

**Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en
Vierhuizen
Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2007**

NAM B.V.

<i>EP Document Nummer.:</i>	EP200803216458	<i>Owner:</i>	EPE-T-D
<i>Revision No.:</i>	Final revision		
<i>Document Date:</i>	29 april 2008	<i>Security:</i>	

The copyright of this document is vested in Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., Assen, The Netherlands. All rights reserved. Neither the whole, nor any part of this document may be reproduced, stored in any retrieval system or transmitted in any form or by any means (electronic, mechanical, reprographic, recording or otherwise) without the prior written consent of the copyright owner.

Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	3
2. Samenvatting	4
3. Meet- en Regelcyclus.....	6
3.1. Meten.....	6
3.2. Analyseren meetgegevens	6
Kwaliteitscontrole en bodemdalingsberekening.....	6
Resultaat bodemdalingsanalyse	6
Ameland voorkomens.	6
Continue GPS metingen	7
3.3. Verifiëren prognose	7
Kalibratie reservoir simulatiemodel nieuwe Waddenzeevelden.....	7
Modellering bodemdaling.....	8
3.4. Berekenen volume en gemiddelde daling	9
Bepaling volume en gemiddelde daling	9
Onzekerheid analytisch gemodelleerde bodemdaling (alle velden behalve Ameland).	9
Onzekerheid Ameland bodemdaling.....	10
Bodemdalingsvolume voor bepaling belasting rapportagejaar 2007 met onzekerheid	11
Actuele en voorspelde bodemdalingssnelheid en belasting	12
3.5. Indien nodig aanpassen productie.....	13
3.6. Actualiseren.....	14
Bodemdaling GPS locaties op Moddergat en Ameland.....	16
4. Kwaliteitsborging.....	19
5. Conclusies.....	20
Referenties.....	21

1. Inleiding

Ten behoeve van de gaswinning vanaf de mijnbouwlocaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen heeft de minister van Economische Zaken ingestemd met het winningsplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (kenmerk: ET/EM/6047343 d.d. 26 juni 2006).

Als onderdeel van de voorschriften behorende bij voornoemde winningplan is een Meet- en regelprotocol opgesteld (referentie 1). Rapportagemomenten zijn in dit protocol vastgesteld.

In 2007 is een Meet- en regelcyclus uitgevoerd zoals beschreven in het Meet- en regelprotocol. Dit document bevat een beschrijving van de resultaten van de 6 deelprocessen van de Meet- en regelcyclus. De volgende tabellen en figuren zijn in deze rapportage opgenomen:

1. Een figuur met de contouren van de gemodelleerde bodemdaling door gaswinning in combinatie met de op peilmerken uit hoogteverschilmetingen berekende bodemdaling zoals gerapporteerd in meetregister 2007 Waddenzee voor het rapportagejaar 2007 (figuur 3.1).
2. Tabellen met de jaarlijkse toename van het bodemdalingsvolume (inclusief onzekerheid) per voorkomen per kombergingsgebied voor de jaren 2005 t/m 2010 (Tabel 3.4 en 3.5).
3. Een tabel met de bodemdalingssnelheid (S) en belasting (B) per kombergingsgebied (Zoutkamperlaag en Pinkegat) tot 2040 (d.w.z. 5 jaar na geplande abandonnering) (tabel 3.7).
De gerapporteerde belasting B voor een bepaald jaar wordt berekend voor de situatie op 1 januari van dat jaar. Voor de rapportage in 2008 (over het jaar 2007) wordt op deze manier een B voor 1 januari 2008 berekend. In het winningsplan werd als datum 31 december 2007 gebruikt. Deze dag verschil heeft uiteraard geen gevolgen voor de prognose, maar alleen voor de rapportage.
4. Grafieken met de bodemdalingsbelasting voor de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag vanaf start productie op de locatie Moddergat tot 2040 (d.w.z. 5 jaar na geplande abandonnering) (Figuren 3.2 en 3.3) .
5. Voor de voorkomens in het winningsplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen:
 - Drukdata per put op reservoirniveau en productie data van het rapportagejaar (tabel 3.2 en 3.3).
 - Geplande productie per voorkomen (jaarprofiel; tabel 3.8).
6. Geprognoseerde bodemdaling op de permanente GPS locaties (Moddergat en Ameland), inclusief onzekerheid (Figuren 3.4 en 3.5).

2. Samenvatting

Ten behoeve van de gaswinning vanaf de mijnbouwlocaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen heeft de minister van Economische Zaken ingestemd met het winningsplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (kenmerk: ET/EM/6047343 d.d. 26 juni 2006).

Als onderdeel van de voorschriften behorende bij het voornoemde winningplan is een Meet- en regelprotocol opgesteld¹, waarmee de Inspecteur Generaal der Mijnen (IGM) heeft ingestemd bij brief van 2 februari 2007. Rapportagemomenten zijn in dit protocol vastgesteld.

Op 5-2-2007 is de gaswinning vanaf de locatie Moddergat uit de voorkomens Nes en Moddergat gestart. Het totaal geproduceerde gasvolume in 2007 uit beide voorkomens was minder dan het geplande volume dat in het bovengenoemde winningsplan is vermeld. Ten behoeve van de monitoring van de bodemdaling door gaswinning zijn in 2007, volgens het met SodM overeengekomen meetplan, op het eiland Ameland waterpasmetingen uitgevoerd en zijn GPS metingen op een viertal locaties in de Waddenzee verricht. Ook zijn de in 2006 gestarte continue GPS metingen op de locaties AME en Moddergat voortgezet.

Op de locatie Moddergat is over geheel 2007 met behulp van continue GPS metingen een bodemdaling van minder dan 2 mm vastgesteld. Dit is minder dan op basis van de prognose verwacht werd. Gezien de vooralsnog beperkte hoeveelheid meetgegevens en in afwachting van de resultaten van nieuwe vlakdekkende bodemdalingsmetingen die volgens het meetplan in 2008 zullen worden uitgevoerd, is bij berekening van de nog te verwachten bodemdaling met behulp van de geomechanische modellen vastgehouden aan de bestaande "veilige" modelparameters. Veilig wil in dit verband zeggen dat de met deze parameters modelmatig geprognosticeerde bodemdaling groter is dan de bodemdaling die door het model zou worden voorspeld bij aanname van de meest waarschijnlijke waarden voor de modelparameters.

Naar aanleiding van een herevaluatie in 2007 van de gasvoorkomens Moddergat en Nes, waarbij ook de gemeten gasproductie- en reservoirdrukgegevens zijn betrokken, concluderen wij dat de oorspronkelijk in de voorkomens aanwezige gasvolumes, die zijn aangegeven in het bovenvermelde winningsplan, bijstelling behoeven. Het gasvoorkomen Moddergat is kleiner en het gasvoorkomen Nes is groter dan eerder aangenomen. De NAM verwacht dat de totale gasreserves van Moddergat en Nes gecombineerd circa 5 mrd m³ groter zijn dan aanvankelijk in het winningsplan werd aangenomen.

Voor de bodemdalingsprognose van de Ameland velden is bij de uitvoering van deze meet- en regelcyclus wederom gebruik gemaakt van het geomechanische model dat ook voor de bodemdalingsprognoses in het winningsplan Ameland 2003 is toegepast. Vooral de resultaten van de GPS metingen van peilmerk-daling in de Waddenzee geven aan dat de omvang van de bodemdalingskom kleiner is dan door dit model met de bestaande parameters wordt voorspeld. In afwachting van toetsing in 2008 van het alternatieve geomechanische Ameland model volgens een door SodM ontwikkelde methode, wordt voorlopig echter vastgehouden aan het vigerende (veilige) bodemdalingsmodel.

