



Geothermie in stad Groningen

**Fundamentele maar
onbeantwoorde vragen kunnen
een zware last zijn voor een
sympathiek- en duurzaam
project**

13 januari 2016



Inhoud presentatie

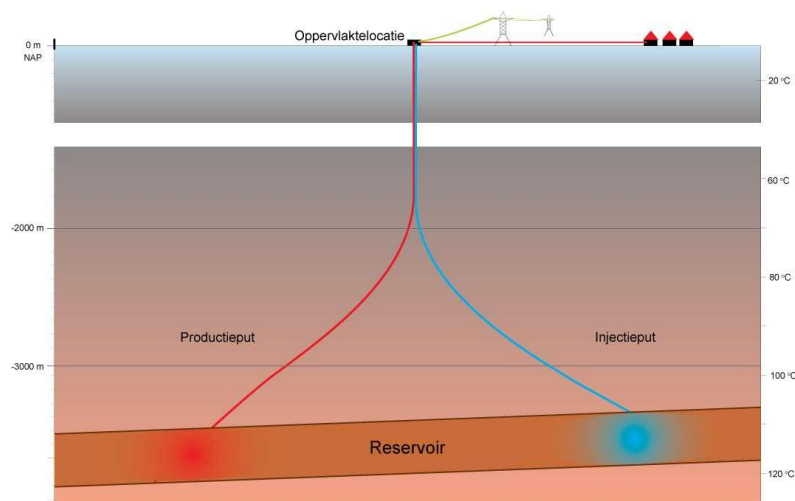
- Geothermie in de kinderschoenen in Nederland (1990-2002)
- Ontwikkelingen tot 2014 - 13 projecten met te voorziene problemen – Koekoekspolder
- Groningen – bijzondere locatie – gaswinning - bodemdaling – aardbevingen en zout
- Welke invloed heeft hoog zoutgehalte - scaling? – re-injectie problemen?
- Hoe realistisch zijn waarschuwingen voor hoge zoutgehaltes in de Rotliegendes aquifer
- Welke invloed heeft bodemdaling met horizontale bewegingen op geothermie boringen?
- Aardbevingen in de Groningen aquifer. Zijn die natuurlijk of geïnduceerd? Aquiferwerking
- Re-injectie (onder druk): hoe zwaar kunnen zulke aardbevingen zijn?
- Verschil in viscositeit tussen gas houdend heet water en koud water zonder gas
- Belang van (tilt) monitoring, reeds bij testen van de eerste boring en kiezen van het doublet
- Conclusies en aanbevelingen – alternatief Oost Groningen



Geothermie in NL: Wat vooraf ging 1990 - 2002

Professor Frans Walter (TUDelft) : groot voorbeeld en pleitbezorger voor geothermie in een gasverslaafd land (in memoriam 1996)

O.a. een afstudeerproject van onder leiding Walter (TUDelft) Gebruik putten van gaswinning voor geothermie (case N-H)



Uit CO2 ondergrondse opslag: Geochem 1995-1997 (Drabe, Zuurdeeg, Van der Gaag): Formatiewater in Nederland is bremzout pekewater, het zoutgehalte stijgt gemiddeld 50 gram zout per liter per kilometer . Verzadiging op 7km diepte



Oprichting platform geothermie (2002/2003)

<http://geothermie.nl/het-platform/>

Het initiatief tot het inventariseren van de wenselijkheid van de oprichting van een platform op het terrein van diepe geothermie is in 2002 genomen door RVO, destijds nog Novem geheten. In de tweede helft van 2002 heeft Novem hiertoe opdracht verstrekt aan Van Heekeren & Frima Consultants (VH&F) om de belangstelling onder marktpartijen te onderzoeken. Na een inventariserende ronde onder de bij Novem bekende stakeholders is een oprichtingsbijeenkomst georganiseerd. De oprichting van "Stichting Platform Geothermie" (SPG) is eind 2002 nog geformaliseerd.

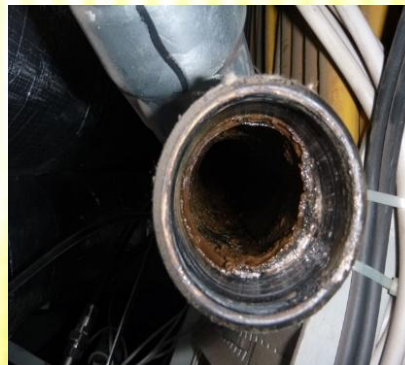
In 2003 is de Stichting aangevangen met de uitvoerende activiteiten. In de eerste jaren is low-profile gewerkt aan de realisatie van de eerste projecten



Is geothermie een optie voor de glastuinbouw?

