



**NAM**

# **Wat gebeurt er met het Flexibele Gefoon Netwerk?**

## **Stand van zake 1 maart 2017**

---

**Nederlandse Aardolie Maatschappij BV**

Datum Februari 2017

Editors Jan van Elk & Dirk Doornhof



## Introductie

Door de Firma Rossingh Geophysical BV wordt een flexible geofoon network geopereerd in de provincie Groningen. Dit is onderdeel van het door NAM geleide onderzoeksprogramma naar de effecten van de door de gaswinning geïnduceerde bevingen. Omdat dit netwerk voortdurend verplaatst wordt is er medewerking van veel landeigenaren nodig. Hierdoor is er veel belangstelling in de voortgang van de metingen die met dit netwerk worden gedaan en de resultaten die worden behaald.

Deze presentatie geeft een overzicht van de meest recente voortgang van het werk, de verwachte resultaten en de plannen voor de nabije toekomst.

Het voornaamste doel van het netwerk is om verder geofysisch onderzoek te doen naar de ondiepe ondergrond en zo beter te kunnen begrijpen welke lokale grondbewegingen worden veroorzaakt door een aardbeving. Dit onderzoek bouwt voort op de studies uitgevoerd door Deltares (ref. 1 tot 4). Het document met het Schedule voor het "Studie and data Acquisition Plan" (ref. 5) beschrijft de plannen met het netwerk. Deze presentatie geeft de laatste stand.

## References

1. Geological schematisation of the shallow subsurface of Groningen (For site response to earthquakes for the Groningen gas field) – Part I, Deltares, Pauline Kruiver and Ger de Lange.
2. Geological schematisation of the shallow subsurface of Groningen (For site response to earthquakes for the Groningen gas field) – Part II, Deltares, Pauline Kruiver and Ger de Lange.
3. Geological schematisation of the shallow subsurface of Groningen (For site response to earthquakes for the Groningen gas field) – Part III, Deltares, Pauline Kruiver and Ger de Lange.
4. Geophysical Measurements of shear wave velocity at KNMI accelerograph stations in the Groningen field area, Deltares, Marco de Kleine, Rik Noorlandt, Ger de Lange, Marios Karaoulis and Pauline Kruiver, July 2016.
5. Study and Data Acquisition Plan Induced Seismicity in Groningen Update Post-Winningsplan 2016 - Progress and Schedule, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (Jan van Elk and Dirk Doornhof, eds), 1st December 2016.



**NAM**

<b>Titel</b>	<b>Wat gebeurt er met het Flexibele Geofoon Netwerk? Stand van zake 1 maart 2017</b>		<b>Datum</b>	maart 2017
			<b>Initiator</b>	NAM
<b>Auteur(s)</b>	<b>Nederlandse Aardolie Maatschappij BV</b>	<b>Editors</b>	Clemens Visser, Jan van Elk Dirk Doornhof	
<b>Organisation</b>	PanTerra Geocnsultants	<b>Organisation</b>	NAM	
<b>Plaats in het Studie- programma</b>	<p><u>Studie Thema:</u> Grondbeweging en seismologisch model <u>Comment:</u> aar</p> <p>Door de Firma Rossingh Geophysical BV wordt een flexibele gefoon netwerk geopereerd in de provincie Groningen. Dit is onderdeel van het door NAM geleide onderzoeksprogramma naar de efecten van de door de gaswinning geïnduceerde bevingen. Omdat dit netwerk voortdurend verplaatst wordt is er medewerking van veel landeigenaren nodig. Hierdoor is er veel belangstelling in de voortgang van de metingen die met dit netwerk worden gedaan en de resultaten die worden behaald.</p> <p>Deze presentatie geeft een overzicht van de meest recente voortgang van het werk, de verwachte resultaten en de plannen voor de nabije toekomst.</p> <p>Het voornaamste doel van het netwerk is om verder geofysisch onderzoek te doen naar de ondiepe ondergrond en zo beter te kunnen begrijpen welke lokale grondbewegingen worden veroorzaakt door een aardbeving. Dit onderzoek bouwt voort op de studies uitgevoerd door Deltares (ref. 1 tot 4). Het document met het Schedule voor het "Studie and data Acquisition Plan" (ref. 5) beschrijft de plannen met het netwerk. Deze presentatie geeft de laatste stand.</p>			
<b>Aanliggende studies</b>	(1) Grondonderzoeken uitgevoerd door Deltares (2) Versnellingsmetingen door KNMI			
<b>Used data</b>				
<b>Associated organisation</b>	NAM			
<b>Assurance</b>	Rossingh Geophysical BV en NAM BV			



# ONDERZOEKSPROGRAMMA AARDBEVINGEN

## FLEXIBEL MEETNETWERK GEOFOONS





## Vier meetopstellingen voor het meten van aardbevingen

- Diepe putten (3,000 m) met geofoons in Stedum & Zeerijp
- Versnellingsmeters in fundatie van gebouwen (TNO)
- Netwerk van 200 m diepe putten met geofoons met versnellingsmeters aan het oppervlakte (KNMI)
- Flexibel netwerk geofoons

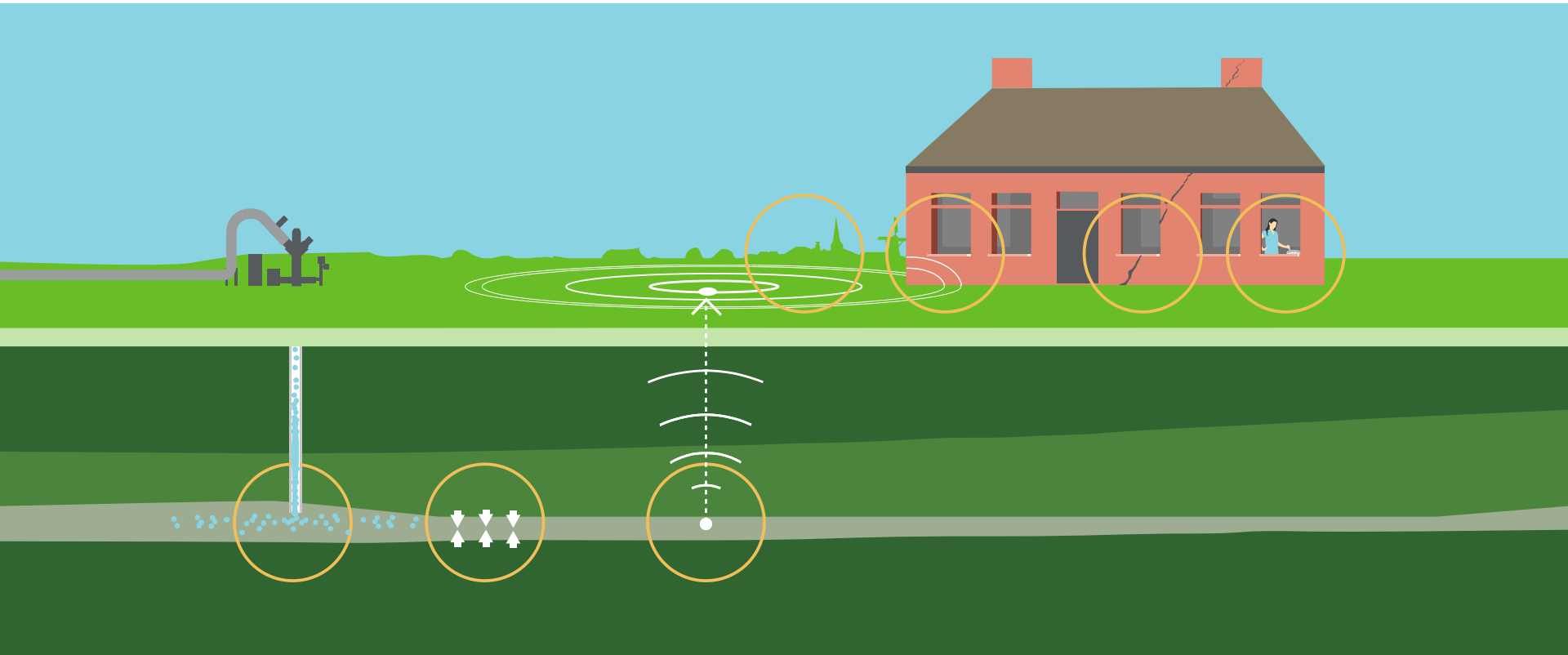
## Grondonderzoek en metingen van grondeigenschappen

- **Flexibele Geofoon Netwerk**
  - Belangrijkste doel van het flexibele netwerk is het meten van eigenschappen van ondiepe ondergrond voor verplaatsing seismische golven en lokale opslingering,
  - Andere metingen en voordelen van het flexibele netwerk.