In verband met de aangepaste gasreserves is het productieprofiel voor de voorkomens Moddergat en Nes aangepast. De hieruit resulterende aanpassing van

¹ Meet- en regelprotocol Winning Waddenzeegas vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Nederlandse Aardolie Maatschappij BV. EP200612202122.

de reservoirdruk voorspelling is meegenomen in de bodemdalingsprognose. Indien de gasreserves in een voorkomen groter zijn, leidt dit bij gelijkblijvend productieprofiel doorgaans tot een lagere bodemdalingssnelheid. Bij de toepassing van het hand aan de kraan principe ontstaat dan dus meer ruimte voor productie. NAM zal deze extra productieruimte echter pas willen gebruiken indien bij het doorlopen van de Meet- en regelcyclus in 2008 en 2009 door de dan beschikbare bodemdalingsmetingen opnieuw wordt bevestigd dat er inderdaad ruimte is voor extra gasproductie. Eind 2009 zal in dat geval een wijziging op het vigerende winningplan met betrekking tot verhoging van het productievolume aan de minister ter instemming worden voorgelegd.

De voorspelde belastingen (B) van de kombergingsgebieden Zoutkamperlaag en Pinkegat zullen, inclusief de relatieve zeespiegelstijging volgens het scenario vastgelegd in hoofdstuk 4.7 van bijlage 3 van het Rijksprojecten besluit, pas rond 2028, het jaar tot waarin is ingestemd met het winningsplan, het gestelde meegroei-vermogen van de kombergingsgebieden overschrijden. (zie figuren 3.2 en 3.3.)

Tenslotte wordt opgemerkt dat de gasvoorkomens vanaf de locaties Lauwersoog en Vierhuizen naar verwachting in 2008 in productie zullen worden genomen.

3. Meet- en Regelcyclus

In 2007 is opnieuw een Meet- en regelcyclus uitgevoerd. Bij de uitvoering van deze Meet- en regelcyclus worden de volgende 6 deelprocessen doorlopen: 1. meten, 2. analyseren meetgegevens, 3. verifiëren prognose, 4. berekenen volume en gemiddelde daling, 5. indien nodig aanpassen productie en 6. actualiseren. Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van deze 6 deelprocessen voor het rapportagejaar 2007.

3.1. Meten

Op basis van het in 2006 ingediende meetplan zijn in 2007 optische waterpasmetingen op Ameland en GPS metingen op een 4-tal wadhoogtemerken uitgevoerd. De resultaten van de waterpasmeting zijn in april 2007 middels het meetregister Ameland aan SodM gerapporteerd (referentie 7). In aanvulling op deze metingen hebben continue GPS metingen plaatsgevonden nabij de locaties Ameland en Moddergat. De resultaten van deze continue GPS metingen zijn maandelijks aan SodM gerapporteerd. NAM heeft naast bovengenoemde GPS opstellingen ook, tijdelijk, een continue GPS meetinstallatie geïnstalleerd op de locatie Anjum.

- Een uitvoerige beschrijving van de in 2006 uitgevoerde waterpas en GPS metingen wordt gegeven in referenties 5, 15 en 16.
- De meetresultaten voor 2007 zijn beschreven in referenties 7, 10, 11 en 12.

Kopieën van genoemde referenties zijn in het bezit van SodM.

3.2. Analyseren meetgegevens

Kwaliteitscontrole en bodemdalingsberekening

De analyse en kwaliteitscontrole van de waterpasmetingen wordt conform de door Staatstoezicht op de Mijnen gestelde eisen vereffend volgens een vrije netwerkvereffening (referenties 8 en 9). Voor iedere meetcampagne wordt deze berekening uitgevoerd met het programma Move3 van Grontmij B.V. (referentie 17). Het resultaat van deze vereffening is een set consistente hoogtes inclusief kwaliteitsparameters waaruit de differentiestaat wordt berekend.

Resultaat bodemdalingsanalyse

Ameland voorkomens.

De onder 3.1 genoemde waterpasmetingen alsook alle historische waterpas- en hydrostatische metingen met directe aansluiting aan het ondergrondse merk Nes zijn volgens de beschreven Move3 differentiestaat methodiek geanalyseerd (referentie 13). Voor de integratie van de GPS metingen in de differentiestaat zijn de ellipsoidische GPS hoogten met behulp van het NLGEO2004 geoidemodel (referentie 18) omgerekend in relatieve orthometrische hoogten. De zodanig getransformeerde GPS hoogteverschillen zijn direct vergelijkbaar met de relatieve hoogten uit waterpasmetingen, waarbij rekening moet worden gehouden met de afstandsafhankelijke nauwkeurigheid van het NLGEO2004 model. Deze foutenbron is echter van beperkt belang voor de meet- en regel procedure met referentiejaar 2006 omdat geen invloed bestaat op de differentie van de GPS hoogten uit twee epochen.

De integrale differentiestaat vormt de basis voor de verificatie van de bodemdalingsprognose volgens de geomechanische modellen (bijlage 1). De peilmerken in deze tabel zijn geïnclassificeerd in 'primaire', 'secondaire' en 'Wad' punten. Secondaire

peilmerken zijn voor het eerst aangemeten in een later jaar dan het jaar 1986, waarin de gasproductie op Ameland gestart is.

De historische tijdseries voor Wadpunten bestaan uit een combinatie van hydrostatische, waterpas- en GPS metingen, die onder invloed staan van de onnauwkeurigheid van het NLGEO2004 model.

Continue GPS metingen

Als onderdeel van het Meet- en regel protocol worden continue GPS metingen uitgevoerd op de locaties AME en Moddergat. Daarnaast heeft NAM ook een (tijdelijke) continue GPS meetinstallatie geïnstalleerd op de locatie Anjum. Deze metingen worden als signaal functie gebruikt voor het bepalen van de noodzaak voor aanvullende vlakdekkende metingen. Tabel 3.1 geeft de analyse van de continue GPS metingen op de locaties AME, Moddergat en Anjum. Hierbij is uitgegaan van een lineaire bodemdalingssnelheid. De onzekerheden zijn bepaald m.b.v. de methode beschreven in referentie 14.

GPS locatie	Referentie datum	Lineaire snelheid t/m 29/12/2007
Ameland	25/5/2006 (=start meting)	7.7 mm/jaar ($1\sigma = 0.6$ mm/jaar)
Moddergat	5/2/2007 (=start productie)	1.3 mm/jaar ($1\sigma = 0.8$ mm/jaar)
Anjum	27/9/2006 (=start meting)	4.5 mm/jaar ($1\sigma = 0.5$ mm/jaar)

Tabel 3.1. Gemeten dalingsnelheid (mm/jaar) op de locaties.

3.3. Verifiëren prognose

Kalibratie reservoir simulatiemodel nieuwe Waddenzeevelden

Op basis van de resultaten van de drukmeting op reservoir niveau (ingesloten putten) en het geproduceerde gasvolume (zie tabel 3.2) is het totaal aanwezige gasvolume in het voorkomen Nes naar boven bijgesteld naar een verwachtingswaarde van 14.5 mrd m³. Om aan de voorzichtige zijde te blijven wordt in de gasreservoir modellering een volume van 13.5 mrd m³ gebruikt (aannahme van een lager volume resulteert in een hogere voorspelling van bodemdalingssnelheid). Voor het voorkomen Moddergat is de verwachtingswaarde van het gasvolume naar beneden bijgesteld. In de gasreservoir modellering is voor het totale volume van het gasveld Moddergat 4.6 mrd m³ aangenomen. De aangepaste gasreserves hebben geleid tot aangepaste productie volumes van de velden Nes en Moddergat, waarbij het totale jaarlijkse volume tot en met 2009 niet wezenlijk anders is dan aangegeven in het vigerende winningsplan. De aangepaste voorspelling van de reservoirdrukken van beide velden is meegenomen in de voorspelling van de bodemdaling. Het geproduceerde gasvolume en de geconstateerde reservoir drukkaling van het Moddergat veld geven aan dat alleen het noordelijke gedeelte van het veld, met een gasvolume van circa 3 mrd m³, wordt geproduceerd en dat de breuk die van west naar oost door het Moddergat veld loopt, waarschijnlijk niet doorlatend is. Bij de modellering van de reservoirdruk wordt er van uit gegaan dat, ten gevolge van verdere veldontwikkelingen, de druk in het zuidelijke gedeelte van het Moddergat veld in de toekomst ook zal worden verlaagd door productie uit een reeds geplande gasput. Dit is meegenomen in de bodemdalingsprognose.

