Schiermonnikoog wordt (nog) geen zand gesuppleerd. De huidige zeespiegelstijging leidt uiteindelijk in de Zoutkamperlaag tot een continue zandvraag van gemiddeld 390.000 m^3 per jaar omstreeks het jaar 2085. Totaal is dat bijna 700.000 m^3 per jaar.
3. Ook bodemdaling genereert een zandvraag. Het effect van bodemdaling is onderzocht in verschillende scenario's. Het meest realistische en meest geavanceerde scenario (best beschikbare kennis) is dat met betrekking tot 1,8 mm zeespiegelstijging per jaar en met inbegrip van de zogeheten 18,6-jarige cyclus.
4. Het effect van de bodemdaling van Ameland was beperkt tot de buitendelta en is verwaarloosbaar.
5. De grootte van de zandvraag door de nieuwe winning (inclusief die van Anjum) wordt bepaald door de inhoud van de bodemdalingsschotel en bereikt een maximumwaarde van 65.000 m^3 per jaar in 2025. Het plaatvolume is dan echter niet kleiner dan in 2005. Uit de verschillende berekeningswijzen blijkt dat in 10-15 jaar 50% herstel optreedt. Het effect van gaswinning is daardoor nooit meer dan 50% van het berekende effect. Na een periode van 40-80 jaar is de zandvraag geheel vervloeid in de achtergrond. De zandvraag door bodemdaling is minder dan 10% van de zandvraag die door zeespiegelstijging wordt gegenereerd.
6. De bijdrage van de nieuwe winning aan de reeds autonooom verlopende processen is niet significant.

7. Versnelde zeespiegelstijging. Het effect van een plotseling versnelde zeespiegelstijging is een significante verkleining van het plaatvolume en een zeer sterk gestegen zandbehoefte voor de instandhouding van de kust en platen. De winning van de nieuwe velden versnelt de instelling van een nieuw evenwicht en leidt daarmee tijdelijk tot een geringe extra verkleining van het plaatvolume.

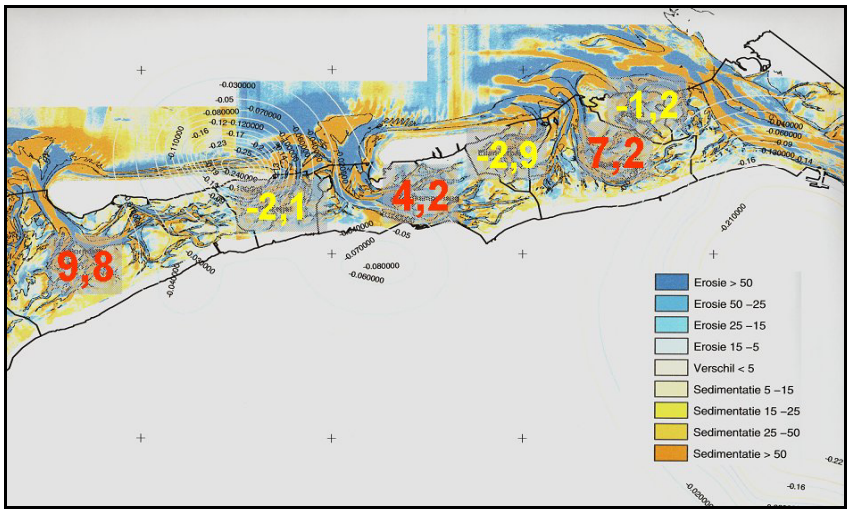
6.2.4 Nadere analyses: vergelijking met monitorgegevens, afzonderlijke invloed Anjumvelden

Alle modellen zijn zo goed mogelijk geijkt en geverifieerd. Toch blijft het van belang na te gaan welke verschillen met de werkelijke wereld een rol spelen en die verschillen zo goed mogelijk inzichtelijk te maken.
Er zijn in feite 3 situaties beschreven:

- Een stabiele situatie met constante zeespiegelstijging.
- Een situatie met geledelijke overgangen veroorzaakt door de 18,6-jarige cyclus.
- Een situatie met een plotselinge overgang, namelijk van 1,8 mm zeespiegelrijzing naar 6 mm zeespiegelrijzing.

In de natuur wisselen situaties elkaar echter af. Met bovenstaande ingrediënten zijn in feite de meest relevante variaties beschreven. De vraag die in deze paragraaf aan de orde komt is of de voorspellingen die met name ten aanzien van Ameland gedaan zijn, bruikbare elementen opleveren om de werkelijke ontwikkelingen te verklaren.

Lodingsgevens
In de eerste plaats is het van belang vast te moeten stellen dat de ontwikkeling van verschillende kombergingsgebieden in het waddengebied parallel verloopt. Dit wordt geïllustreerd door een evaluatie van het RIKZ op basis van de vergelijking van lodingsgegevens uit de jaren 1988-1993 versus de jaren 1989-2004 (figuur 6.15). Het blijkt dan dat voor de grote kombergingsgebieden geldt dat de wadplaten in de laatste periode hoger liggen vergeleken met 10 jaar daarvoor en in de kleine kombergingsgebieden iets lager.
De ontwikkeling in het kombergingsgebied Pinkegat is daarbij niet anders dan in andere kleine kombergingsgebieden. De Zoutkamperlaag is wel minder in hoogte toegenomen als het Borndiep.

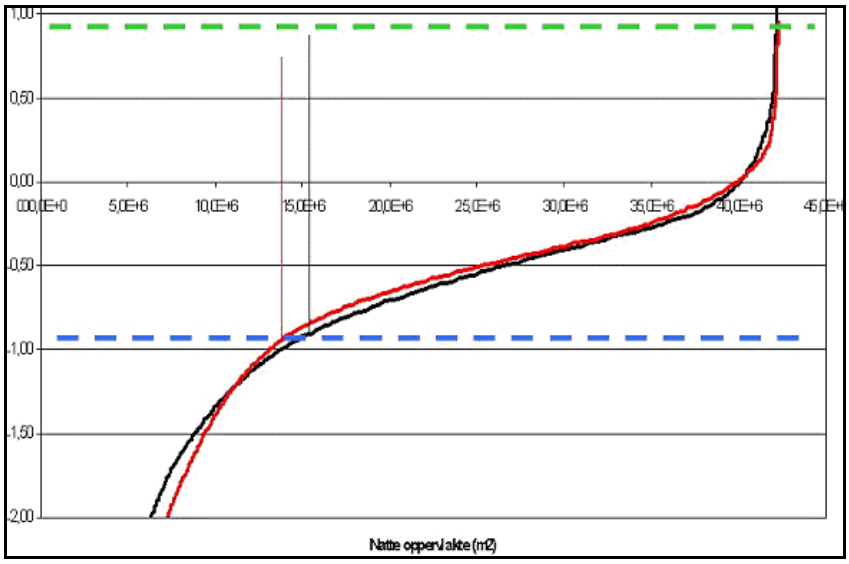


Figuur 6.15 De gemiddelde hoogteligging van wadplaten tussen 1988-1993 (voor de gaswinning op Ameland) en 1989-2004.

De wadplaten in de grote kombergingsgebieden zijn gemiddeld met ruim 5 cm in hoogte gestegen en in de kleine juist iets verlaagd. Het beeld wijkt niet af van dat van de westelijke Waddenzee.

Voor een begrip van het proces dient figuur 6.16. In deze figuur is weergegeven een tweetal situaties voor hetzelfde gebied, waarbij de oppervlakte cumulatief is uitgezet tegen de hoogteligging. De gemiddelde hoogwater- en laagwaterlijn zijn eveneens weergegeven. Uit deze figuur blijkt duidelijk dat verhoging van platen tijdelijk ontstaat

