



**Figuur 1. Vergelijking van de aantallen aardbevingen in Friesland en Groningen**  
 Groen = aanwezige gasvelden; geel = individuele aardbevingen



Figuur 2. Overzicht van de sterkten van de aardbevingen in Friesland

## **Bijlage 1**

### **Het seismisch risico door delfstofwinning in Friesland**

#### **1. Algemene beschrijving van het aardbevingsrisico**

Aardbevingsrisico, of seismisch risico, wordt gedefinieerd als de combinatie van de kans op het optreden van een beving en de schade die ten gevolge van een beving met een bepaalde sterkte (magnitude) kan ontstaan. In deze definitie van het seismisch risico bepaalt de waarschijnlijk maximale sterkte, samen met de diepte waarop een beving optreedt, de maximale intensiteit die als gevolg van een geïnduceerde beving kan optreden aan het aardoppervlak. De intensiteit van een beving is bepalend voor het schadepatroon dat optreedt. Bij geïnduceerde bevingen is de maximale intensiteit beperkt tot slechts een klein gebied direct boven de haard (het hypocentrum) van de beving. De intensiteit neemt snel af met de afstand tot het epicentrum (locatie van de beving aan het aardoppervlak). Aangezien de precieze locatie van een beving niet vooraf voorspeld kan worden, wordt als vuistregel alleen de maximale intensiteit bepaald (op basis van de waarschijnlijk maximale sterkte). Het maximale aardbevingsrisico wordt vervolgens gegeven door de kans dat er een beving (van welke sterkte dan ook) in een specifiek gasvoorkomen op kan treden, gecombineerd met de intensiteit welke deze maximaal zou kunnen veroorzaken.

#### **2. Bestaande benadering mijnondernemingen m.b.t. het aardbevingsrisico**

De mijnondernemingen zijn zelf wettelijk verplicht de met de gaswinning samenhangende aardbevingsrisico's te onderzoeken. Zij voeren zelf de gezamenlijk onderzoeken uit om het seismisch risico bij gaswinning te beschrijven. Die onderzoeken voeren zij uit op grond van de regels uit de mijnbouwwetgeving. Zo vraagt het mijnbouwbesluit (art. 24) om in het winningsplan een risico-analyse omtrent aardbevingen op te nemen. Daarin moet worden aangegeven wat de mogelijke omvang en verwachte aard van de schade door bodembeweging is en welke maatregelen om bodembeweging te voorkomen of te beperken en welke maatregelen om schade door bodembeweging te voorkomen of te beperken worden genomen. Terwijl elk veld in zekere zin uniek is, wordt door de mijnondernemingen vaak gebruik gemaakt van gezamenlijk uitgevoerde studies. Een samenvatting van die studies is te vinden in: Seismisch hazard van geïnduceerde aardbevingen; Integratie van deelstudies, datum 24 dec 2012 Auteur(s) Wassing, B.B.T. (TNO) Dost, B. (KNMI). De rapporten zijn openbaar en zijn –evenals de winningsplannen waarmee de minister heeft ingestemd- te vinden op de website van het Nederlandse Olie- en Gasportaal ([www.nlog.nl](http://www.nlog.nl)).

Bij elke 'update' van het winningsplan van een veld wordt tevens de paragraaf met daarin de seismisch risico analyse (SRA) met de meest recente informatie geactualiseerd.

#### **3. Relevantie voor Friesland van de conclusies van het SodM-rapport over het Groningen gasveld**

Het SodM rapport over Groningen is direct gericht op de bepaling van de kans op sterkere bevingen in het zeer grote Groningen veld in relatie tot de gasproductie (vele tientallen miljarden kubieke meters gas per jaar). De conclusies van deze studie zijn niet van toepassing op de situatie in Friesland. Omdat in Friesland slechts 8 geïnduceerde bevingen zijn geregistreerd, (t.o.v. vele honderden in Groningen) is het niet mogelijk een dergelijke analyse voor de Friese velden uit te voeren. Het rapport van Staatstoezicht op de Mijnen over het Groningen gasveld leidt dus niet tot nieuwe opvattingen over het seismisch risico in Friesland. Wel is het mogelijk om vanuit de achterliggende fysica van aardbevingen iets te zeggen over

de kans op bevingen en de grootte van bevingen in deze velden in Friesland in vergelijking met de situatie in het Groningen veld.