Tabel 3.2 toont de cumulatieve gasproductie per voorkomen en de gemeten reservoirdruk bij de put op het tijdstip van de meting. Tabel 3.3 toont de cumulatieve gasproductie per voorkomen op 31 december 2007.

Velden	Datum	Cumulatieve productie (10 ⁶ m ³)	Druk op reservoir niveau (bara)
Nes	31 Aug 07	196	551.9
Moddergat	30 Aug 07	206	505.1
Lauersoog-C		0	500
Lauersoog-West		0	479
Lauersoog-Oost		0	480
Vierhuizen-Oost		0	459

Tabel 3.2. Resultaten reservoir drukmeting 2007.

Velden	Cumulatieve productie (10 ⁶ m ³)	Productie volgens winningsplan
Nes	326	277
Moddergat	365	510
Lauersoog-C	0	0
Lauersoog-West	0	0
Lauersoog-Oost	0	0
Vierhuizen-Oost	0	0

Tabel 3.3 Cumulatieve productie per voorkomen op 31/12/2007.

Modellering bodemdaling

Zolang er nog nagenoeg geen bodemdaling ten gevolge van de gaswinning van de nieuwe velden Nes, Moddergat, Lauersoog-C, -W & -O en Vierhuizen-O gemeten wordt, worden voor het geomechanische model van deze velden de parameters van de nabij gelegen analoge velden Anjum en Munnekezijl gebruikt. In het Waddenzee gebied zijn in 2007 alleen boven de Ameland gasvelden bodemdalingsmetingen uitgevoerd. Behalve de continue GPS metingen op de locaties boven de gasvelden Moddergat en Anjum zijn in 2007 noch boven de velden Nes en Moddergat, noch boven de velden in het Anjum en Munnekezijl gebied bodemdalingsmetingen uitgevoerd. De geomechanische modelparameters voor zowel de nieuwe Waddenzee velden als de velden in het Anjum en Munnekezijl gebied zijn dan ook niet aangepast en identiek gehouden aan hetgeen is beschreven in de Meet- en regelcyclus rapportage 2006. Wel zijn de dynamische reservoir simulatie modellen van de velden Moddergat en Nes evenals van de velden in het Anjum en Munnekezijl gebied gekalibreerd met de gemeten putdrukken en productie data. Het hiermee gemodelleerde reservoir drukverloop, voor zowel het gasvoerende als watervoerende gedeelte van de reservoirs, is gebruikt als input in het geomechanische bodemdalingsmodel. Figuur 3.1 toont de gemodelleerde bodemdaling voor februari 2007 tezamen met de resultaten van de hoogteverschilmetingen die in 2007 zijn uitgevoerd.

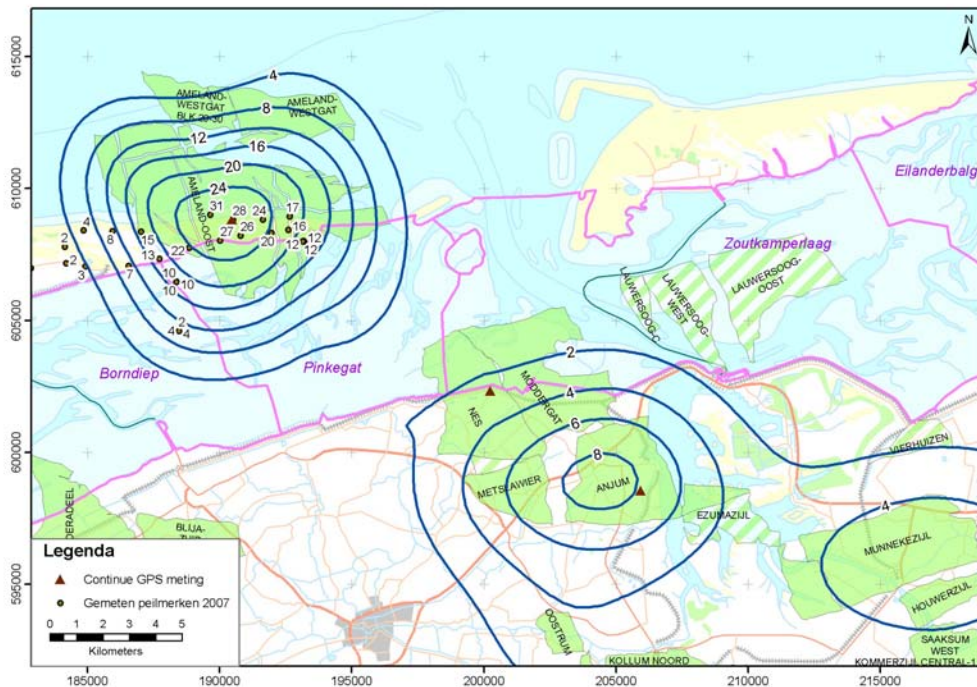


Fig. 3.1 Bodemdaling door gaswinning in 2007 (sinds start productie). In blauw de contouren van de gemodelleerde bodemdaling. In groen de peilmerken met hoogtevverschilmetingen in 2007 sinds start productie zoals gerapporteerd in de integrale differentiestaat Ameland (bijlage 1). Boven de gasvelden Nes, Moddergat, Anjum en Munnekezijl zijn in 2007 op 2 posities continue GPS metingen uitgevoerd. Bodemdaling in cm.

3.4. Berekenen volume en gemiddelde daling

Bepaling volume en gemiddelde daling

Met behulp van de gekalibreerde geomechanische modellen is het reeds opgetreden dalingsvolume in de betreffende kombergingsgebieden evenals de in de toekomst te verwachten jaarlijkse toename daarvan bepaald. Door de jaarlijkse volumetoename te delen door het kombergingsoppervlak wordt de gemiddelde bodemdalingssnelheid (mm/jr) per kombergingsgebied S (met bijbehorende onzekerheid) berekend.

Als basis voor de kombergingsgrenzen gelden de GIS bestanden van de grenzen van de kombergingsgebieden, die door RIKZ aan NAM zijn geleverd. Deze grenzen zijn door RIKZ voor de Bodemdalingstudie Waddenzee 2004 toegepast (referentie2). Hierbij zijn de oppervlakten voor respectievelijk de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag $60 \times 10^6 \text{ m}^2$ en $148 \times 10^6 \text{ m}^2$. De grenzen met daaruit voortvloeiende oppervlakten van de kombergingsgebieden zullen in 2011 worden herzien.

Uit de gemiddelde bodemdalingssnelheid S wordt de belasting B, d.w.z. de bodemdalingssnelheid gemiddeld over 6 jaar (voortschrijdend gemiddeld), bepaald. De in een bepaald jaar gerapporteerde waarde van de belasting B geldt op 1 januari van dat jaar en is het zesjaarlijks gemiddelde over de periode, die zich uitstrekt van drie jaar daarvoor tot drie jaar daarna.

Onzekerheid analytisch gemodelleerde bodemdaling (alle velden behalve Ameland).

De onzekerheid van de opgetreden en voorspelde bodemdaling - berekend met het geomechanische model - wordt bepaald met behulp van een door Shell ontwikkeld

inversie programma MCB (Monte Carlo Bayesian). Voor beschrijving van deze methode wordt verwezen naar de Meet- en regelcyclus rapportage 2006.

Voor de reeds producerende velden leidt deze berekeningswijze tot een onzekerheid in het bodemdalingsvolume van ca. 30%. Voor de nieuwe velden, waaronder de velden Nes en Moddergat, is dit ca. 50%.