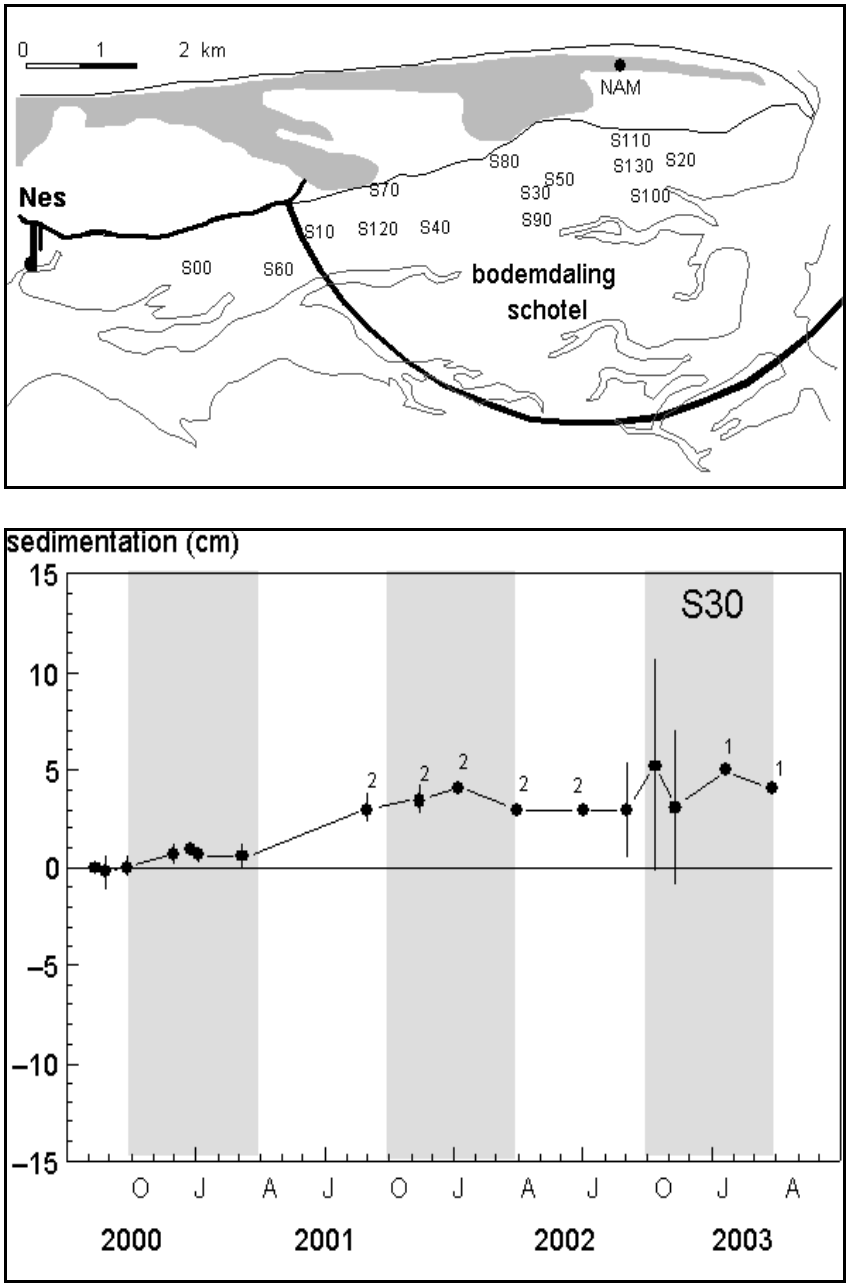
door verbreding en verdieping van de geulen. Het blijkt echter ook dat die verbreding met name plaatsvindt beneden het gemiddeld laagwaterniveau.



Figuur 6.16 Hypsometrische curve van het bodemdalingsgebied. Het gemiddelde plaatniveau is tussen 1988-93 (zwart) en 1998-04 (rood) enigszins omhooggekomen en de geulen zijn wijder en dieper geworden. Tevens is aangegeven het gemiddelde hoog- en laagwaterniveau.

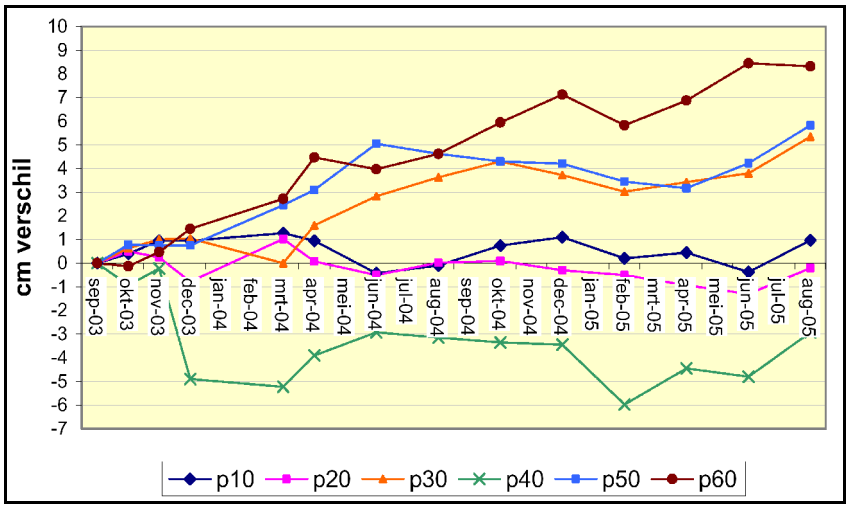
Als we bovenstaande waarnemingen vergelijken met de modeluitkomsten van met name figuur 6.7, dan is die uitkomst daarmee niet in tegenspraak en kan het geringe verschil in hoogteligging goed verklaard worden. De metingen zijn namelijk uitgevoerd vlak nadat de platen een minimum hadden bereikt onder invloed van de 18,6 jarige cyclus, respectievelijk vlak daarvoor.

Een tweede serie metingen die beschikbaar is, zijn de zogeheten spijkermetingen (figuur 6.17 en 6.18). Deze zijn zowel uitgevoerd op de wadplaten ten zuiden van Ameland-Oost, als op de wadplaten ten noorden van de Paezumerlannen. Al deze metingen duiden op een gestage groei of stabilisatie van de hoogteligging van de wadplaten in het Pinkegat in de periode 2000-2005. De groei varieert, met een maximum op één plaats van 5 cm per jaar. De metingen binnen de bodemdalingsschotel van de gaswinning op Ameland tonen een toename van de hoogteligging (sedimentatie) die gemiddeld iets meer is dan de bodemdaling ter plaatse (maximum 1,3 cm per jaar). De metingen bevestigen de grote robuustheid van het systeem en het vermogen tot compensatie van lokale verstoringen zoals bodemdaling. De voorspelde afname van het plaatareaal in termen van hoogteligging wordt echter niet bevestigd.

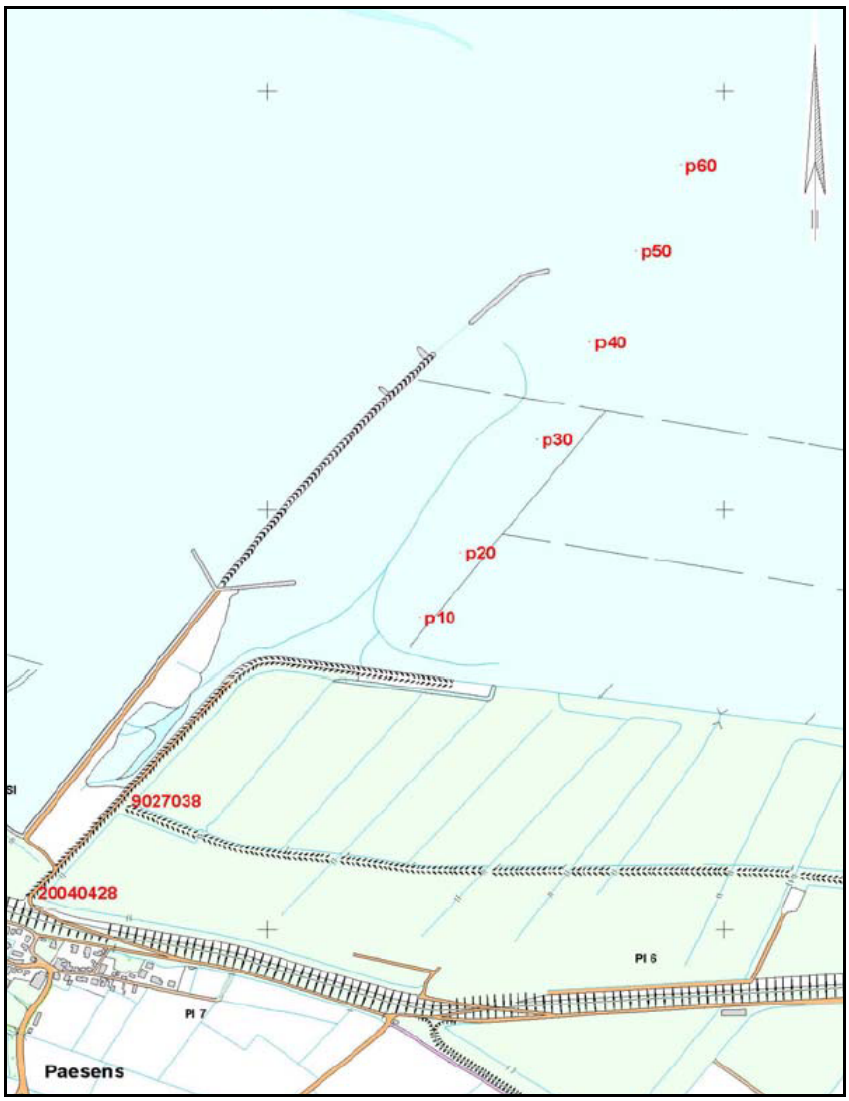


Figuur 6.17 Sedimentatie- en erosiemetingen op het Pinkewad onder Ameland.

Meetpunten zijn gegroepeerd per 4 en geven aan representatief beeld van erosie en sedimentatie aan het oppervlak. Station S30 is een voorbeeld in het centrum van de bodemdalingsschotel.



Figuur 6.18 Sedimentatie en erosie metingen op de wadplaten ten noorden van Paezumerlannen.



De metingen geven een structureel beeld van sedimentatie en toenemende hoogte met uitzondering van Station 40. Dit station bevindt zich net buiten de beschermende wering.

Afzonderlijke invloed Anjumvelden

De resultaten van de berekeningen met het ASMITA-model in 6.2.2 en 6.2.3 laten steeds het gecombineerde effect zien van de bodemdaling door de winning van de zes nieuwe velden en de reeds lopende winning van de Anjumvelden. In hoofdstuk 7 van het WL-rapport is ook inzichtelijk gemaakt: (1) wat het exacte effect is van de winning van de

Anjumvelden alleen en (2) wat het aandeel hiervan is in het totaal aan effecten van nieuwe velden + Anjumvelden.

