




Gasopslag Bergermeer Microseismische Monitoring

Jaarrapportage 2023

| | |
|---|---------------------|
| Sign. | Datum 15-01-2024 |
|  | |
| Bart Hijne | |
| Author | |

INHOUDSOPGAVE

| | Pagina | |
|---|--|---|
| 1 | INHOUD | 3 |
| 2 | CONCLUSIES | 3 |
| 3 | MICROSEISMISCHE OBSERVATIES | 3 |
| 4 | GEGEVENS EN INTERPRETATIES | 4 |
| 5 | SPECIALE WAARNEMINGEN EN WERKZAAMHEDEN | 6 |
| | REFERENTIES | 7 |
| | FIGUREN | 7 |

| | | |
|----------------------|---------|---------|
| TAQA Document Nummer | Datum | Pagina |
| ECM #211305 | 01-2024 | 2 van 9 |

1 INHOUD

In het jaarverslag worden de metingen en veranderingen van het voorgaande monitoring jaar (1-jan-2023 t/m 31-dec-2023) 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)

Het jaarverslag microseismisch monitoring van het Bergermeer veld geeft een overzicht van de activiteiten en resultaten over het rapportage jaar 2023 (1-jan-2023 tot en met 31-dec-2023). 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.

2 CONCLUSIES

- Het microseismisch monitoring systeem heeft gedurende het monitoring jaar (1-jan-2023 t/m 31-dec-2023) goed gefunctioneerd, maar met afnemende nauwkeurigheid in de plaatsbepaling van gemeten trillingen.
- 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 2023 is er geen categorie I beving geregistreerd.
- Alle tot nu toe gemeten trillingen vallen ruim binnen de groene zone van het 'verkeerslicht veiligheid management systeem' (VMS; Ref. 1).
- De microseismische activiteit gedurende het rapportage jaar 2023 is gelijk gebleven in vergelijking met het voorgaande jaar. Trillingen van ver buiten het veld worden niet in de rapportage over Bergermeer meegenomen.
- De geofoons in put BGM-01 zijn gepland om te worden vervangen in 2024.

3 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.

| | | |
|----------------------|---------|---------|
| TAQA Document Nummer | Datum | Pagina |
| ECM #211305 | 01-2024 | 3 van 9 |

Er zijn sinds het begin van de metingen geen trillingen gemeten met een magnitude die gelijk is aan of groter dan $M \geq 1.5$.

4 GEGEVENS EN INTERPRETATIES

In de jaarrapportages voor 2016 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. Om deze reden zijn sinds 2016 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 resulteerde 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 (sinds juli 2015), is de positie bepaling van de trillingen sterk verbeterd.

De microseismische activiteit wordt toegeschreven aan gasproductie en -injectie. De microseismische activiteit is in lijn met de verwachting dat het reservoir iets meeveert. Deze geringe vervorming kan een reden voor microseismische activiteit zijn. Lokale microseismische activiteit is daarvan een logisch gevolg.

Trillingen met $M < 1.5$ worden als microseismische trillingen beschouwd, omdat trillingen pas vanaf $M = 1.5$ geregistreerd worden door gefoons aan de oppervlakte. Voor kleine magnitudes ($M < 1.5$) is een gefoon in de nabijheid van het reservoir nodig, zoals de gefoons in BGM-1.

| | | |
|----------------------|---------|---------|
| TAQA Document Nummer | Datum | Pagina |
| ECM #211305 | 01-2024 | 4 van 9 |

| Volg nr. | Datum (dd/mm/yyyy) | Tijd (uu:mm:ss) | X(m) | Y(m) | Z(m) | Magn. | Afstand (m) | 1P _{res} (bara) | 2ΔP _{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 |
| 388 | 03/03/2019 | 1:32:35 | 112119 | 518114 | -1929 | -1.272 | 2526 | 109 | 1 |

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

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.

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.

