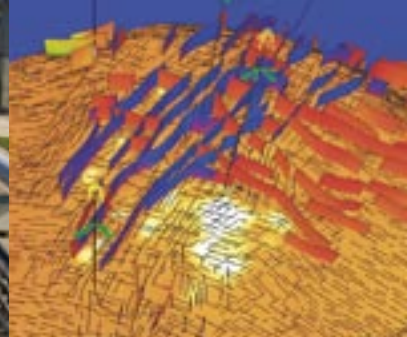


Status rapport
2005 en Prognose
tot het jaar 2050

december 2005

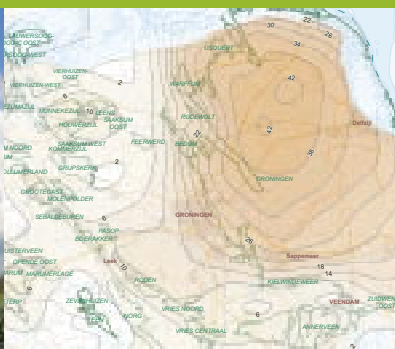


SAMENVATTING

Bodemdaling door Aardgaswinning

NAM-velden in Groningen, Friesland en het noorden van Drenthe

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.



Dit is een samenvatting van het rapport Bodemdaling door Aardgaswinning (statusrapport 2005).

*Het volledige rapport kan worden besteld via www.nam.nl of bij de afdeling External Affairs van de NAM, postbus 28000, 9400 HH Assen.
Telefoon 0592-368222*

Bodemdaling door Aardgaswinning is een uitgave van NAM EPE-T-D (Bodembeweging)

*Grafische vormgeving en begeleiding:
Reclameadviesbureau Unicom bv, Groningen
m.m.v. NAM External Affairs en NAM EPT-IT-ED*

© Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. 2005

In het kort

Deze brochure vormt een samenvatting van het rapport "Bodemdaling door Aardgaswinning – NAM-velden in Groningen, Friesland en het noorden van Drenthe 2005". Dat rapport beschrijft de huidige situatie met betrekking tot bodemdaling als gevolg van gaswinning in de provincies Groningen, Friesland en het noorden van Drenthe, en geeft een prognose tot het jaar 2050.

In een tweetal overeenkomsten – de Overeenkomsten Groningen - NAM en Tietjerksteradeel (Fryslân) - NAM inzake regeling vergoeding kosten bodemdaling aardgaswinning – is vastgelegd dat de NAM eens in de vijf jaar zal rapporteren over haar bodemdalingsverwachtingen, rekening houdend met resultaten van actuele metingen en specifiek onderzoek op dit gebied.

De vorige prognose dateert uit het jaar 2000. De toen gedane voorspelling over bodemdaling door gaswinning is in grote lijnen correct gebleken. Boven het Groningen-gasveld zijn de verschillen tussen de voorspelde en in 2003 gemeten bodemdaling gemiddeld kleiner dan 10%. Deze verschillen geven geen aanleiding tot aanzienlijke bijstelling van de prognose in dit gebied. Boven de randen van het Groningen-veld en boven sommige velden in Friesland is de bodemdaling minder dan in de vorige prognose verwacht werd.

Wat de maximale bodemdaling boven het Groninger gasveld betreft, wijkt de huidige prognose weinig af van de vorige. Thans is de verwachting dat de daling in het centrum van de kom in het jaar 2050 minder dan 48 cm zal bedragen. Een waarde van ca. 42 cm wordt nu het meest waarschijnlijk geacht. Sinds 2000 is er weer een aantal nieuwe gasvelden in de winningsvergunningen Groningen en Noord-Friesland aangetoond of in ontwikkeling gebracht. De bodemdaling ten gevolge van de (voorgenomen) productie van deze velden is in de modellering meegenomen.

De bodemdaling is berekend voor 2050 (de eindfase voor de meeste velden), en voor de tussenliggende jaren 2010 en 2025. In de prognoses zijn de laatste gegevens verwerkt met betrekking tot het compactiegedrag en modelparameters als dikte, druk en diepte van de reservoirs. In het scenario voor de prognose voor het jaar 2050 en tussenliggende jaren is aangenomen dat de twee velden die worden gebruikt voor ondergrondse gasopslag, Norg en Grijskerk, hiervoor op dat tijdstip nog in gebruik zijn. Boven deze velden zal op dat moment de bodemdaling minder zijn dan wanneer deze velden leeggeproduceerd zouden zijn.

In 2003 is in Noord-Nederland de vijfjaarlijkse grote waterpasing uitgevoerd met het doel de bodemdaling door gaswinning gedetailleerd in kaart te brengen. Hieruit is gebleken dat de bodemdaling die tot 2003 in het centrum van de schotel boven het gasveld Groningen is opgetreden circa 24,5 cm bedraagt. Dit komt in grote lijnen overeen met de prognose die in 2000 werd uitgebracht.

Verklarende woordenlijst

aquifer:	watervoerend deel van het reservoirgesteente
compactie:	het samendrukken van het reservoirgesteente door, het gewicht van bovenliggende gesteenten
compressibiliteit:	samendrukbaarheid
depletie:	het onttrekken van koolwaterstoffen (gas/olie) uit gesteente, waardoor drukdaling optreedt
in-situ:	ter plaatse (in de ondergrond)
inversie:	methode waarbij uit gemeten bodemdaling en kennis van de geologische structuur het compactiegedrag van het reservoir in de diepte wordt afgeleid

1) Inleiding

Eén van de verantwoordelijkheden van de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) is na te gaan in hoeverre de productieactiviteiten aanleiding kunnen geven tot bodemdaling als gevolg van compactie van de poreuze gesteentelagen waaruit aardolie of -gas wordt gewonnen. Met de resultaten van dergelijke studies kan een inschatting worden gemaakt van de eventuele effecten van bodemdaling op bijvoorbeeld de waterhuishouding of het milieu. Vervolgens kan worden bezien welke maatregelen getroffen kunnen worden om deze effecten te voorkomen dan wel te beperken. Hiertoe wordt voortdurend onderzoek verricht en zijn, in de provincie Groningen al sinds 1964 en in Friesland sinds 1969, regelmatig veldmetingen gedaan.