**Van der Gaag en Zuurdeeg: de visie van een geoloog en een geochemicus
Nota voor het Productschap Tuinbouw, 25 november 2002**

De kwaliteit van het warme water is bij de winning van belang. Voor warm water uit de diepe ondergrond geldt vaak dat er in het water verschillende zouten zijn opgelost. Zeker daar waar zich zoutafzettingen in de ondergrond bevinden, kunnen zich hoge concentraties in het water oplossen. In het algemeen is water uit de diepe ondergrond erg zout en kan het exotische zouten als broomzouten en strontiumzouten bevatten. Wanneer het water juist vanwege deze zouten wordt gewonnen (thermaalbaden) is dit niet erg, echter wanneer heet water met veel vaak exotische zouten verzadigd in oplossing wordt opgepompt, kunnen zich bij het afgeven van de warmte allerlei afzettingen in de leidingen voordoen. Dit principe is welbekend uit de mijnbouwindustrie en wordt scaling genoemd. Naast corrosie van de leidingen treedt dus veel zoutafzetting gedurende het afkoelingstraject op.





Gross Schonebeck Rotliegendes aquifer (2003)

During extracting water with a mean flowrate of 1 m³/h, **lead precipitated** due to electrochemical re-actions among the solute metal ions in the fluid (**above all lead** - cadmium, nickel, copper play a minor role) and the more base iron of the steel tubing which were proven both in the well sump and on the pump. This is reflected when comparing the downhole and the headspace samples

Uit:

Wolfgramm, M., Seibt, A. (2003): Geochemical characteristics of the formation fluid identified during stimulation tests on the Rotliegend geothermal reservoir in the NE German Basin (NEGB), European Geothermal Conference 2003 (Szeged 2003) (Szeged (Hungary)).



Zout: issue bij geothermie in Groningen?

TNO-rapport NITG 05-009-A Haalbaarheidsstudie Aardwarmtewinning voor de gebiedsontwikkeling Groningen 24 bladzijden (2005)

Slechts 1 enkele vermelding (blz .6):over zout :

“Het terugpompen van het afgekoelde water is noodzakelijk omdat het geproduceerde formatie water in het algemeen een hoog zout gehalte heeft en om die reden lozing aan het oppervlak niet wordt toegestaan”.

Rapport marsroute – nauwelijks iets over zout

In 2014 en 2015 begint zout(gehalte) een rol te spelen



Koekoekspolder onverwacht?lood/zoutneerslag

5 jun. 2014

Problemen

aardwarmtebron Koekoekspolder opgelost

... Dat is een opsteker, na een zoektocht naar oplossingen voor twee **onverwachte complicaties: verstopping door neerslag in de bron en lichte radioactiviteit.**

Lood neerslag in injectiebuis

Omdat geothermie nog zo nieuw is, kom je soms voor onaangename verrassingen te staan. Tijdens een onderzoek in de injectieput in juli is gebleken dat het bronwater ook lood meevoert. Dit lood heeft geleid tot een verslechtering van de doorgang in de injectieput, waardoor de installatie is stilgelegd. Bovendien bleek dat dit lood voor een gering deel uit het loodisotoop PB210 bestaat.

Uit evaluatie:

Was het voorzien dat er zich een neerslag zou vormen?

Antwoord:

Het was niet voorzien dat er zich een neerslag (scale) zou vormen. Het aardwarmteproject in Koekoekspolder is het eerste geothermie project die uit de Rotliegendes/Slochteren-formatie water oppompt en weer terugpompt. **Het verschijnsel van neerslagen bij geothermie is nieuw, laat staan neerslagen met NORM-stoffen.**

Gross Schonebeck: 2003 (radioactieve) loodaanslag in de Rotliegendes formatiewater!



Belang zoutgehalte door de experts

“The quality of a geothermal reservoir mainly concerns **the chemical composition** of the fluid. Fluids may contain high content of **dissolved gas and high salt loads**. Materials exposed to hydrothermal fluids could be affected by corrosion. Depending on technology and selected materials, most fluid compositions encountered in Germany are manageable for geothermal exploitation. However, very strong saline fluids could pose a serious problem to the process of heat extraction due to precipitation of solids. en

Very high salt loads up to 330 g/L have been encountered in deep sandstones of the North German Basin”.^[1]

^[1] Thorsten Agemar *, Josef Weber and Rüdiger Schulz (2014) Deep Geothermal Energy Production in Germany, Energies 2014, 7, 4397-4416; doi:10.3390/en7074397



Zoutgehaltes Rotligendes zandsteen (BRD)

Gross Schonebeck zoutgehalte :265 gr / liter

[http://www.geo-
x.net/fileadmin/newsimages/summer_school_2012/geoen/su
mmerschool_2012_regenspurg.pdf](http://www.geo-x.net/fileadmin/newsimages/summer_school_2012/geoen/su
mmerschool_2012_regenspurg.pdf)

SW 71 Altmark 1* Rotligend (320.gr)

SW 71** Altmark 1* Rotligend (332gr)

Riu 119 Altmark 2* Rotligend (314gr)

Riu 119** Altmark 2* Rotligend (317gr)

Wat maakt geothermie Zernike riskant?

Nabijheid grootste gasveld Europa

Kans op gasbijvangst groot

Water onder 1 km zout (Rotligendes aquifer)

Kans op bremszout water

Aardbevingen in directe nabijheid

Niet alleen in gasveld maar ook in de aquifer (Peizermade) of erboven?