Uit de resultaten blijkt dat de bodemdaling door alleen de winning van de Anjumvelden een verwaarloosbare invloed heeft op het Pinkegat. Met andere woorden: voor de effecten van bodemdaling in het Pinkegat zijn de lopende Amelandwinning en de nieuwe winningen doorslaggevend, en maakt het niet uit of de bodemdaling door de winning van de Anjumvelden wel of niet wordt meegeteld.

De winning van de Anjumvelden heeft voor de Zoutkamperlaag wel enige invloed, maar de invloed van de winning van de zes nieuwe velden is hier zeer veel groter. In een percentage uitgedrukt, komt het er voor de Zoutkamperlaag op neer dat de effecten van de bodemdaling door de winningen van de zes nieuwe velden met ongeveer 10% worden overschat doordat de bijdrage van de winning van de Anjumvelden in de becijfering van de totale effecten is meegenomen. De effecten van de nieuwe winningen sec worden dus iets groter voorgesteld.

6.2.5 Modelberekeningen met ESTMORF en DELFT 3D

In aanvulling op de hierboven weergegeven berekeningen met het model ASMITA, heeft WL Delft Hydraulics ook berekeningen uitgevoerd met twee andere modellen: ESTMORF en DELFT 3D.

ESTMORF

Datgene wat met ASMITA berekend kan worden, overlapt voor een deel met de scope van ESTMORF. ASMITA is voor dit gemeenschappelijke terrein echter een betrouwbaarder model, onder meer omdat het beter is gekalibreerd. Ten opzichte van ASMITA maakt ESTMORF evenwel een meer verfijnde berekening mogelijk van hoe sedimentatie- en erosieprocessen in ruimtelijk zin en in de tijd verlopen.

Uit de berekeningen (zie hoofdstuk 5 van het WL-rapport) blijkt onder meer dat in de Zoutkamperlaag vanaf het begin sedimentatie optreedt in de deelgebieden waar de bodemdaling het grootst is. Het daartoe benodigde sediment wordt in eerste instantie geleverd door de daar omheen liggende deelgebieden, waar bijgevolg dus aanvankelijk enige erosie optreedt en pas daarna de sedimentatie inzet. Dit betekent dat de bodemdaling eerst wordt uitgevlakt binnen het kombergingssysteem zelf. De import van sediment van buiten het systeem komt later op gang.

De modelberekeningen laten voor het Pinkegat een vergelijkbaar sedimentatie-erosiepatroon zien. Een verschil is wel dat het Pinkegat sneller reageert op de bodemdaling. Dit is te verklaren door de kleinere afmetingen van het Pinkegat, waardoor ook de morfologische tijdschalen kleiner zijn.

DELFT 3D

Berekeningen met DELFT 3D (zie hoofdstuk 6 van het WL-rapport) zijn met name geschikt om te laten zien wat het effect van bodemdaling is op de waterbewegingen. Dit is relevant omdat veranderingen in de waterbewegingen in een kombergingsgebied onder meer consequenties kunnen hebben voor het sedimenttransport en de sedimentsamenstelling. Uit de berekeningen met het model DELFT 3D blijkt het volgende:

- De invloed van de bodemdaling op de waterstand is nihil.
- De bodemdaling veroorzaakt een vergroting van het debiet bij de keel van Pinkegat met ongeveer 3,4% en bij de keel van Zoutkamperlaag met 1,5%.
- De maximale stroomsnelheid wordt nauwelijks beïnvloed door de bodemdaling. De veranderingen is in het algemeen minder dan 0,04 m/s tegenover de ongestoorde waarde van circa 1 m/s.
- De bodemdaling versterkt de vloeddominantie.

Geïnterpreteerd naar de gevolgen van sedimenttransport en morfologie leiden deze constateringen tot de volgende conclusies:

- Gezien de kleine veranderingen in de waterbeweging door de bodemdaling zal er geen verandering optreden in de sedimenttransportprocessen die het dynamische morfologische evenwicht van de kombergingsgebieden kan bedreigen.
- De relatief kleine verandering van de stroomsnelheid kan niet leiden tot een merkbare verandering van de sedimentsamenstelling in het gebied.
- De versterkte vloeddominantie kan extra sedimentimport veroorzaken om bodemdaling of zeespiegelstijging te compenseren.

6.2.6 Beschouwing van consequenties voor zandsuppleties

In de richtlijnen voor dit MER is gevraagd om "een beschouwing hoe men zich de extra suppletie van zand ter compensatie van de bodemdaling voorstelt en hoeveel extra suppletiezand nodig is om de bodemdaling te compenseren." Deze vraag bestaat uit twee delen. Bij het eerste deel – "hoe men zich de extra suppletie van zand ter compensatie van de bodemdaling voorstelt" – is het goed om, aansluitend op paragraaf 3.6, er nogmaals op te wijzen dat de zandsuppleties die Rijkswaterstaat in het gebied uitvoert tot doel hebben de Basiskustlijn 1990 van de eilanden te handhaven en de zandbalans van het kustsysteem in stand te houden.

Zandsuppleties werden en worden dus niet uitgevoerd om zandhonger in de Waddenzee te stillen. Dit neemt niet weg dat het mogelijk is dat een deel van het suppletiezand uiteindelijk in de Waddenzee terechtkomt, maar welk volume dit betreft is niet te kwantificeren omdat er geen kwantitatieve gegevens zijn over het autonome transport van sediment langs de kust en door de zeegaten. Het gaat hier om een 'leemte in kennis', die ook in paragraaf 3.6 als zodanig is aangeduid.

Het tweede deel van de vraag – "hoeveel extra suppletiezand nodig is om de bodemdaling te compenseren" – is bijgevolg moeilijk exact te beantwoorden. Wel is het mogelijk precies aan te geven hoeveel volume aan sediment nodig is (dus ongeacht of dit suppletiezand is of 'ander' zand/sediment of een combinatie). Daarvoor kunnen de bodemdalingsvolumes als uitgangspunt dienen. Tabel 6.1 geeft de relevante bodemdalingvolumes weer voor de periode van 1986 (start Amelandwinning) tot aan 2040 (beëindiging nieuwe winningen). De berekening is uitgevoerd met het ASMITA-model. Het bodemdalingsvolume in de buitendelta's is in de aantallen meegenomen. Kijken we naar de totale volumes over de gehele productieperiode in tabel 6.1, dan blijkt dat de bodemdaling als gevolg van de Amelandwinning, waarvan het grootste deel inmiddels heeft plaatsgevonden, qua volume circa twee maal zo groot is als het bodemdalingsvolume van de nieuwe winningen.

Tabel 6.1: volume bodemdaling 1986 - 2040

	Ameland miljoen m^3	**Nieuwe winningen (Anjum + Waddenzee) miljoen m^3**	**Totaal alle velden miljoen m^3**
Pinkegat	9,75	1,28	11,03
Zoutkamperlaag	1,17	4,25	5,42
Totaal	10,92	5,53	16,45

Uit de modelberekeningen volgt evenwel dat dit zich vertaald in een zandvraag die geheel verweven is met de zandvraag die gegenereerd wordt door zeespiegelstijging. Daarbij blijkt ook dat de zandvraag ten gevolge van de bodemdaling door de gaswinning op Ameland met name speelt in de periode 1995-2085 en met name betrekking heeft op de ontwikkeling van het Pinkegat. De zandvraag ten gevolge van de nieuwe winningen en van Anjum wordt vooral gegenereerd in de Zoutkamperlaag en speelt van globaal van 2020 tot in de volgende eeuw.

In de beschrijving in paragraaf 3.6 van het zandsuppletiebeleid van Rijkswaterstaat is aangegeven dat Rijkswaterstaat aan de hand van metingen jaarlijks een suppletieprogramma vaststelt, dat in het daarop volgende jaar wordt uitgevoerd. Net als in de afgelopen jaren zullen ook in de komende jaren hoogstwaarschijnlijk uitsluitend onderwatersuppleties voor de kust van Ameland plaatsvinden. Op basis van gegevens

over de periode 1990-2005 is bij Ameland gemiddeld per jaar ruwweg 0,5 miljoen m^3 zand gesuppleerd.

Uit de modelberekeningen blijkt dat op langere termijn gemeten gemiddeld 190.000 m^3 per jaar nodig is om een zeespiegelstijging van 1,8 mm per jaar te compenseren, exclusief het zand dat nodig zou zijn om het strand en de kust ten oosten van kilometerpaal 10 op te hogen (circa 300.000 m). Het totaal komt daarmee op circa 500.000 m^3 per jaar. In de periode 1995-2065 zal door de optredende bodemdaling jaarlijks ongeveer 100.000 m^3 extra nodig zijn. Bij een zeespiegelstijging van 1,8 mm per jaar komt dat neer op een bijdrage in de orde van 20%. Bij een versnelde zeespiegelstijging zal dat percentage beduidend lager liggen. De nieuwe velden zijn hierbij geheel te verwaarlozen.

