





Gasopslag Bergermeer Microseismische monitoring

Jaarrapportage

2014

Het jaarverslag microseismisch monitoring van het Bergermeer veld geeft een overzicht van de activiteiten en resultaten over het rapportage jaar 2014 (1-okt-2013 tot en met 30-sep-2014). Het KNMI maakt gebruik van data die dagelijks rechtstreeks via een ADSL verbinding worden doorgestuurd van het microseismisch monitoringsysteem dat is geïnstalleerd in het Bergermeer veld in de put BGM-05. De wekelijkse rapportages door Magnitude (het bedrijf dat de metingen technisch verzorgt) worden samen met de evaluatie van het KNMI als basisgegevens voor dit rapport gebruikt. De resultaten van microseismisch monitoring vormen de basis voor het verkeerslicht veiligheids management systeem, zoals overeengekomen tussen TAQA en SodM.

Sign.	Datum	Sign.	Datum
	29-3-2016		19-4-2016
T.T. Scherpenhuijsen		W.J. Plug	
Author		Subsurface Manager	
Prepared		Authorized	



INHOUD

In het jaarverslag worden de metingen en veranderingen van het voorgaande monitoring jaar (1-okt-2013 tot 30-sep-2014) gerapporteerd. De locaties van de categorie-I trillingen worden op een kaart weergegeven (Figuur 1) en in een grafiek waarin de microseismische magnitudes gemeten gedurende het rapportagejaar tegen de tijd worden uitgezet (Figuur 2).

Er is een referentie rapport opgesteld waarin opstellingen en meetgegevens die over langere tijd constant of vrijwel constant zijn, staan vermeld. Het referentie rapport verstrekt achtergrond informatie die de maandelijks en jaarlijkse verslaggeving ondersteunt. Lezers die niet bekend zijn met het referentierapport over microseismische monitoring in het Bergermeer veld wordt aangeraden eerst het referentierapport te lezen alvorens dit jaarverslag te raadplegen (Ref. 2).

CONCLUSIES

- Het microseismisch monitoring systeem heeft gedurende het monitoring jaar (1-okt-2013 t/m 30-sep-2014) goed gewerkt.
- Sinds het begin van de metingen (inclusief de test in februari 2010) zijn 6 categorie-I trillingen gemeten (Tabel-1 en Fig. 1).
- Alle tot nu toe gemeten trillingen vallen ruim binnen de groene zone van het 'verkeerslicht veiligheids management systeem' (VMS; Ref. 1).
- De microseismische activiteit gedurende het rapportage jaar (123 waargenomen trillingen van 1-okt-2013 t/m 30-sep-2014) is toegenomen in vergelijking met het voorgaande jaar (15 waargenomen trillingen 1-okt-2012 t/m 30-sep-2013). Trillingen van ver buiten het veld worden niet in de rapportage over Bergermeer meegenomen, maar staan wel in de tabel in het referentie rapport.
- Aanpassing van de huidige gasopslag activiteiten is niet noodzakelijk.
- Op 17 januari 2014 is het microseismisch monitoringsysteem na onderhoud terug geplaatst in de BGM-05 put. Na stabilisatie hebben de geofoons, vanaf 19 januari, naar behoren gefunctioneerd. Op 29 januari is kanaal 6 maal uitgevallen; omdat de detectie gevoeligheid en nauwkeurigheid hierdoor slechts in geringe mate door beïnvloed worden is besloten om met reparatie te wachten tot de volgende onderhoudsbeurt.

MICROSEISMISCHE OBSERVATIES

Sinds medio september 2013 zijn 123 microseismische trillingen waargenomen, in het voorgaande rapportage jaar waren dit 15 microseismische trillingen. Er zijn sinds het begin van de metingen geen trillingen gemeten met een magnitude die gelijk is aan of groter dan $M \geq 1.5$.

Twee trillingen werden geregistreerd met een magnitude > -1.4 in de nabijheid van het Bergermeer veld (Categorie II). 20 trillingen werden geregistreerd met een magnitude < -1.4 in het reservoir (Categorie III). 82 trillingen werden geregistreerd met een magnitude < -1.4 boven het reservoir (Categorie III). 10 trillingen werden geregistreerd met een magnitude < -1.4 onder het reservoir (Categorie III). En 9 trillingen zijn geregistreerd met een magnitude > -1.4 die niet afkomstig zijn uit het Bergermeer veld.