Boringen in bodemdalingschotel

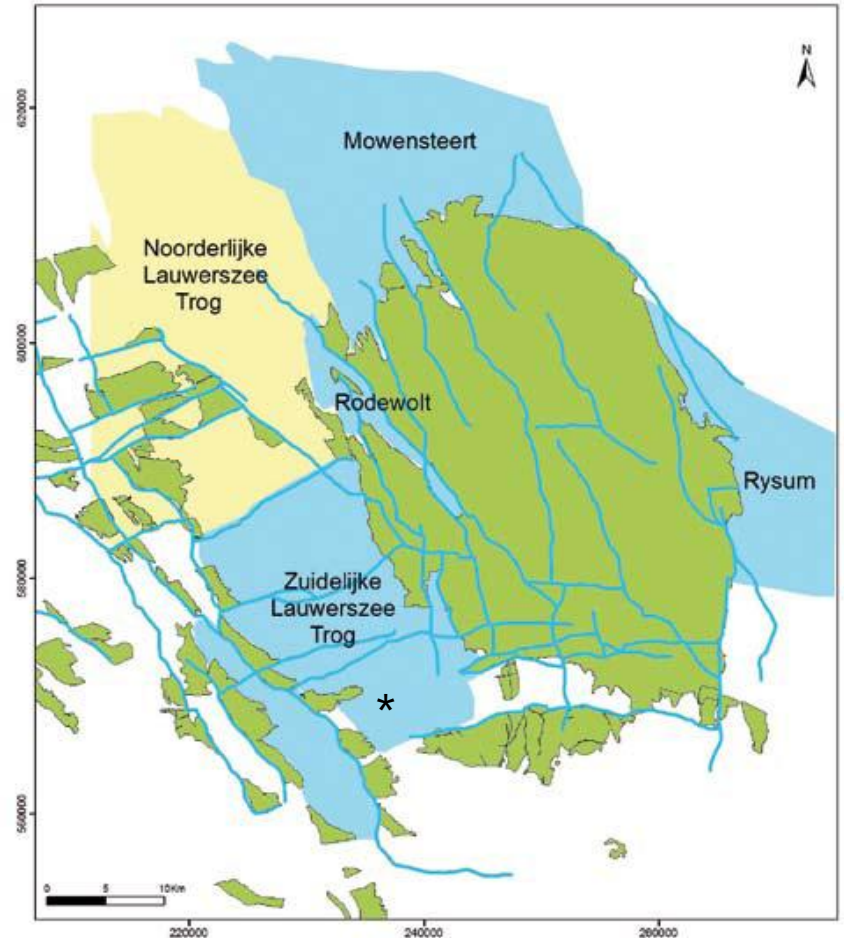
Horizontale (rek)krachten op boringen

Veel breuken in de aquifer en boven het zout de Kalk

Triggeren van deze breuken mogelijk?

Gebied rondom Zernike:

Sterk aardbevingsgevoelig -



Aquiferwerking of niet – **Mogelijke consequenties**



Kans op gas bij geothermie in Groningen?



De kans is groot, hier affakkelininstallatie uit Zuid-Holland augustus¹² 2015
(Vierpolders)



Implicaties gas in heet water in Groningen?

Positief: debiet zou groter kunnen zijn door gasdruk

Negatief: bij ontgassen van de bijvangst wordt re-injectie moeilijker



Bij ontgassen daalt zuurgraad,
Kalk gaat neerslaan –
Andere chemische processen?
Kans op zwavel

Toevoegen koud zoet water verlaagt weliswaar zoutgehalte maar
verhoogt volume van het te injecteren water

13



Hoog zoutgehalte en vrijkomend (CO₂)gas

Wanneer er gas in het water zit, gaat het water ontgassen wanneer het naar boven gaat (drukontlading)

In Groningen is de kans op bijvangst van gas groot, maar ook: wanneer er CO₂ in het gas/water mengsel zit – is de PH laag

Bij ontgassen van CO₂ gaat de PH omhoog, waardoor eerder scaling (neerslag) ontstaat, vooral calcium carbonaat en andere carbonaten slaan neer

Juist in het Rotliegendes formatie water zit (bij de bekende analyses in Duitsland) een hoog Ca – gehalte (door anhydriet?)

Kans op snelle en grote hoeveelheid kalkaanslag is bij ontgassing aanwezig?



Re-injectie alleen onder zeer hoge druk

Een voorbeeld : bij afkoeling van water van 150 graden Celsius tot 60 Celsius graden, bleek dat viscositeit toenam met factor 3,5 (temperatuur en zoutconcentratie afhankelijk).