#### 4. **Evaluatie seismisch risico studie binnen Technisch Platform Aardbevingen**

Op verzoek van SodM werken de mijnondernemingen samen met KNMI en TNO continu aan een actualisering van de Seismisch Risicoanalyse, ook voor de kleinere velden. SodM wil dat, in sommige gevallen, vóór aanvang van een winning de kans op mogelijke schade, meer veldspecifiek in kaart wordt gebracht. Vooral als bijv. veel kwetsbare constructies in een gebied aanwezig zijn. Meer aandacht wordt gevraagd voor de toetsing van maximale sterktes op basis van geometrische eigenschappen van breuken en de grootte van het veld. Meer inzicht is wenselijk in de fysische achtergronden van het compactie-proces, als drijvende kracht van geïnduceerde aardbevingen en ook in het gedrag van breuken, om beter inzicht te krijgen in de kans en de grootte van geïnduceerde aardbevingen. Ook is de mogelijke relatie tussen productiesnelheid en seismische activiteit een punt dat naar de mening van SodM verdere aandacht en studie vraagt.

#### 5. **Algemene inschatting seismisch risico door delfstofwinning in Fryslân**

##### 5.1. Kans op bevingen

De kans op bevingen binnen de velden in Friesland wordt volgens de huidige methodiek met name bepaald door de geologische kenmerken van het gasvoorkomen (gesteenteparameters en breukdichtheid) en de beoogde drukdaling door gaswinning. De kans op een aardbeving van een bepaalde sterkte (Magnitude) wordt volgens SodM vooral bepaald door de energie die door de aandrijvende kracht, de compactie (=samendrukking van het gesteente tijdens de gaswinning) geleverd wordt in combinatie met de grootte van de aanwezige breuken. In de veel kleinere velden in Friesland is relatief weinig compactie en dus weinig energie beschikbaar en zijn de grotere breuken zoals in Groningen afwezig.

##### 5.2 Maximale sterkte

Voor een specifiek gasveld zijn in het algemeen onvoldoende (of zelfs geen) aardbevingsdata beschikbaar om uitsluitend op basis daarvan een betrouwbare voorspelling te kunnen geven van de waarschijnlijk maximale sterkte. Daarnaast is duidelijk geworden dat een statistische analyse gebaseerd op de gecombineerde aardbevingsdata van een aantal verschillende gasvelden een eerste benadering is, maar dat het wenselijk is om ook andere methodes te gebruiken om een schatting te kunnen maken van de waarschijnlijk maximale sterkte (meestal aangeduid met de afkorting "Mmax"). Dat kan bijv. op basis van de grootte van de breukoppervlakken in het reservoir. Het KNMI schreef in het Huizinge rapport van januari 2013 het volgende over de consequenties voor de andere velden: "*The Groningen dataset dominates the induced seismicity database for the Netherlands since 2003, therefore also the Mmax estimates from statistics for other fields may be questioned*"...en ... "*Since most of the smaller fields do contain faults of limited size, we do not see a reason to change the existing Mmax for the other fields*". Bij de actualisatie van de winningsplannen, die van tijd tot tijd wordt uitgevoerd, zullen de gasproducenten voor de grotere 'kleine velden' ook alternatieve berekeningen op basis van bovengenoemde methoden uitvoeren om de Mmax in te schatten.

