





Gasopslag Bergermeer Microseismische monitoring

Jaarrapportage

2016

Het jaarverslag microseismisch monitoring van het Bergermeer veld geeft een overzicht van de activiteiten en resultaten over het rapportage jaar 2016 (1-okt-2015 tot en met 31-dec-2016). Maandelijks wordt de microseismiciteit gerapporteerd en geanalyseerd. Tot april 2015 werd de rapportage door het KNMI en Magnitude uitgevoerd, hierna is het voor een korte periode uitgevoerd door Magnitude. In juli 2015 is het nieuwe microseismisch monitoringsysteem in gebruik genomen en wordt de analyse uitgevoerd door ESG. Deze rapportages worden mede als basisgegevens voor dit rapport gebruikt. De resultaten van microseismisch monitoring vormen de basis voor het verkeerslicht veiligheidsmanagement systeem, zoals overeengekomen tussen TAQA en SodM.

Sign.	Datum	Sign.	Datum
	24-2-2017		24-2-2017
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-2015 t/m 31-dec-2016) 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 maandelijkse 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-2015 t/m 31-dec-2016) goed gewerkt.
- Sinds het begin van de metingen (inclusief de test in februari 2010) zijn 7 categorie-I trillingen gemeten (Tabel-1 en Fig. 1).
- In het monitoringsjaar is er geen categorie I beving geregistreerd.
- 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 (7 waargenomen trillingen van 1-okt-2014 t/m 31-dec-2016) is afgenomen in vergelijking met het voorgaande jaar (25 waargenomen trillingen 1-okt-2014 t/m 30-sep-2015). 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.

MICROSEISMISCHE OBSERVATIES

Het Bergermeer gasveld wordt continue gemonitord met betrekking tot het voorkomen van microseismische activiteiten. Maandelijks wordt de microseismiciteit gerapporteerd en geanalyseerd. Tot april 2015 werd de rapportage door het KNMI en Magnitude uitgevoerd, hierna is het voor een korte periode overgenomen door Magnitude. In juli 2015 is het nieuwe microseismisch monitoring systeem in gebruik genomen en wordt de analyse uitgevoerd door ESG. De rapportages van ESG worden mede als basisgegevens voor dit rapport gebruikt. De resultaten van microseismisch monitoring vormen de basis voor het verkeerslicht veiligheidsmanagement systeem, zoals overeengekomen tussen TAQA en SodM.

Sinds oktober 2015 zijn 7 microseismische trillingen waargenomen, in het voorgaande rapportagejaar waren dit 25 microseismische trillingen. Er zijn sinds het begin van de metingen geen trillingen gemeten met een magnitude die gelijk is aan of groter dan $M \geq 1.5$.

6 trillingen werden geregistreerd met een magnitude > -1.4 in de nabijheid van het Bergermeer veld (Categorie II). 0 trillingen werden geregistreerd met een magnitude < -1.4 in het reservoir (Categorie III). 1 trilling werd geregistreerd met een magnitude < -1.4 boven het reservoir (Categorie III). 0 trillingen werden geregistreerd met een magnitude < -1.4 onder het reservoir (Categorie III).

Document ECM number	Revisie datum	Pagina
TEN_DM-#184762	24-2-2017	2 van 7



GEGEVENS EN INTERPRETATIES

In de voorgaande jaarrapportages waren de drukken gemeten nabij de bovenkant van het reservoir onderdeel van de gerapporteerde drukken. Deze zogenoemde “bottom hole” drukken waren afkomstig van drukmeters die geïnstalleerd zijn in de gasputten. Waarnemingen bevestigen dat het veld zich op korte tijdschaal, de periode waarin deze putten ingesloten zijn, niet stabiliseert. De bottom hole drukken zullen ten tijde van injectie een overschatting zijn van de gemiddelde blokdrukken. Het tegenovergestelde geldt voor de productieperiode. De gemiddelde blokdrukken worden daarom momenteel berekend met het huidige reservoir model wat representatiever is dan de lokale drukmetingen afkomstig van de putten. Dit reservoir model is gekalibreerd met de waargenomen drukken gemeten in de putten. Vanaf dit jaar zullen daarom de gerapporteerde gemiddelde blokdrukken afkomstig zijn uit het huidige reservoir model.

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. Het verloop van de gemiddelde reservoir druk en het drukverschil 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, met een orde grootte van tientallen tot enige honderden meters horizontaal en tot ongeveer het dubbele hiervan verticaal. Sinds het nieuwe microseismisch monitoring systeem operationeel is, is de positie bepaling van de trillingen sterk verbeterd.

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-1.