5 SPECIALE WAARNEMINGEN EN WERKZAAMHEDEN

Gedurende het monitoringsjaar 2023 zijn er een aantal periodes geweest dat enkele sensoren offline waren. Ook is er een toename in de hoeveelheid ruis van de signalen en daarmee een afname van de nauwkeurigheid van metingen. Dit heeft er toe geleid dat het systeem ingepland staat om vervangen te worden in 2024. De periodes waarin sommige sensoren offline waren staan hieronder gespecificeerd in chronologische volgorde.

Sensor #6 is defect, en heeft daardoor het hele jaar geen metingen gedaan.

Sensor #3 en #4 zijn offline geweest gedurende de periodes 1 januari – 20 september en 21 oktober – 15 november 2023.

De functionaliteit is hersteld voor beide sensoren, door op de BGM-01 putlocatie de digitizer een reset te geven

Sensor #5 is offline geweest gedurende de periode 5 september – 20 september 2023. De functionaliteit is hersteld voor sensor #5, door op de BGM-01 putlocatie de digitizer een reset te geven.

Alle sensoren zijn enkele uren offline geweest op 7 december 2023 door een software configuratie update van de leverancier.

| | | |
|----------------------|---------|---------|
| TAQA Document Nummer | Datum | Pagina |
| ECM #211305 | 01-2024 | 6 van 9 |

REFERENTIES

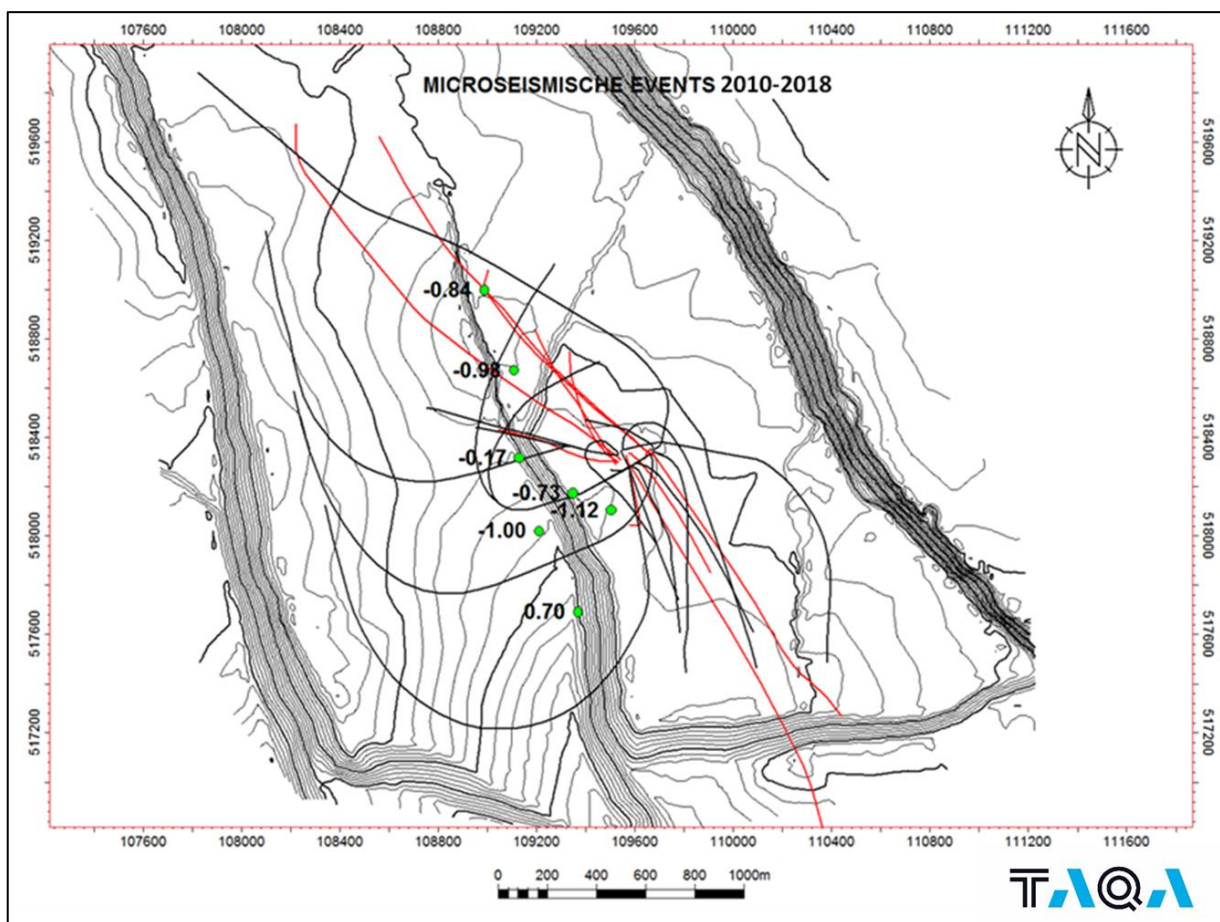
Ref. 1:

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

Ref. 2:

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

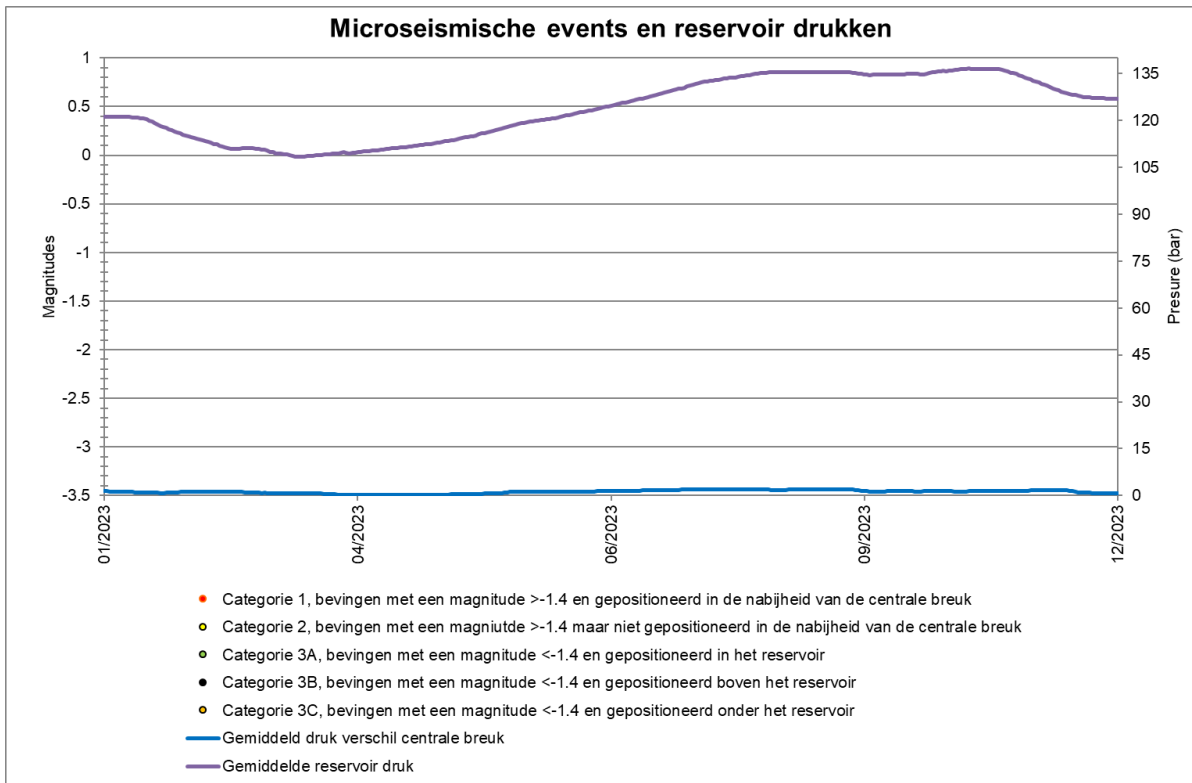
FIGUREN



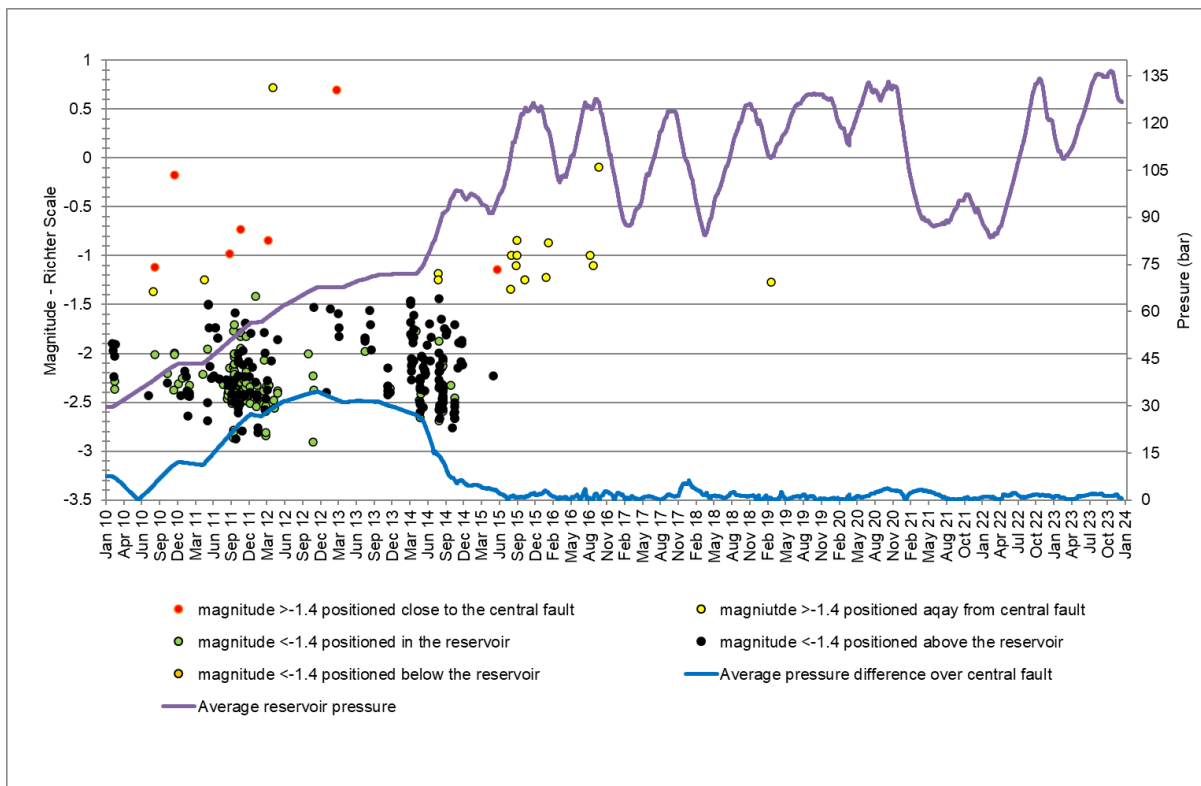
Figuur 1 Dieptekaart op Top Rotliegend niveau, met categorie-I trillingen ($M > -1,4$) geprojecteerd

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.

| | | |
|----------------------|---------|---------|
| TAQA Document Nummer | Datum | Pagina |
| ECM #211305 | 01-2024 | 7 van 9 |



Figuur 2 Microseismische waarnemingen gedurende de rapportage periode van januari 2023 tot en met december 2023.



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

Figuur 2 en 3 geven op de rechter as de gemiddelde reservoir druk en het gemiddeld drukverschil 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.

| | | |
|----------------------|---------|----------------|
| TAQA Document Nummer | Datum | Pagina |
| ECM #211305 | 01-2024 | 9 van 9 |