# ONDERZOEKSPROGRAMMA

## AARDBEVINGSONDERZOEK OPGEBOUWD UIT 7 THEMA'S



GASWINNING

1

INKLINKEN GASLAAG

2

AARDBEVINGEN

3

GRONDBEWEGING

4

BLOOTSTELLING HUIZEN EN MENSEN

5

STERKTE VAN HUIZEN

6

VEILIGHEID

7

DREIGING

RISICO



# AARDBEVINGSONDERZOEK GEBASEERD OP UITGEBREID MEETNETWERK

## 12 Flexibel netwerk gefoons:

Verplaatsbare trillingsmeters

## 1 Volume & gasdruk:

meters in gasveld

## 4 Grondbeweging:

70 extra versnellingsmeters

## 5 Bodemdaling:

satelliet

## 8 Bouwkundig onderzoek:

inspecties

## 11 Compactie en Breuken

Gesteente Kern

## 3 Aardbevingen:

70 ondiepe gefoons

## 6 Bodemdaling:

10 GPS stations

## 9 Schades:

analyse trends

## 2 Aardbevingen:

2 diepe gefoons

## 7 Gebouwtrillingen:

300+ gebouwsensoren

## 10 Zwaartekracht:

92 locaties





# AARDBEVINGSONDERZOEK

## NIEUWE SENSOREN – KNMI NETWERK

GASWINNING

1

INKLINKEN GASLAAG

2

AARDBEVINGEN

3

GRONDBEWEGING

4

BLOOTSTELLING HUIZEN EN MENSEN

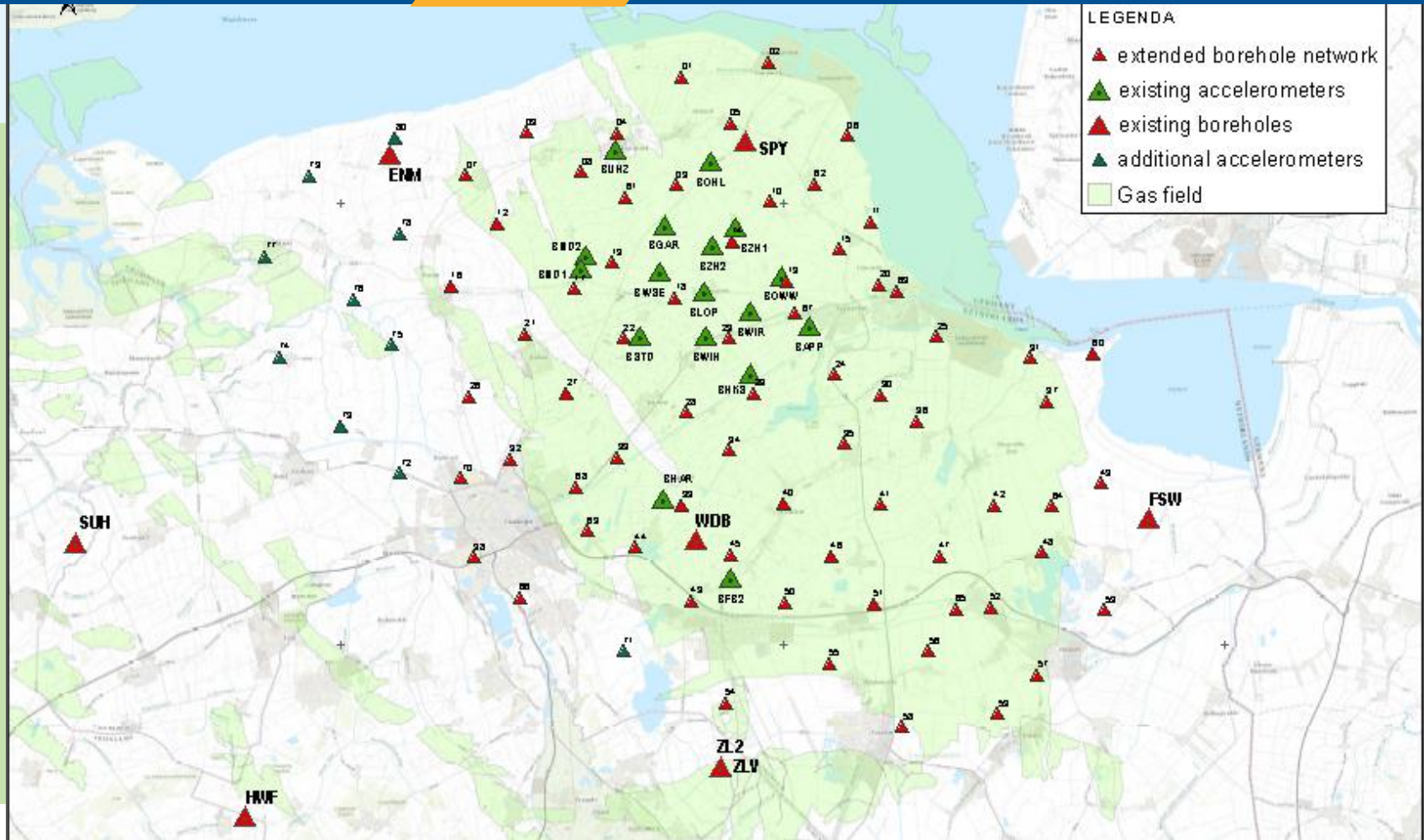
5

STERKTE VAN HUIZEN

6

VEILIGHEID

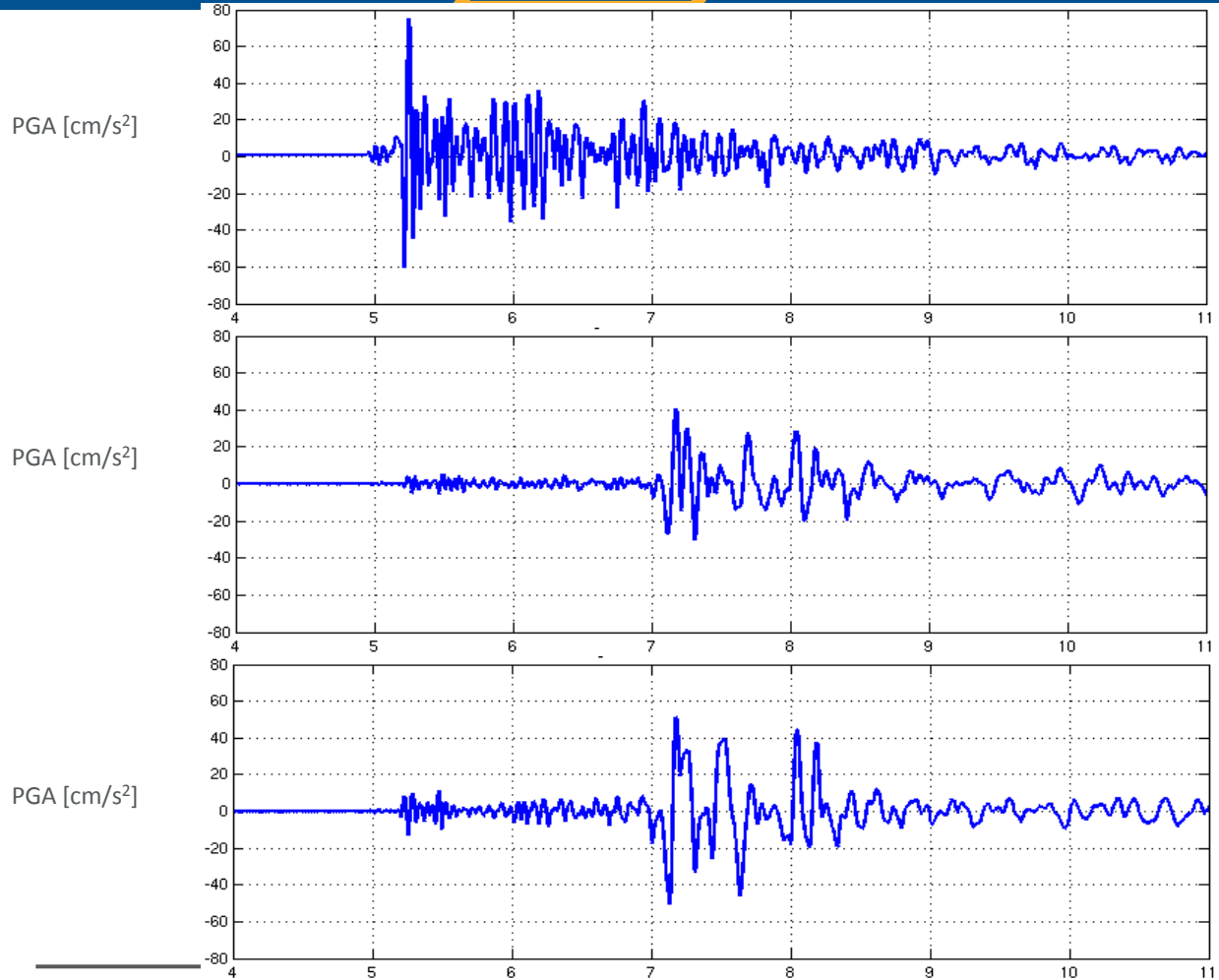
7





# AARDBEVING HUIZINGE; 3.6

## METINGEN MEETPUNT WESTEREMDEN



Vertical Component

Transverse Component

Radial Component





# AARDBEVINGSONDERZOEK METEN MET KNMI NETWERK



Koninklijk Nederlands  
Meteorologisch Instituut  
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Datum en tijd (UTC)	Plaats	Magnitude
2016-10-12 07:12:46	Ten Post	0.5
2016-10-07 00:16:17	Bierum	0.9
2016-10-06 02:56:46	Schildwolde	0.4
2016-10-04 14:46:19	Garrelsweer	0.5
2016-10-02 01:47:17	Wirdum (Gr.)	0.3
2016-09-27 23:22:14	Garmerswolde	0.9
2016-09-21 14:21:32	Wagenborgen	1.2
2016-09-11 23:22:55	Woltersum	0.2
2016-09-11 03:16:51	Valkenburg	1.1
2016-09-09 12:21:23	Oosterwijtwerd	0.8
2016-09-02 13:16:00	Hellum	2.1
2016-09-01 00:07:52	Harkstede	0.4
2016-08-28 03:27:53	Usquert	1.3
2016-08-24 23:44:03	Delfzijl	1.1
2016-08-24 18:44:23	Garsthuizen	0.6





GASWINNING

1

INKLINKEN  
GASLAAG

2

AARDBEVINGEN

3

GRONDBEWEGING

4

BLOOTSTELLING  
HUIZEN EN  
MENSEN

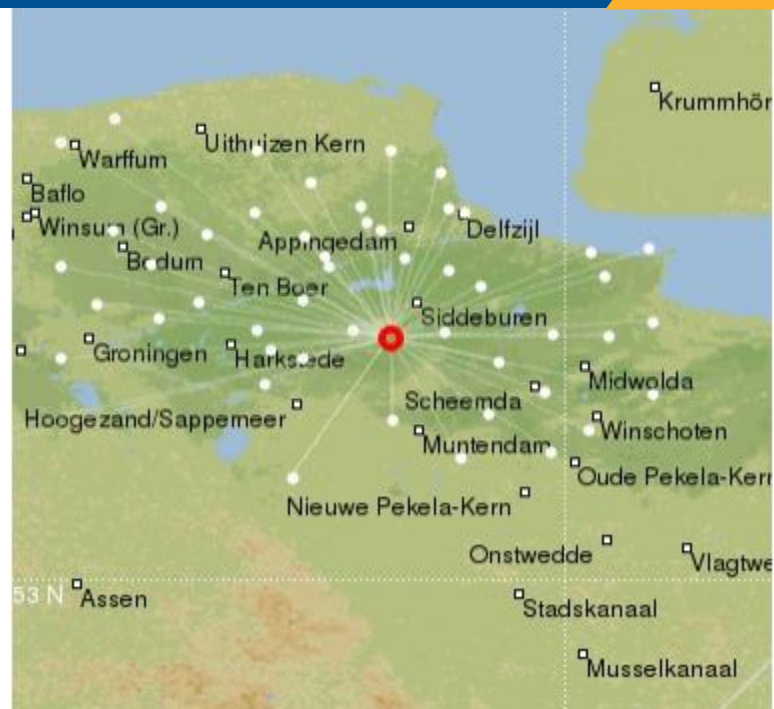
5

STERKTE  
VAN HUIZEN

6

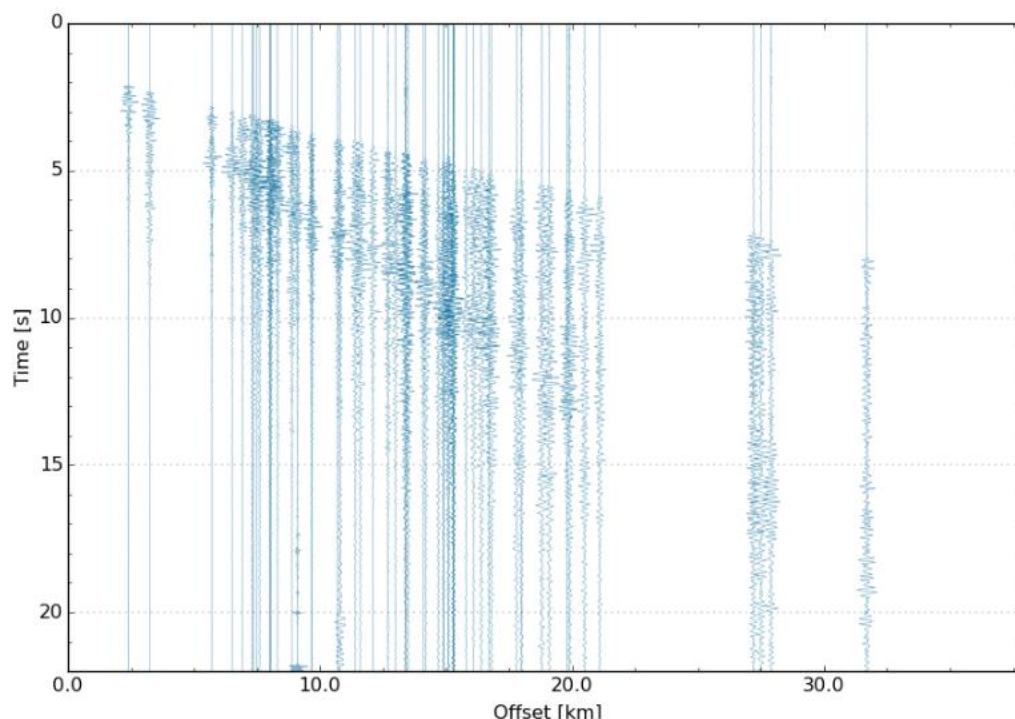
VEILIGHEID

7



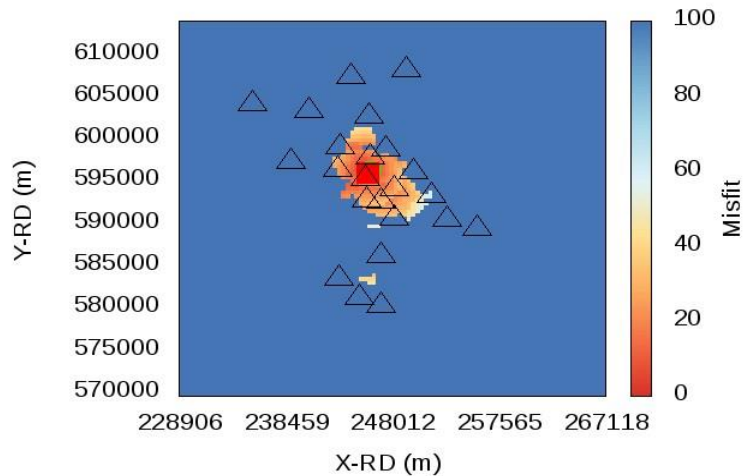
Datum en tijd (UTC): 2016-09-02 13:16:00  
 Latitude: 53.218 °  
 Longitude: 6.844 °  
 Diepte: 3.0 km  
 Type aardbeving: Geïnduceerd

Network: NL [HHZ] - (52 traces / 2016-09-02T13:16:00)

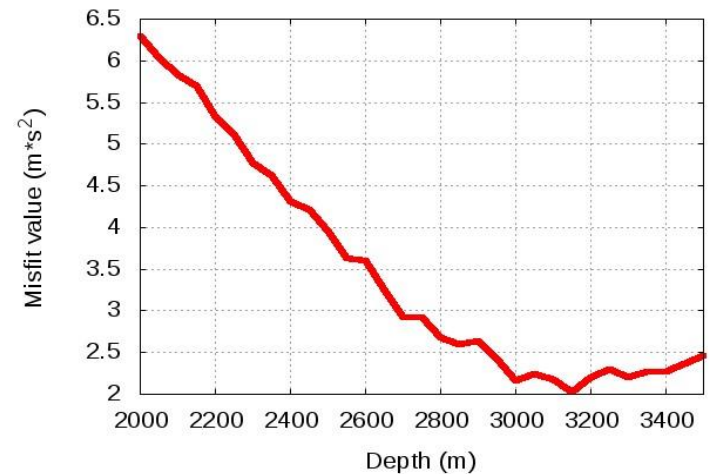


- Geregistreerd door 58 van de 83 geofoons
- Geofoons geplaatst tot 200 meter diepte