Document ECM number	Revisie datum	Pagina
TEN_DM-#184762	24-2-2017	3 van 7



Volg nr.	Datum (dd/mm/yyyy)	Tijd (uu:mm:ss)	X(m)	Y(m)	Z(m)	Magn.	Afstand (m)	¹ P _{res} (bara)	² 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	38	5
19	12/12/2010	15:17:08	109129	518317	-1992	-0.17	799	43	11
66	14/09/2011	14:06:01	109109	518672	-2223	-0.98	445	51	21
139	09/11/2011	05:09:54	109349	518173	-1855	-0.73	1022	54	24
201	29/03/2012	09:22:52	108988	518997	-2190	-0.84	115	58	28
221	06/03/2013	11:25:26	109369	517690	-2000	0.70	1076	68	32
374	25/05/2015	11:08:35	109210	518019	-2589	-1	861	96	3
Categorie-II trillingen in de nabijheid van het Bergermeer veld met een magnitude van >-1.4 en niet geassocieerd worden met de centrale breuk									
10	26/08/2010	11:57:45	109806	519403	-1881	-1.37	896	38	5
34	11/05/2011	08:42:29	108963	516814	-2116	-1.25	2280	44	12
205	18/04/2012	22:24:49	106056	522968	-1713	0.72	4884	59	29
303	29/07/2014	15:49:56	110044	517631	-1157	-1.18	3244	86	14
304	31/07/2014	16:55:56	108889	517809	-1871	-1.25	1016	86	14
375	29/07/2015	18:43:40	110272	518689	-2015	-1.3	893	109	1
376	05/08/2015	16:30:54	111118	517882	-1906	-1	1612	111	1
377	26/08/2015	15:20:14	110025	519400	-1951	-1.1	1238	116	1
378	31/08/2015	18:44:01	110803	518363	-2317	-0.84	1463	117	1
379	31/08/2015	21:05:09	110676	518208	-2292	-1	1356	117	1
381	11/10/2015	18:44:04	109702	519522	-1950	-1.25	1292	125	1
382	24/01/2016	18:10:17	110213	518798	-2056	-1,22	964	119	3
383	04/02/2016	10:12:17	109928	519388	-2020	-0,87	1235	118	2
395	02/09/2016	09:12:53	109981	519367	-1862	-1.0	1159	125	0
386	20/09/2016	18:19:24	110574	518426	-2307	-1.1	1286	126	1
387	17/10/2016	20:57:53	108214	521662	-2210	-0.09	3701	126	0

Tabel 1 . KNMI en ESG interpretatie van microseismische categorie I & 2 trillingen

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 387 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.

¹ P_{res} is de gemiddelde reservoir druk afkomstig uit het huidige reservoir model.

² ΔP_{breuk} is het gemiddelde druk verschil over de centrale breuk afkomstig uit het huidige reservoir model.

Document ECM number	Revisie datum	Pagina
TEN_DM-#184762	24-2-2017	4 van 7



SPECIALE WAARNEMINGEN EN WERKZAAMHEDEN

In de gehele periode van oktober 2015 tot december 2016 heeft het microseismisch monitorings systeem naar behoren gewerkt. Er zijn geen speciale waarnemingen of werkzaamheden aan het monitoringsysteem geweest.

In december 2016 zijn alle geregistreerde microseismische events door ESG herzien. Dit resulteerde in een verbeterde magnitude bepaling voor de events met volgnummer 376 en 377. Event 376 is in magnitude gedaald van -0.6 naar -1.0 en event 377 is in magnitude gedaald van -0.8 naar -1.1.