Bij de voorspelling van de prognose van de bodemdaling voor met name de nieuwe velden is door NAM een zekere veiligheid ingebouwd door het toepassen van de volgende aannames:

- De ratio aquifer / gas volume is groter in de nieuwe velden dan in de “analoge” velden. Toch is het “analoge” model gebruikt, waardoor de te verwachten drukdaling in de aquifer te hoog wordt ingeschat, hetgeen resulteert in een berekende bodemdaling, die naar alle waarschijnlijkheid te hoog is.
- De mogelijke aanwezigheid van residueel gas onder het gas/water contact is niet meegenomen in de drukdaling simulatie. Wanneer dit gas wel aanwezig is, zal dit resulteren in minder drukdaling in de aquifer.
- Het toepassen van de “Geertsma en van Opstal” theorie resulteert in het algemeen in een bodemdalingsskom, die iets ondieper, maar wijder is dan de werkelijke bodemdalingsskom. Kalibratie / inversie is uitgevoerd met hoogteverschilmetingen op de peilmerken, waarbij vooral werd gekalibreerd op de peilmerken in het centrum van de kom. De omvang van de gemodelleerde kom is daardoor waarschijnlijk iets te groot en dus zal het bodemdalingsvolume in werkelijkheid minder groot zijn dan gemodelleerd.

Het resultaat van deze “veilige” aanpak is, dat de meest realistische verwachtingswaarde (in termen van de kansberekening) voor de bodemdaling lager is dan de hier gerapporteerde prognose. Met andere woorden: De kans dat toekomstige metingen laten zien dat de hier gepresenteerde bodemdalingssprognose een overschatting is, is groter dan de kans dat de prognose zal worden overschreden. De gerapporteerde onzekerheid weerspiegelt alleen mogelijke variaties van de geomechanische parameters binnen het scenario dat is gebaseerd op bovenstaande “veilige” aannames en kan dan ook alleen gebruikt worden om de bovengrens van de te verwachten bodemdaling aan te geven.

Onzekerheid Ameland bodemdaling

Voor de Ameland velden geldt het bodemdalingssmodel WP2003, zoals gebruikt voor het Winningsplan dat in 2003 is ingediend, nog steeds als het vigerende geomechanische model. Uit de sinds 2003 gemeten bodemdaling boven de Ameland velden blijkt, zoals reeds in het MER en Winningsplan (referentie 3 en 4) is vastgesteld, dat de prognose van 2003 de bodemdaling in de Waddenzee door gasproductie uit de Ameland velden significant overschat. Het bodemdalingsvolume in de Waddenzee, voorspeld met het vigerende bodemdalingssmodel WP 2003, kan daarom worden beschouwd als een (veilige) bovenwaarde. Ook de belasting bepaald met dit bodemdalingssmodel wordt daarom gezien als een bewuste overschatting, die in werkelijkheid lager zal uitkomen.

NAM heeft een alternatief geomechanisch bodemdalingssmodel voor de Ameland velden opgezet dat, met name in de Waddenzee, beter overeenkomt met de gemeten bodemdaling op de peilmerken sinds begin van de productie in 1986 dan het vigerende bodemdalingssmodel (WP2003). SodM heeft onlangs een toetsings-

methode ontwikkeld voor de validiteit van geomechanische bodemdalingsmodellen. In 2008 zal deze toetsing van het alternatieve Ameland model worden uitgevoerd.

Bodemdalingsvolume voor bepaling belasting rapportagejaar 2007 met onzekerheid

Tabellen 3.4 en 3.5 tonen de door gaswinning veroorzaakte bodemdalingsvolumina met bijbehorende onzekerheid per voorkomen voor de jaren J-3 t/m J+2 waarbij J-1 het rapportagejaar (2007) is. Voor het bodemdalingsvolume van de reeds producerende velden is voor het kombergingsgebied Pinkegat geen onzekerheid gegeven aangezien de met het bodemdalingsmodel 2003 bepaalde volumes voor Ameland kunnen worden beschouwd als een (veilige) bovengrens voor het te verwachten bodemdalingsvolume in de Waddenzee.

Kombergingsgebied Pinkegat			
Jaar	Reeds producerende velden	NES	MGT
	Volume (bovengrens)	Volume (onzekerheid)	Volume (onzekerheid)
2005	0.18		
2006	0.18		
2007	0.17	0.028 (0.014)	0.018 (0.009)
2008	0.16	0.031 (0.016)	0.012 (0.006)
2009	0.16	0.029 (0.015)	0.008 (0.004)
2010	0.15	0.040 (0.020)	0.014 (0.007)

Tabel 3.4. Jaarlijks bodemdalingsvolume Pinkegat voor de reeds producerende velden en voor de nieuwe velden per voorkomen met tussen haakjes de onzekerheid. Volumina en onzekerheid (2 sigma) in miljoen m³.

Kombergingsgebied Zoutkamperlaag						
Jaar	Reeds producerende velden	NES	LWO-			
			Moddergat	C	LWO-O	LWO-W
Volume (onzekerheid)						
2005	0.05 (0.01)					
2006	0.05 (0.02)					
2007	0.03 (0.01)	0.026 (0.013)	0.123 (0.062)			
2008	0.03 (0.01)	0.029 (0.014)	0.087 (0.044)		0.067 (0.033)	0.026 (0.013) 0.006 (0.003)
2009	0.03 (0.01)	0.027 (0.014)	0.064 (0.032)		0.130 (0.065)	0.097 (0.048) 0.027 (0.014)
2010	0.03 (0.01)	0.037 (0.018)	0.104 (0.052)		0.094 (0.047)	0.075 (0.038) 0.016 (0.008)

Tabel 3.5. Jaarlijks bodemdalingsvolume Zoutkamperlaag voor de reeds producerende velden en voor de nieuwe velden per voorkomen met tussen haakjes de onzekerheid. Volumina en onzekerheid (2 sigma) in miljoen m³.

NES: Nes
MGT: Moddergat
LWO-C: Lauersoog-C
LWO-W: Lauersoog-West
LWO-O: Lauersoog-Oost
VHZ-O: Vierhuizen-Oost

De bodemdaling in het kombergingsgebied Pinkegat voor de reeds producerende velden wordt voornamelijk veroorzaakt door de productie van de Ameland voorkomens Ameland-Oost en Ameland-Westgat.

De bodemdaling in het kombergingsgebied Zoutkamperlaag door de reeds producerende velden wordt voornamelijk veroorzaakt door gasproductie uit de velden Anjum, Ezumazijl en Metslawier. Het effect van de bodemdaling ten gevolge van de productie van Ameland op het kombergingsgebied Zoutkamperlaag is minimaal.

Onderstaande tabel 3.6 geeft de bodemdalingssnelheid S voor het rapportagejaar 2007 en belasting B op 1-1-2008.

Zoutkamperlaag		Pinkegat	
S (onzekerheid)	B (onzekerheid)	S (onzekerheid)	B (onzekerheid)
1.19 (0.5)	1.34 (0.6)	3.62 (0.4)	3.30 (0.3)

Tabel 3.6. Bodemdalingssnelheid en belasting (mm/jr) met onzekerheid (naar boven, 2 sigma) per kombergingsgebied in het rapportagejaar 2007.

Actuele en voorspelde bodemdalingssnelheid en belasting

Tabel 3.7 toont de prognose van de bodemdalingssnelheid per kombergingsgebied per jaar (S) ten gevolge van de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen in combinatie met de bodemdalingssnelheid door de bestaande gaswinning in dit gebied. Ook is de op basis van deze waarden berekende belasting B weergegeven, waarbij $B(J) = (S(J-3) + S(J-2) + \dots + S(J+2)) / 6$.