## Horizontal misfit function

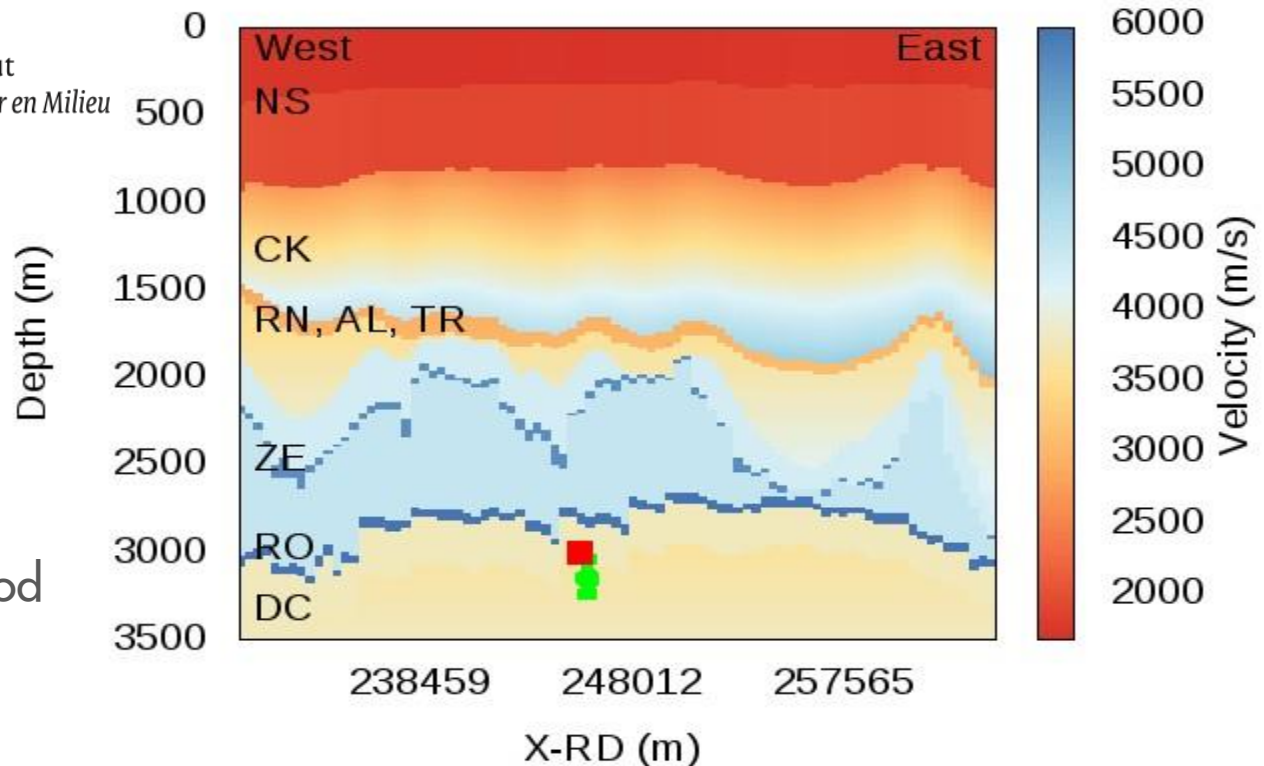


## Vertical misfit function



Koninklijk Nederlands  
Meteorologisch Instituut  
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

## Velocity Cross-Section for Event 20150606233915



### Focus

- EDT method
- Hypocenter method



GASWINNING

1

INKLINKEN  
GASLAAG

2

AARD-  
BEVINGEN

3

GROND-  
BEWEGING

4

BLOOTSTELLING  
HUIZEN EN  
MENSEN

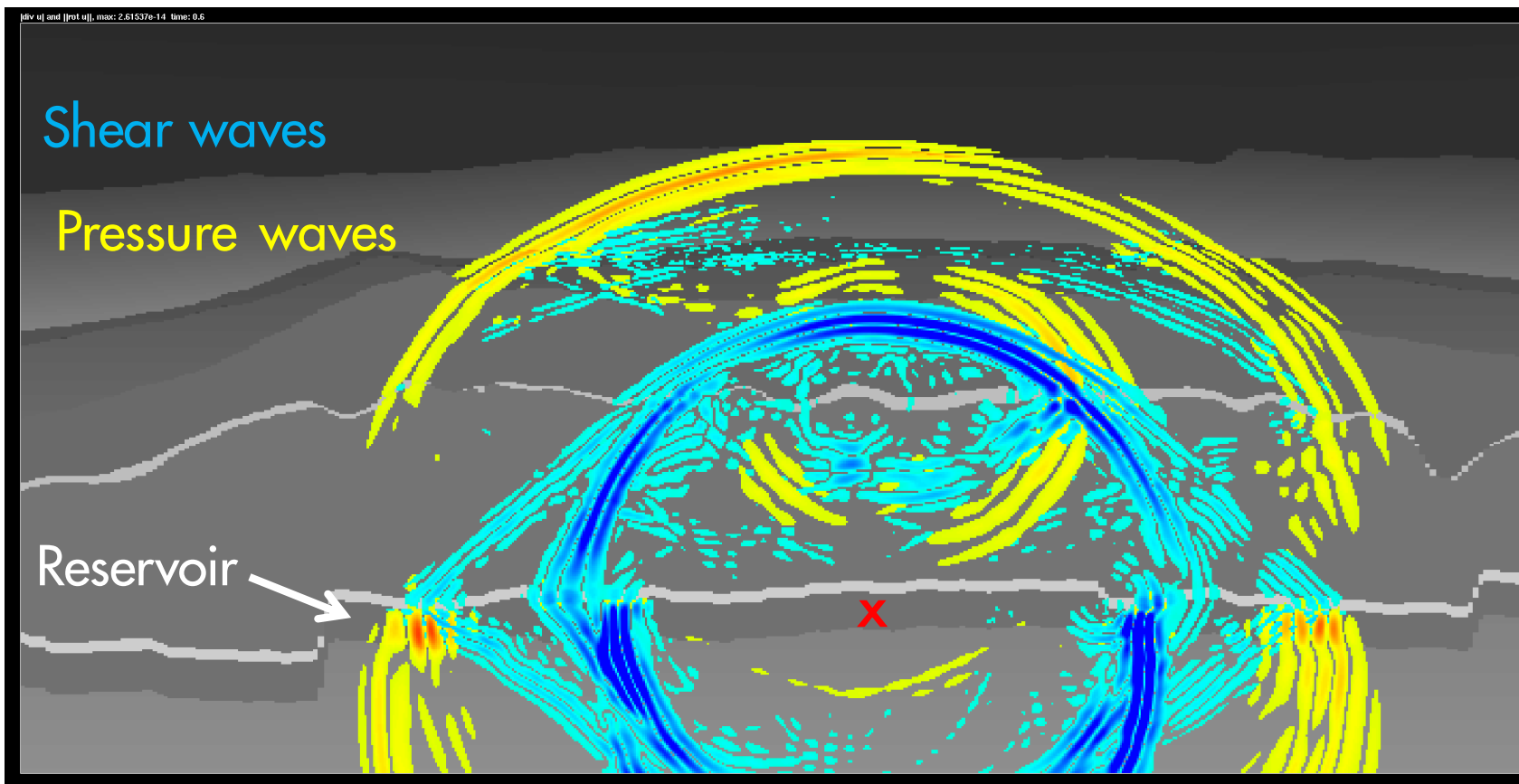
5

STERKTE  
VAN HUIZEN

6

VEILIGHEID

7

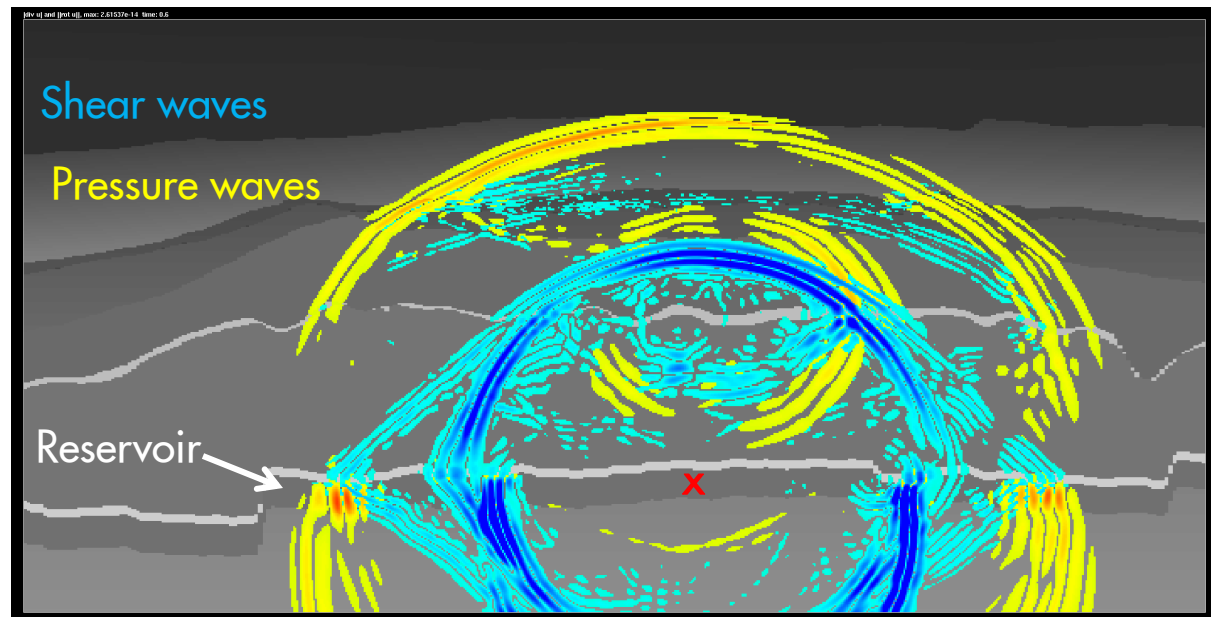




## ANALYSE IN DETAIL

### WAAROM IS GRONDONDERZOEK VAN BELANG?

- Aardbevingsgolven zijn voornamelijk S golven (Shear waves, schuif golven), we moeten dus weten met welke snelheid deze S golven zich in de ondergrond voortplanten.
- De S golf snelheden zijn een belangrijke parameter in de zogenaamde Ground Motion Prediction Equation. Deze voorspeld hoe sterk een aardbeving zich manifesteert aan het oppervlak, uitgedrukt in versnelling of snelheid. Dit is uiteindelijk weer belangrijk voor de voorspelde gevaren en risico's (hazard & risk).
- Met name de zeer lage S golf snelheden in de ondiepe ondergrond zijn bepalend voor de mate waarin een aardbeving zich doet gelden aan het oppervlak. Het is dus zeer belangrijk de ondiepe ondergrond in detail op dit punt te goed te kennen.





GASWINNING

1

INKLINKEN  
GASLAAG

2

AARD-  
BEVINGEN

3

GROND-  
BEWEGING

4

BLOOTSTELLING  
HUIZEN EN  
MENSEN

5

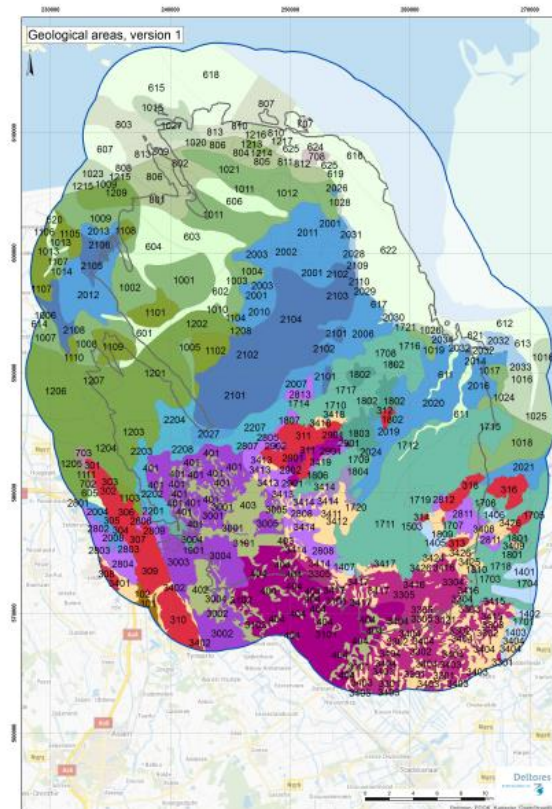
STERKTE  
VAN HUIZEN

6

VEILIGHEID

7

- Gedetailleerde kaarten van ondiepe ondergrond
- Metingen van grondeigenschappen en gedrag.