Het gevolg is dat er alleen onder hoge injectiedruk dezelfde hoeveelheid water kan worden teruggebracht in de aquifer - eigenlijk ben je dan aan het fracken

Op een wijze die meer risico met zich meebrengt dan fracken bij Saaksum

In het Westland deed zich dit probleem met zout formatie water reeds voor – (zoutgehalte water Westland < 100 gr/liter), extra injectieput nodig

Hoge injectiedruk in een aquifer met breuken brengt risico mee op aardbevingen



Aardbevingen bij re-injectie komen voor

(zelfs in gebieden zonder seismische activiteit)

<http://www.gns.cri.nz/Home/News-and-Events/Media-Releases/micro-earthquakes>

Micro earthquakes triggered by geothermal re-injection commonly occur between 2 and 4 km below the surface, the depth where they are re-injected. At this depth a micro earthquake as small as magnitude 2 may be felt nearby, only usually as a small vibration.

The largest micro-earthquake in a developed field in new Zealand thought to be associated with geothermal re-injection has been magnitude M 3.5, thought most are smaller than magnitude 3

Natalie Starkey

Thursday 11 July 2013 19.00 BST Last modified on Thursday 22 May 2014 01.21 BST

Pumping water underground at geothermal power plants can lead to dangerous earthquakes **even in regions not prone to tremors, according to scientists.**

They say that quake risk should be factored into decisions about where to site geothermal plants and other drilling rigs where water is pumped underground – for example in shale gas fracking.

Onvoldoende bekend is het optreden van aardbevingen door “thermal shock”



Aquiferwerking : wel of niet – gevolgen?

Aquiferwerking kan plaatsvinden, wanneer er een drukverschil in de ondergrond wordt gecreëerd, bijvoorbeeld door gaswinning (Slochteren)

Aquiferwerking vindt niet plaats wanneer er geen gas wordt gewonnen

Maar vindt ook niet plaats wanneer er geen druk communicatie is – bv Wanneer ondoorlatende breuken de communicatie verhinderen

Citaat NAM over de Groningse aquifer:

*Het aquifer aan de westkant van het Groningen-veld blijkt tot nu toe nog steeds niet in druk te zijn gedaald en dus geen drukcommunicatie te hebben met het Groningen-veld.”**[1]***

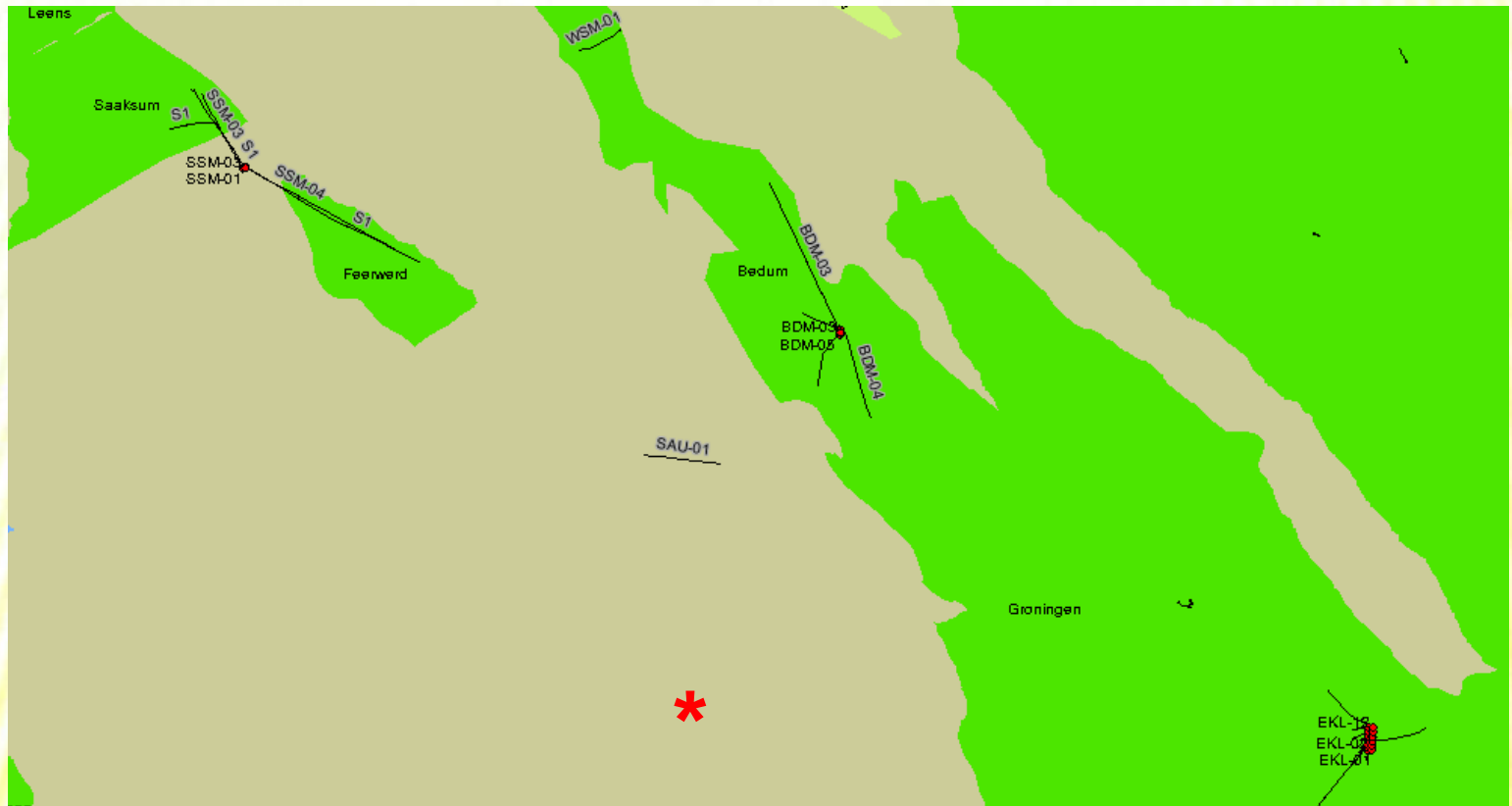
[1] NAM, Bodemdaling door aardgaswinning, Statusrapport 2010 en prognose tot het jaar 2017:

http://www.commissiebodemdaling.nl/files/nam_bodemdalingsrapport2010.pdf

Is de Groningse aquifer een gesloten tank, met verschillende compartimenten gescheiden door breuken met verschillende waterniveaus of is er 1 waterniveau met afsluitende breuk tussen Slochteren en de aquifer? Wat zegt Bedum 5 ons ?



Bedum – Sauwerd - Zernike



Wordt drukdaling Bedum 5 veroorzaakt door aquiferwerking Zernike of ?



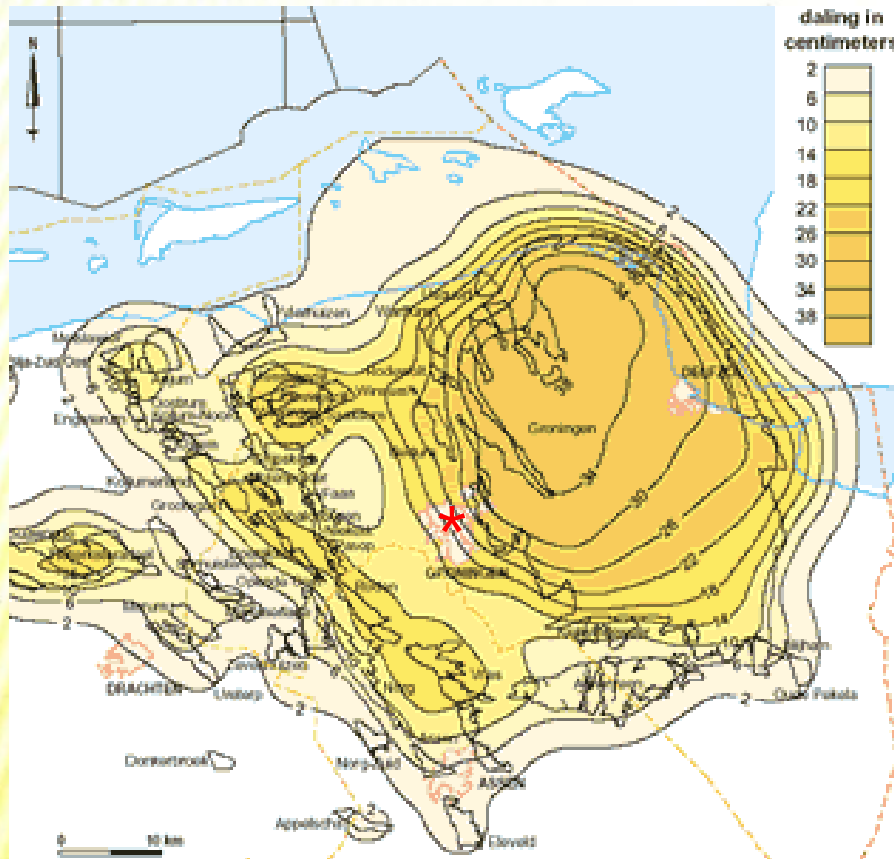
Aquiferwerking → drukdaling met gevolgen

Wanneer er drukdaling in de aquifer van Zernike zou zijn opgetreden, zou men sterke bodemdaling verwachten.

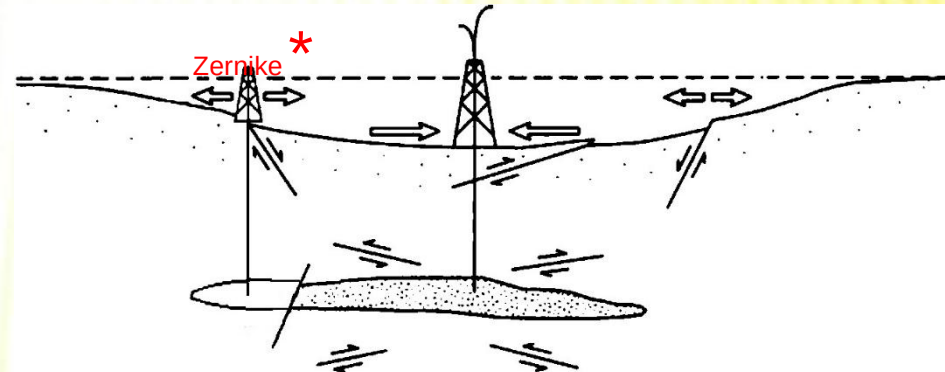
Mogelijke ontgassing op aquiferniveau zou (extra) bodemdaling kunnen hebben verhinderd. Dan zou gas aan de bovenkant van de aquifer aanwezig zijn.