Document ECM number	Revisie datum	Pagina
TEN_DM-#176717-Jaarrapportage Microseismisch Monitoren 2014	29-3-2016	2 van 7



GEGEVENS EN INTERPRETATIES

De vermelde gemiddelde reservoirdrukken in deze rapportage (P_{average}) zijn gebaseerd op de drukken van twee putten, een put in block 1 en een put in block 2, die voor korte tijd zijn ingesloten. Uit recente metingen is waargenomen dat het veld zich op korte tijdschaal, de periode waarin deze putten ingesloten zijn, niet stabiliseert. De drukken zoals weergegeven in Tabel 1, Figuur 2 en Figuur 3 zullen ten tijde van injectie een overschatting zijn van de gemiddelde blokdrukken. Het tegenovergestelde geldt voor de productieperiode.

De drukken en het drukverschil tussen beide reservoirblokken ten tijde van waargenomen categorie I trillingen staan in Tabel 1. Het recente gebruik van meerdere putten in beide reservoir blokken maakt nauwkeuriger reservoir management mogelijk, wat heeft geresulteerd in het verder afnemen van het drukverschil over de centrale breuk van 35 bara in augustus 2013 naar 4.5 bara in september 2014. Het verloop van de gemiddelde reservoir druk en het druk verschil over de centrale breuk en de microseismische activiteit zijn in Figuur 2 en Figuur 3 weergegeven.

Het tot nu toe gemeten ruisniveau maakt registratie van zeer zwakke microseismische trillingen mogelijk ($M \geq -3.0$) (Referentierapport Fig. 9). De signaal/ruis verhouding varieert uiteraard met de sterkte van het gemeten signaal. Voor alle waargenomen trillingen geldt, dat de plaatsbepaling beperkt is door een betrekkelijk grote onzekerheid, in de orde van vele tientallen tot enige honderden meters horizontaal en tot ongeveer het dubbele hiervan verticaal. De plaatsbepaling zoals die nu toegepast wordt is een combinatie van de meest waarschijnlijke berekende locatie en geologische elementen in de buurt van de berekende locatie. Van een waarneming die in de buurt van de centrale breuk lijkt te liggen wordt aangenomen dat de meest waarschijnlijke situatie is dat de trilling inderdaad met de breuk te maken heeft, ook al is dat op basis van uitsluitend de meetnauwkeurigheid niet met zekerheid vast te stellen.

Er is nog geen statistisch verantwoorde correlatie te leggen tussen microseismische activiteit en gasinjectie. De waarnemingen bevestigen echter een correlatie van verminderde microseismische activiteit in het reservoir met verhoogde reservoir druk en of een lager drukverschil over de centrale breuk.

Trillingen met $M < 1.5$ worden als microseismische trillingen beschouwd, omdat trillingen pas vanaf $M = 1.5$ geregistreerd worden door geofoons aan de oppervlakte. Voor kleine magnitudes ($M < 1.5$) is een gefoon in de nabijheid van het reservoir nodig, zoals de geofoons in BGM-5.

Volg nr.	Datum (dd/mm/yyyy)	Tijd (uu:mm:ss)	X(m)	Y(m)	Z(m)	Magn.	Afstand (m)	¹ P _{res.lokaal} (bara)	ΔP_{breuk} (bara)
Categorie-I trillingen met een magnitude >-1.4 en geassocieerd worden met de centrale breuk									
11	04/09/2010	08:21:31	109504	518104	-1948	-1.11	1125	37	13
19	12/12/2010	15:17:08	109129	518317	-1992	-0.17	799	43	20
72	14/09/2011	14:06:01	109109	518672	-2223	-0.98	445	55	32
145	09/11/2011	05:09:54	109349	518173	-1855	-0.73	1022	59	35
207	29/03/2012	09:22:52	108988	518997	-2190	-0.84	115	69	40
227	06/03/2013	11:25:26	109369	517690	-2000	0.70	1076	69	32

Tabel 1 . KNMI interpretatie van microseismische categorie I trillingen

¹ Deze druk is gebaseerd op lokale drukmetingen in de putten en geldt niet als gemiddelde reservoirdruk

Document ECM number	Revisie datum	Pagina
TEN_DM-#176717-Jaarrapportage Microseismisch Monitoren 2014	29-3-2016	3 van 7



Categorie-I: Trillingen met een magnitude >-1.4 en geassocieerd worden met de centrale breuk

Trillingen die sterk genoeg zijn ($M > -1.4$) om langs de gehele lengte van de centrale Bergermeer breuk waargenomen te kunnen worden en zich ook in de buurt van de breuk gemanifesteerd hebben. Alle 360 tot nu toe waargenomen trillingen van alle categorieën, zijn te vinden in Tabel 1 van het referentie rapport (Ref. 2).

