



**INTRODUCTIE** Om de relatie tussen gaswinning, aardbevingen en de veiligheid boven de grond beter te begrijpen – zodat er eventueel maatregelen genomen kunnen worden – voert NAM verschillende onderzoeken uit. Het onderzoek met ‘diepe geofoons’ heeft als doel om de diepte van de aardbevingen nauwkeurig in kaart te brengen. Dit is belangrijk, omdat de diepte van een aardbeving mede bepaalt hoe de bovengrond beweegt bij een aardbeving. Het bewegen van de bovengrond is de oorzaak van schade aan huizen en beïnvloedt dus ook de veiligheid van de bewoners.

In het najaar van 2013 heeft NAM diepe geofoons in twee putten in gebruik genomen om de diepte van aardbevingen vast te stellen. In juni 2014 zijn de ruwe data gedeeld met een Groningse belangenorganisatie. Toegezegd is om na de zomer van 2014 de eerste analyses van deze data te publiceren, wat met deze voortgangsrapportage gebeurt. Opgemerkt moet worden dat dit een tussentijdse rapportage betreft die nog geen definitief inzicht kan geven. Het onderzoek is nog in volle gang. Toekomstige (tussentijdse) resultaten worden ook gepubliceerd.

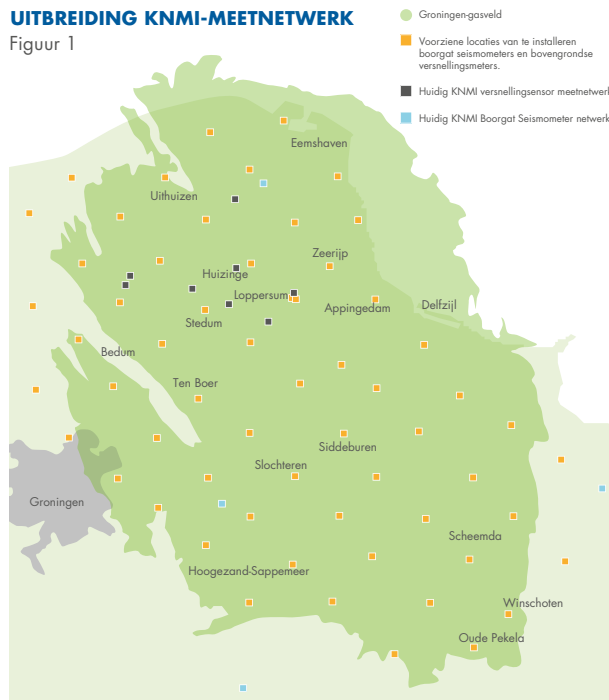
## ACHTERGROND

Nadat in de begin jaren ‘90 de relatie tussen gaswinning uit het Groningen-gasveld en aardbevingen duidelijk werd, heeft het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) in 1995 een boorgatseismometer-netwerk aangelegd in Groningen. Het doel van de seismometers is om de locatie en kracht van aardbevingen te bepalen. Onderdeel van dit KNMI-netwerk zijn ook een aantal versnellingsmeters. Deze versnellingsmeters meten de grondbeweging aan de oppervlakte bij een aardbeving. In 2014 wordt dit KNMI-netwerk sterk uitgebreid met als doel een nauwkeurigere bepaling van de locatie en kracht van de aardbevingen in het Groningen-gasveld.

Met het huidige regionale KNMI-netwerk is het echter lastig om de diepte van aardbevingen precies te bepalen. Het KNMI veronderstelt daarom dat de aardbevingen plaatsvinden in het Groningen-gasveld, op circa 3.000 meter diepte. De diepte van een aardbeving bepaalt in belangrijke mate de hoe sterk de oppervlakte beweegt. Diepte is dus een belangrijke factor voor de schade aan – en veiligheid in – huizen en andere bebouwing. De behoefte om nauwkeuriger de diepte van aardbevingen in het Groningen-gasveld te bepalen is daarom groot.