Een drukdaling van 150 bar leidt tot ontgassing in de diepe ondergrond en tot directe neerslag in de aquifer zelf, daardoor zal het water veel langzamer gaan stromen en het ontsnapte gas zal in de halflege aquifer naar boven tegen het zout aan migreren, met daaronder (nauwelijks?) stromend water

Gevolgen bodemdaling (gas) voor geothermie



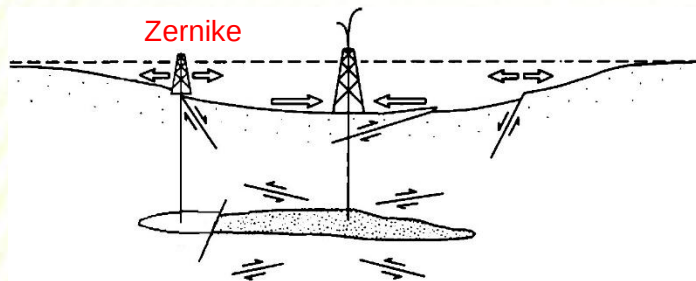
De Groningse aquifer bevindt zich in de invloedssfeer van de bodemdalingschotel van Slochteren



HIT BV gemodificeerd naar Segall

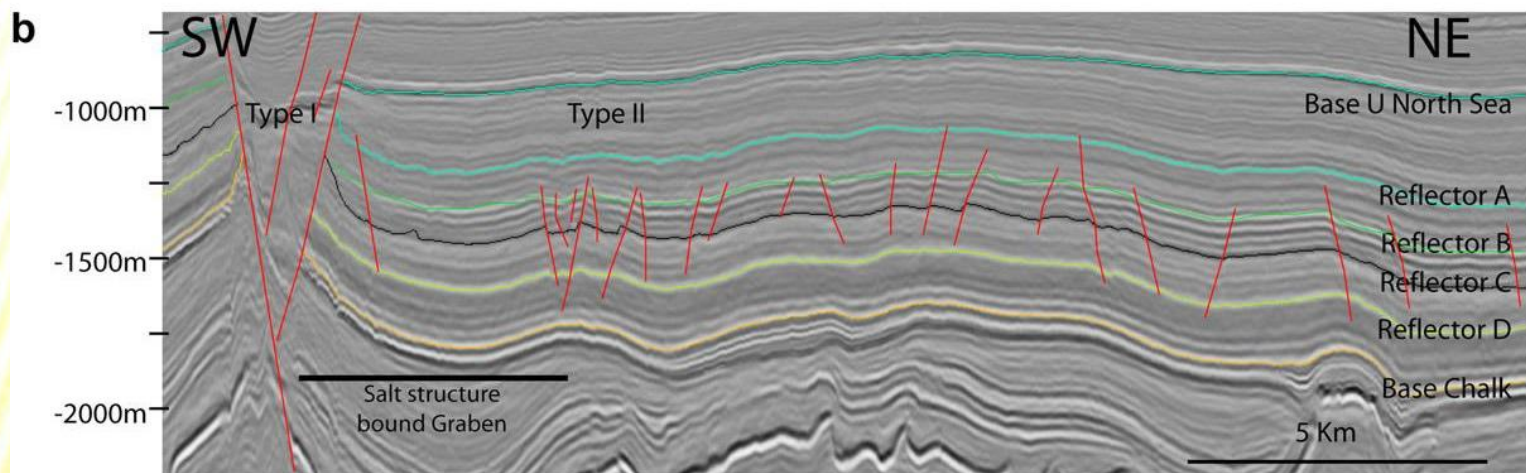
Daardoor ontstaat er rek in de gesteente-Formaties boven de aquifer met horizontale verplaatsing in de orde van 0,1mm/j?

Gevolgen bodemdaling(gas) voor geothermie



25 cm op 3km afstand van Zernike

Welke consequenties heeft dit voor de verbroken keiharde Ommelandenkalk?



Doorsnede door Slochteren – SW zoutstructuur Groningen met breuken – links daarvan (niet te zien) Zernike aquifer - breuken in kalk op 1100-1500 meter

bodemdaling ca 25 cm op 3km afstand van de beoogde geothermie putten

Uit Frans onderzoek komt dat een breuk van 30 meter bij een verzet van 1mm een magnitude 1 aardbeving veroorzaakt die op 2 km van hypocentrum is te voelen



Huidige aardbevingen, natuurlijk/kunstmatig?