GASWINNING 1

INKLINKEN GASLAAG 2

3

AARD-BEVINGEN 4

5

GROND-BEWEGING 6

BLOOTSTELLING HUIZEN EN MENSEN 7

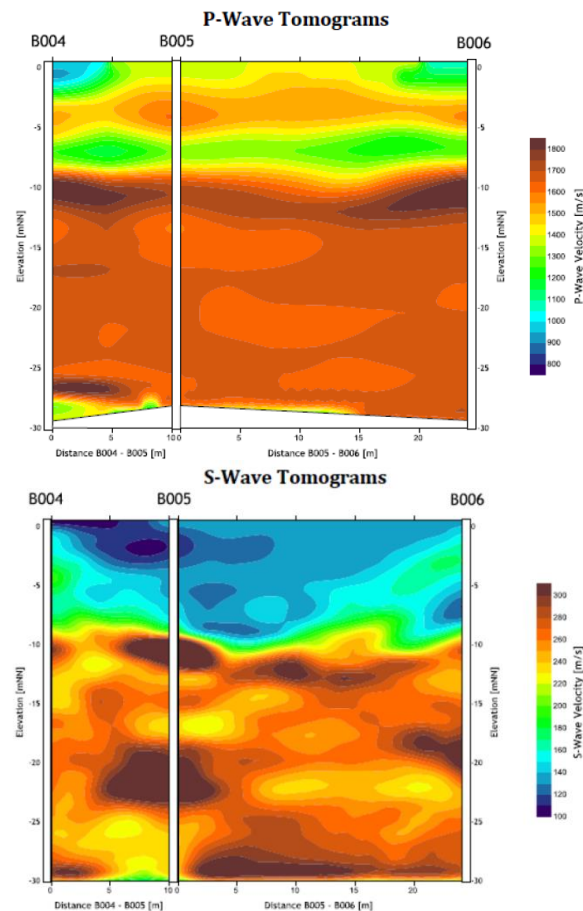
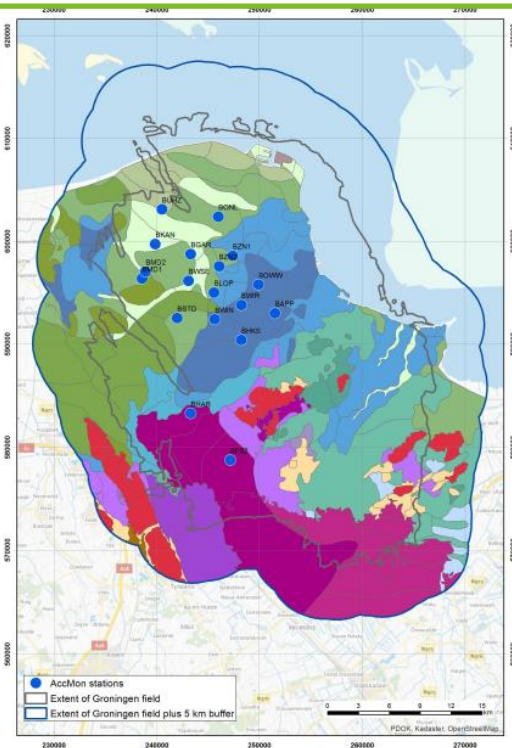
8

STERKTE VAN HUIZEN 9

VEILIGHEID 10

11

- Bovenste 200 meter van belang
- Gedetailleerde kaarten door Deltares en TNO
- Metingen snelheid van aardbevingsgolven

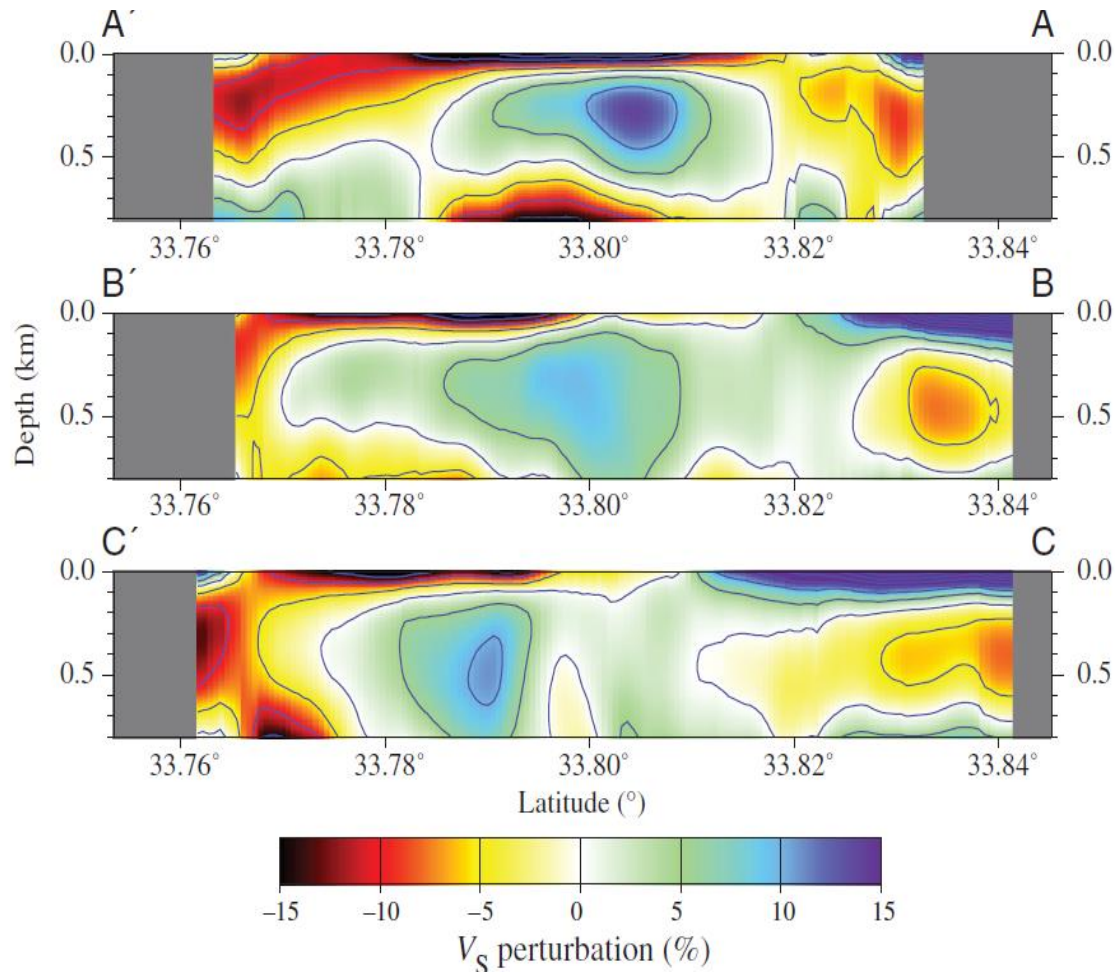




REFERENTIE

## ONDERZOEK UIT CALIFORNIA

# High-resolution 3D shallow crustal structure in Long Beach, California: Application of ambient noise tomography on a dense seismic array

Fan-Chi Lin<sup>1</sup>, Dunzhu Li<sup>1</sup>, Robert W. Clayton<sup>1</sup>, and Dan Hollis<sup>2</sup>

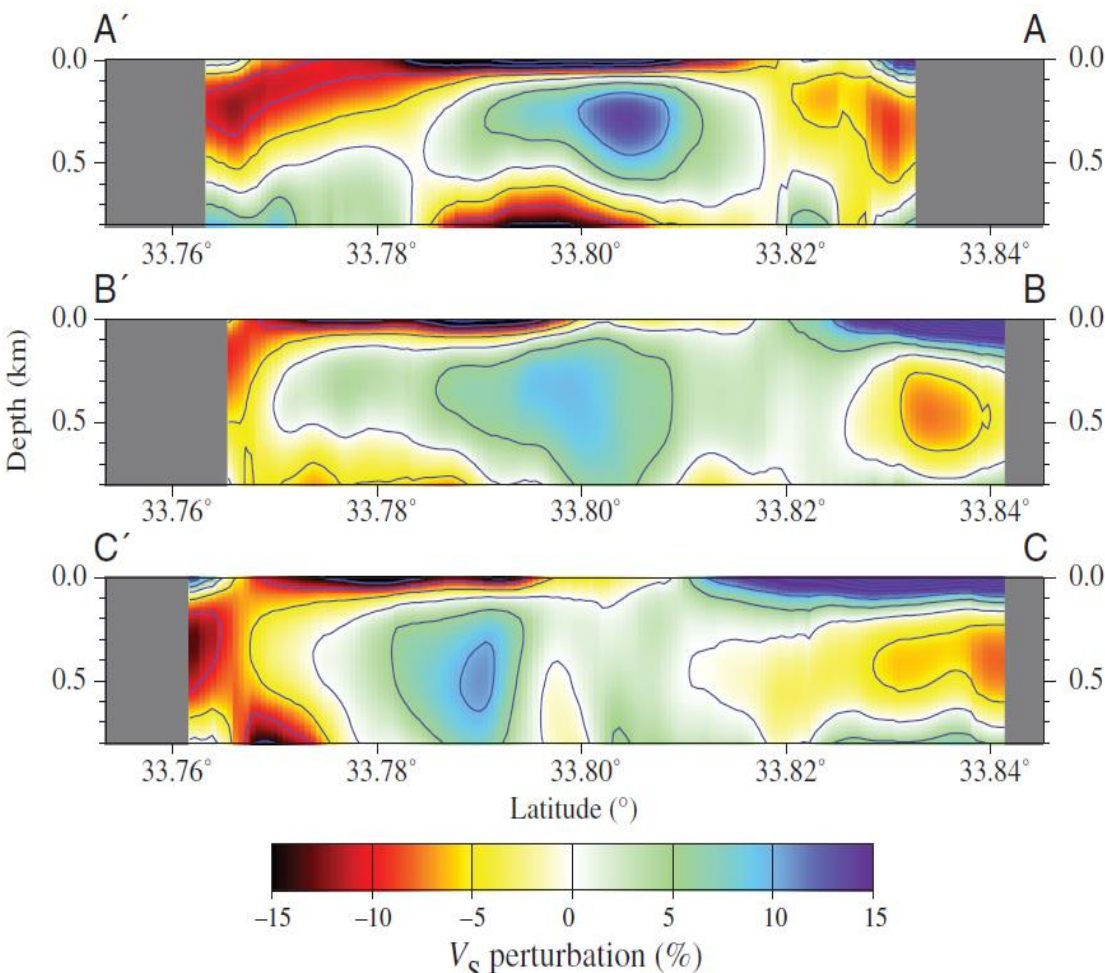


# REFERENTIE

## ONDERZOEK UIT CALIFORNIA

### High-resolution 3D shallow crustal structure in Long Beach, California: Application of ambient noise tomography on a dense seismic array

Fan-Chi Lin<sup>1</sup>, Dunzhu Li<sup>1</sup>, Robert W. Clayton<sup>1</sup>, and Dan Hollis<sup>2</sup>



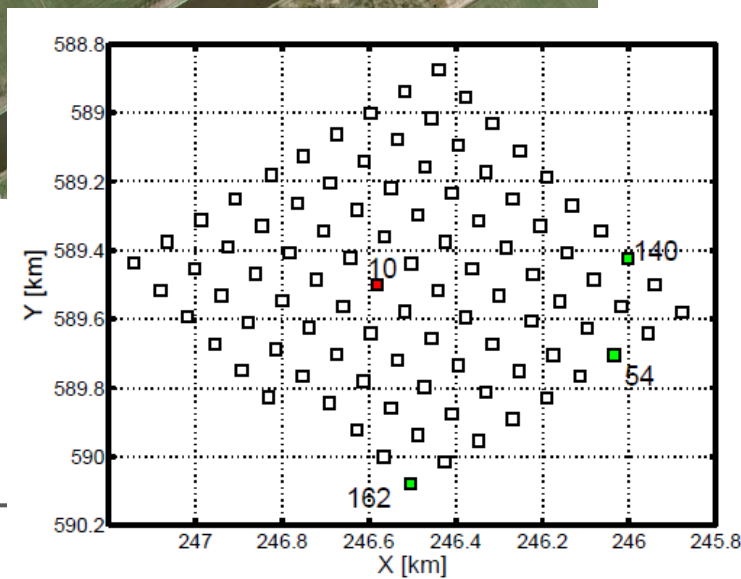
We kijken nu alleen naar de trillingen die tussen de verschillende meetinstrumenten lopen. Dit doen we door de metingen te correleren. Als we dit voor lange tijd doen, dan verschijnt er een seismische golf tussen de verschillende stations. Hieruit kunnen we informatie over de bovenste grondlagen halen.