In een gasveld veroorzaakt de winning van aardgas een vermindering van de poriëndruk in de gasvoerende gesteentelaag. Daarbij wordt het gesteente langzaam iets samengedrukt onder het gewicht van de bovenliggende lagen.

Deze zogenaamde compactie hangt af van verschillende factoren, zoals de materiaaleigenschappen van het reservoirgesteente, de grootte van de drukkaling en de dikte van het depleterende reservoir. De mate waarin de compactie wordt omgezet in bodemdaling op maaiveldniveau is afhankelijk van de diepte en omvang van het depleterende gasveld. Bij een zeer groot gasveld als Groningen zal de bodemdaling boven het centrum van het veld vrijwel gelijk zijn aan de ondergrondse compactie. Bij kleinere velden, zoals de meeste velden in Friesland, zal de bodemdaling aan het aardoppervlak slechts een fractie van de compactie van het reservoirgesteente bedragen.

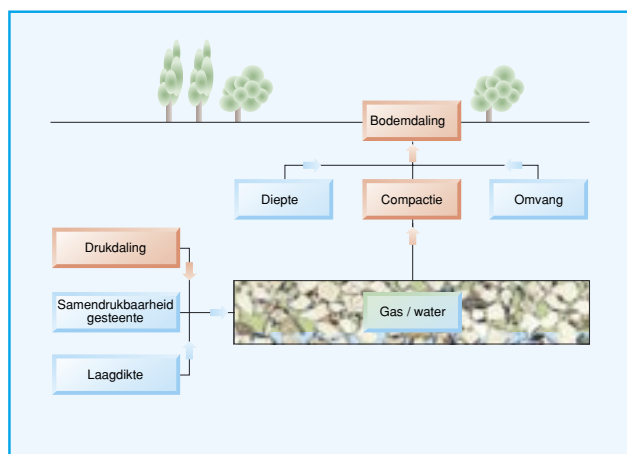
De bodemdalingsschotel van een veld beslaat een groter oppervlak dan het veld zelf. In Noord-Nederland zijn veel gasvelden zo dicht bij elkaar gelegen dat de bodemdalingsschotels elkaar overlappen. Evenals in het jaar 2000 zijn ook in deze prognose alle door de NAM geëxploiteerde gasvelden in Groningen, Friesland en het noorden van Drenthe opgenomen. Vanwege de genoemde wederzijdse beïnvloeding is in deze nieuwe prognose voor het eerst ook de prognose van de velden onder Ameland en van enkele in de nabije toekomst te ontwik-

kelen gasvelden onder de Waddenzee opgenomen. Het in productie nemen van deze nieuwe gasvelden is echter afhankelijk van het verkrijgen van de benodigde vergunningen. De door gaswinning veroorzaakte bodemdaling manifesteert zich in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige schotel. Die veroorzaakt een zekere scheefstand van het maaiveld, die echter uitermate gering is (enkele centimeters verval per strekkende kilometer).

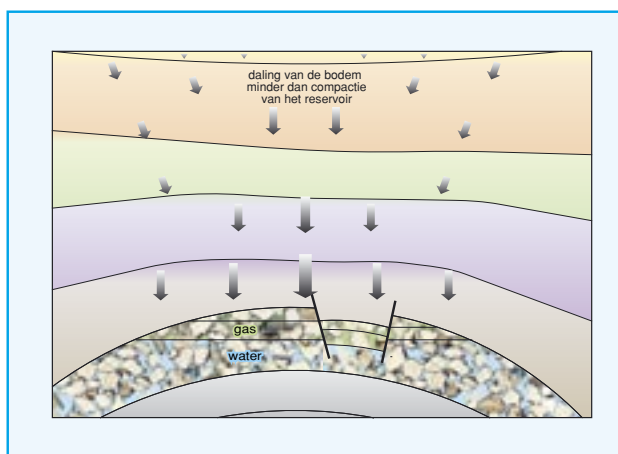
Om een regeling te treffen voor de vergoeding van kosten, die teruggevoerd kunnen worden op bodemdaling ten gevolge van gaswinning in de provincie Groningen, werd op 31 augustus 1983 de overeenkomst Groningen-NAM inzake de regeling vergoeding kosten bodemdaling aardgaswinning aangegaan. Deze overeenkomst gaf aanleiding tot de installatie op 9 maart 1984 van de Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning. De Commissie heeft tot taak vast te stellen welke maatregelen aan te merken zijn als redelijkerwijs noodzakelijk om nadelige effecten van bodemdaling door aardgaswinning te voorkomen, te beperken of te herstellen. Tevens beoordeelt de Commissie welke kosten de NAM, op grond van de overeenkomst, dient te vergoeden. Uitgangspunt bij de besluitvorming over te nemen maatregelen is onder meer de bodemdalingsprognose van de NAM.

Met de provincie Fryslân en het waterschap Fryslân is een dergelijke overeenkomst gesloten in het jaar 2000 voor het gebied betrekking hebbend op de winningsvergunning (voorheen concessie) Tietjerksteradeel. Het is de bedoeling deze interimovereenkomst te vervangen door een definitieve overeenkomst, waarin ook voorzien wordt in een regeling voor de wijze van afhandeling van kosten ten gevolge van bodemdaling veroorzaakt door aardgaswinning in andere gebieden in de provincie Fryslân, waar NAM (mede)houder is van een winningsvergunning.