Categorie-II: Trillingen in de nabijheid van het Bergermeer veld met een magnitude van >-1.4 en niet geassocieerd worden met de centrale breuk

Trillingen die sterk genoeg zijn ($M > -1.4$) om langs de gehele lengte van de centrale Bergermeer breuk waargenomen te kunnen worden, maar die buiten het Bergermeer veld liggen of duidelijk niet met de centrale breuk geassocieerd zijn.

Categorie-III: Uitsluitend dicht bij de observatie put waarneembare trillingen.

Trillingen die te zwak zijn om langs de gehele lengte van de centrale breuk waargenomen te kunnen worden ($M \leq -1.4$). Deze categorie trillingen vormt voornamelijk een cluster rond de observatieput. De locaties van dergelijke trillingen zijn daarom niet representatief voor de gehele breuk.

SPECIALE WAARNEMINGEN EN WERKZAAMHEDEN

Op 17 januari 2014 is het microseismisch monitoringsysteem na onderhoud terug geplaatst in de put BGM-05. Na stabilisatie hebben de gefoons, vanaf 19 januari, naar behoren gefunctioneerd. Echter, op 29 januari is kanaal 6X uitgevallen. Omdat de detectie gevoeligheid en nauwkeurigheid hierdoor slechts in geringe mate door beïnvloed worden is besloten om met reparatie te wachten tot de volgende onderhoudsbeurt.

Level	X (m)	Y (m)	Z (m, tvd)	Well incl. (°)	Well Az (N to E°)
1	109868.3	517972.7	2044.13	29.68	150.51
2	109870.7	517968.4	2052.83	29.45	150.58
3	109873.1	517964.1	2061.55	29.21	150.66
4	109875.5	517959.9	2070.30	28.98	150.74
5	109877.9	517955.7	2079.06	28.75	150.82
6	109880.2	517951.5	2087.85	28.52	150.89

Tabel 2 Coördinaten van de gefoon locaties in BGM-05 (Taqa_MAG140109 oriëntation report, 28-02-'14).

Document ECM number	Revisie datum	Pagina
TEN_DM-#176717-Jaarrapportage Microseismisch Monitoren 2014	29-3-2016	4 van 7



REFERENTIES

Ref. 1:

Plan van maatregelen tot voorkoming of beperking van bodembewegingen gebaseerd op microseismische monitoring bij de gasopslag in het Bergermeer veld (ECM 78519)