Jaar	Zoutkamperlaag		Pinkegat		Gebruiksruimte G	
	S	B	S	B	Zoutkamper- laag	Pinkegat
2004	0.23(0.07)		3.17(0.02)		2.57	3.57
2005	0.21(0.06)		3.08(0.02)		2.55	3.55
2006	0.19(0.06)		3.02(0.04)		2.53	3.53
2007	1.19(0.51)	0.99(0.40)	3.62(0.38)	3.27(0.18)	2.52	3.52
2008	1.62(0.73)	1.34(0.59)	3.43(0.36)	3.30(0.25)	2.50	3.50
2009	2.48(1.17)	1.69(0.77)	3.27(0.32)	3.32(0.33)	2.48	3.48
2010	2.35(1.11)	1.97(0.91)	3.38(0.45)	3.31(0.39)	2.46	3.46
2011	2.28(1.08)	2.07(0.97)	3.21(0.44)	3.19(0.40)	2.44	3.44
2012	1.89(0.89)	2.09(0.98)	2.96(0.40)	3.08(0.41)	2.33	3.33
2013	1.80(0.85)	1.94(0.92)	2.87(0.43)	2.97(0.44)	2.21	3.21
2014	1.73(0.82)	1.80(0.85)	2.76(0.45)	2.83(0.45)	2.09	3.09
2015	1.59(0.75)	1.69(0.80)	2.62(0.46)	2.70(0.47)	1.97	2.97
2016	1.54(0.73)	1.63(0.78)	2.53(0.50)	2.60(0.50)	1.85	2.85
2017	1.59(0.77)	1.57(0.75)	2.48(0.57)	2.47(0.52)	1.73	2.73
2018	1.57(0.76)	1.49(0.72)	2.34(0.59)	2.30(0.53)	1.61	2.61
2019	1.43(0.69)	1.39(0.67)	2.09(0.55)	2.09(0.51)	1.50	2.50
2020	1.21(0.59)	1.27(0.62)	1.73(0.47)	1.85(0.49)	1.38	2.38
2021	1.00(0.49)	1.13(0.55)	1.38(0.40)	1.56(0.44)	1.26	2.26
2022	0.84(0.41)	0.97(0.47)	1.06(0.33)	1.26(0.38)	1.14	2.14
2023	0.72(0.35)	0.83(0.40)	0.75(0.29)	0.99(0.33)	1.02	2.02
2024	0.64(0.31)	0.72(0.35)	0.53(0.25)	0.78(0.29)	0.90	1.90
2025	0.59(0.29)	0.64(0.32)	0.48(0.23)	0.61(0.25)	0.78	1.78
2026	0.56(0.28)	0.58(0.29)	0.44(0.21)	0.50(0.23)	0.67	1.67
2027	0.52(0.26)	0.54(0.27)	0.41(0.20)	0.43(0.21)	0.55	1.55
2028	0.48(0.24)	0.50(0.25)	0.37(0.18)	0.39(0.19)	0.43	1.43
2029	0.44(0.22)	0.46(0.23)	0.34(0.17)	0.36(0.17)	0.31	1.31
2030	0.41(0.20)	0.42(0.21)	0.31(0.15)	0.33(0.16)	0.19	1.19
2031	0.37(0.18)	0.38(0.19)	0.28(0.14)	0.30(0.14)	0.07	1.07
2032	0.32(0.16)	0.34(0.17)	0.25(0.12)	0.26(0.13)	-0.04	0.96
2033	0.28(0.14)	0.30(0.15)	0.22(0.10)	0.23(0.11)	-0.16	0.84
2034	0.23(0.12)	0.26(0.13)	0.18(0.09)	0.20(0.09)	-0.28	0.72
2035	0.19(0.09)	0.21(0.11)	0.14(0.07)	0.17(0.08)	-0.40	0.60
2036	0.15(0.07)	0.18(0.09)	0.11(0.05)	0.14(0.06)	-0.52	0.48
2037	0.12(0.06)	0.15(0.07)	0.09(0.04)	0.11(0.05)	-0.64	0.36
2038	0.10(0.05)	0.12(0.06)	0.08(0.04)	0.09(0.04)	-0.76	0.24
2039	0.09(0.04)	0.11(0.05)	0.07(0.03)	0.08(0.04)	-0.87	0.13
2040	0.09(0.04)	0.10(0.05)	0.07(0.03)	0.08(0.04)	-0.99	0.01
2041	0.10(0.05)		0.08(0.04)		-1.11	-0.11
2042	0.12(0.06)		0.09(0.04)		-1.23	-0.23

Tabel 3.7. bodemdalingssnelheid (onzekerheid), belasting en gebruiksruimte voor de kombergingsgebieden Zoutkamperlaag en Pinkegat (mm/jaar) op basis van het aangepaste productie profiel (zie tabel 3.8).

3.5. Indien nodig aanpassen productie

Naar aanleiding van de aangepaste gasreserves zijn de productiescenario's uit het vigerende winningsplan voor Nes en Moddergat bijgesteld. Tabel 3.8 toont de jaarlijkse productie (miljoen m³) per voorkomen overeenkomstig dit aangepaste productiescenario. Uit de op basis van dit scenario voorspelde waarden voor de bodemdalingssnelheid S en de resulterende belasting B blijkt dat gasproductie

volgens het bijgestelde scenario niet zal leiden tot overschrijding van de gebruiksruimte (zie tabel 3.7). De bijstelling in productie voor Moddergat en Nes betekent geen verhoging van de totale jaarvolumes in 2008 en 2009. De aangegeven mogelijke verhoging van de totale jaarvolumes vanaf 2010, zal t.z.t. aan de minister, middels een wijziging van het vigerende Winningsplan Moddergat, Lauwersoog Vierhuizen, ter instemming worden voorgelegd.

Jaar	Moddergat	Nes	Lauwersoog- Oost	Lauwersoog- West	Lauwersoog- C	Vierhuizen- Oost
2007	365	326	-	-	-	-
2008	296	453	123	116	-	111
2009	220	478	418	402	-	284
2010	353	610	340	352	-	202
2011	346	608	247	291	-	146
2012	355	608	188	229	-	107
2013	346	643	138	168	-	78
2014	255	789	110	132	-	58
2015	281	891	84	96	-	55
2016	206	793	69	74	20	62
2017	168	706	70	69	60	47
2018	164	645	83	80	56	38
2019	132	558	72	67	52	32
2020	107	490	64	58	48	27
2021	87	426	57	50	44	24
2022	75	374	55	21	42	20
2023	63	328	49	25	38	18
2024	57	290	46	11	35	9
2025	50	258	43	5	33	7
2026	44	229	40	20	31	-
2027	37	207	38	11	29	-
2028	34	183	36	23	27	-
2029	32	166	34	10	26	-
2030	28	151	33	-	24	-
2031	24	135	30	-	23	-
2032	18	123	28	24	21	-
2033	18	111	27	14	20	-
2034	18	103	26	-	19	-
2035	16	95	24	-	17	-
2036	15	88	23	-	12	-
2037	14	82	23	-	8	-

Tabel 3.8. Geplande productie (miljoen m³) per voorkomen overeenkomstig het aangepaste productiescenario.

3.6. Actualiseren

Figuren 3.2 en 3.3 tonen de geactualiseerde geprognosticeerde belastingen voor de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag volgens het bovenstaande productie scenario. Zoals uit onderstaande figuren blijkt, zal de belasting inclusief relatieve zeespiegelstijging volgens scenario vastgelegd in hoofdstuk 4.7 van bijlage 3 van het Rijksprojectenbesluit het meegroeivermogen van de kombergingsgebieden pas overschrijden omstreeks 2028, het jaar tot waarin is ingestemd met het winningsplan. Figuren 3.2 en 3.3 geven hetzelfde beeld als de figuren C9 en C10 van

het winningsplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. In de grafieken is steeds de belasting in een bepaald jaar door een veld dat op 1 januari van dat jaar nog niet in productie is gelijk aan nul gesteld. Dit is gedaan om presentatietechnische redenen en niet volledig in overeenstemming met de waarden zoals gepresenteerd in tabel 3.7.