**UITBREIDING KNMI-MEETNETWERK**

Figuur 1



Hiertoe boort NAM twee speciaal ontworpen observatieputten tot in het gasveld op circa 3.000 meter diepte. In deze putten worden diepe geofoons gehangen waarmee de diepte van aardbevingen beter kan worden bepaald. Deze putten zijn gereed in 2015. Tot die tijd is een tijdelijke meetopstelling met diepe geofoons geplaatst in twee reeds bestaande observatieputten: Stedum-1 en Zeerijp-1. Deze twee locaties zijn gekozen vanwege het grote aantal (zeer lichte) aardbevingen dat hier plaatsvindt. Dat versnelt de verzameling van meetgegevens die nodig zijn om de diepte van aardbevingen te bepalen.

**DE METINGEN**

Bij de tijdelijke meetopstellingen voor de diepe geofoons in de observatieputten Stedum-1 en Zeerijp-1 is gebruik gemaakt van beproefde technologie. Desondanks hebben de hoge temperatuur en druk op circa 3.000 meter diepte herhaaldelijk geleid tot storingen in het systeem. Dit heeft echter geen invloed op de kwaliteit van de meetresultaten en analyses.

De diepe geofoons registreren continu de grondbewegingen in het boorgat met behulp van opnameapparatuur

boven de grond. Wanneer het systeem trillingen registreert boven een bepaald niveau worden deze opgemerkt als een mogelijke (zeer lichte) aardbeving. Met behulp van deze metingen laat NAM de locatie en magnitude vaststellen door een gespecialiseerd bedrijf. De eerste metingen zijn in februari 2014 op NAMplatform.nl gepubliceerd.

Het aantal dagen dat microseismische activiteit is gemeten in de put Stedum-1 bedraagt 187 (periode: 9 oktober 2013 tot 1 augustus 2014). Voor Zeerijp-1 is dat 199 dagen (periode: 21 november 2013 tot 17 juni 2014). Dit heeft in totaal ongeveer 3 terabyte aan data opgeleverd. Deze data zijn in juni 2014 gedeeld met een belangenorganisatie uit Groningen.

De diepe geofoons zijn speciaal ontworpen om bevingen te registreren in de nabijheid van de observatieputten met een kracht van -4 tot 2 op de schaal van Richter. Dit wordt micro-seismiciteit genoemd. In totaal zijn sinds oktober 2013 door de twee diepe geofoonopstellingen 340 (zeer lichte) aardbevingen waargenomen. Hiervan hadden 331 aardbevingen een kracht lichter dan 1 op de schaal van Richter. De zwakste geregistreerde aardbeving had een kracht van -2,69 en de zwaarste 1,85 op de schaal van Richter. Een dertigtal bevingen zijn door de diepe geofoons in beide putten waargenomen. Juist omdat ze in beide putten zijn waargenomen, zijn deze metingen het meest geschikt om als eerste nader te worden geanalyseerd.