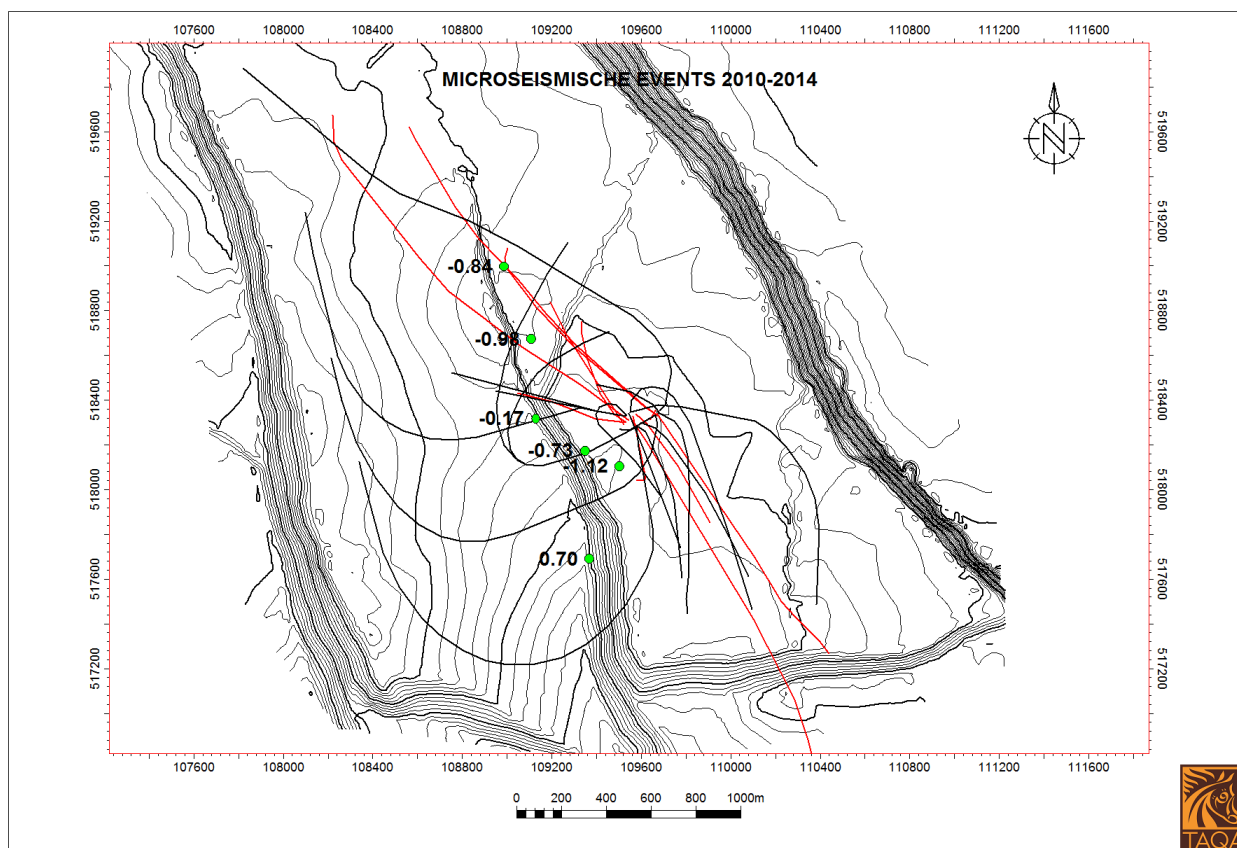
Ref. 2:

Referentierapport microseismisch monitoring Bergermeer gasopslag. (TAQA Energy Nederland, juli 2012; ECM 79398).

Ref. 3:

Taqa_MAG140109 oriëntation report. (Baker Hughes / Magnitude: Microseismic survey phase 9, oriëntation tool from calibration shot on 01-25-2014).

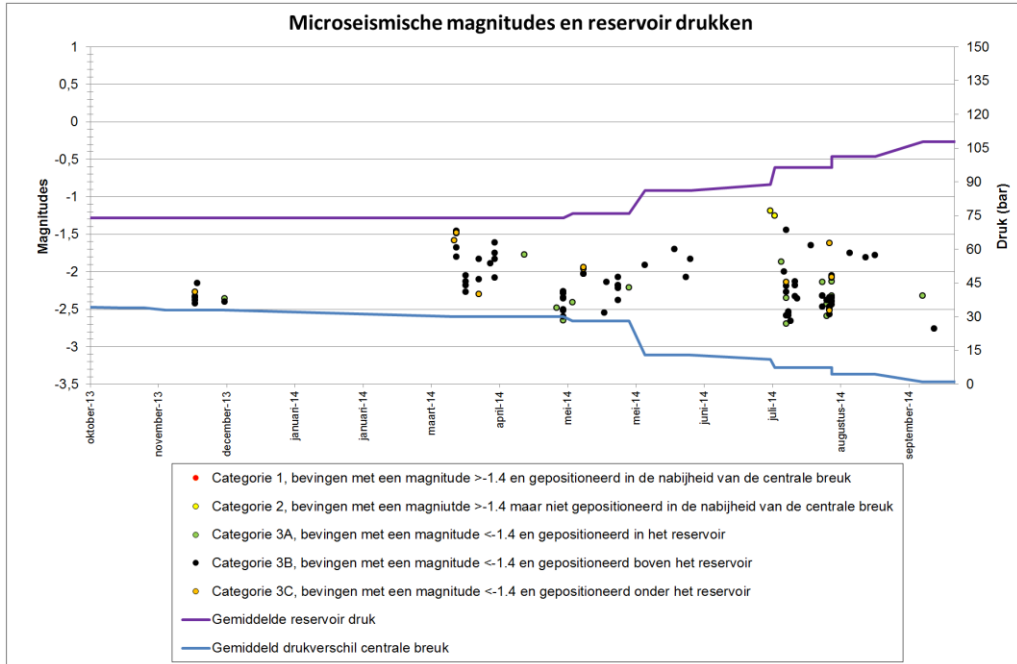
FIGUREN



Figuur 1 Dieptekaart op Top Rotliggend niveau, met categorie-I trillingen ($M > -1,4$) geprojecteerd