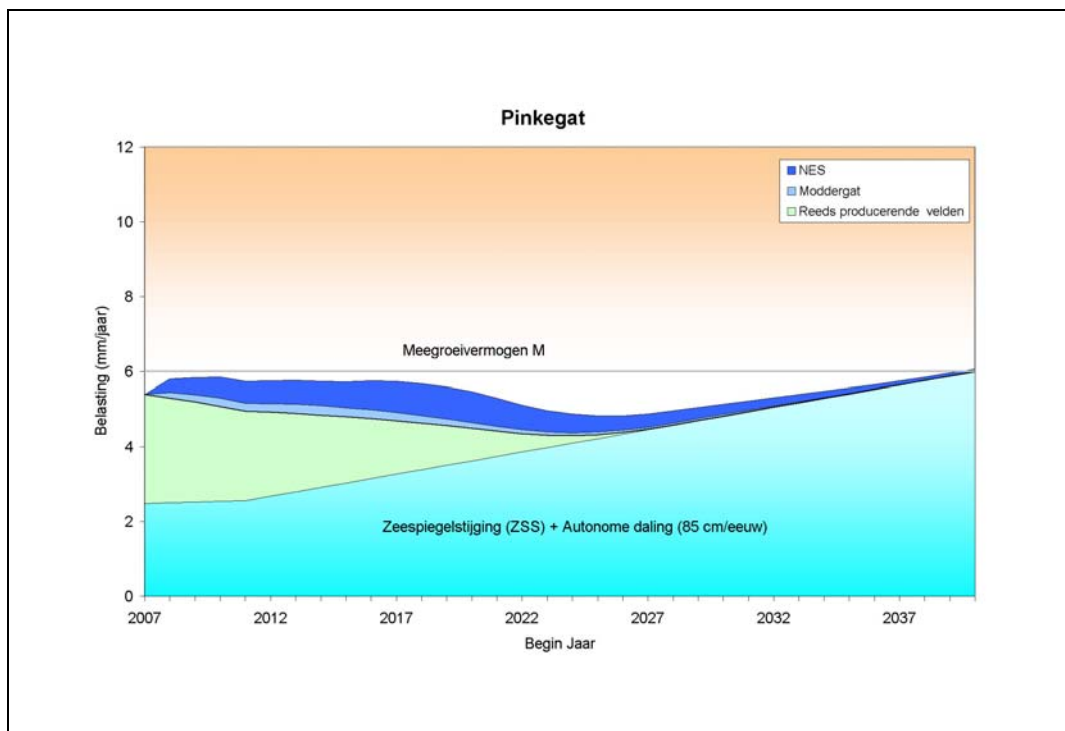


Fig. 3.2 Voorspelde belasting inclusief Zeespiegelstijging + autonome daling voor het kombergingsgebied Pinkegat.

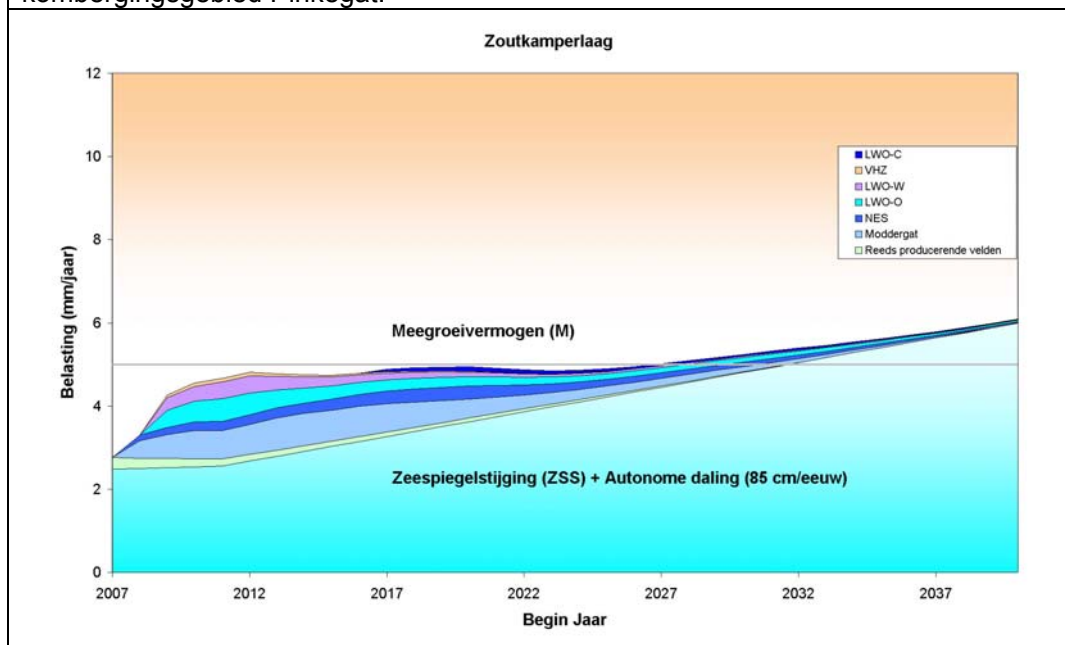


Fig. 3.3. Voorspelde belasting inclusief Zeespiegelstijging + autonome daling voor het kombergingsgebied Zoutkamperlaag.

Bodemdaling GPS locaties op Moddergat en Ameland

Tabel 3.9 geeft de gemodelleerde bodemdaling op de GPS locaties vanaf begin 2007 tot en met 2009. Dat is het tijdstip waarop de eerstvolgende volledig vlakdekkende metingen zijn gepland, die de volledige bodemdalingskom veroorzaakt door de productie van de locaties Moddergat, Lauwersoog Vierhuizen en Ameland (zie meetplan Waddenzeegebied 2007), bestrijken. De onzekerheid heeft, zoals eerder beschreven, geen normale verdeling. Kalibratie van het geomechanische model is gebaseerd op de kalibratie van de volledige bodemdalingskom. De in dit rapport in tabellen en figuren getoonde onzekerheid voor gemodelleerde bodemdaling (en -volume) geldt als het gemiddelde over de hele kom. Op individuele punten kan de onzekerheid groter zijn. De figuren 3.4, 3.5 en 3.6 geven de geprognosticeerde daling tot en met 2009 plus de gemeten daling in 2007 op de GPS locaties grafisch weer.

De 2 putten MGT-1B en MGT-2, die respectievelijk uit de voorkomens Moddergat en Nes produceren, zijn beide in het uiterste noorden van deze voorkomens geboord. Zoals in sectie 3.3 is beschreven valt uit het volume geproduceerde gas en de daardoor opgetreden en gemeten reservoir drukdaling in het Moddergat veld af te leiden dat alleen het noordelijke gedeelte van het Moddergat veld wordt geproduceerd en dat de breuk die van west naar oost door het Moddergat veld loopt niet of slechts in zeer geringe mate doorlatend is. Uit het verschil tussen de prognose en de GPS metingen op de locatie Moddergat blijkt dat dit nog niet volledig is meegenomen in de modellering van de bodemdaling. Deze aanwijzing wordt opgevolgd in 2008. Dan zullen de geomechanische modellen worden gekalibreerd met de resultaten van de (voor 2008 voorgenomen) bodemdalingmetingen.

Datum	Ameland	Moddergat	Anjum
1.1.2008	0.6 (30%)	0.6 (30%)	0.4 (30%)
1.1.2009	1.2 (30%)	1.1 (30%)	0.8 (30%)
1.1.2010	1.8 (30%)	1.7 (30%)	1.2 (30%)

Tabel 3.9. Voorspelde daling t.o.v. 1.1.2007 op de GPS locaties (cm) met onzekerheden naar boven (2σ) tussen haakjes.