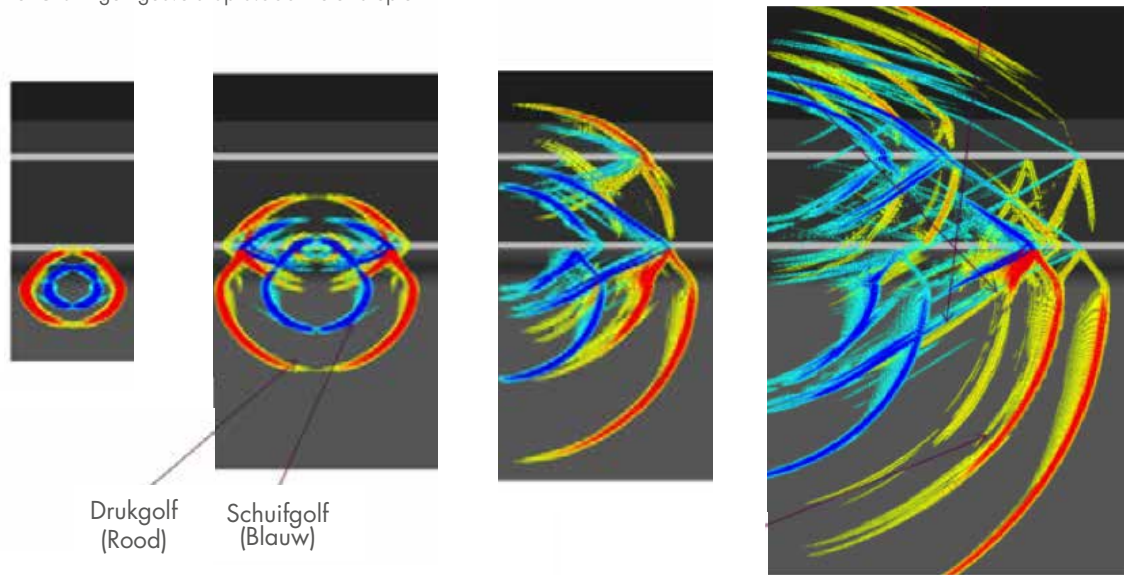
**DE EERSTE ANALYSE**

Het doel van de diepe geofoons is, om naast locatie en sterkte, de diepte van aardbevingen vast te stellen. Uit de eerste analyses blijkt dat de meetresultaten zeer complex zijn. Daardoor zijn de gebruikelijke analysemethoden niet toepasbaar.

Figuur 2 laat een computersimulatie zien van de manier waarop aardbevingsgolven zich verspreiden op 3.000 meter diepte. De afbeeldingen laten de golven zien op vier momenten in de tijd. Op de eerste afbeelding, direct na de aardbeving, is het golfpatroon nog eenvoudig. De zogenaamde drukgolf (rood) en de tragere schuifgolf (blauw) zijn duidelijk afzonderlijk te herkennen, dicht bij de aardbeving. Als een aardbeving dicht bij de meetput optreedt zijn daarom automatische analyse en plaatsbepaling relatief eenvoudig.

## COMPUTERSIMULATIE BEVING

Figuur 2: Computersimulatie van de manier waarop druk- en schuifgolven zich door de ondergrond verplaatsen na een aardbevingen in, of nabij, het Groningen-gasveld op 3.000 meter diepte



Echter, in korte tijd breidt het golfpatroon zich uit door de ondergrond. De golven bewegen zich door, en weerkaatsen tegen, aardlagen. Hierdoor ontstaan meerdere druk- en schuifgolven die met verschillende snelheden bewegen. Dat betekent dat als een aardbeving plaatsvindt in het gasveld op grotere afstand van de diepe gefoons, de metingen zeer complex zijn en de analyse niet langer meer eenvoudig.

De oplossing is gevonden door de metingen van de diepe gefoons te vergelijken met simulaties van computermodellen, zoals getoond in Figuur 2. Op deze manier zijn 32 bevingen, die in beide putten zijn opgevangen, geanalyseerd. Daaruit blijkt dat de waargenomen patronen sterk lijken op de computersimulaties van een aardbeving in, of direct boven of direct onder het gasveld. De metingen verschillen sterk van de simulaties van een aardbeving die, bijvoorbeeld, 500 meter boven het Groningen-gasveld, of 500 meter beneden het Groningen-gasveld zou plaatsvinden.

Hieruit concludeert NAM dat alleen aardbevingen in – of in de directe nabijheid van – het Groningen-gasveld

een complexe meting van de diepe gefoons opleveren. Bevingen boven of onder het gasveld leveren duidelijk verschillende meetresultaten op.

## VERVOLG

Er zijn nu 32 aardbevingen in detail geanalyseerd waarvan de resultaten worden gedeeld en besproken met het KNMI en andere onderzoekers. Het doel is om met de opgedane kennis alle huidige en toekomstige metingen te analyseren. Daartoe moet de analysemethode minder bewerkelijk worden zodat dit automatisch kan plaatsvinden. Hier wordt op dit moment aan gewerkt.

De werkzaamheden voor de permanente seismische observatieputten op de locatie Zeerijp zijn in volle gang. De locatie wordt in gereedheid gebracht voor de komst van een boortoren. De eerste boring start in het najaar van 2014 en duurt ongeveer 60 dagen. Omwonenden worden regelmatig op de hoogte gehouden van de voortgang van dit project.