Voor de Zoutkamperlaag gaat het om vrijwel uitsluitende de nieuwe velden en Anjum om een toename van de zandvraag met circa 65.000 m^3 extra, gedurende een periode van bijna 100 jaar te beginnen rond 2020. De noodzakelijke suppleties voor de kust van Schiermonnikoog bedragen tegen die tijd ruim het 10-voudige (700.000 m^3 per jaar). De bijdrage in de zandvraag ten gevolge van bodemdaling is zelfs met de huidige snelheid van zeespiegelstijging verwaarloosbaar.

De vraag die gesteld kan worden op dit punt is of alternatieve wijze van suppletie of volumeherstel mogelijk in beschouwing genomen zouden moeten worden. Hierbij kan gedacht worden aan volumeherstel door biogene processen, zoals herstel van mosselbanken en zeegrasvelden of door alternatieve suppleties door bijvoorbeeld zand toe te voegen aan de buitendelta's. Belangrijk is om te moeten vaststellen dat de bijdrage van gaswinning aan de totale problematiek in het licht van een mogelijke versnelling van de zeespiegelstijging, slechts gering is en dit onderwerp derhalve in een breder verband aandacht verdient.

Zeker is, omdat dit van jaar tot jaar nauwgezet gevolgd wordt door Rijkswaterstaat, dat de zandsuppleties bij Ameland tot nu toe toereikend zijn geweest om de Basiskustlijn te handhaven. Daarnaast heeft de monitoring van de Amelandwinning laten zien dat de sedimentatie de bodemdaling bijhoudt. De praktijkervaring wijst dus uit dat een gemiddeld jaarlijks suppletievolume van 0,5 miljoen m^3 samen met autonome sedimenttransport vanuit de Noordzeekustzone naar de kombergingsgebieden voldoende groot is om én de Basiskustlijn te handhaven én de bodemdaling door gaswinning te compenseren. De tijd zal moeten uitwijzen of extra zand op termijn nodig is om de basiskustlijn te kunnen handhaven.

Deze conclusie wordt bevestigd in het WL-rapport. Daarin wordt de extra zandvraag van de kust en het aangrenzende zeegebied behandeld (**zie 6.2.2 en 6.2.3 hierboven, in beide paragrafen onder de kop 'kustzone'**):

- voor het Pinkegat stelt WL vast dat "de bodemdaling van de nieuwe velden eerder een verlenging dan een vergroting van de zandvraag" veroorzaakt;
- voor de Zoutkamperlaag constateert WL: "De bodemdaling door alleen de nieuwe gasvelden veroorzaakt een maximale toename van 0,05 miljoen m^3 per jaar, die pas rond 2030 optreedt."

6.2.7 Conclusies abiotische effecten Pinkegat en Zoutkamperlaag

De specifiekere conclusies uit de WL-studie zijn in de voorafgaande subparagrafen gepresenteerd. De algemene conclusies waarmee het WL-rapport wordt afgesloten, zijn hieronder integraal weergegeven (**paragraaf 7.4, p51**):

- "Alles overwegend zijn de effecten van beschouwde bodemdalingen t.g.v. de gaswinning gering. Dit geldt voor zowel het Pinkegat als voor de Zoutkamperlaag. Van de totale bodemdaling t.g.v. alle gasvelden samen zijn de effecten in Pinkegat het grootst. Het grootste deel hiervan wordt veroorzaakt door de al in productie zijnde Amelandvelden. Een groot deel hiervan heeft al plaatsgevonden. Overeenkomstig de conclusies van de monitoringsstudie tot nu toe, zijn de effecten van de totale daling klein. De effecten van de nieuwe velden (Anjum + Waddenzee) zijn nog veel kleiner en spelen zich vooral af in de grotere vloedkom Zoutkamperlaag.

- De effecten worden klein en niet significant genoemd omdat de grootte ervan ver binnen de marge van natuurlijke fluctuaties valt. Mede door de meetnauwkeurigheid zijn de voorspelde effecten waarschijnlijk niet of nauwelijks aan te tonen in het veld.
- De belangrijkste effecten voor de Noordzeekust is de extra 'zandhonger' om de bodemdalingsschotel te vullen. Het totale volume wordt aangevoerd over een lange periode. De verhoging van de jaarlijkse import naar de kombergingen t.g.v. de nieuwe velden is een fractie van de natuurlijke import t.g.v. bijvoorbeeld zeespiegelrijzing.
- Het belangrijkste binnen de vloedkom is het potentieel verlies van plaatareaal en plaathoogte waardoor vogels minder tijd hebben om te foerageren. Voor beide vloedkommen is het voorspelde effect een remming van de plaatgroei en niet een verdere verkleining. Het verwachte relatieve verlies t.g.v. de nieuwe velden is minder dan een half procent van het totale plaatareaal. Alleen voor het Pinkegat is een verlies berekend t.g.v. alle velden samen (dus inclusief Amelandveld) dat boven de 1% uitkomt. Ten opzichte van de situatie in 2005 is echter sprake van plaatgroei. De invloed van gaswinning is minder groot dan de natuurlijke fluctuatie t.g.v. de 18,6-jarige cyclus van de getijamplitude.
- Lodingen en metingen duiden op lokale compensatie. Er is in het bodemdalingsgebied geen verlies aan plaatareaal vastgesteld.
- Er bestaat geen gevaar voor eventuele verdrinking van de platen in de vloedkommen. Zelfs met een versnelde zeespiegelrijzing van 60 cm/eeuw zal de som van de bodemdaling en de zeespiegelrijzing ver onder de kritische waarde liggen. Bovendien is de bodemdaling door gaswinning eenmalig en tijdelijk.

6.3 Biotiek Pinkegat en Zoutkamperlaag (minus de kwelders)

6.3.1 Aanpak van de effectvoorspelling

De mogelijke effecten op de biotiek zijn geanalyseerd door Alterra. De resultaten hiervan zijn gepresenteerd in **paragraaf 4.3** en **hoofdstuk 6** van het Alterra-rapport. Het vertrekpunt voor de analyse van de biotische effecten wordt gevormd door de gegevens over de bestaande toestand, trends en autonome ontwikkeling op biotisch gebied (**zie paragraaf 3.3** van dit MER en de veel uitgebreidere informatie hierover in hoofdstuk 3 van het Alterra-rapport). Vervolgens is bepaald óf en in welke mate de abiotische effecten van de bodemdaling door de gaswinningen de biotiek kunnen beïnvloeden. Voor de abiotische effecten heeft Alterra daarbij de uitkomsten van de WL-studie (zie de weergave hiervan in **paragraaf 6.2** hierboven) als uitgangspunt genomen. Voor de relevante soorten en soortgroepen zijn de volgende abiotische effecten van belang [**Alterra-rapport, paragraaf 4.3**]:

- afname plaatareaal en – daarmee samenhangend – vermindering van droogvaltijd;
- verandering in waterbewegingen en de consequenties daarvan voor de sedimentsamenstelling.

6.3.2 Resultaten en conclusies biotiek Pinkegat en Zoutkamperlaag

Ten aanzien van de relevante soorten en soortgroepen worden in **paragraaf 4.3 en 4.4** van het Alterra-rapport de volgende resultaten en conclusies gepresenteerd:

- *Zeegras*. Verwachte veranderingen in bodemsamenstelling en diepteligging zijn zo klein dat eventuele effecten ervan wegvallen tegen de natuurlijke achtergrondruis. Het is dan ook niet te verwachten dat toekomstige veranderingen in zeegrasvelden iets te maken zullen hebben met de geplande aardgaswinning. Gezien de verwachte autonome ontwikkeling bij verder afnemende nutriëntenconcentraties en afnemende troebelheid van het water en mogelijke positieve effecten van toenemende zeewatertemperatuur is de verwachting dat het zeegras zich verder zal uitbreiden in de Waddenzee
- *Bodemdieren*. Het voorkomen van bodemdieren wordt vooral bepaald door droogvalduur, dynamiek (golfwerking en stroomsnelheid) en sedimentsamenstelling. Sedimentsamenstelling is ook sterk afhankelijk van de andere (a)biotische variabelen. Directe causale relaties tussen sedimentsamenstelling en bodemdieren ontbreken. Op basis van de voorspelde veranderingen worden geen effecten van de nieuwe gaswinning verwacht omdat er evenveel plaatoppervlak blijft en de wateruitwisseling

met de geulen en Noordzee zeker niet minder wordt (bij bodemdaling tijdelijk zelfs beter).