##### 5.3. Intensiteit

Als zich in Friesland een beving van 3,9 op de schaal van Richter zou voordoen, is er volgens de huidige inzichten een intensiteit van circa VI (op de EMS-schaal) te verwachten met een kans op lichte tot matige schade aan de gebouwen. Een vergelijkbaar schadebeeld is door de Raad van State beoordeeld in het kader van het besluit gasopslag Bergermeer. Het oordeel van de Raad van State was dat een hele kleine kans op een enkele aardbeving met een sterkte van 3,9 gedurende de hele gebruikperiode van het veld acceptabel is.

## 6. Seismisch risico voor specifieke velden in Friesland

### 6.1. De gaswinning Waddenzee

NAM heeft een seismisch risico analyse uitgewerkt voor de actualisatie van het winningsplan Waddenzeevelden. De inschatting van de NAM is dat de velden op basis van gesteente-eigenschappen een kleine kans hebben op geïnduceerde bevingen. De kans op bevingen is niet groot maar wel aanwezig. Als er een beving zou optreden gaat NAM uit van een maximale sterkte van 3,9. Voor SodM is er geen aanleiding om deze waarde te herzien. Wel zullen bij de actualisatie van winningsplannen aanvullende berekeningen uitgevoerd moeten worden om de Mmax te bevestigen. Voor het Ameland veld ziet SodM ook geen reden om de seismisch risico analyse aan te passen, vooral omdat het productieniveau al sterk is gedaald en omdat nog slechts zeer geringe en geleidelijke drukdaling optreedt.

### 6.2. Overige NAM-velden

Ook voor de overige NAM velden in Friesland ziet SodM geen redenen om de seismisch risicoanalyse nu aan te passen. Veel van de velden zijn al ver in druk gedaald en er is desondanks slechts beperkte seismiciteit geweest (bijvoorbeeld bij Rottevalle en Appelscha). Bij de velden in de z.g. Lauwerszeetrog, in het noord-oosten van Friesland zijn ook enige lichte bevingen opgetreden. o.a. bij Ameland, Morra, Oudwoude en dichtbij in de provincie Groningen bij Kommerzijl en Lauwerzijl (zie figuur 2). Lichte bevingen zijn bij die Rotliegend velden niet uit te sluiten. Kenmerkend in dit gebied is dat de initiële gasdruk hoger is dan gemiddeld. Bij daling van de gasdruk duurt het dan langer voordat hoge effectieve spanningen in het reservoirgesteente optreden en op dat moment is de snelheid van de productie al weer afgenomen. Voor de velden waar nog een actualisatie van het winningsplan zal plaats vinden, zullen aanvullende berekeningen moeten worden uitgevoerd om de waarschijnlijk maximale sterkte te bevestigen. Onderzoek naar de fysische achtergrond van het effect van de hoge initiële gasdruk (gunstig) en de compactiesnelheid op de kans op aardbevingen, wordt door SodM daarbij zinvol geacht.

### 6.3. Vermilion velden

Vermilion Oil & Gas Netherlands BV exploiteert in Friesland een groot aantal 'kleine velden', waarvoor in de winningsplannen een seismisch risico analyse gemaakt is. Volgens de gegevens van het KNMI hebben bij deze gasvelden van Vermilion geen bevingen plaats gevonden, ondanks het feit dat veel velden al in de eindfase van de productie zijn. Dat wordt verklaard door de geologische omstandigheden, zoals de beperkte aanwezigheid van breuken, de gesteente-eigenschappen en de beperkte omvang van de velden. Zo vormt bijv. de Vlieland-formatie een dun reservoir met hard gesteente dat bij drukdaling slechts geringe compactie (en bodemdaling) veroorzaakt. Ook de Zechstein velden hebben een hard reservoirgesteente met weinig compactie (en bodemdaling). Het aardbevingsrisico is volgens SodM daarom zeer beperkt, zoals ook in de winningsplannen is beschreven. Opgemerkt wordt dat bijvoorbeeld

een zeer klein veldje als 'De Hoeve', omdat het begrensd is door diverse breuken, volgens de gebruikelijk rekenmethodiek nog een redelijke kans leek te hebben op bevingen. Inmiddels is de productie gestopt en is de druk nauwelijks verminderd. Er zijn in dat zeer kleine veldje ook geen bevingen opgetreden. Een ander klein veld dat volgens de nu gebruikelijke rekenmethodiek nog een redelijke kans op bevingen zou hebben is "de Blesse"; het is in productie sinds 1999. Tot op heden is ongeveer 94% van het winbare aardgas geproduceerd en gedurende deze periode is er geen seismische activiteit waargenomen.