**ANNEX** Overzicht van geanalyseerde metingen

	TRACE IDENTITY		LOCATION (RD, IN M)			
	Date	Trace time	Easting	Northing	Depth (in m)	Magnitude
Located by SDM1 and ZRP1	2013/11/23	1:08:35	245228	597434	2900	
Located by SDM1 and ZRP1	2013/11/30	19:29:01	245268	597452	2901	1.14
Located by SDM1 and ZRP1	2013/12/01	9:21:03	244254	593686	2905	0.0452
Located by SDM1 and ZRP1	2013/12/15	6:48:25	242723	596448	2993	-0.0169
Located by SDM1 and ZRP1	2013/12/15	7:39:55	242991	593125	2901	1.46
Located by SDM1 and ZRP1	2013/12/17	21:37:55	246797	595694	2901	1.99
Located by SDM1 and ZRP1	2014/03/21	8:23:48	244077	596002	3063	-0.339
Located by SDM1 and ZRP1	2014/03/21	11:28:28	244700	595818	3050	0.661
Located by SDM1 and ZRP1	2014/03/22	15:10:08	243416	595718	3057	
Located by SDM1 and ZRP1	2014/03/22	17:16:15	243609	596171	2901	0.396
Located by SDM1 and ZRP1	2014/03/23	2:23:55	243709	594498	2950	0.836
Located by SDM1 and ZRP1	2014/03/23	19:56:05	244497	594127	2720	1.18
Located by SDM1 and ZRP1	2014/03/24	23:38:39	244543	595688	2772	
Located by SDM1 and ZRP1	2014/03/25	13:20:58	243577	596159	3026	1.06
Located by SDM1 and ZRP1	2014/04/01	14:13:06	243646	596262	2903	0.488
Located by SDM1 and ZRP1	2014/04/01	18:35:13	246812	594571	3018	2.1
Located by SDM1 and ZRP1	2014/04/01	20:08:56	244647	595759	2901	0.803
Located by SDM1 and ZRP1	2014/04/06	14:47:15	245356	595315	2911	0.213
Located by SDM1 and ZRP1	2014/04/09	20:04:15	242252	595198	2878	0.17
Located by SDM1 and ZRP1	2014/04/10	20:56:00	241148	596011	2902	1.05
Located by SDM1 and ZRP1	2014/04/11	20:48:31	246125	596214	2904	2.08
Located by SDM1 and ZRP1	2014/04/12	5:36:04	245343	595580	2834	0.762
Located by SDM1 and ZRP1	2014/04/12	12:56:10	245163	595193	3032	0.525
Located by SDM1 and ZRP1	2014/04/15	21:43:24	243553	594675	2906	0.51
Located by SDM1 and ZRP1	2014/04/17	1:46:35	243554	594705	2770	1.11
Located by SDM1 and ZRP1	2014/04/17	20:21:01	243050	592799	2720	2.2
Located by SDM1 and ZRP1	2014/04/20	8:36:00	245563	596820	3033	2.4
Located by SDM1 and ZRP1	2014/04/20	11:20:14	242899	592736	2766	0.918
Located by SDM1 and ZRP1	2014/04/22	13:13:14	245058	595706	3065	1.6
Located by SDM1 and ZRP1	2014/05/03	20:39:06	244565	595462	2902	0.0574
Located by SDM1 and ZRP1	2014/05/06	3:23:58	243592	593698	3032	0.75
Located by SDM1 and ZRP1	2014/05/06	11:32:01	245143	595348	2970	

**NEDERLANDSE AARDOLIE MAATSCHAPPIJ**

Postbus 28000, 9400 HH Assen  
 Telefoon 0592 - 369100  
 Fax 0592 - 362200  
 E-mail informatie@nam.nl  
 Twitter @NAMbv

[www.nam.nl](http://www.nam.nl)  
[www.namplatform.nl](http://www.namplatform.nl)