- *Vissen*. Voor de Elft, Fint, Zeeprik en Rivierprik zijn weinig gegevens voorhanden. Een goede afweging zou dus moeilijk te geven zijn, indien een significante bodemdaling verwacht zou worden. Hoe veranderingen in plaathoogte en geuldiepte een effect op deze soorten zouden kunnen hebben is alleen voor te stellen bij extreme veranderingen, maar gezien de verwachte minimale veranderingen moet het als hoogst onwaarschijnlijk geacht worden dat dit op de een of andere manier zou kunnen leiden tot een aantalsafname van deze vissoorten.
- *Vogels*. De belangrijkste effecten die mogelijk kunnen optreden voor vogels zijn veranderingen in het voedselaanbod als gevolg van veranderingen in de sedimentsamenstelling. Omdat er echter geen effecten op de sedimentsamenstelling van de bodem en dus ook niet op de bodemdieren verwacht worden, zal het voedselaanbod voor de verschillende wadvogels niet veranderen als gevolg van de gaswinning. Vernatting van broedgebieden zal bij de voorspelde bodemdaling zeer waarschijnlijk niet optreden en negatieve effecten op broedvogels zijn dan ook onwaarschijnlijk. De gevolgen van een half procent aan areaalverlies zullen niet te meten zijn aan veranderingen in vogeldichtheden gezien de natuurlijke variatie. Uitgebreide studies hebben aangetoond dat de mate van areaalverlies zoals voorspeld voor het Pinkegat en de Zoutkamperlaag geen meetbare effecten zullen hebben op foeragerende vogels.
- *Zeezoogdieren (zeehonden)*. Het verlies aan plaatareaal in het aandachtsgebied valt binnen de natuurlijke variatie. Hierdoor zal het zo goed als onmogelijk zijn dat veranderingen in zeehondendichtheden op de platen te verklaren zijn als een gevolg van de gaswinning. De afname in areaal is dusdanig klein dat er voor de zeehonden nog meer dan genoeg ruimte overblijft om te zogen en te verharen.

6.4 Abiotische en biotische effecten kwelders

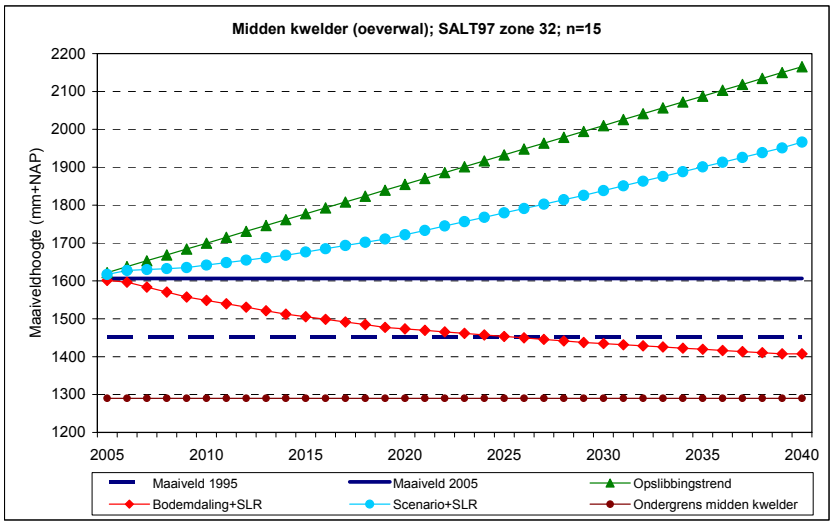
6.4.1 Abiotiek: ontwikkeling maaiveldhoogte

Bij de effecten die de voorgenomen gaswinning in abiotisch opzicht heeft voor de kwelders, staat de vraag centraal hoe de door de gaswinning veroorzaakte bodemdaling uitwerkt op de hoogteligging van het maaiveld in de verschillende zones van deze kwelders. Voor de Peazemerlannen is in paragraaf 3.2.3 de autonome ontwikkeling van deze maaiveldhoogte per kwelderzone beschreven, op basis van een reeks metingen met behulp van sedimentatie-erosiebalken (SEB's). Deze metingen zijn gedurende tien jaar (1995-2005) drie maal per jaar uitgevoerd op in totaal 30 SEB-meetpunten, verspreid over de Peazemerlannen. In totaal gaat het dus om circa 900 metingen. Dat aantal is voldoende groot, en de periode die ermee bestreken wordt is voldoende lang om fluctuaties die zich van jaar tot jaar voordoen – bijvoorbeeld vanwege uitzonderlijke weersomstandigheden zoals de uitzonderlijke droge zomer van 1995 gevolgd door de uitzonderlijk strenge winter van 1996 – uit te middelen. Bovendien zijn de meetreeksen met betrekking tot de Peazemerlannen ook te vergelijken met meetreeksen van SEB-netwerken elders in het Waddengebied. Al met al is het daarmee verantwoord om op basis van het totaal aan beschikbare gegevens over 1995-2005 aan te geven hoe de maaiveldhoogte zich in de komende jaren autonoom ontwikkelt. De nog resterende bodemdaling door de Amelandwinning is in deze autonome ontwikkeling meegenomen.

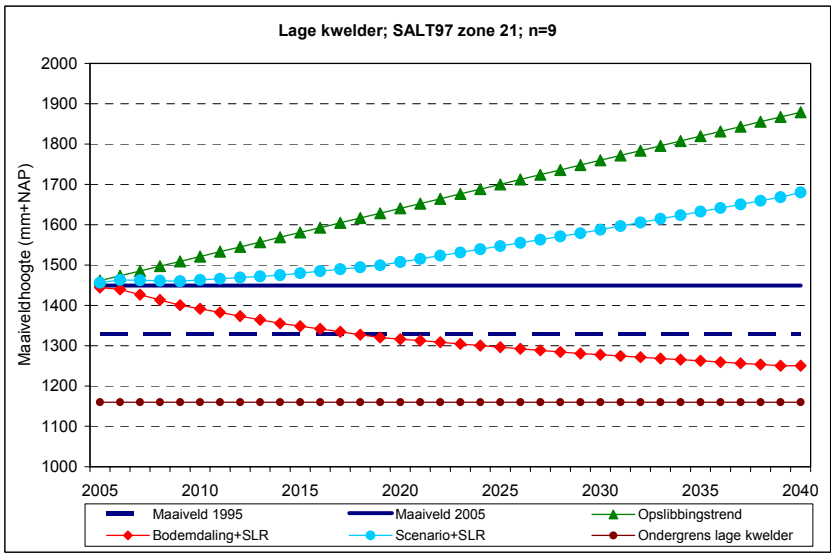
De analyse van welke effecten de bodemdaling door de nieuwe winningen heeft voor de maaiveldhoogte in de verschillende kwelderzones, wordt hieronder eerst uitgewerkt voor de Peazemerlannen. Aan het slot van deze paragraaf volgt ook een korte beschouwing over de kwelders 't Schoor en Wierum.

Maaiveldhoogtes in de kwelderzones van de Peazemerlannen
In de figuren 6.25 tot en met 6.29 is een en ander weergegeven voor de periode 2005-2040, uitgesplitst naar:

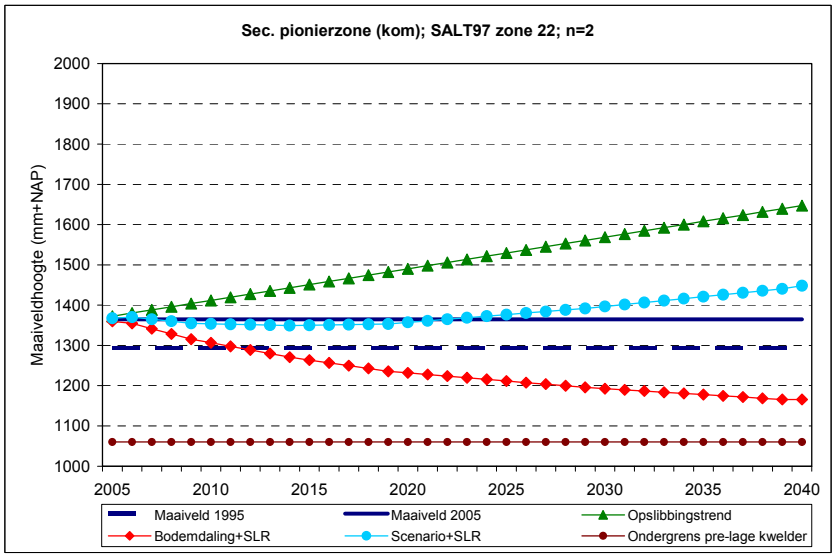
- middenkwelder (habitattype 1330);
- lage kwelder (habitattype 1330);
- secundaire pionierzone (habitattype 1310);
- primaire pionierzone (habitattype 1310).



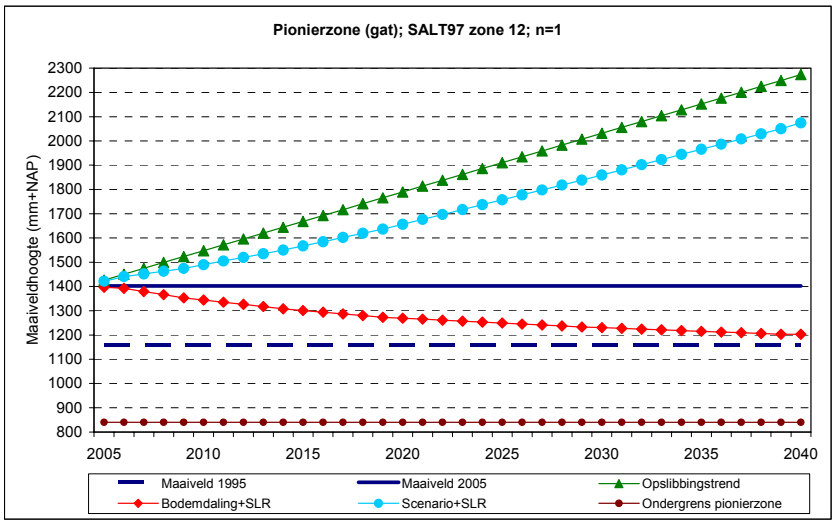
Figuur 6.25 Prognose van de maaiveldhoogte-ontwikkeling van de midden kwelder in de Peazemerlannen in geval van het base-case scenario voor bodemdaling en een zeespiegelstijging van 2 mm/j.
.