De NAM werkt sinds de start van de gasproductie in Nederland continu aan het verbeteren van het voorspellen van de bodemdaling. De inhoud van dit rapport vormt de weerslag van alle over de afgelopen decennia opgedane kennis en ervaring.



Figuur 1 Drukdaling in het reservoir resulteert in bodemdaling. Factoren van invloed.



Figuur 2 De bodemdalingsschotel beslaat een groter oppervlak dan het reservoir. De grootte van de bodemdaling is echter kleiner dan de reservoircompactie.

2) Observaties & nieuwe ontwikkelingen sinds 2000

De waterpassing (bodemdalingmeting) die in 2003 is uitgevoerd, is in combinatie met eerder uitgevoerde waterpassingen geanalyseerd. Vergelijking van de geanalyseerde waterpassingen met de prognose die in 2000 is uitgebracht laat in grote lijnen een drietal trends zien:

1. de bodemdaling boven het Groningen-veld is niet wezenlijk anders verlopen dan in 2000 verwacht werd;
2. boven de aquifers - het watervoerende deel van het reservoirgesteente - van het Groningen-veld is minder bodemdaling opgetreden dan verwacht werd;
3. boven de velden ten westen van het Groningen-veld en boven velden in Friesland, met uitzondering van Tietjerksteradeel, is minder bodemdaling opgetreden dan in de vorige prognose werd voorspeld.

De verschillen tussen de gemeten en de voorspelde daling boven de ten westen van Groningen gelegen velden en aquifers worden in hoofdzaak veroorzaakt door twee factoren:

- De Ameland-kleisteformatie, een kleilaag tussen het bovenste en onderste deel van het gasvoerende Slochteren-gesteente, blijkt zich verder uit te strekken dan in vorige prognoses werd aangenomen. Als gevolg hiervan is voor een aantal velden de dikte van de laag waarin de druk afneemt minder. Hierdoor heeft er minder compactie en dus ook minder bodemdaling plaats gevonden.
- Zoals in vorige prognoses al werd beschreven, compacteert niet alleen het gasvoerende reservoirgesteente, maar zijn ook watervoerende gesteentelagen (aquifers), voor zover die met het gasvoerende reservoirgesteente in verbinding staan, aan drukdaling en dus compactie onderhevig. Uit de nieuwe waterpasmetingen is af te leiden dat zowel rond het Groningen-reservoir als bij velden ten westen daarvan minder drukdaling is opgetreden in deze watervoerende lagen dan in eerdere bodemdalingsmodellen werd aangenomen.

Nadere bestudering van de beschikbare metingen boven het centrum van het Groningen-veld heeft aangetoond dat de beschrijving van het compactiegedrag van het Slochteren-zandsteen verbeterd kan worden door een nagenoeg lineair model, waarbij er enige tijd overheen gaat (variërend van veld tot veld) voordat de compactiecoëfficiënt de constante eindwaarde bereikt. In het algemeen is dit een klein effect. Eventuele verschillen met de vorige prognose zijn daarom in hoofdzaak gerelateerd aan andere oorzaken dan de aanpassing in het compactiemodel.

Deze nieuwe inzichten zijn in de huidige prognose meegenomen.

3) Metingen en analyse

Waterpassingen

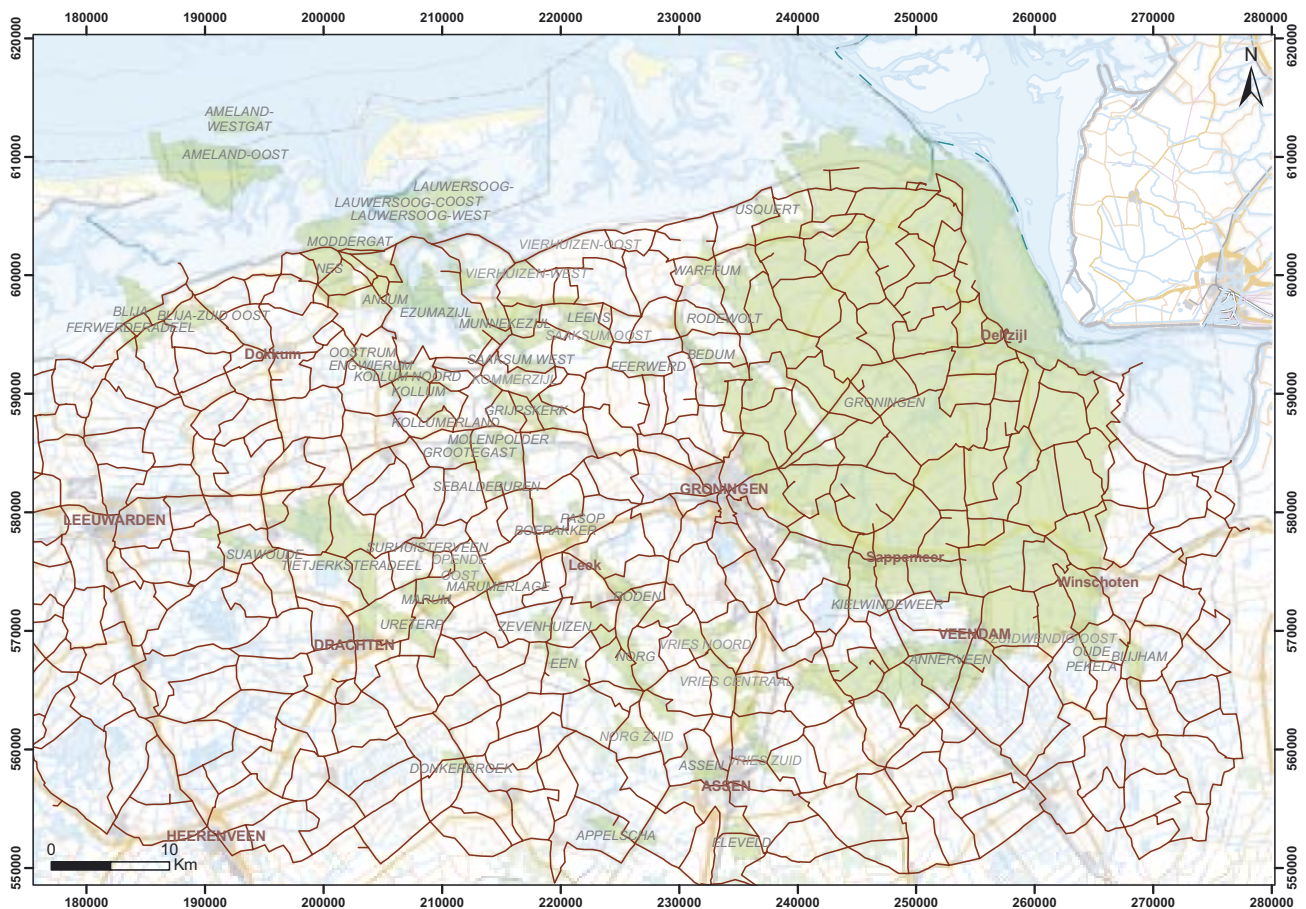
Om de bodemdaling als gevolg van gaswinning nauwkeurig in kaart te brengen, worden er in het noorden van Nederland sinds 1963 regelmatig hoogteverschilmetingen (waterpassingen) uitgevoerd. De plaatsen van de metingen en de meetfrequenties worden tegenwoordig – in het kader van de nieuwe Mijnbouwwet – vastgelegd in een meetplan, dat wordt beoordeeld door Staatstoezicht op de Mijnen (SodM). De metingen worden door ingenieursbureaus uitgevoerd en voldoen aan de richtlijnen en toleranties zoals die door de Adviesdienst Geo-Informatie en ICT van Rijkswaterstaat (AGI) gehanteerd worden. Bovendien worden alle meetresultaten aan AGI geleverd voor geodetische controle en vereffening, waarna nieuwe peilmerkhoogten in NAP worden vastgesteld.