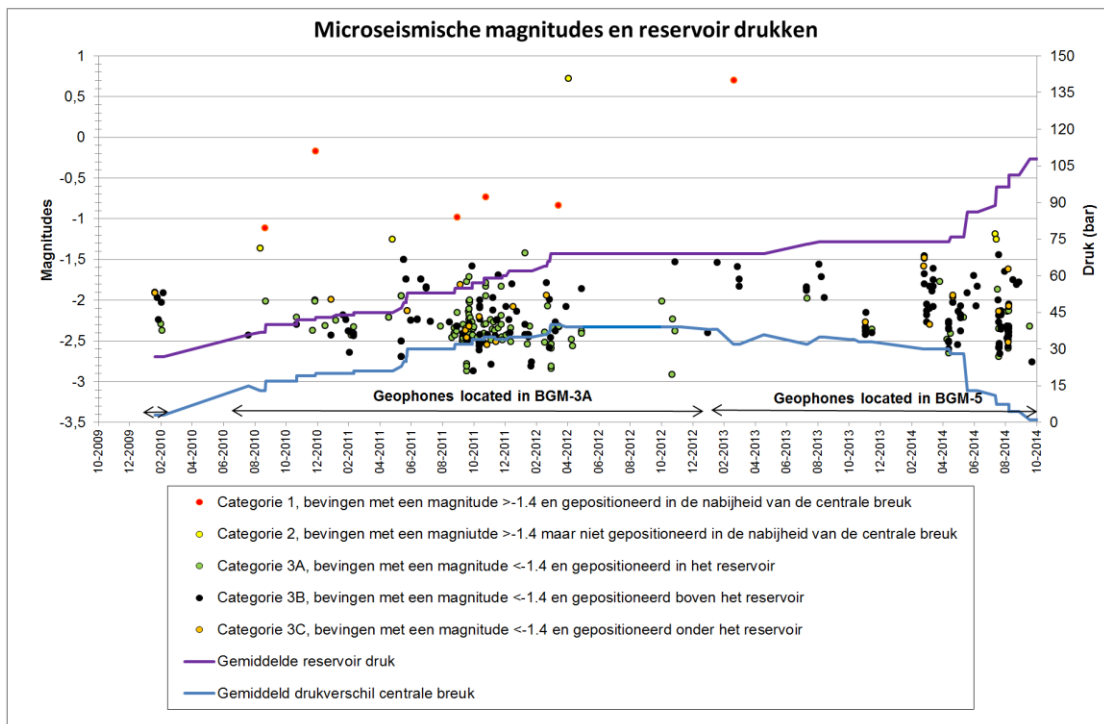
In figuur 1 in zijn de locaties van de categorie 1 events aangegeven met groene rondjes. De magnitudes van de bevingen staan naast iedere locatie vermeld. De trajecten van de oude Bergermeer putten zijn in rood aangegeven en de trajecten van de nieuwe Bergermeer putten in zwart.

Document ECM number	Revisie datum	Pagina
TEN_DM-#176717-Jaarrapportage Microseismisch Monitoren 2014	29-3-2016	5 van 7



Figuur 2 Microseismische waarnemingen gedurende de rapportage periode van oktober 2013 tot en met september 2014.

Het figuur geeft op de rechter as de druk van twee kort ingesloten putten aan (lokale drukmetingen), deze drukken overschatten de gemiddelde reservoir druk (zie tekst). Op de linker as staan de magnitudes aangegeven van de microseismische trillingen.



Figuur 3 Microseismische waarnemingen sinds het begin van de monitoring in februari 2010

Het figuur geeft op de rechter as de druk van twee kort ingesloten putten aan (lokale drukmetingen), deze drukken overschatten de gemiddelde reservoir druk (zie tekst). Op de linker as staan de magnitudes aangegeven van de microseismische trillingen.

Document ECM number	Revisie datum	Pagina
TEN_DM-#176717-Jaarrapportage Microseismisch Monitoren 2014	29-3-2016	6 van 7