#### 6.4. In voorbereiding zijnde projecten van Vermilion

SodM heeft Vermilion verzocht een inschatting te maken van het seismisch risico i.v.m. de voorgenomen opsporing van enkele nieuwe gasvelden. Er is in deze fase immers nog geen seismisch risicoanalyse. De resultaten zijn als volgt: als de opsporing van nieuwe Zechstein-Carbonaat gasvelden bij het Tjeukemeer (Follega - Delfstrahuizen) succesvol verloopt, is de verwachting dat op basis van de beperkte grootte en de verwachte geringe compactie, de kans op bevingen klein is. Ook de vergelijking met een soortgelijk reservoir in de omgeving, Oldelamer, waar al vele jaren, zonder aardbevingen, gas geproduceerd wordt, leidt bij SodM tot de verwachting dat het seismisch risico zeer gering is. Ook andere mogelijke nieuwe projecten, zoals bij Hempens in de Vlieland formatie, leiden niet tot andere verwachtingen dan een gering seismisch risico.

#### 6.5. Vermilion: injectie productiewater

Op 26 nov. 2009 is bij Weststellingwerf op een diepte van ongeveer 2 km een beving met een lokale sterkte,  $ML=2,8$  opgetreden. Deze zogenaamde "de Hoeve beving" vond plaats in de omgeving van de kleinschalige waterinjectie van gasproducent Vermilion. Op basis van onderzoek concludeert Vermilion dat de oorzaak meest waarschijnlijk gelegen is in de waterinjectie-activiteiten. Het risico van toekomstige aardbevingen met vergelijkbare of grotere sterkte als gevolg van voortzetting van de waterinjectie, wordt klein verondersteld.. SodM vindt dat Vermilion met dit onderzoek voldoende aangetoond heeft dat voortzetting van deze kleinschalige waterinjectie veilig en verantwoord is.

#### 6.7. Zoutwinning Frisia

SodM acht het zeer onwaarschijnlijk dat, gezien de typische kruipeigenschappen van steenzout, zoutproductie in het Barradeel (en Havenmond) gebied tot voelbare bodemtrillingen zal leiden. In de winningsgebieden Barradeel en Barradeel II zijn in 2009-2010 drie observatieputten geboord bij resp. Zweins, Wijnaldum en Firdgum. Elk boorgat bevat op 4 niveaus een 3 componenten gefoon (hoogfrequente seismometer). Het KNMI bevestigt dat in de periode na plaatsing tot heden geen trillingen uit de diepe ondergrond, ten gevolge van de winning van steenzout, zijn waargenomen. Omdat wel de grotere trillingen in de provincie Groningen zijn geregistreerd, is aangetoond dat de seismometers in elk geval goed functioneren.

## 7. Conclusies

1. De conclusies van het SodM rapport over het seismisch risico van de gaswinning in Groningen zijn niet van betekenis voor de delfstofwinning in de provincie Friesland. Door het geringe aantal bevingen is een dergelijk statistisch onderzoek voor de velden in Friesland onmogelijk. Het aantal en de sterkte van de bevingen is echter totaal verschillend. Het is wel mogelijk vanuit de algemene fysica van aardbevingen iets te

zeggen over de kans op bevingen en de grootte van bevingen in velden in Friesland in vergelijking met de situatie in het Groningen veld. Seismisch risico analyses zullen daarom bij een eerstvolgende actualisatie wel worden uitgebreid met aanvullende berekeningen (bijvoorbeeld op basis van de grootte van de aanwezige breuken).