Compactiemetingen in ondiepe observatieputten

Om een onderscheid te maken tussen bodemdaling veroorzaakt door diepe compactie ten gevolge van gaswinning en bodemdaling veroorzaakt door ondiepe compactie door andere oorzaken is sinds 1970 in de provincie Groningen de compactie van de ondiepe ondergrond tussen 0 en 400m gemeten, zoals beschreven in het bodemdalingsrapport 2000. Deze metingen werden in veertien over de provincie verspreide ondiepe compactieputten uitgevoerd.

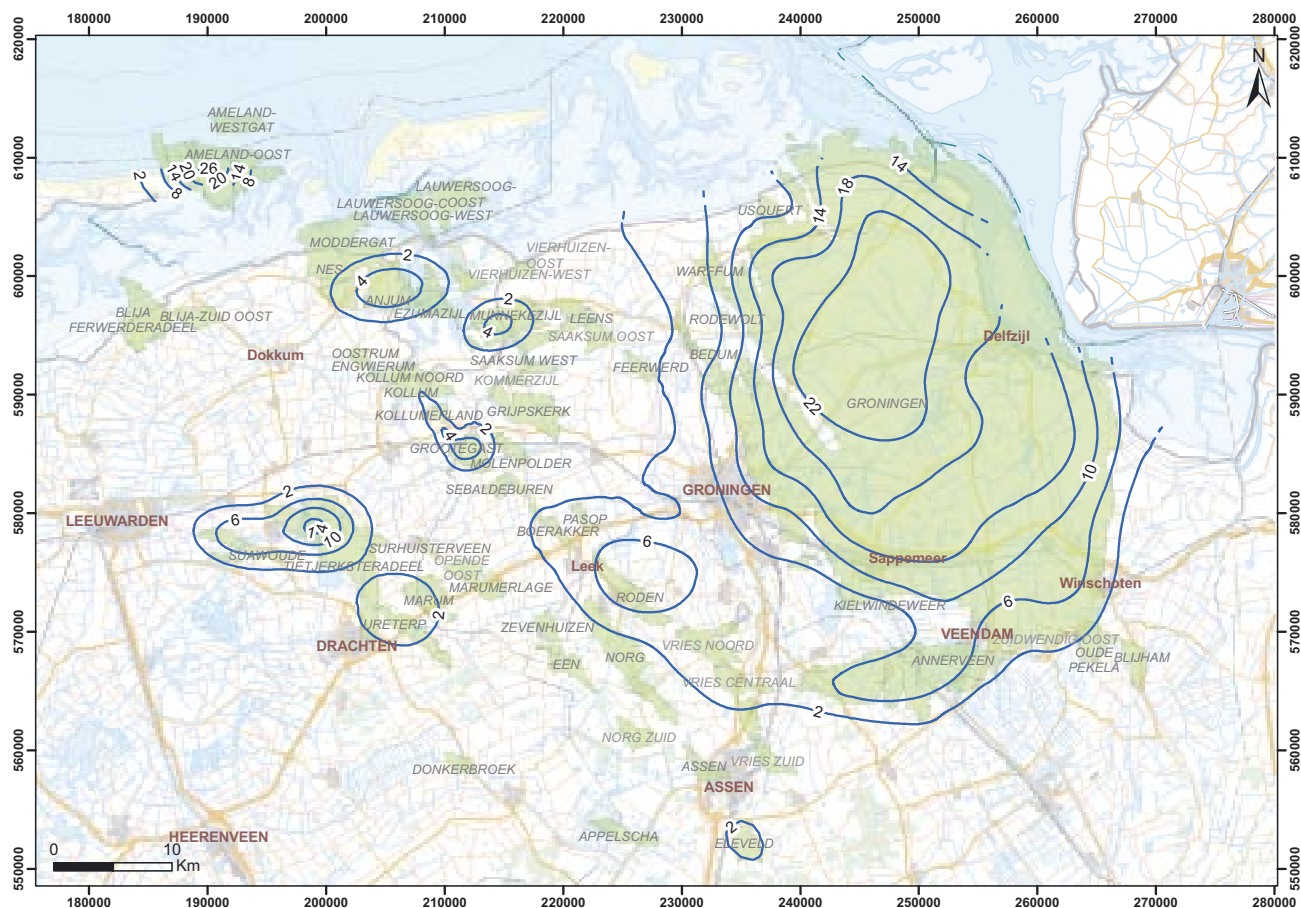
Interpretatie van de tot dusver geregistreerde meetgegevens heeft geleerd dat er voldoende waarnemingen beschikbaar zijn om betrouwbare trends m.b.t. de ondiepe compactie ter plaatse vast te stellen, en dat het onwaarschijnlijk is dat voortzetting van de meetreeks nog tot nieuwe inzichten zal leiden. Een tweede belangrijke conclusie van de analyse was dat de gemeten ondiepe compactie sterk varieert van locatie tot locatie. De meetresultaten zijn slechts lokaal geldig en kunnen daarom niet worden gebruikt om door middel van interpolatie een betrouwbaar inzicht te geven in ondiepe compactie boven het gehele gasveld Groningen. Daarom is in overleg met de Commissie Bodemdaling Groningen en Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) besloten deze metingen niet langer voort te zetten. De metingen in Tietjerksteradeel en Annerveen, die sinds 1992 worden uitgevoerd, zullen voorlopig wel worden voortgezet.