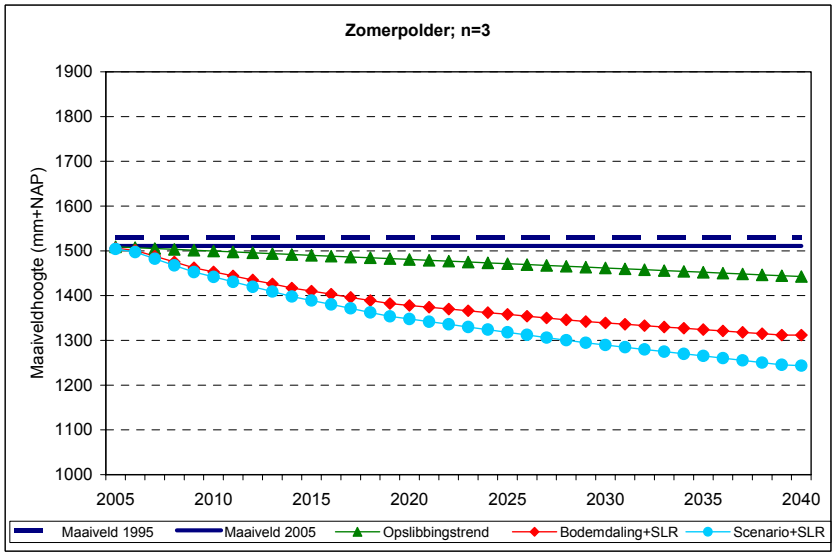
Figuur 6.26 Prognose van de maaiveldhoogte-ontwikkeling van de lage kwelder in de Peazemerlannen in geval van het base-case scenario voor bodemdaling en een zeespiegelstijging van 2 mm/j.
.



Figuur 6.27 Prognose van de maaiveldhoogte-ontwikkeling van de secundaire pionierzone in de Peazemerlannen in geval van het base-case scenario voor bodemdaling en een zeespiegelstijging van 2 mm/j.
.



Figuur 6.28 Prognose van de maaiveldhoogte-ontwikkeling van de primaire pionierzone in de Peazemerlannen in geval van het base-case scenario voor bodemdaling en een zeespiegelstijging van 2 mm/j.



Figuur 6.29 Prognose van de maaiveldhoogte-ontwikkeling van de zomerpolder in de Peazemerlannen in geval van het base-case scenario voor bodemdaling en een zeespiegelstijging van 2 mm/j.

De zomerpolder, die door intacte dijken is omgegeven, is geen kwelder en wordt apart behandeld nadat de ontwikkelingen in de vier bovengenoemde kwelderzones beschreven zijn.

Ter toelichting op de lijnen in de figuren over de vier kwelderzones het volgende:

- Voor elke zone is steeds de maaiveldhoogte in 1995 en de (hogere) maaiveldhoogte in 2005 aangegeven.
- De groene lijn laat steeds de opslibbingstrend zien. Deze trend is bepaald door het gemeten patroon van de opslibbing per zone in de periode 1995-2005 door te trekken naar 2040. In werkelijkheid zal deze groene lijn bij een toenemende hoogte op een bepaald moment afvlakken, omdat de aanvoer van sediment dan afneemt (hoe hoger een punt komt te liggen, hoe minder vaak het overstroomd wordt door water met sediment). Dit afvlakken heeft geen invloed op de resultaten van de voorspelling, want ook bij bodemdaling vindt deze afvlakking na verloop van tijd plaats. Het enige verschil is dat het moment waarop dit gebeurt door bodemdaling naar achteren verschuift. (In het algemeen geldt overigens dat het belangrijkste effect van bodemdaling is dat de optredende verschuiven in de tijd verschuift, dat wil zeggen: worden vertraagd of versneld.)
- De rode lijn toont de berekende ontwikkeling van de maaiveldhoogte in een situatie waarin de nieuwe winningen en de nog resterende Amelandwinning bodemdaling veroorzaken en er helemaal geen opslibbing plaatsvindt. Omdat er in de praktijk via periodieke overvloeding in een kwelder altijd opslibbing plaatsvindt, verbeeldt de rode lijn uitsluitend een zuiver theoretische situatie.

- De blauwe lijn toont het netto-resultaat: het verschil tussen de rode theoretische bodemdalingslijn en de groene opslibbingslijn. De blauwe lijn is dus de weergave van de berekening hoe de maaiveldhoogte zich daadwerkelijk ontwikkelt. In elk van de vier kwelderzones gaat het maaiveld in de periode 2005-2040 omhoog, want de opslibbing is groter dan de bodemdaling. De conclusie van de analyse is daarmee dat de maaiveldhoogte niet afneemt maar door de bodemdaling van de nieuwe winningen *minder snel toeneemt* dan in de situatie waarin de nieuwe winningen niet gerealiseerd worden. Dit heeft als gevolg dat de 'veroudering' die de kwelder in de autonome ontwikkeling ondergaat, vertraagd wordt. In paragraaf 6.4.2 wordt aangegeven dat dit vanuit ecologisch oogpunt als een positief effect wordt aangemerkt.

Verder is onderaan in de figuren steeds de ondergrens die bij de betreffende kwelderzone hoort aangegeven. Die ondergrens is van belang om vast te stellen of er een zogenoemd breekpunt optreedt. Aangenomen is dat er een breekpunt in de kwelderontwikkeling optreedt wanneer het bodemniveau van een deel van een bepaalde zone onder het laagste niveau komt te liggen waarop de voor die zone karakteristieke plantensoort nog voorkomt. Komt het bodemniveau onder deze grens, dan zal de vegetatie geleidelijk overgaan in die van de lager gelegen zone: karakteristieke soorten worden vervangen door de soorten uit de zone die eronder ligt. Voorbeelden van overschrijding van breekpunten/ondergrenzen zijn:

- een teruggang van lage kwelder (met meerjarige, goed sediment vastleggende Puccinellia) naar pionierzone (met éénjarige, weinig sediment invangende Salicornia);
- een teruggang van pionierzone naar geheel onbegroeid wad.

De ondergrenzen voor de vegetatie in de Peazemerlannen zijn gebaseerd op waarden die van de vastelandkwelders van het midden van de Friese kust bekend zijn, en gecorrigeerd voor een (ca. 6 cm) lager GHW in de Peazemerlannen. Ter vergelijking staan in tabel 6.2 ook de ondergrenzen van de vegetatiezones op Ameland en van de vastelandskwelders van de westzijde van Noord-Groningen.

Tabel 6.2 Ondergrens vegetatiezones in een aantal Waddenzeekwelders (m+NAP) gecorrigeerd voor de GHW-trend [ref. 6.2, tabel 4.1].

Vegetatiezone	Bedekking	Ameland	Friesland midden	Groningen west	Peazemerlannen
Midden kwelder		146 (beweid) 136 (onbeweid)	135	136	129
Lage kwelder	Puc > 5%	121	122	114	116
Sec. pionierzone	Puc < 5%	112	112	104	106
Prim: pionierzone	Sal > 5%	86	90	80	84
[Pre-pionier	Sal < 5%	82	64	59	58]

Resultaten kwelderzones Peazemerlannen

- *Middenkwelder (habitattype 1330)*. Het blijkt dat de middenkwelder bij het voorgestelde gaswinningsscenario geen risico's loopt. De maaiveldhoogte, die ruim boven de ondergrens (1,29 m +NAP) voor deze zone lag in 2005, blijft tot 2040 toenemen ondanks de bodemdaling (figuur 6.25).
- *Lage kwelder (habitattype 1330)*. Voor de lage kwelder is de situatie vergelijkbaar met de middenkwelder. Ook hier ligt de gemiddelde maaiveldhoogte in 2005 ruim boven de ondergrens (1,16 m +NAP) voor de zone en neemt deze toe ondanks de bodemdaling (figuur 6.26).
- *Secundaire pionierzone (habitattype 1310)*. De secundaire pionierzone (kommen) blijft eveneens ruim boven de ondergrens (1.06 m +NAP) voor de bij deze zone horende vegetatie liggen. De bodemdaling zorgt ervoor dat de maaiveldhoogte gedurende de eerste 15 à 20 jaar ongeveer op het niveau van 2005 blijft, maar daarna neemt de maaiveldhoogte weer toe (figuur 6.27).
- *Primaire pionierzone (habitattype 1310)*. De maaiveldhoogte in de primaire pionierzone, achter de doorbraak in de bitumen zomerkade, ligt ver boven de ondergrens (0,84 m +NAP) voor deze zone en zal alleen maar verder blijven toenemen (figuur 6.28)

De primaire pionierzone achter de doorbraak in de bitumen zomerkade in de Peazemerlannen werd in de bodemdalingstudies van 1993 en 1998 overigens nog als een probleem gezien. Een storm zal in de Peazemerlannen, door de meestal optimale vegetatiebedekking en beschutte ligging van het grootste deel van de kwelder, veelal voor een sedimentimport zorgen. Hoewel een op grote schaal sediment exporterend tij onwaarschijnlijk lijkt, moet er rekening mee gehouden worden dat het vastleggen van sediment achter de gaten in de zomerkade door de schaarse, meest eenjarige vegetatie, verre van optimaal is, waardoor erosie plaatselijk zeer goed mogelijk is. In de bodemdalingsstudie uit 1993 is er al op gewezen dat door de plaatselijk slechte staat van de zomerkade aan de oostzijde van de Peazemerlannen een probleem met klifvorming en terugschrijdende erosie van de kwelder zou kunnen ontstaan. Op grond van 10 jaar SEB-metingen is de vrees hiervoor verminderd. De eerder aanbevolen mitigatie door middel van een rijshoutdam wordt op dit moment dan ook niet meer noodzakelijk geacht. Monitoring zal moeten uitwijzen hoe deze zone zich in de toekomst ontwikkelt, mede om aantasting van de achterliggende zomerpolder en vervolgens van de dijkvoet te voorkomen. Ervaring in de kwelderwerken van Rijkswaterstaat langs de noordkust van Groningen en Friesland heeft geleerd dat mitigatie, indien bij veranderende omstandigheden toch noodzakelijk, te allen tijde snel, doeltreffend en natuurvriendelijk met rijshoutdammen kan worden uitgevoerd.