JANUARI 2016

# PASSIEVE VELDTEST IN WITTEWIERUM



GASWINNING

1

INKLINKEN  
GASLAAG

2

AARD-  
BEVINGEN

3

GROND-  
BEWEGING

4

BLOOTSTELLING  
HUIZEN EN  
MENSEN

5

STERKTE  
VAN HUIZEN

6

VEILIGHEID

7

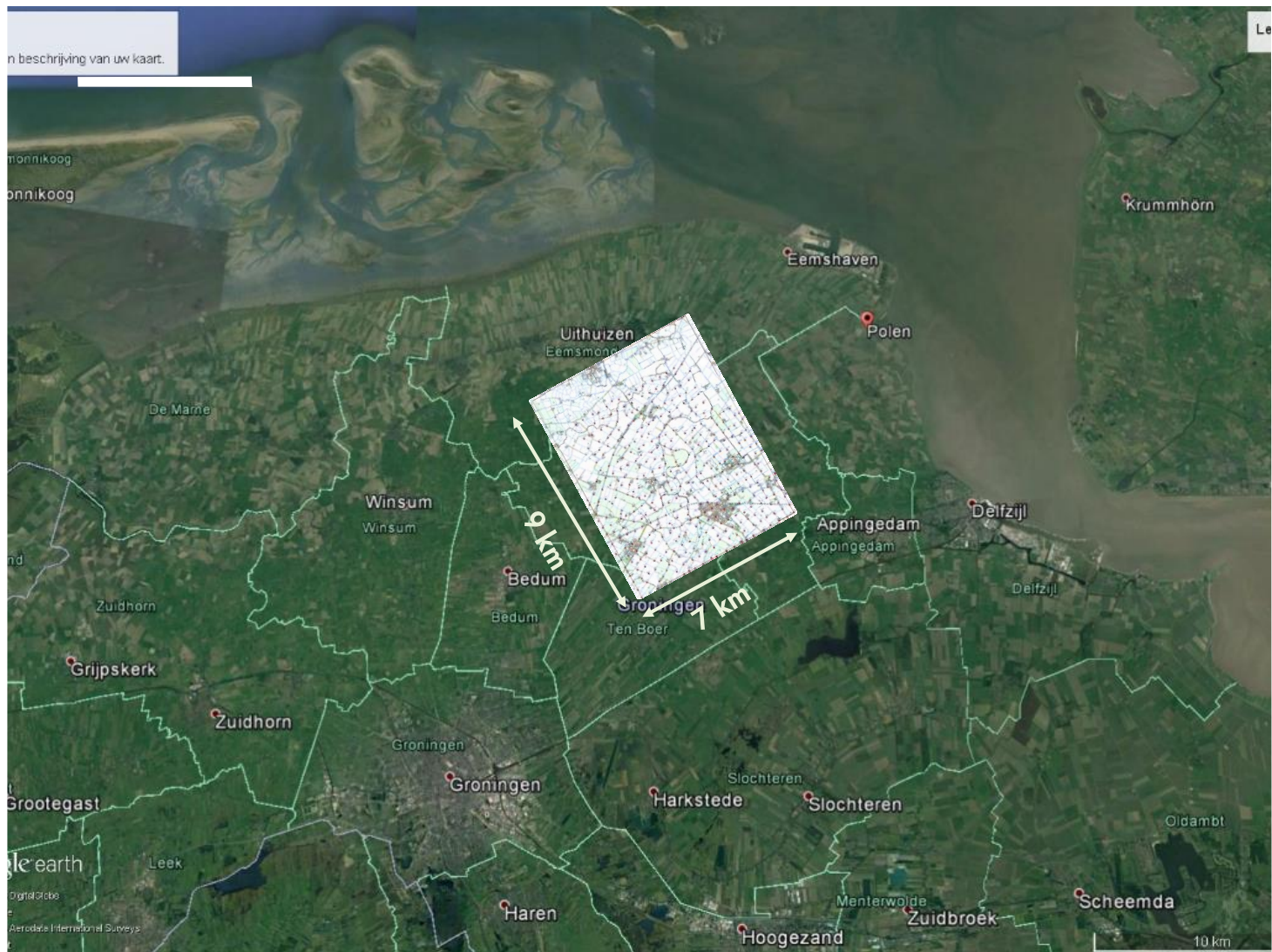
- Verplaatsbaar sensornetwerk
- Uitvoering door Rossingh Geophysical uit Gasselte







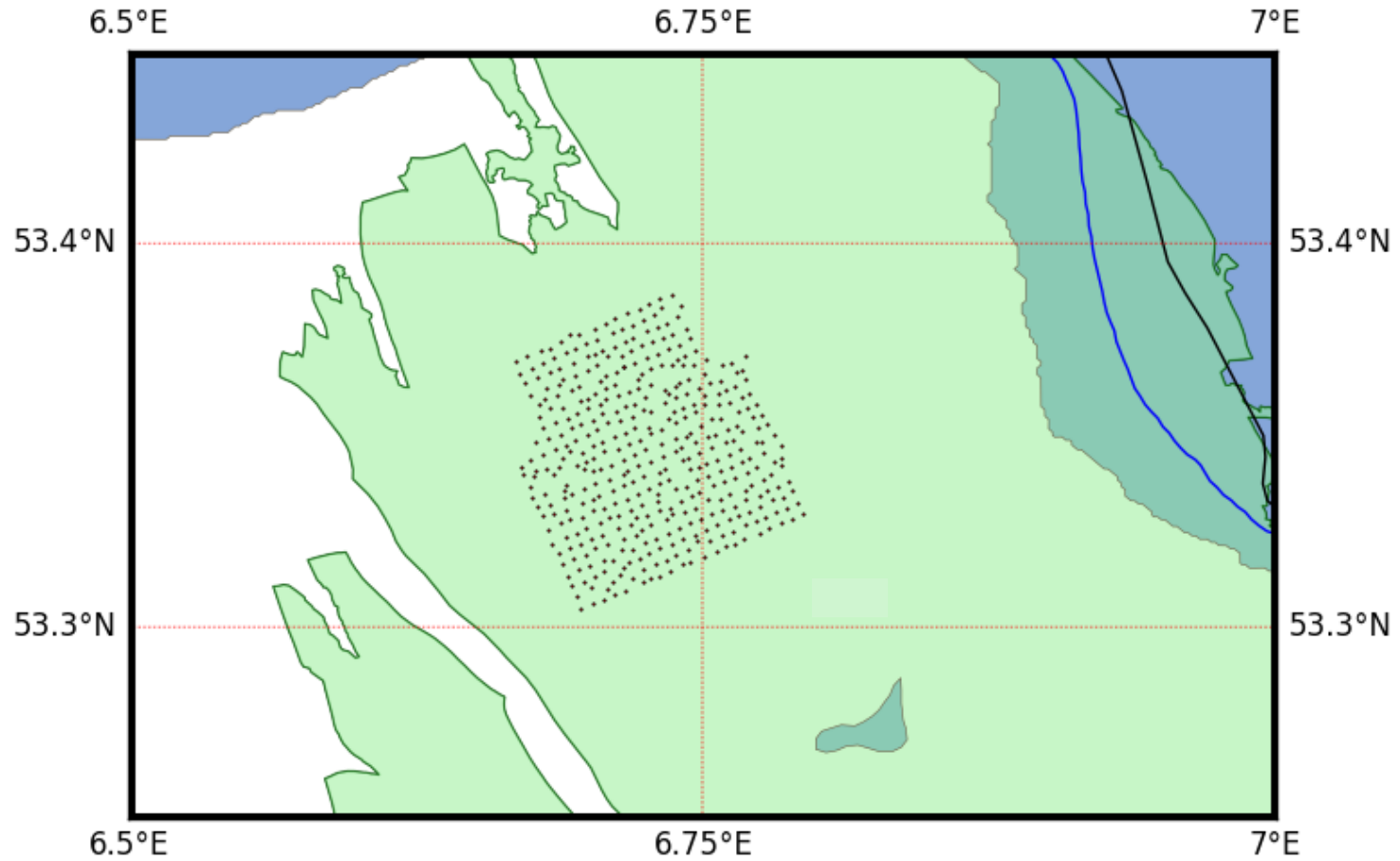
# FLEXIBEL NETWERK ONDERZOEKSGBIED LOPPERSUM