De in-situ compactiemetingen in het Groningen-reservoir zijn voortgezet. Over de afgelopen vijf jaar zijn de licht radioactieve kogels, die in de producerende lagen van het reservoir geschoten zijn, in drie van deze observatieputten opnieuw aangemeten. In lijn met eerdere observaties blijkt de compactie lineair met de drukkaling te zijn toegenomen.



Figuur 3 Waterpasnet Noord-Nederland 2003.

3) Metingen en analyse



Figuur 4 Contourkaart voor bodemdaling door gaswinning opgetreden tussen 1964 en 2003. Daling weergegeven in cm.

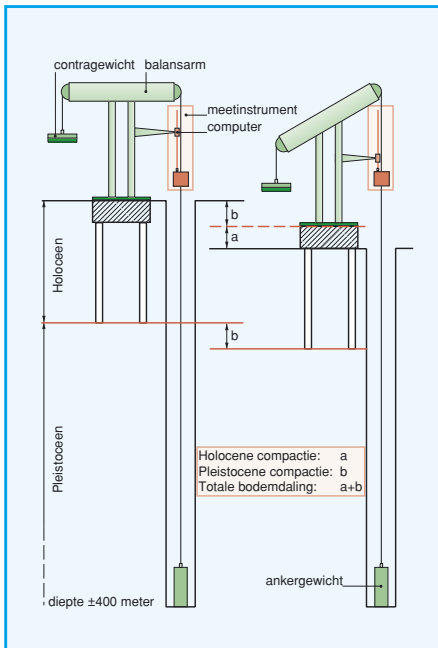
Compactiemetingen in diepe observatieputten

Enkele jaren na het begin van de gasproductie uit het Groningen-veld werd besloten een meetprogramma op te zetten om de samendrukbaarheid (compressibiliteit) van het reservoirgesteente in het reservoir zelf te meten.

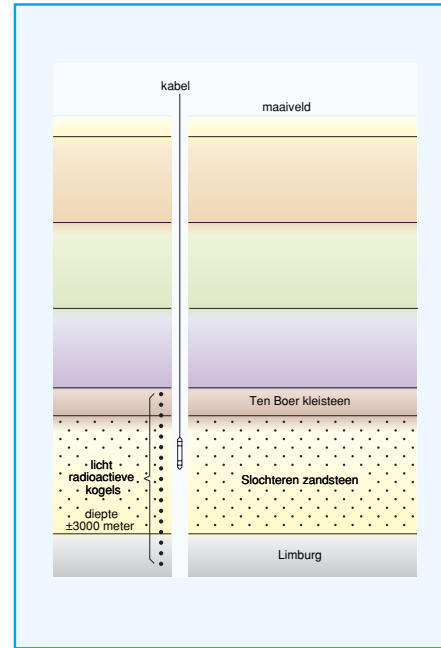
Hiertoe zijn in het verleden in elf observatieputten laag-radioactieve kogels om de 10m over het gehele reservoir geschoten. Van deze observatieputten zijn er nu nog zeven in gebruik. Door periodiek de (verandering van de) afstand tussen de kogels te bepalen, kan inzicht in de reservoircompactie worden verkregen. De putten zijn over het veld verspreid, zodat alle variaties in gesteenten vertegenwoordigd zijn. Om informatie te verkrijgen omtrent de compactie van de formaties boven en onder het reservoir, zijn in drie putten (Roode Til, Ten Boer en De Hond) ook kogels geschoten in het bovenliggende Ten Boer-kleisteel en in de onderliggende Limburg-formatie.