REFERENTIES

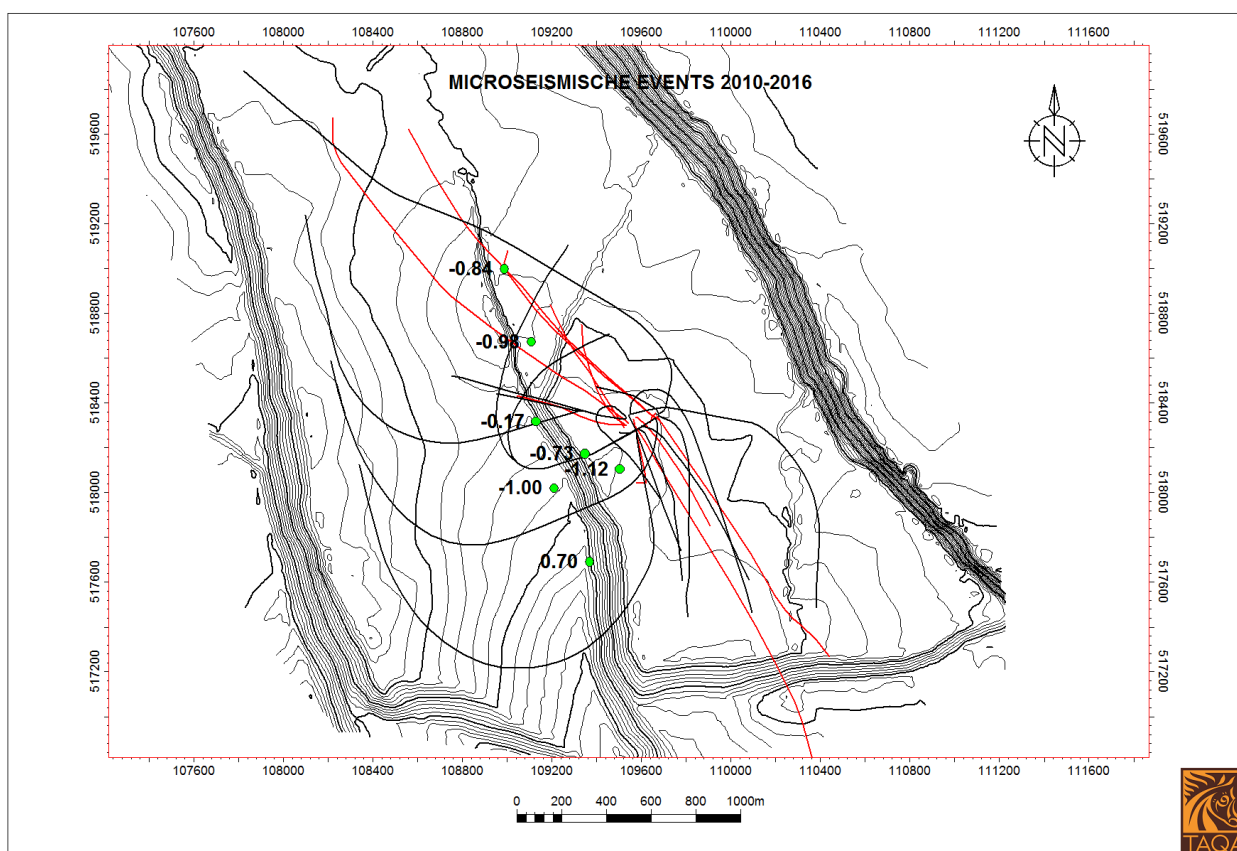
Ref.1:

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).