# FLEXIBEL NETWERK

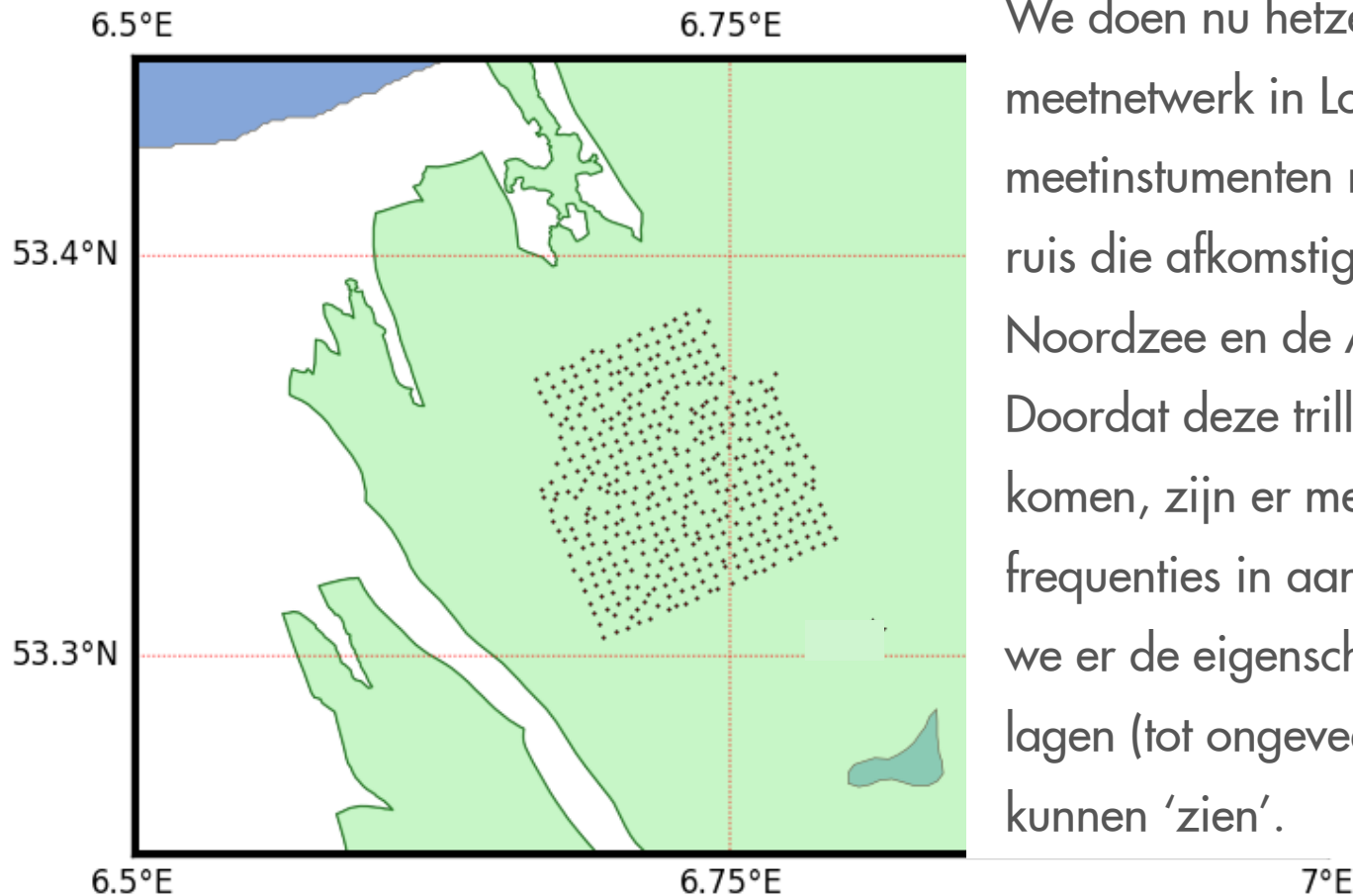
## ONDERZOEKSGBIED LOPPERSUM





## FLEXIBEL MEETNETWERK

## PASSIEF MEETNETWERK IN LOPPERSUM

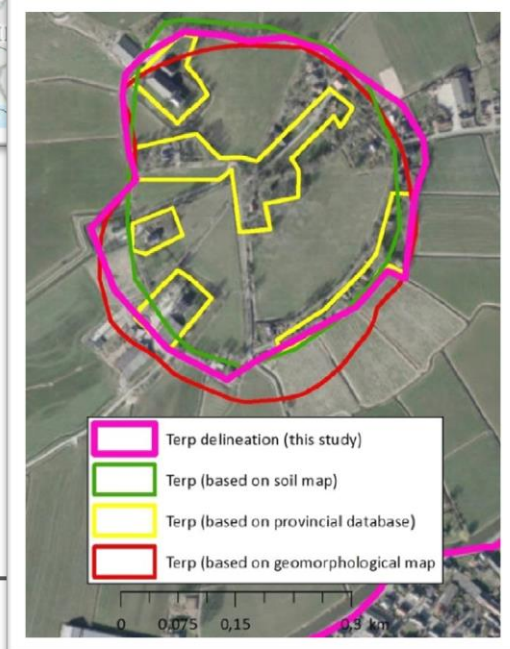
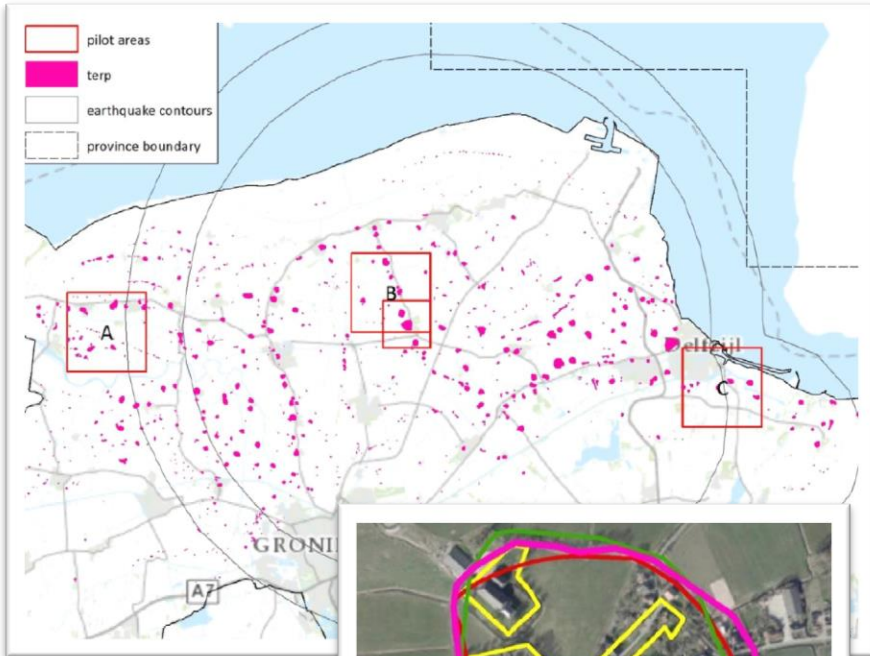


We doen nu hetzelfde met het meetnetwerk in Loppersum. De meetinstrumenten registreren seismische ruis die afkomstig is van de Waddenzee, Noordzee en de Atlantische Oceaan. Doordat deze trillingen van verder weg komen, zijn er meestal alleen nog lage frequenties in aanwezig. Dit betekent dat we er de eigenschappen van diepere lagen (tot ongeveer een kilometer diep) kunnen 'zien'.





# FLEXIBEL NETWERK WIERDEONDERZOEK



# De golven uit de Waddenzee trillen na in Loppersum

GERDT VAN HOFSLLOT



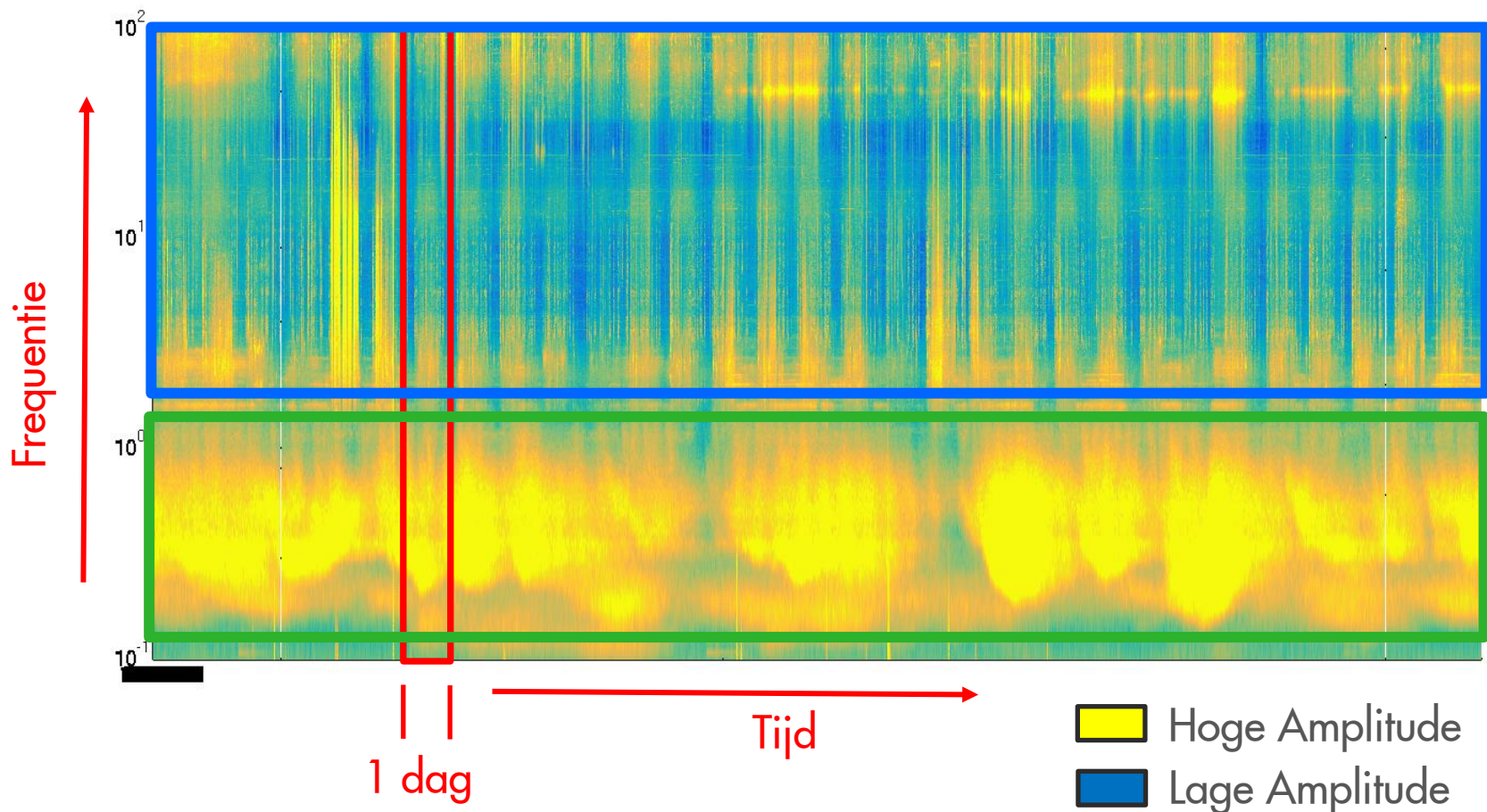
Jan Rossingh met een van de sensoren voor Groningen. FOTO ROSSINGH GEOPHYSICS

Het gaat de onderzoekers nu overigens niet in de eerste plaats om bodembeweging door aardbevingen. „De metingen zijn in de eerste fase bovengronds. We willen vooral natuurlijke trillingsbronnen vastleggen. Het gaat dan niet zozeer om het verkeer of de trein, maar bijvoorbeeld de kracht van golven. Die kunnen we prima meten. De golven uit de Waddenzee die uit het noordwesten komen trillen na in Loppersum en die trilling is goed te detecteren”, aldus Rossingh.



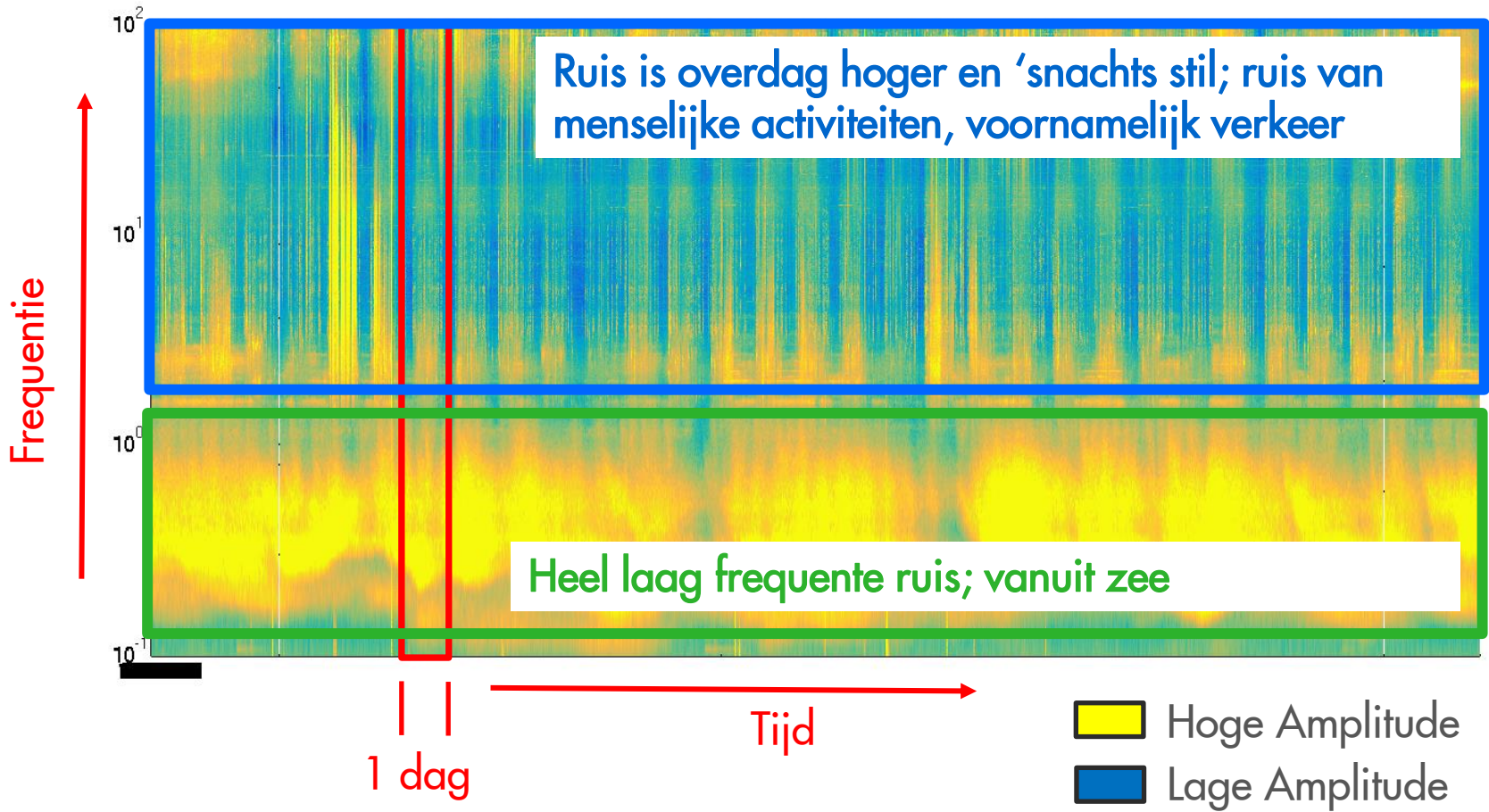


# FLEXIBEL NETWERK METINGEN LOPPERSUM





# FLEXIBEL NETWERK METINGEN LOPPERSUM

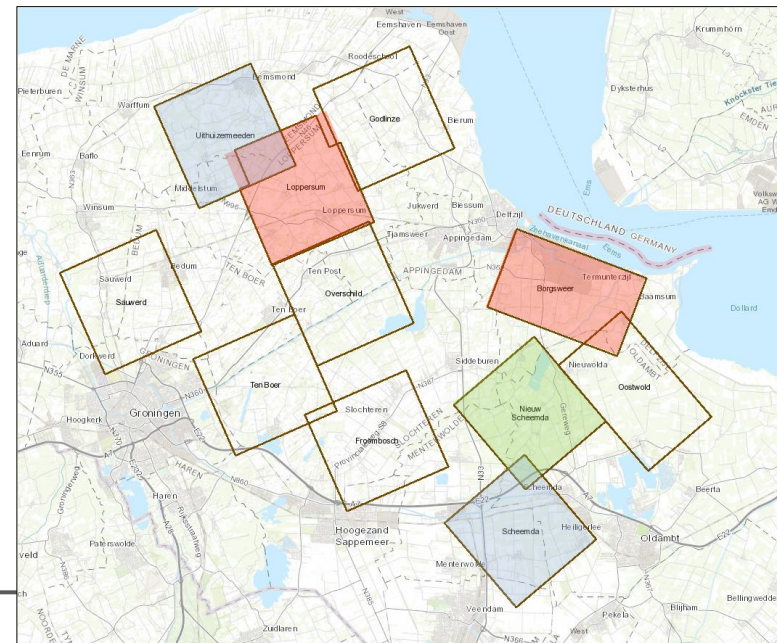




## FLEXIBEL NETWERK

### HUIDIGE STATUS VAN ONDERZOEK

- Data van de Vs800 survey Loppersum wordt geprocessed door SISPROBE (Grenoble, Frankrijk) en SEISMOTECH (Athene, Griekenland).
- Metingen bij Wierde Groot-Maarslag worden nu voorbereid.
- Meer grote metingen van ondiepe ondergrond (800 m) zijn gepland.