Om de afstand tussen elk aangrenzend paar kogels te bepalen, wordt een meetinstrument, waarin zich een aantal gamma-detectoren bevindt, in het gat gelaten en aan een (elektrische) kabel langs de kogels geleid. Als een van de detectoren zich recht tegenover een kogel bevindt, is het aantal door die detector ontvangen gammastralen per tijdseenheid maximaal. Dit maximum geeft zo de positie van de kogel aan. Uit de onderlinge afstand van de maxima en de afstand tussen de detectoren kan de afstand tussen twee naburige kogels worden berekend. Door deze afstand voor elk paar naburige kogels periodiek te meten en de resultaten te combineren, kan de in het reservoir optredende compactie worden bepaald. Uit de metingen die de afgelopen vijf jaar zijn uitgevoerd, blijkt de compactie sinds het begin van de metingen in 1983 nog steeds lineair met de druksinking te zijn toegenomen.

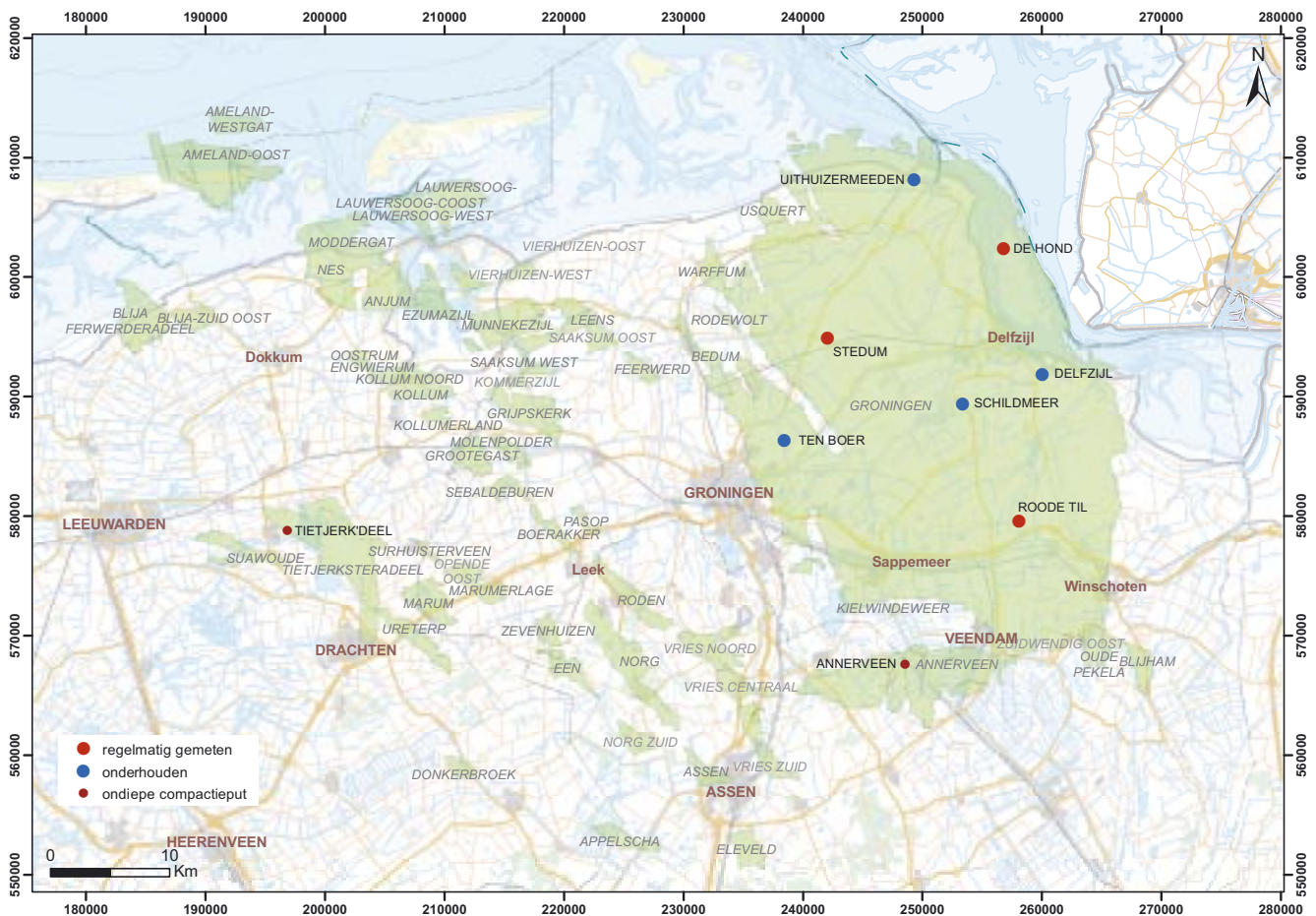
3) Metingen en analyse



Figuur 5 Principe van de meetmethode in ondiepe compactieputten.



Figuur 6 Principe van in-situ reservoir compactiemetingen.



Figuur 7 Overzichtsk kaart van de locaties van de diepe compactieputten en ondiepe compactieputten. De drie geselecteerde putten waarin sinds 1998 nog regelmatig diepe compactiemetingen worden uitgevoerd, zijn in rood aangegeven. De overige observatieputten (in blauw aangegeven), worden niet meer regelmatig aangemeten, maar wel zodanig onderhouden dat ze als observatieput bruikbaar blijven.

4) Prognose tot 2050

Op de kaart (op bladzijde 11) is de verwachte bodemdaling weergegeven voor het jaar 2050. Voor de prognose is het compactiegedrag van het reservoir en het gedrag van de aquifers op diepte geïkht aan de hand van beschikbare gegevens over de gemeten bodemdaling en de geologische structuur (inversie).

De uiteindelijk verwachte bodemdaling boven het Groningen-veld zal in 2050 maximaal 42 cm bedragen. Dit is 4 cm meer dan verwacht in de vorige prognose, maar valt binnen de destijds aangegeven onzekerheidsmarge.