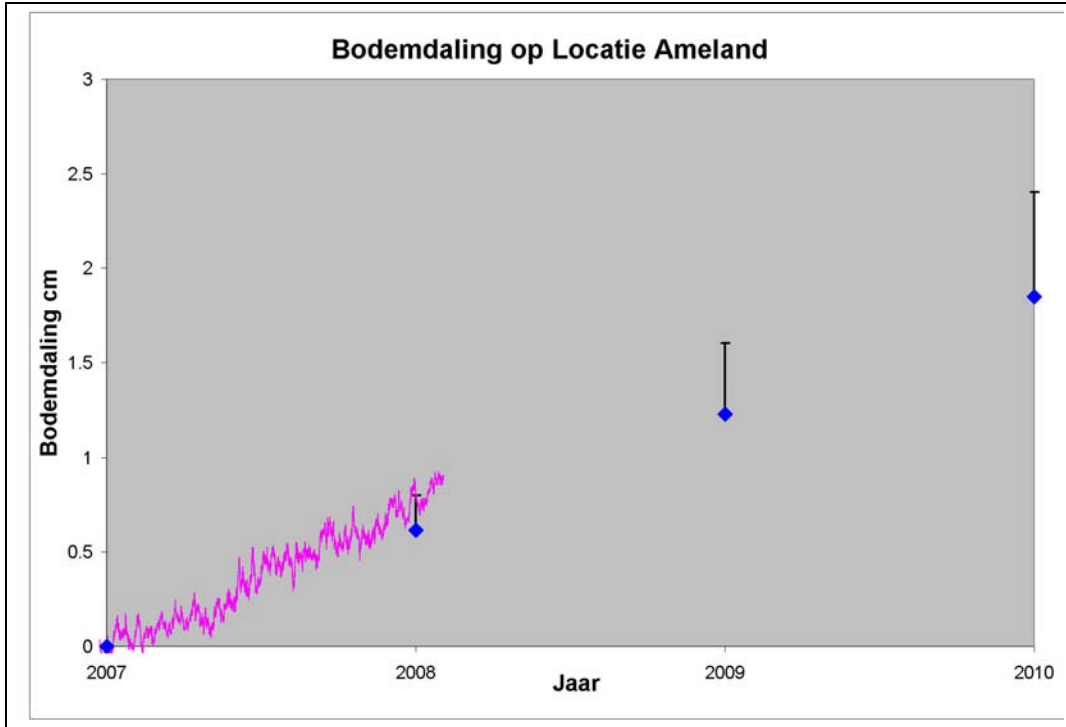


Fig. 3.4 Voorspelde bodemdaling locatie Ameland (coördinaten: X-RD:190474.978, Y-RD: 608822.469), met onzekerheid (2σ) naar boven, alsmede de resultaten van de continue GPS meting (paars).

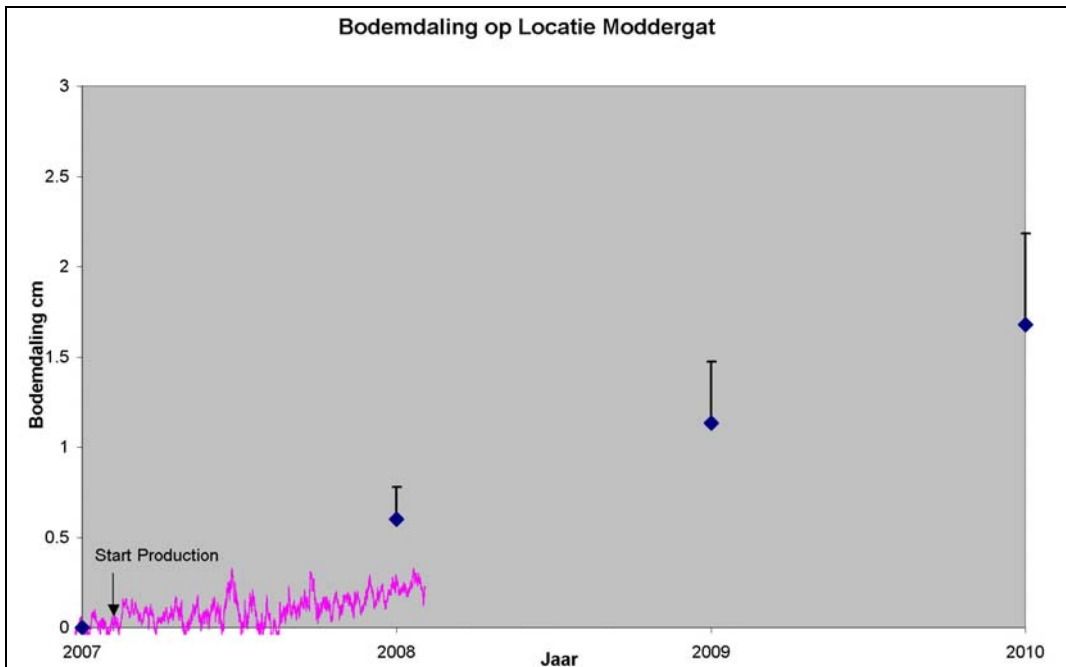


Fig. 3.5 Voorspelde bodemdaling locatie Moddergat (coördinaten: X-RD: 200244.559, Y-RD: 602329.794), met onzekerheid naar boven (2σ), alsmede de resultaten van de continue GPS meting (paars).

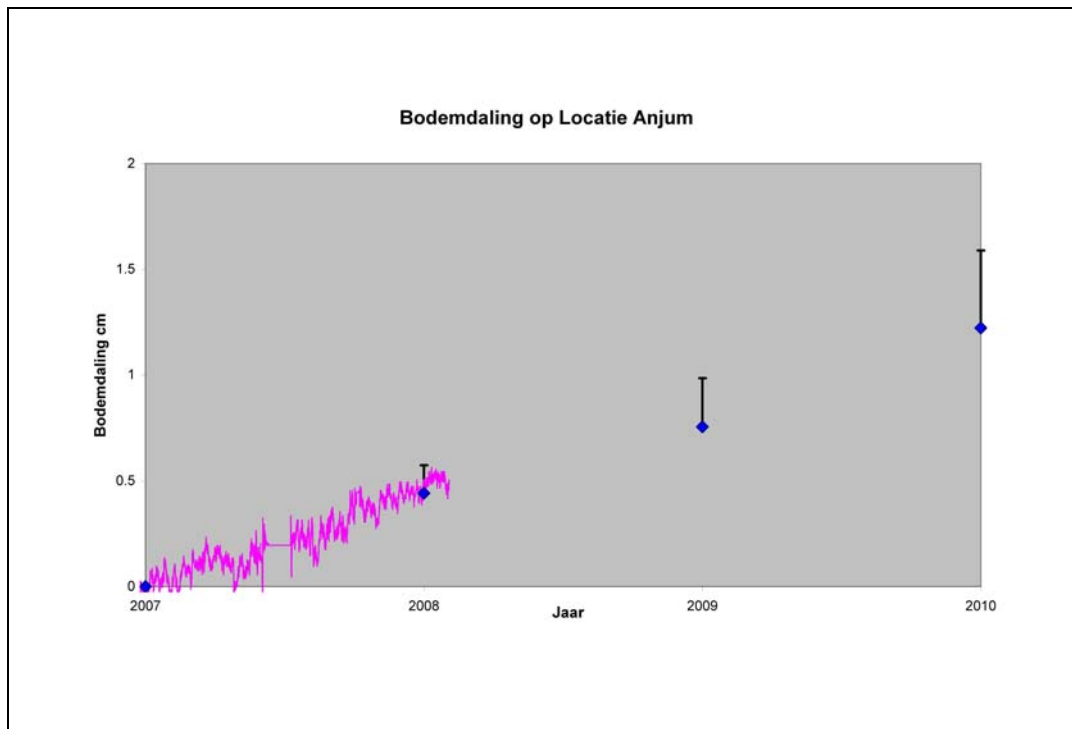


Fig. 3.6 Voorspelde bodemdaling locatie Anjum (coördinaten: X-RD: 205931.145, Y-RD: 598546.039), met onzekerheid (2σ) naar boven, alsmede de resultaten van de continue GPS meting (paars).