gedaan

momenteel

geplanned

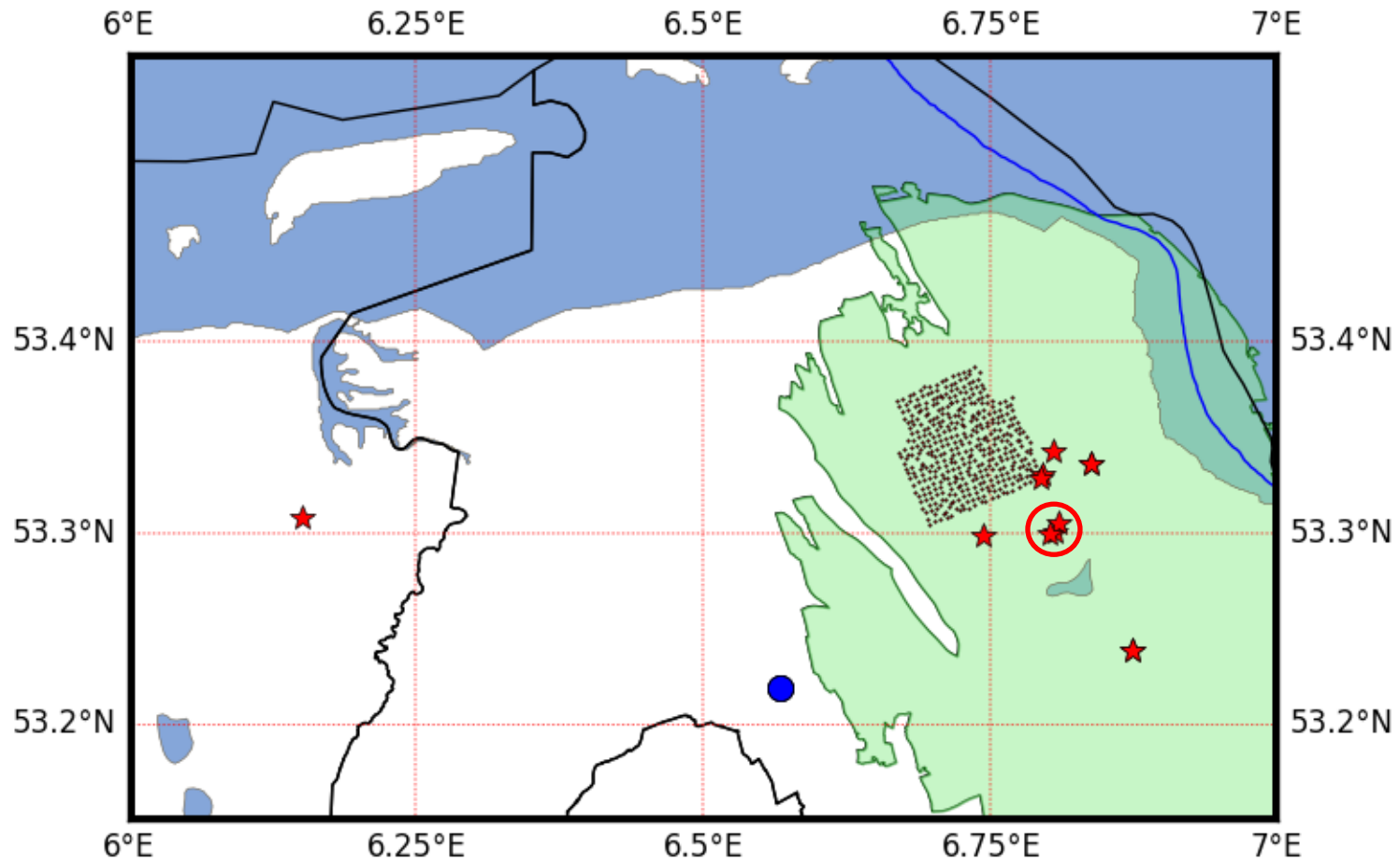
voorzien





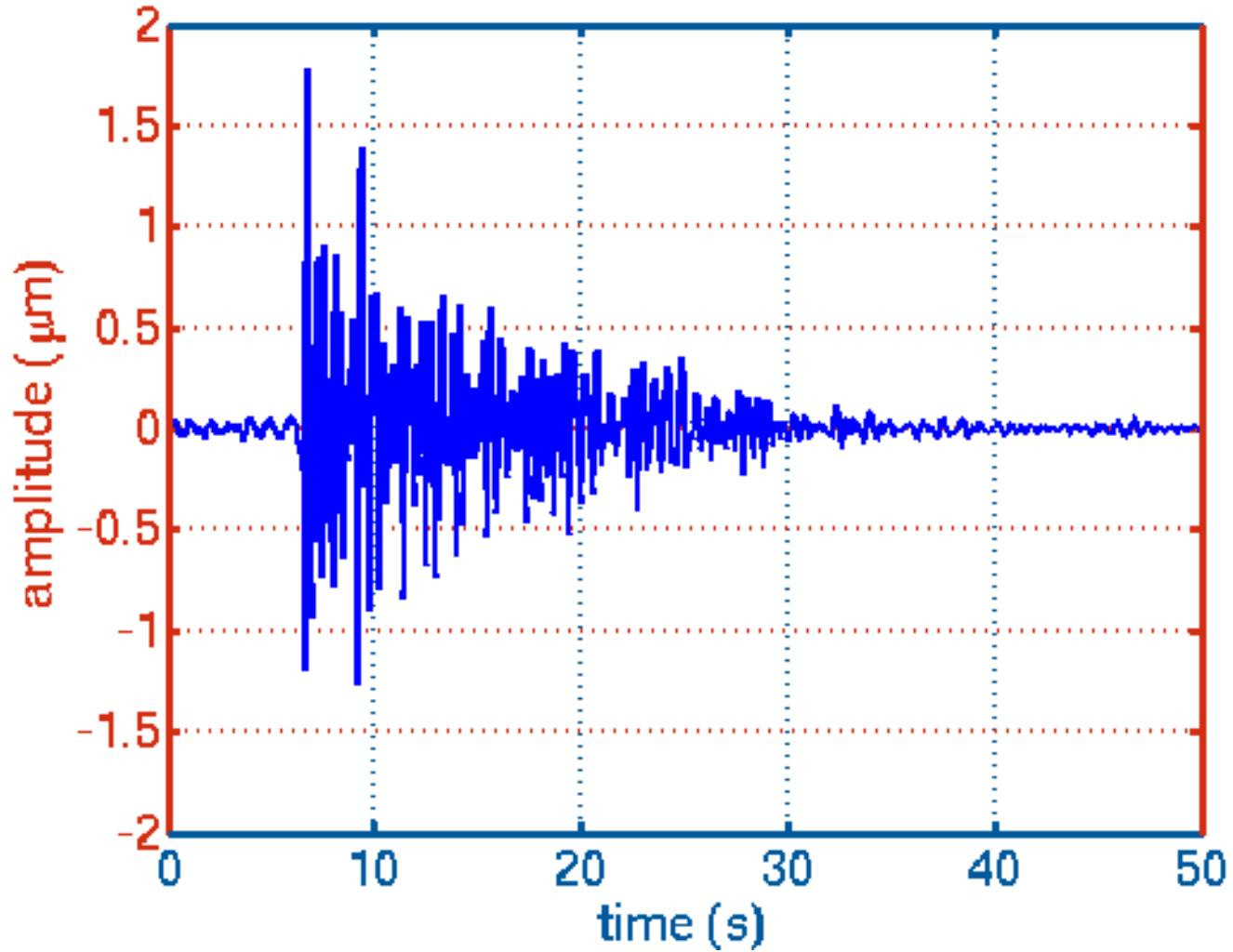
VOORBEELD

# AARDBEVING WIRDUM; $M_w=2.2$





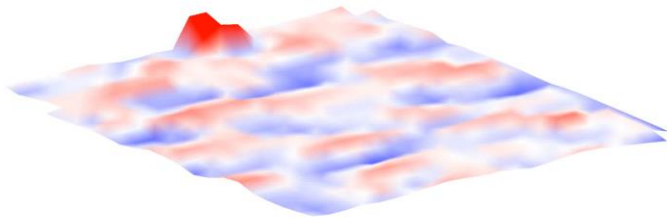
# VOORBEELD AMPLITUDE VAN DE AARDBEVING





# VOORBEELD ANIMATIE VAN DE GOLF

2016-11-01 00:57:44.004"



Verticaal

2016-11-01 00:57:44.004"



Radiaal





Google x Nederlandse Aardolie M... x Eerste gebruik...

www.nam.nl

NAM BRON VAN ONZE ENERGIE

Werken bij NAM | Schade melden | English information | Contact en Pers




Gas- en oliewinning | Veiligheid, milieu en schade | NAM en de samenleving | Techniek en innovatie | Feiten en cijfers | Nieuws

### Het winnen van aardgas

Aardgas is een van de belangrijkste energiebronnen van ons land. De meeste huishoudens en bedrijven in Nederland gebruiken aardgas.

[Het winnen van aardgas](#)

### Uitgelicht



Start | Cookie Preferences



Google x Onderzoeksrapporten | x Eerste gebruik...


www.nam.nl/feiten-en-cijfers/onderzoeksrapporten.html#iframe=L2VtYmVkl2NvbXBvbmVudC8/aWQ9b25kZkZl6b2Vrc3JhcHBvcnRibG==

NAM BRON VAN ONZE ENERGIE

Werken bij NAM | Schade melden | English information | Contact en Pers

Gas- en oliewinning | Veiligheid, milieu en schade | NAM en de samenleving | Techniek en innovatie | **Feiten en cijfers** | Nieuws

U bent in: Nederlandse Aardolie Maatschappij > Feiten en cijfers > Onderzoeksrapporten



### Onderzoeksrapporten

Hier vindt u de resultaten van onderzoeken die gedaan worden door NAM. Houd deze pagina regelmatig in de gaten voor updates.

#### Documenten downloaden

Loading...