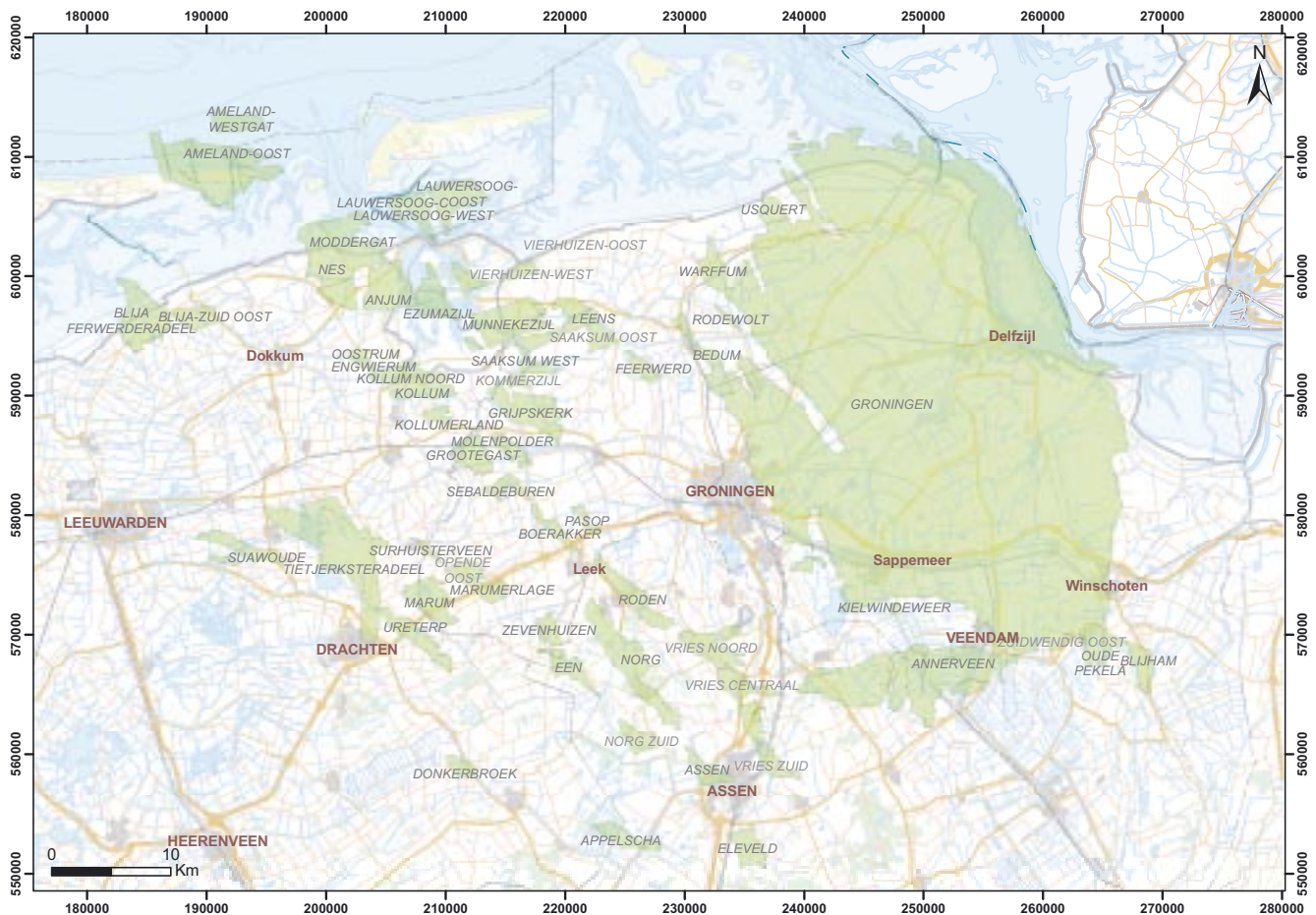
Onzekerheden

De onzekerheid in de uiteindelijk verwachte bodemdaling veroorzaakt door gaswinning is afhankelijk van de onzekerheden in de invoergegevens en van de betrouwbaarheid van het gebruikte gesteentemechanische model.

In het algemeen kan met betrekking tot de onzekerheid in de prognoses van berekende bodemdaling het volgende worden gesteld:

- boven het centrum van het Groningen-veld is de onzekerheidsmarge het kleinst en bedraagt daar zo'n 15%;
- aan de randen van het Groningen-veld en boven de kleinere velden die al langer in productie zijn, is de onzekerheid ongeveer 25% van de uiteindelijk verwachte daling;
- voor nieuw te ontwikkelen velden is de onzekerheid groter en wordt een marge van 30% aangehouden.