Maaiveldhoogte zomerpolder Peazemerlannen
Uit figuur 6.29 blijkt dat de negatieve opslibbingsbalans in de zomerpolder door de bodemdaling negatiever wordt. Hierbij wordt rond 2030 de ondergrens van de middenkwelder bereikt. Na 35 jaar inklink en gaswinning zal de zomerpolder, inclusief zomerdijkje, ca. 20 cm lager liggen. Hierdoor en door de zeespiegelstijging zal het gemiddelde aantal overvloedingen toenemen. Aangezien de overvloedingen van de zomerpolder buiten het groeiseizoen liggen, zal dit voorlopig weinig gevolgen hebben voor de vegetatie van de zomerpolder. Op lange termijn zal het ontbreken van opslibbing en cumulatie met zeespiegelstijging het voortbestaan van de zomerpolder in haar huidige vorm onder druk zetten. Ten aanzien van de zomerpolder kan geconcludeerd worden dat deze steeds verder gaat ‘achterlopen’ op het omringende gebied en er effecten zullen gaan ontstaan in de sfeer van de waterhuishouding en vegetatieontwikkeling.

In dit verband is de vraag – bijvoorbeeld voor de eigenaar Wetterskip Fryslân en de beheerder It Fryske Gea – of mitigatie wenselijk is. In de Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee is verkweldering als mitigatie aanbevolen indien de opslibbingsbalans negatief is en de grenswaarde van 5 cm wordt overschreden. Verkweldering herstelt de opslibbing, is voorgenomen beleid en is lastiger succesvol uit te voeren nadat een zomerpolder te veel is gezakt door inklink, zeespiegelstijging en/of bodemdaling.

Verkweldering en kustverdediging
Omvorming van een zomerpolder naar een kwelder heeft naast de mitigatie van de effecten van bodemdaling ook positieve gevolgen voor de kustverdediging. Kwelders zijn een natuurlijk voorland voor de zeedijken dat in hoogte groeit. Hoog voorland beperkt de golfhoogte en de golfoploop tegen de zeedijk. In de Duitse Waddenzee worden kwelders daarom als onderdeel van de zeewering beschouwd en in de Kabinetsreactie op het eindrapport van de Adviesgroep Waddenzeebeleid wordt “stimulering van nieuwe kwelderontwikkeling ten gunste van de veiligheid van het achterland” genoemd. Uit een databestand 1960-2004 van vastelandkwelders blijkt dat kwelders door de combinatie van een natuurlijke opslibbing en de plantengroei in staat zijn een eventuele versnelde zeespiegelstijging of bodemdaling te volgen. In het verleden is daarvoor 50 cm per eeuw (0,5 cm per jaar) voor de Waddeneilanden en 100 cm per eeuw (1 cm per jaar) voor de vastelandkust genoemd.

Ontwikkeling overige deelgebieden Peazemerlannen
Van het hooggelegen buitendijkse begraasde stuk (15 ha) tegen de deltadijk en het lager gelegen deel langs de strekdam (4 ha) zijn geen recentere opslibbingsgegevens bekend dan die in een studie uit 1997 staan vermeld. Het ligt echter voor de hand dat deze deelgebieden het normale ontwikkelingsproces in een kwelder zullen vertonen: verticale

opslibbing gaat samen met laterale uitbreiding (indien een pionierzone aanwezig) of met laterale erosie.

Al in 1997 leek het kweldertje langs de strekdam nauwelijks overlevingskans te hebben vanwege de geëxponeerde en lage ligging en de destijds reeds vastgestelde erosie. De ervaring op Ameland leert dat bodemdaling dit erosieproces niet per se hoeft te versterken, maar aangenomen mag worden dat dit kweldertje zal verdwijnen.

Het hooggelegen buitendijkse kwelderdeel tegen de deltadijk heeft een oeverbescherming aan de wadkant. Het is niet bekend of hier enig onderhoud aan plaatsvindt door het waterschap. De opslibbing is in dit gebied, voor zover bekend, vrij laag, wat normaal is voor een hoger gelegen kwelder. Dat er niettemin enige opslibbing plaatsvindt, gecombineerd met de bijzonderheid dat er oeverbescherming aan de wadkant is, wijst op zeer goede overlevingsmogelijkheden en weinig bedreigingen.

Kwelders Wierum en 't Schoor
Van de kweldertjes bij Wierum en bij 't Schoor zijn geen gegevens over de opslibbing. Daarom worden de effecten afgemeten aan die van de Peazemerlannen. De oude kweldertjes bij Wierum en bij 't Schoor zijn veel hoger gelegen dan de jonge kwelder Peazemerlannen. Het kweldertje bij Wierum is aan de wadkant al meer dan een halve eeuw aan natuurlijke kliferosie onderhevig. Aan de wadkant ligt een van jaar tot jaar sterk wisselend strookje pionierzone. Op grond van de voorspelling dat er in de Peazemerlannen geen effecten op de Habitattypen 1310 en 1330 zullen optreden, worden er vanwege de hogere ligging geen effecten op het kweldertje bij Wierum verwacht. De kliferosie bij Wierum zal onveranderd doorgaan tot aan de dijkvoet, die al bijna bereikt is. Vanwege de geringe verwachte bodemdaling van in totaal 2-4 cm worden zeker geen effecten op het kweldertje bij 't Schoor verwacht.

6.4.2 Biotiek: vegetatieontwikkeling

Bij de biotische effecten is een belangrijke vraag welke consequenties de beschreven ontwikkelingen in de maaiveldhoogte hebben voor de ontwikkeling van de vegetatie. Het gaat daarbij om de zogenoemde successierichting van de vegetatie:

- Van *regressie* is sprake als de vegetatie in een bepaalde zone teruggaat naar een vegetatie van een lagere of jongere kwelderzone.
- *Successie* betekent dat de vegetatie verder gaat naar de plantensoorten van een hogere of oudere zone.
- In het specifieke geval dat monocultures van Zoutmelde, Strandkweek of Kweek ontstaan, wordt successie *veroudering* genoemd.
- In het specifieke geval dat een al eerder ingetreden veroudering weer wordt teruggedraaid (bijvoorbeeld verdwijnen van Strandkweek of herstel van vegetatie met Lamsoor) wordt regressie *verjonging* genoemd.

Omdat in alle kwelderzones in de Peazemerlannen de maaiveldhoogte toeneemt (opslibbing groter dan bodemdaling) zal geen regressie/verjonging optreden. Dit zal ook niet gebeuren in eventuele uitzonderlijke jaren met een negatieve opslibbingsbalans, bijvoorbeeld een jaar waarin een uitzonderlijke droge zomer (met bijgevolg een grote inklink) gevolgd wordt door een droge winter met weinig overvloedingen (waardoor herstel van inklink door neerslag en sedimentafzet gering zijn). Het punt is namelijk dat er een zekere ruimte in het systeem zit, omdat de verschillende kwelderzones met de daarbij behorende vegetatie (ver) boven hun ondergrens zitten. In de Integrale Bodemdalingsstudie Waddenzee uit 1998 is bovendien een 'rek' van 5 cm in de grenswaarde van de zones aangenomen. Daarmee wordt bedoeld dat een tijdelijk tekort van 5 cm in de opslibbingsbalans van een zone niet tot veranderingen in de vegetatiesamenstelling leidt. Dat dit een veilige aanname is, is gebleken door de monitoring op Ameland, waar na 18 jaar bodemdaling en bij een opslibbingsachterstand die daar opliep tot ca 20 cm nagenoeg geen effecten op de vegetatie zijn gevonden.

In plaats van regressie/verjonging is eerder sprake van successie die mogelijk tot veroudering leidt. Algemeen aanvaard is dat voortgaande successie leidt tot een afname van de diversiteit aan soorten en vegetatietypen op kwelders. Ook in de Peazemerlannen zijn daar duidelijke aanwijzingen voor. Ondanks de bodemdaling gaat de relatieve

ophoging van de kwelder gewoon door, en daarmede ook de vegetatiesuccessie. De veroudering van de kweldervegetatie wordt door bodemdaling weliswaar tijdelijk enigszins vertraagd, maar niet structureel geblokkeerd.