FIGUREN

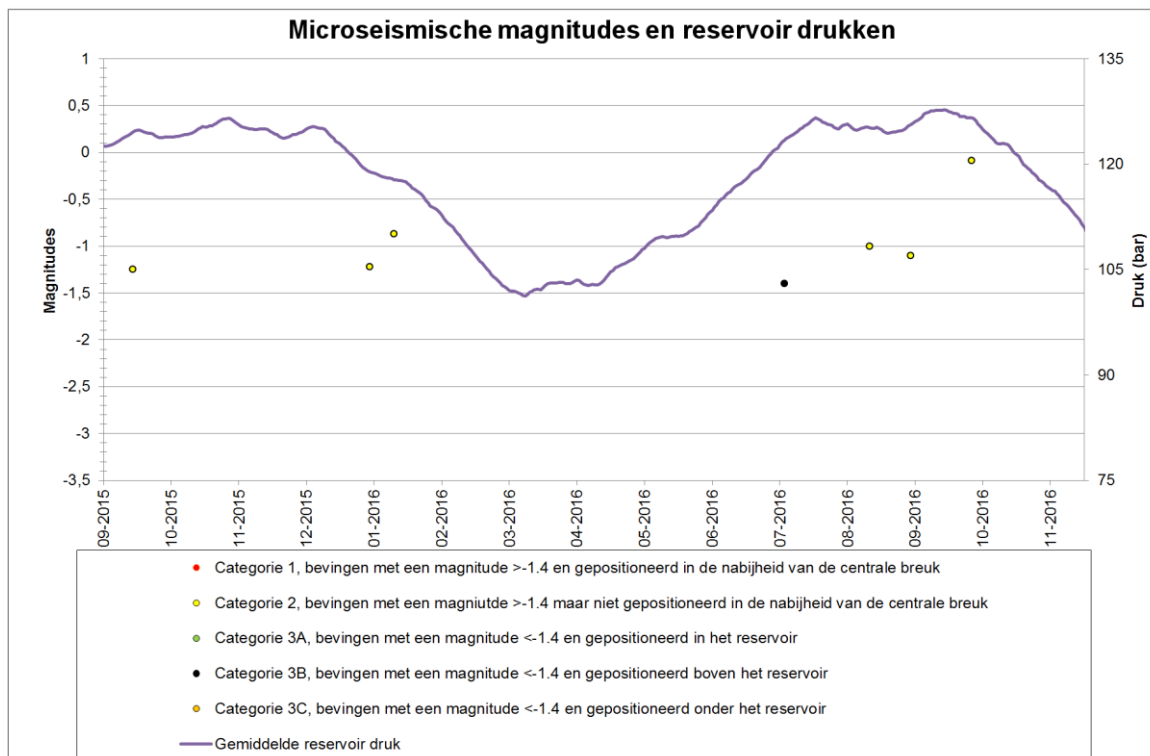


Figuur 1 Diepte kaart op Top Rotliggend niveau, met categorie-I trillingen ($M > -1,4$) geprojecteerd

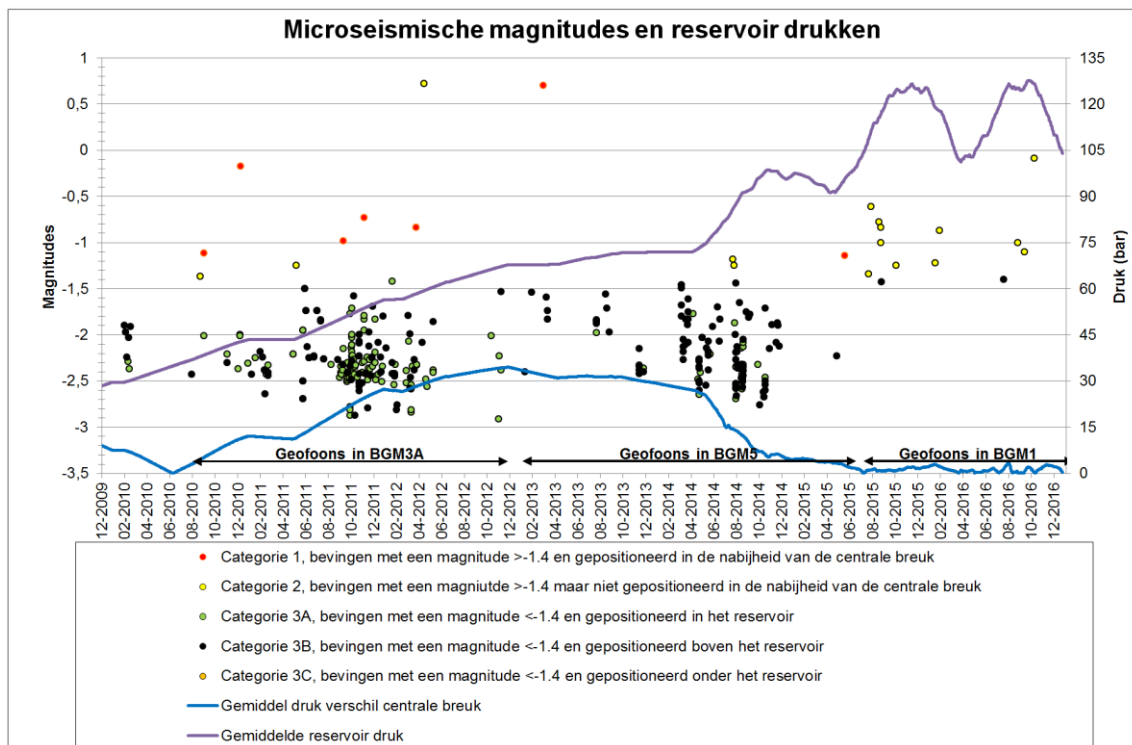
Document ECM number	Revisie datum	Pagina
TEN_DM-#184762	24-2-2017	5 van 7



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.



Figuur 2 Microseismische waarnemingen gedurende de rapportage periode van oktober 2015 tot en met december 2016.



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

Document ECM number	Revisie datum	Pagina
TEN_DM-#184762	24-2-2017	6 van 7



Figuur 2 en 3 geven op de rechter as de gemiddelde reservoir druk en het gemiddeld druk verschil over de centrale breuk weer. De paarse lijn geeft de gemiddelde reservoir druk aan en de blauwe lijn het gemiddelde druk verschil over de centrale breuk, beide zijn afkomstig uit het huidige reservoir model. Op de linker as worden de magnitudes van de microseismische trillingen weergegeven.

Document ECM number	Revisie datum	Pagina
TEN_DM-#184762	24-2-2017	7 van 7