#### Uitgelichte rapporten

- Meet- en Regelprotocol 2016**  
Meet- en Regelprotocol dat behoort bij het Winningsplan 2016 voor het Groningen-gasveld
- Bodemdaling rapport - december 2015**

Cookie Preferences

Browser tabs: Google, Onderzoeksrapporten | x

URL: [www.nam.nl/feiten-en-cijfers/onderzoeksrapporten.html#iframe=L2VtYmVkL2NvbXBvbmVudC8/aWQ9b25kZXI6b2Vrc3JhcHBvcnRibG==](http://www.nam.nl/feiten-en-cijfers/onderzoeksrapporten.html#iframe=L2VtYmVkL2NvbXBvbmVudC8/aWQ9b25kZXI6b2Vrc3JhcHBvcnRibG==)

Navigation: [Home](#) [Gas- en oliewinning](#) [Veiligheid, milieu en schade](#) [NAM en de samenleving](#) [Techniek en innovatie](#) **[Feiten en cijfers](#)** [Nieuws](#)

### Filter

**Zoeken**

**Periode**

Jaar  Maand

**Categorie**

[Toon alles](#) [Algemeen](#)

- Gaswinning
- Inklinken gaslaag
- Aardbevingen
- Grondbeweging oppervlak
- Krachten op huizen
- Sterkte van huizen
- Veiligheid

**januari 2017** Sorteer op: Datum (nieuw) ▼

---

**Petrographic Aspects of the Rotliegend of the Groningen field**  
 Inventarisatie van beschikbare petrografische data van het Groningen-gasveld.  
[Download](#) PDF | 6.3 MB ↓ 23

---

**Petrographic study of well Zeerijp-3A (ZRP-3A)**  
 Petrografisch onderzoek naar nieuwe gesteentekernen uit het Groningen-gasveld.  
[Download](#) PDF | 42.8 MB ↓ 16

---

**december 2016**

---

**Subsidence inversion on Groningen using levelling data**  
 Beschrijving van het modelleren en kalibreren van toekomstige bodemdaling door gaswinning in Groningen. ... [Lees meer](#)  
[Download](#) PDF | 4.6 MB ↓ 29

---

**TNO-report – A Monitoring Network Building Vibrations**  
 Resultaten van de analyse van geregistreerde trillingen door gebouwsensoren en veroorzaakte schade aan ... [Lees meer](#)  
[Download](#) PDF | 6.5 MB ↓ 40

---

**Schedule for Study and data Acquisition Plan**  
 Overzicht en tijdschema van uit te voeren studies over gaswinning en aardbevingen.  
[Download](#) PDF | 1.5 MB ↓ 96

---

**november 2016**

Cookie Preferences [↑](#)

# ONDERZOEKSPROGRAMMA TOEZICHT & SAMENWERKING



Staattoezicht op de Mijnen  
Ministerie van Economische Zaken



Modelling and Structural Analysis Consulting



ROSSINGH DRILLING

Drilling, Supply & Handling



A Baker Hughes Company



Rijksoverheid

ARUP

Deltares

Enabling Delta Life



Koninklijk Nederlands  
Meteorologisch Instituut  
Ministerie van Infrastructuur en Milieu



Universiteit Utrecht



rijksuniversiteit  
groningen



EUCENTRE

European Centre for Training and Research in Earthquake Engineering



## Toezicht en controle op onderzoek

1. Vrijwillig: onafhankelijke internationale experts en wetenschappelijke tijdschriften
2. Overheid: Wetenschappelijke Advies Commissie Groningen, SodM, KNMI en Tcbb
3. Publieke toetsing: Publicatie op [NAMplatform.nl](http://NAMplatform.nl)

Twee keer per jaar komen alle experts en instanties bijeen om de voortgang van het aardbevingsonderzoek te bespreken



**NAM**

GASWINNING

1

INKLINKEN  
GASLAAG

2

AARD-  
BEVINGEN

3

GROND-  
BEWEGING

4

BLOOTSTELLING  
HUIZEN EN  
MENSEN

5

STERKTE  
VAN HUIZEN

6

VEILIGHEID

7

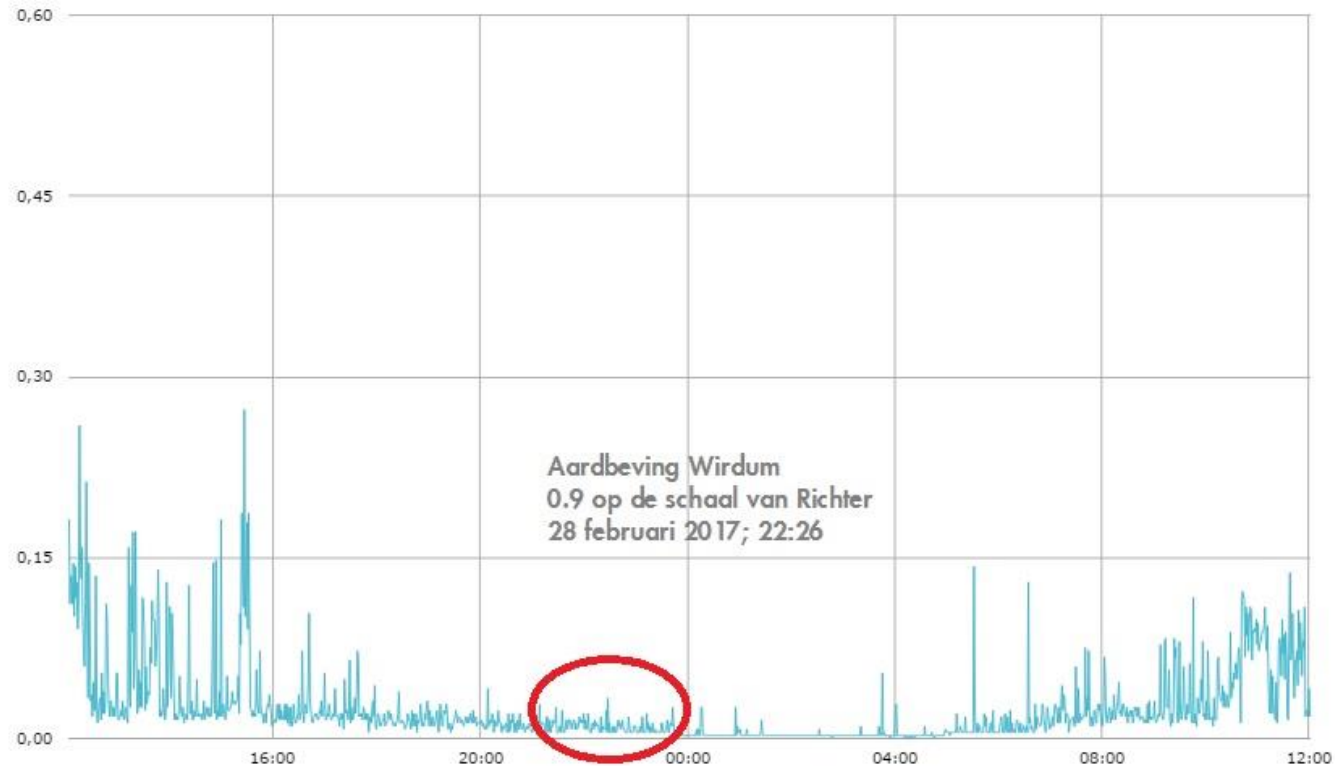


Instellingen

Gemeentehuis

Loppersum

snelheid (mm/s)



GASWINNING

1

INKLINKEN  
GASLAAG

2

AARD-  
BEVINGEN

3

GROND-  
BEWEGING

4

BLOOTSTELLING  
HUIZEN EN  
MENSEN

5

STERKTE  
VAN HUIZEN

6

VEILIGHEID

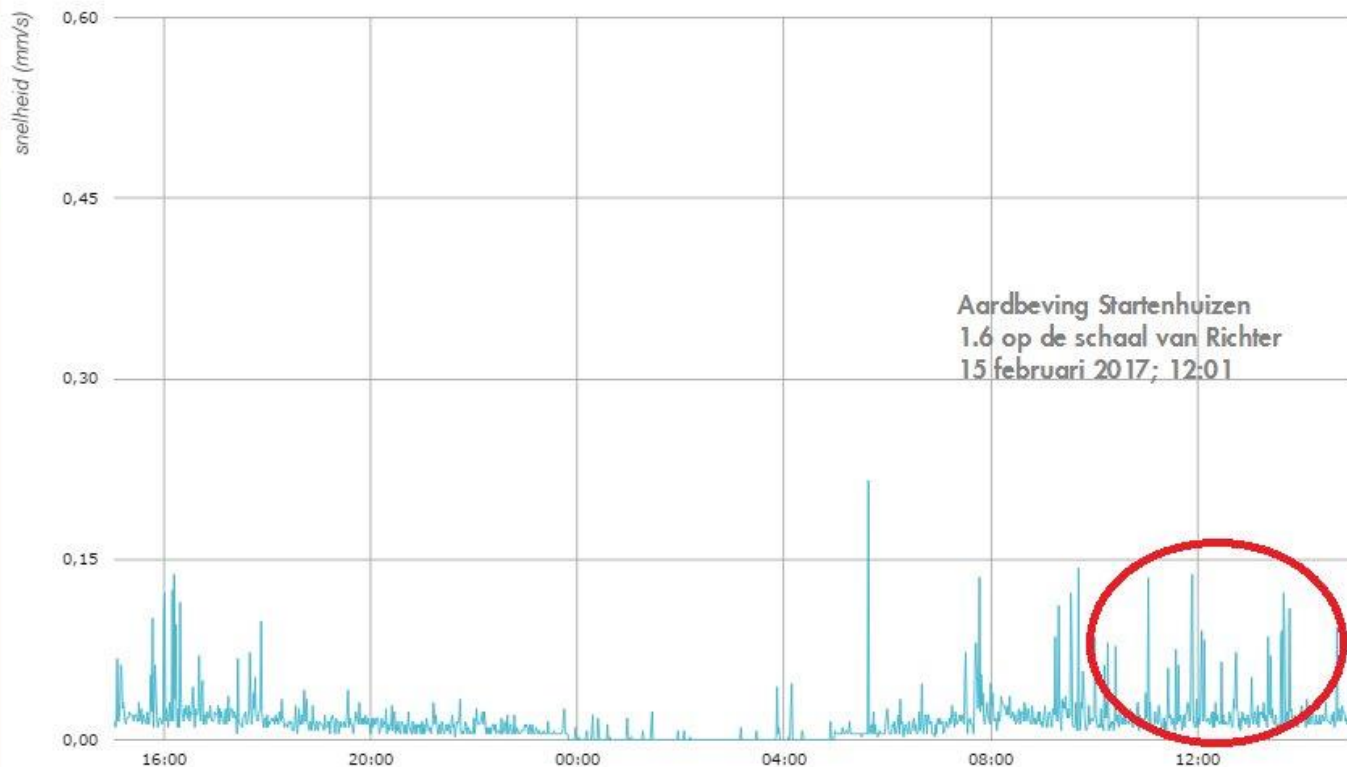
7



Instellingen

Gemeentehuis

Loppersum



GASWINNING

1

INKLINKEN  
GASLAAG

2

AARD-  
BEVINGEN

3

GROND-  
BEWEGING

4

BLOOTSTELLING  
HUIZEN EN  
MENSEN

5

STERKTE  
VAN HUIZEN

6

VEILIGHEID

7



## Instellingen

### Gemeentehuis

Slochteren

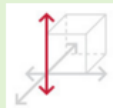
### Meteruitslag

30 september 2015 (20:05)

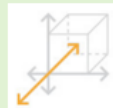
### Legenda



X-as



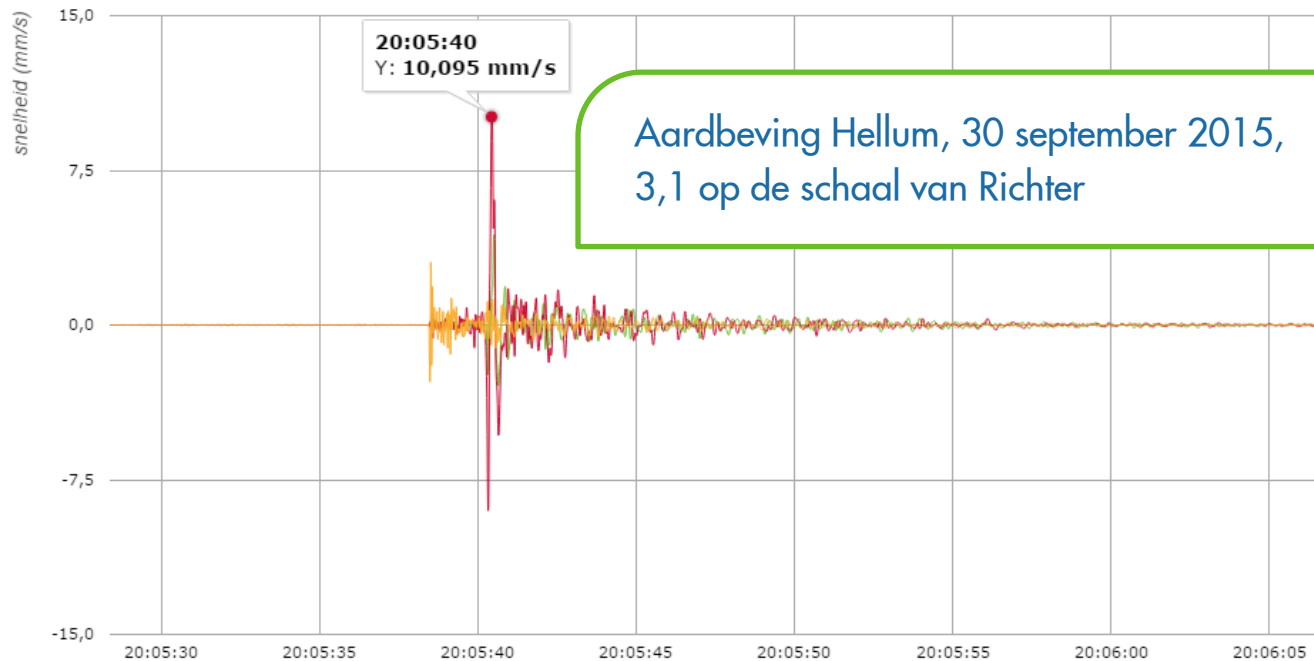
Y-as



Z-as

snelheid (mm/s)

versnelling (mm/s<sup>2</sup>)





# GASWINNING IN HET GRONINGEN GASVELD

## AARDBEVING HELLUM (3,1)