Voor de kweldertjes bij Wierum en 't Schoor zijn wel vegetatieopnamen tot aan 2002 beschikbaar (zie paragraaf 3.1 van het Alterra-rapport), maar geen recente gegevens over opslibbing. De bodemdaling zal de maaiveldhoogte van beide kweldertjes niet wezenlijk beïnvloeden (zie het slot van paragraaf 6.4.1) en daarmee ook geen invloed hebben op het patroon van de vegetatieontwikkeling. Voor de feitelijke ontwikkeling van de vegetatie is vooral bepalend of de huidige intensieve beweiding in de komende jaren wordt voortgezet.

6.4.3 Biotiek: broedvogels

Zoals in paragraaf 3.3 is aangegeven gaan in het studiegebied zowel koloniebroeders (Kokmeeuw, Kluut, Noordse Stern, Visdief) als solitaire broedende soorten (Scholekster, Tureluur, Graspieper, Wilde Eend, Gele Kwikstaart, Kuifeend, Veldleeuwerik, Krakeend, Slobeend, Bontbekplevier, Witte Kwikstaart en nog een reeks soorten die in kleine aantallen op de kwelders broeden) in aantal achteruit. Alleen soorten als Kievit, Grutto, Bergeend en Meerkoet vertonen geen duidelijke trend. In de broedgebieden van deze soorten zijn ook geen duidelijke veranderingen in de maaiveldhoogte geconstateerd die de achteruitgang van de soorten zouden kunnen verklaren. Wel treedt, door het ontbreken van voldoende begrazing, op de hogere delen van de kwelders een toenemende verruiging op door uitbreiding van Strandkweek. Een dergelijke verruiging kan tot gevolg hebben dat minder geschikt broedgebied beschikbaar is voor soorten die een voorkeur hebben voor een gevarieerde vegetatie. Ook de toename van predatoren, waaronder de Vos, zou een rol kunnen spelen in de geconstateerde negatieve ontwikkeling. Er zijn geen aanwijzingen dat bodemdaling hierbij een rol heeft gespeeld. In verschillende andere delen van de vastelandskust van de Waddenzee, buiten het studiegebied, worden vergelijkbare trends waargenomen.

Uitgaande van de voorspelde bodemdaling als gevolg van de nieuwe winningen is de verwachting dat er geen negatieve effecten op de broedende vogels in de kwelders zullen optreden. Vernatting van gebieden, met gevolgen voor het broedsucces van bepaalde soorten, is onwaarschijnlijk. Het is zelfs mogelijk dat het tegengaan van de verdere verruiging van de vegetatie gunstige gevolgen zal hebben voor de broedvogels.

6.4.4 Conclusies abiotiek en biotiek kwelders

In het Alterra-rapport (paragraaf 4.2) worden de volgende conclusies ten aanzien van de abiotische en biotische effecten gepresenteerd:

- Uitgaande van de gemiddelde jaarlijkse netto opslibbingswaarden van de SEB-metingen treden er voor de midden- en lage kwelder (Habitattype 1330) en (secundaire) pionierzone (Habitattype 1310) geen problemen op.
- De meeste punten in een vegetatiezone liggen (ver) boven de ondergrens voor deze vegetatie. Daardoor blijft een eventuele negatieve opslibbingsbalans zonder nadelige gevolgen. Bovendien zit er enige rek in het systeem: de opslibbing hoeft niet per se elk jaar de bodemdaling en zeespiegelstijging direct volledig te compenseren.
- Met het toenemen van de leeftijd gaat de natuurlijke successie naar de vegetatie van de hoge kwelder. Daardoor neemt de biodiversiteit van een volledig scala aan vegetaties van zoutplanten af, een bedreiging die recentelijk steeds meer aandacht krijgt. Bodemdaling door gaswinning vertraagt deze successie. De tijdelijke verlaging van de opslibbing gaat de veroudering van de kweldervegetatie tegen. Dat is positief, maar de bodemdaling is niet langdurig en groot genoeg om dat probleem op te lossen.
- Door de bodemdaling en inklink vindt een verlaging van de zomerpolder plaats, die groter is dan de ruimte ('rek') van 5 cm. Mitigatie door middel van verkwelderen is een mogelijke beheermaatregel, die de natuurlijke veerkracht voor de toekomst herstelt.
- Het in het westen van de Peazemerlannen gelegen buitendijkse gebied voor de deltadijk ligt relatief hoog, heeft een oeverbescherming aan de wadkant, en er vindt enige opslibbing plaats. Dit deelgebied heeft goede overlevingsmogelijkheden en weinig bedreigingen. Het kweldertje langs de strekdam daarentegen heeft gezien de

geëxponeerde en lage ligging en de gemeten erosie weinig overlevingskansen, ook zonder bodemdaling.

- De oude kweldertjes bij Wierum en bij ‘t Schoor zijn veel hoger gelegen dan de jonge kwelder Peazemerlannen. Op grond van de voorspelling dat er in de Peazemerlannen geen effecten op de Habitattypen 1310 en 1330 zullen optreden, worden er vanwege de hogere ligging geen effecten op het kweldertje bij Wierum verwacht; de kliferosie bij Wierum zal onveranderd doorgaan tot aan de dijkvoet, die al bijna bereikt is. Vanwege de geringe verwachte bodemdaling van in totaal 2-4 cm worden zeker geen effecten op het kweldertje bij ‘t Schoor verwacht.
- Voor broedende vogels worden geen effecten verwacht als gevolg van de voorspelde bodemdaling van de nieuwe gebieden. Een vertraging van de verruiging zou zelfs een positief effect op de broedvogels kunnen hebben.

6.5 Passende beoordeling

De Waddenzee is een Speciale Beschermingszone (SBZ) in het kader van de Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn, die beide sinds oktober 2005 verankerd zijn in de Natuurbeschermingswet 1998. Bij voorgenomen activiteiten in SBZ’s is een zogenoemde voortoets vereist om in kaart te brengen of er effecten kunnen optreden voor:

- beschermde habitattypen, in dit geval de habitattypen 1110, 1140, 1310 en 1330 (**zie de overzichtskaart in hoofdstuk 3**);
- beschermde vogels (**zie tabel Vogelrichtlijnsoorten in hoofdstuk 3**) en de soorten Gewone zeehond, Grijze zeehond, Rivierprik, Zeeprik en Fint.

Zijn effecten voor deze habitattypen en soorten niet op voorhand met zekerheid uit te sluiten, dan is een ‘passende beoordeling’ nodig. Die moet uitwijzen of mogelijke effecten *significant* kunnen zijn. Daarbij is ‘significantie’ geen vastomlijnd begrip. Wel geven toenemende praktijkervaring met natuurbeschermingswetgeving en ook jurisprudentie in toenemende mate houvast om tot een concrete invulling te komen van hetgeen in specifieke gevallen wel en niet als ‘significant’ beschouwd zou moeten worden.

In dit geval is aan het onderzoeksinstituut Alterra de vraag voorgelegd of de voorgenomen activiteit die in dit MER centraal staat tot significante effecten kan leiden. In het Alterra-rapport wordt deze vraag beantwoord in het slothoofdstuk, **paragraaf 6.3**, getiteld “Conclusies ten aanzien van significantie”. De tekst van deze paragraaf is hieronder integraal weergegeven:

“Voor de biotische componenten in het aandachtsgebied geldt dat significante effecten afhangen van effecten als gevolg van de bodemdaling. Deze effecten komen tot uiting in de hoogteligging van de bodem van de kwelders of de kombergingsgebieden en de oppervlaktes van de platen.
Significante effecten zullen dan ook alleen optreden indien er significante bodemdaling en/of plaatoppervlakverkleining zullen optreden of als gevolg van cumulatieve effecten. Op basis van de beste beschikbare kennis concluderen Wang en Eysink (2005) [het WL-rapport, red.] dat er geen significante veranderingen zullen optreden in bodemhoogte en plaatareaal als gevolg van de gaswinning van de nieuwe velden. De verwachte bodemdaling ligt ruimschoots binnen de natuurlijke variatie.
Op basis van de bodem- en plaatoppvervlaktevoorspellingen van Wang en Eysink (2005), de monitoringsresultaten van Ameland (Eysink 2005) [het meest recente rapport van de Begeleidingscommissie Monotoring Bodemdaling Ameland, red.] en metingen en simulaties van Alterra worden geen significante meetbare effecten op de biotiek verwacht als gevolg van de bodemdaling in kwelder- en kombergingsgebieden van de nieuwe winningsvelden.”

Referenties

6.1 Wang en Eysink, 2005. Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning. WL Delft (bijgevoegd op CD)

6.2 Meesters et al, 2005. Natuurwaarden in de Kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag en mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning. Alterra (bijgevoegd op CD)

6.3 Commissie Monitoring Bodemdaling Ameland, 2000. Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 13 jaar gaswinning (vrij opvraagbaar)

Commissie Monitoring Bodemdaling Ameland, 2005. Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 18 jaar gaswinning (aanvulling op rapport 2000; vrij opvraagbaar).

Aantekeningen