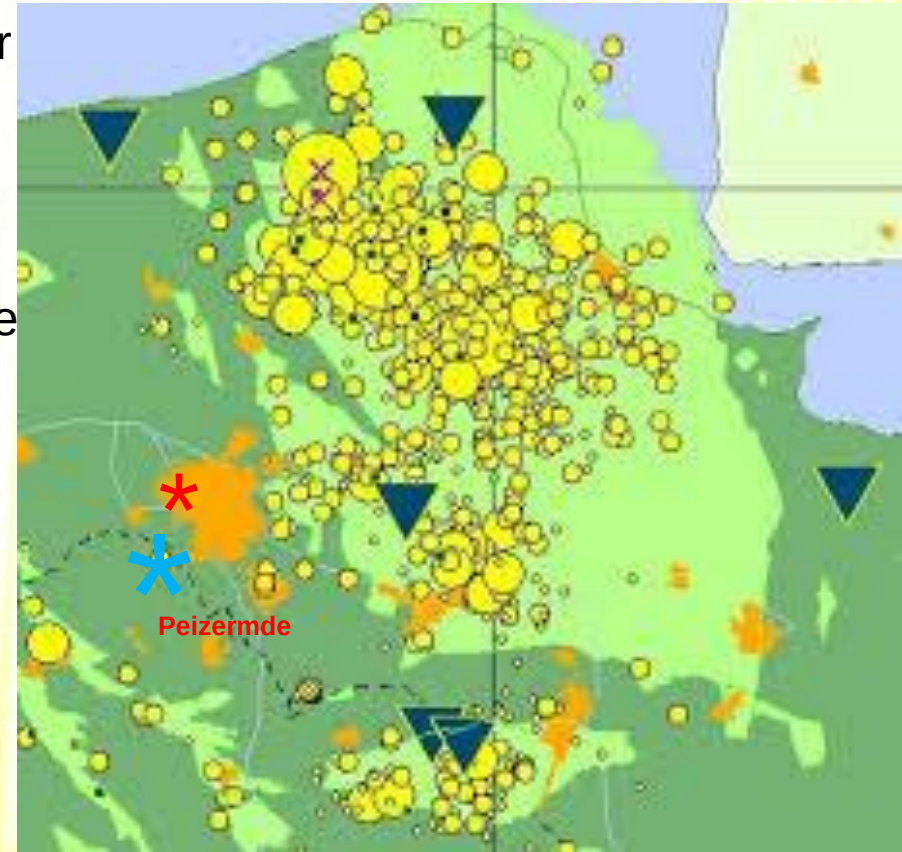
In 2006 vond een opvallende aardbeving plaats bij Peizermade (M1.8) op 7 kilometer afstand van het aardgasveld * en ongeveer

4 km * van Zernike

Volgens NAM is er geen drukverlaging in de aquifer, was deze aardbeving natuurlijk?

Was de aardbeving boven het zout?
Door rek in de keiharde kalk?

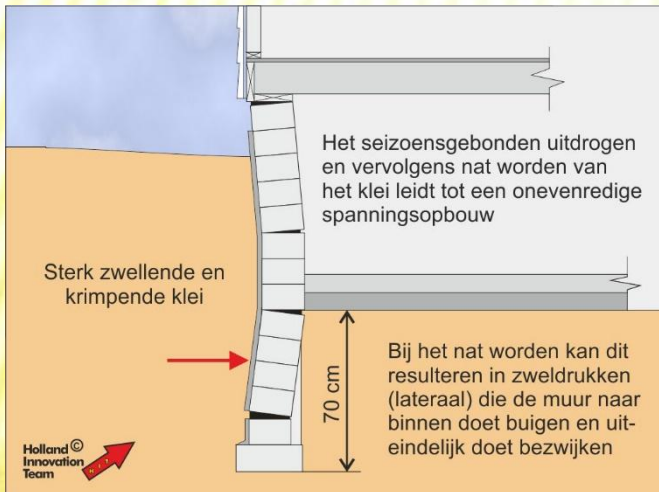
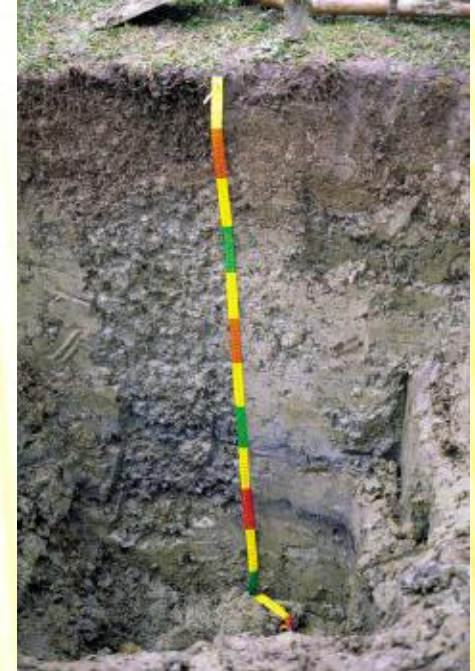
Zijn de aardbevingen bij Haren eveneens natuurlijke bevingen in de aquifer of erboven in de invloed van de bodemdalingschotel o.i.v spanningsveranderingen boven het zout?