4. Kwaliteitsborging.

De beheersing van de milieuaspecten gerelateerd aan de winningsactiviteiten van het Waddengas is volledig geïntegreerd in de bedrijfsvoering van de NAM (het Corporate Management System - CMS). Dit systeem is onderworpen aan externe certificatie (ISO 14001).

De volgende activiteiten zijn hiervoor in 2007 uitgevoerd:

Systeem-eis	Uitgevoerde en geplande activiteiten
Inventarisatie milieuaspecten	In de milieuaspecten inventarisatie van de asset Land zijn bij het aspect "Verstoring van bodem en diepe ondergrond" de Waddenzee-activiteiten opgenomen
Toewijzen verantwoordelijkheden	De formele Teambeschrijving van het Hand Aan de Kraan team (HAK-team) is goedgekeurd en opgenomen in het CMS
Opstellen beheersmethoden	Het Meet- en Regelprotocol is opgesteld en goedgekeurd door SodM
Monitoring, metingen en rapportages	Bodemdalings- en biotiekmetingen zijn uitgevoerd volgens plan
Interne Controle	Een vergunnings compliance check gepland in januari 2008 (inmiddels uitgevoerd; geen non-compliances)
Certificatie / externe audits	De jaarlijkse externe ISO 14001 controle audit bij NAM door BSI Management Systems is uitgevoerd in februari 2008, waarbij speciale aandacht werd besteed aan Waddenzee appraisal, vergunningen, ecologische studies, bodemdalingsmetingen en boringen. Er zijn geen non-compliances geconstateerd. Er was specifiek positief commentaar in het audit rapport betreffende de voorbereiding en uitvoering van de boringsactiviteiten; de aanpak en project benadering van het HAK-team; compliance verificatie van de wettelijke bepalingen en de opvolging van het monitoringsprogramma.

5. Conclusies

De belangrijkste conclusies, die volgen uit het doorlopen van de Meet- en regelcyclus 2007, zijn:

- Op de locatie Moddergat is over geheel 2007, m.b.v. continue GPS metingen, een bodemdaling van circa 2 mm vastgesteld. Dit is minder dan de circa 6 mm, die op basis van de (veilige) prognose verwacht werd. Op de locaties Ameland en Anjum, boven reeds langer producerende velden, komt de daling, bepaald m.b.v. continue GPS metingen, overeen met de geprognosticeerde bodemdaling. Behalve de continue metingen op de locaties boven de gasvelden Moddergat en Anjum zijn in het jaar 2007 boven de gasvelden Nes en Moddergat evenals boven de velden in het Anjum en Munnekezijl gebied geen bodemdalingsmetingen uitgevoerd. Daarom zijn de parameters van het geomechanische bodemdalingsmodel voor de nieuwe Waddenzee velden, zoals beschreven in de Meet- en regelcyclus rapportage 2006, niet aangepast. Het signaal dat wordt afgegeven door de continue GPS metingen bij Moddergat rechtvaardigt de reeds in het Meetplan Waddenzee voor 2008 aangekondigde vlakdekkende metingen boven Nes en Moddergat.
- Het totaal geproduceerde gasvolume in 2007 uit de voorkomens Nes en Moddergat was minder dan het geplande volume dat het winningsplan is vermeld. Op basis van het geproduceerde volume gas in combinatie met de resultaten van de drukmetingen op reservoirniveau zijn de totale gasvolumes (reserves) van voorkomens Nes en Moddergat respectievelijk naar boven en naar beneden bijgesteld. In verband hiermee zijn de productie profielen aangepast en dientengevolge ook het voorspelde verloop in tijd van de reservoirdrukken in deze beide velden. De bijstelling in verhouding van productie tussen Moddergat en Nes leidt niet tot een verhoging van de totale jaar gasproductievolumes in 2008 en 2009. Een mogelijke verhoging van jaarvolumes vanaf 2010 zal t.z.t. middels een wijziging van het Winningsplan Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen aan de minister ter instemming worden voorgelegd. De aanpassing in de voorspelde reservoirdrukken is meegenomen in de geactualiseerde prognose voor de belasting van de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag.
- Naar aanleiding van de resultaten van de waterpasmetingen bij Ameland in 2007 is de bodemdalingsprognose 2003 van de Ameland voorkomens opnieuw bezien. Conclusie is dat er aanwijzingen zijn dat vooral de omvang van de bodemdalingschotel in de Waddenzee beter beschreven zou kunnen worden met het in het MER reeds genoemde alternatieve bodemdalingsmodel. Uit de gemeten bodemdaling op de peilmerken in de Waddenzee blijkt dat het vigerende bodemdalingsmodel (WP Ameland 2003) waarschijnlijk een overschatting maakt voor het volume van de dalingschotel in de Waddenzee. Toepassing van dit "veilige" model in de eerste jaren van de productie van de nieuwe Waddenvelden is dus een extra zekerheid dat de belasting in de komberging Pinkegat de gebruikruimte niet zal overschrijden.
- De voorspelde belastingen in de kombergingsgebieden Zoutkamperlaag en Pinkegat zullen, inclusief relatieve zeespiegelstijging volgens het scenario vastgelegd in hoofdstuk 4.7 van bijlage 3 van het Rijksprojecten besluit, pas rond 2028, het jaar tot waarin is ingestemd met het winningsplan, het gestelde meegroeivermogen van de kombergingsgebieden overschrijden.

Referenties

1. Meet- en regelprotocol Winning Waddenzeegas vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Nederlandse Aardolie Maatschappij BV. EP200612202122.
2. Bodemdalingstudie Waddenzee 2004 – Vragen en onzekerheden opnieuw beschouwd. Rapport RIKZ / 2004.025.
3. MER Aardgaswinning Waddenzeegebied vanaf locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Nederlandse Aardolie Maatschappij BV. Januari 2006.
4. Verzoek om instemming voor winningsplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Nederlandse Aardolie Maatschappij BV. Januari 2006
5. Meetregister bij het meetplan Waddenzee. Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing Lauwersmeer 2006; Rapport EP200706238389, 24 augustus 2007.
6. Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, Vastlegging nul situatie, Meetresultaten. Rapport EP200612204999. Nederlandse Aardolie Maatschappij BV. December 2006
7. Meetregister bij het meetplan Waddenzee. Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing Ameland 2005, 2006, 2007; Rapport EP200703206659, 12 april 2007.
8. de Jong, J.W.: Procedureafpraak waterpassingen. Brief aan de NAM, 18 augustus 2005.
9. Duquesnoy, A.J.H.M.: Wettelijke voorschriften en normering bij de meting van bodembeweging als gevolg van delfstoffenwinning. In: Bodemdaling meten in Nederland – Hoe precies moet het? NCG 39, Delft, 2002.
10. GPS Survey NAM Waddenzee v. 1.11. 06-GPS B.V., 02/2008.
11. Hoogte aansluiting GPS meting Waddenzee 2007. Fugro-Inpark B.V., 10/2007.
12. Continue GPS hoogtemetingen AME-1, Moddergat en Anjum. Rapportage December 2007. EP200801247737. NAM, 01/2008.
13. Meetregister Ameland 2005, 2006 en 2007. EP200703206659. NAM, 04/2007.
14. R. Amiri-Simkoei, C. C. J. M. Tiberius and P. J. G. Teunissen: Assessment of noise in GPS coordinate time series: Methodology and results. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 112, 2007.
15. GPS Survey NAM Waddenzee van 1.0.06 GPS B.V., oktober 2006.
16. Hoogte aansluiting GPS meting Waddenzee 2006, Fugro – Inpark B.V., december 2006.
17. MOVE3, Grontmij B.V., URL: <http://www.grontmij.nl/site/nl-nl/Diensten/GIS+en+ICT/Softwareproducten/MOVE3.htm>
18. NLGEO2004: het geoïdemodel voor Nederland. Data-ICT-Dienst, Rijkswaterstaat, URL: <http://www.rdnap.nl/algemeen/hogte/geoide.html>