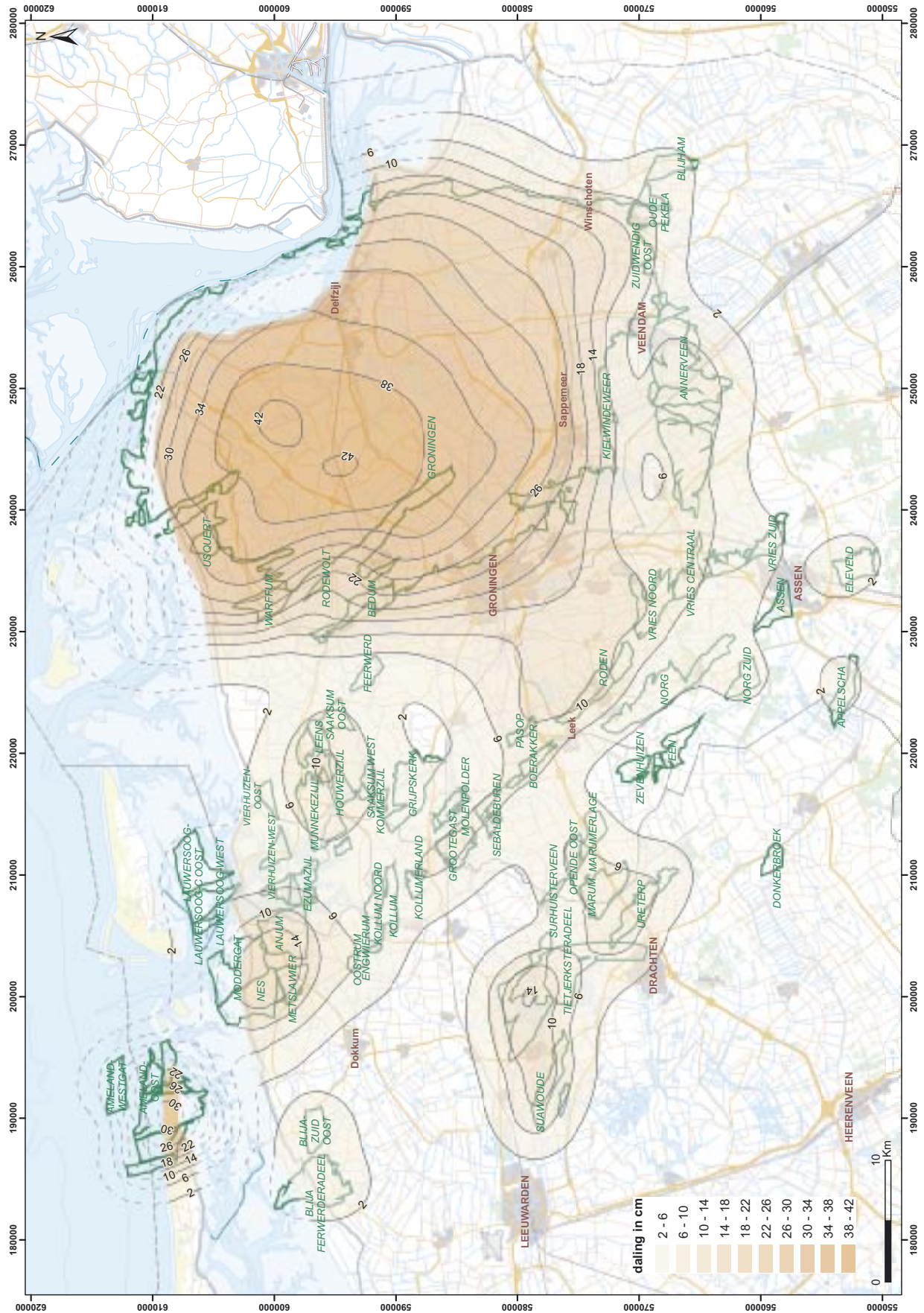
Additionele bodemdaling door tijdsafhankelijke processen (kruip/na-ijlen) die nog optreedt na het verlaten van het veld is grofweg vergelijkbaar met het effect van nog enkele jaren voortgaande bodemdaling na beëindiging van de gaswinning en is op deze wijze in de genoemde onzekerheden meegenomen. Voor alle hierboven genoemde onzekerheden geldt een ondergrens van 2 cm.



Figuur 8 Overzicht van de gasvelden die in deze prognose zijn meegenomen.

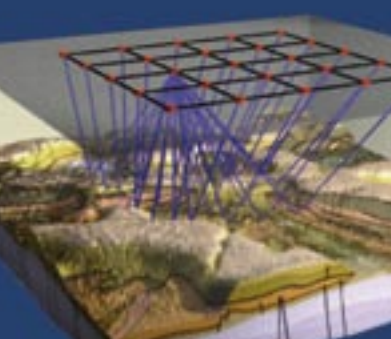
4) Prognose tot 2050

Bodemdalingsprognose voor het jaar 2050. Daling weergegeven in cm.



5) Conclusies

- De resultaten van de waterpasmeting van 2003 hebben aangetoond dat de bodemdaling door gaswinning boven de meeste velden in Groningen, Friesland en het noorden van Drenthe de afgelopen jaren is verlopen in overeenstemming met de verwachtingen zoals aangegeven in de vorige prognose.
- Inversie van de gemeten bodemdaling heeft aangetoond dat de drukdaling in de aan het Groningen-veld grenzende aquifers en in de aquifers van sommige velden in Friesland lager is dan in eerdere prognoses werd aangenomen. Het effect hiervan is dat er op veel plaatsen boven deze aquifers minder bodemdaling is opgetreden dan verwacht werd. Hierdoor is ook de prognose van nog te verwachten bodemdaling door gaswinning op deze plaatsen naar beneden bijgesteld.
- Volgens de huidige inzichten zal de bodemdaling als gevolg van gasproductie boven het Groningen-gasveld omstreeks het jaar 2050 een waarde tussen de 38 centimeter en 48 centimeter (95% betrouwbaarheidsinterval) op het diepste punt bereiken. Een waarde van 42 centimeter wordt het meest waarschijnlijk geacht.
- De onzekerheidsmarge voor de huidige prognose is niet constant over het hele gebied. Zo is op plaatsen boven aquifers, waarvan het gedrag (nog) niet goed bekend is, en ook boven nieuw te ontwikkelen velden de onzekerheid groter dan op plaatsen waar reeds significante bodemdaling is opgetreden en waar met behulp van inversie van de meethistorie de onzekerheden beperkt konden worden.
Voor het centrum van het Groningen-veld wordt een onzekerheidsmarge van 15% aangehouden. Aan de randen van het Groningen-veld en boven de kleine velden die al langer produceren is dit 25%. Boven velden die recentelijk in productie zijn genomen of waarvan dat binnenkort zal gebeuren geldt een grotere onzekerheidsmarge van 30%. Kruip is reeds in de hierboven genoemde onzekerheidsmarges meegenomen. Voor alle hierboven genoemde onzekerheden geldt een ondergrens van 2 cm.



NAM Bron van energie