2. Friesland is een provincie met een relatief gering aardbevingsrisico. Dat heeft te maken met de over het algemeen geringe compactie die optreedt en de beperkte grootte van de gasvelden. In veel velden is de druk al sterk gedaald en zijn er desondanks slechts enkele minder sterke bevingen geweest.
3. Op dit moment is er voor de velden in Friesland geen aanleiding de maximale sterkte in de winningsplannen aan te passen. Het is zeer onwaarschijnlijk dat de gaswinning, of zoutwinning in Friesland aardbevingen kunnen veroorzaken die sterker zijn dan 3,9 op de schaal van Richter.
4. Als er een beving van 3,9 zou optreden is er een kans op lichte tot matige schade aan gebouwen. De te verwachten intensiteit is dan circa VI op de EMS schaal. Deze verwachting is niet veranderd t.o.v. eerdere inzichten.
5. Ten aanzien van de mogelijke nieuwe ontwikkelingen zoals Follega, Delfstrahuisen en Hempens is de verwachting dat i.v.m. de geologische kenmerken en de geringe grootte van de velden eventuele winning slechts gepaard zal gaan met een zeer beperkt aardbevingsrisico.
6. Op dit moment zijn geen nieuwe inzichten met betrekking tot de seismisch risico analyse die een aanpassing van het recent geactualiseerde winningsplan voor de Waddenzeevelden noodzakelijk zouden maken.
7. Met de aanwezige boorgat-geofoons zijn geen aardbevingen door zoutwinning gemeten en deze worden ook niet verwacht.
8. Vermilion heeft onderzoek laten uitvoeren naar de oorzaak van een beving in 2009 die bij de waterinjectie in het veld Weststellingwerf heeft plaatsgevonden. SodM vindt dat Vermilion voldoende heeft aangetoond dat voortzetting van deze kleinschalige waterinjectie, vanwege het geringe seismisch risico, veilig en verantwoord is.
9. De actualisatie van de Seismisch Risico Analyse door de mijnondernemingen is een continu proces. In de toekomst zal bij de vaststelling van het seismisch risico meer aandacht wordt gegeven aan de toetsing van maximale sterktes op basis van geometrische eigenschappen van breuken en de fysica van het aardbevingsproces.

## Referenties

1. KNMI 2012: het overzichtsrapport 'monitoring induced seismicity in the North of the Netherlands': status report 2010, Bernard Dost, Femke Goutbeek, Torild van Eck and Dirk Kraaijpoel  
<http://www.knmi.nl/bibliotheek/knmipubWR/WR2012-03.pdf>
2. Seismisch hazard van geïnduceerde aardbevingen; Integratie van deelstudies, datum 24 december 2012 Auteur(s) Wassing, B.B.T. (TNO) Dost, B. (KNMI)  
[http://www.nlog.nl/resources/Seismic\\_Risk/TNO-KNMI\\_integratie-studie\\_2012\\_final.pdf](http://www.nlog.nl/resources/Seismic_Risk/TNO-KNMI_integratie-studie_2012_final.pdf)
3. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland, datum 25 juni 2012  
Auteur(s) Karin van Thienen-Visser, Manuel Nepveu, Jenny Hettelaar  
[Seismic\\_Risk/2012%2025%2006-%20TNO%20technical%20rapport%20seismic%20hazard-public.pdf](http://www.knmi.nl/bibliotheek/knmipubDIV/Seismic_Risk/2012%2025%2006-%20TNO%20technical%20rapport%20seismic%20hazard-public.pdf)
4. The August 16, 2012 earthquake near Huizinge (Groningen) Bernard Dost and Dirk Kraaijpoel KNMI, De Bilt January 2013  
[http://www.knmi.nl/bibliotheek/knmipubDIV/The\\_August16\\_2012\\_earthquake\\_near\\_Huizinge\\_\(Groningen\).pdf](http://www.knmi.nl/bibliotheek/knmipubDIV/The_August16_2012_earthquake_near_Huizinge_(Groningen).pdf)