Knipklei Zernike:aardbevingsgevoelig

- ✖ Pik- knik- en knipklei (Noorderbreedte – profiel)
- ✖ Het Zerniketerrein, ten noorden van de Groninger stadswijk Paddepoel, is gebouwd op jonge zeeleig grond. Het getoonde bodemprofiel, afkomstig van dat Zerniketerrein, bestaat grotendeels uit zogenoemde knipklei. Dit is een zware kleisoort. Een zware klei die ook nog kalkloos is, heeft nauwelijks structuur en is heel moeilijk te bewerken. Onder natte omstandigheden is knipklei helemaal dichtgezwollen en kan het water niet meer weg, terwijl het in de zomer droogtegevoelig is en keihard kan worden.



Noordzijldervest schreef in 2011 peilbesluit Paddepoel:: “ Belangrijk kenmerk van de knipklei zijn de sterke krimp- en zweleigenschappen. In de zomer ontstaan bij droogte daardoor snel scheuren in de ondergrond.



Monitoring geothermie : tiltsensors worldwide

EVALUATION OF SUBSURFACE FLUID MOVEMENT BY USING HIGH PRECISION TILTMETERS

Tiltmeters have undergone rapid evolution in recent years, and can provide higher accuracy and greater resolution at depth. Surface tilt can be directly related to volume change in the subsurface associated with fluid injection or withdrawal, The tiltmeter survey promises to provide a non-invasive method for directly monitoring subsurface volume change due to injection or production

Proceedings World Geothermal Congress 2000 Kyushu - Tohoku, Japan,

** Op 17 augustus heeft Holland Innovation Team warmtestad geattendeerd op het bestaan van tiltmeters en het nut daarvan bij geothermie



Conclusies: Geothermie stad Groningen

Tot nu toe is geen aandacht besteed aan spanningsveranderingen boven de aquifer door de invloed van gaswinning aan beide kanten van de aquifer

Rek zou kunnen leiden tot aardbevingen en risico op lekkage.

Er is geen aandacht besteed aan mogelijke gevolgen van aquifer werking (ontgassing op reservoir niveau of aan het maaiveld.?)

Er wordt geen rekening gehouden met het feit dezelfde hoeveelheid water na afkoeling (en ontgassing?) bij hogere viscositeit slechts onder hoge druk terug geïnjecteerd kan worden wat lijkt op fracken met kans op aardbevingen.

Chemische processen zijn (nog) niet geheel gemodelleerd

Er is (nog) niet gekeken naar aardbevingsgevoeligheid bovengronds



Aanbevelingen: second opinion met

Studie naar WEL of GEEN aquiferwerking en de implicaties

Studie naar (mogelijke) chemische samenstelling formatiewater en modellering mogelijk neerslag/scaling. (met daarin een analyse van mogelijk kalkaanslag door toename PH (afname zuurgraad)) bij ontgassing boven dan wel ondergronds

Begin een studie naar toename viscositeit en schat met welke druk injectie moet plaatsvinden om eenzelfde hoeveelheid water terug te injecteren (verschillende cases).

Begin studie naar de oorzaak van de aardbevingen in Haren en Peizermade en inventariseer de mogelijke site effects (aardbevings-gevoeligheid rondom Zernike).

Start een studie naar breuken boven het zout in de harde Krijtkalk (met daarin het effect van horizontaler verplaatsingen (mm/j) tgv gaswinning op geothermie boringen en de extra veiligheidsmaatregelen die wellicht moeten worden genomen

Start een tiltmeter studie die geothermie kan bevoordelen/goedkoper maken

Kijk naar alternatieven in Groningen: **Oost Groningen?**



Nieuw concept: Geothermie and tiltmeters

Hi Peter, Absolutely, you should definitely protect the concept, I have never mentioned it to anyone and won't until you say its OK to do so.

I spoke to a contact of mine in Berlin who is the Senior Manager for Germany Trade and Invest for Geo Energy this morning, and he can put us into contact with the top directors for Geothermal Energy development in the EU and also Germany - he was very interested in the concept of mapping ground surface disturbances associated with geothermal production. He wants us to put together a one page description of how we (ie HIT and partners) could employ tilt sensors to map for any ground disturbances related to geothermal production. He said that geothermal is like the oil and gas industry in the 1930's - everyone still uses Doublet systems (i.e. dedicated injection and extraction wells) even though it costs 2 Million Euro per km to drill a well. There is huge opportunity to innovate in this sector, so the use of tiltmeters and your concept could find significant application as geothermal technology develops. Thanks for sending the link! Cheers, Gordon



Dank U voor uw aandacht

Peter van der Gaag

Holland Innovation Team BV

13 januari 2016

Gemeenteraad Groningen