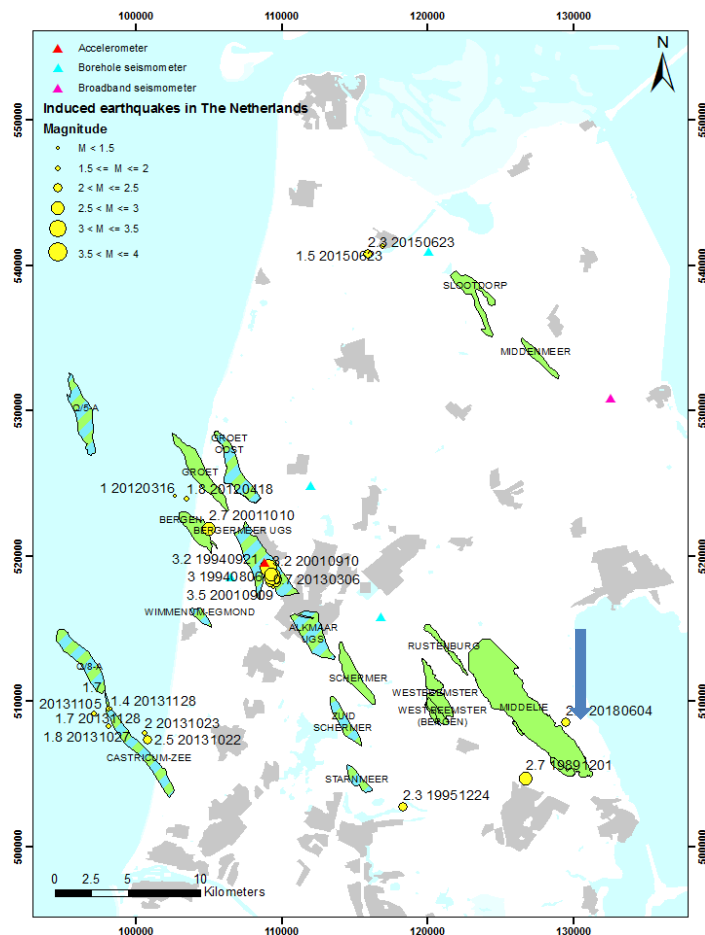


Aardbeving in de buurt van Warder (NH), 5 juni 2018

Samenvatting

Het KNMI heeft op dinsdag 5 juni 2018 om 01.01 uur ('s nachts) een aardbeving geregistreerd bij het plaatsje Warder in Noord-Holland. Deze beving had een magnitude van 2,5 op de schaal van Richter. Het is zeer waarschijnlijk dat deze beving te maken heeft met de gaswinning uit het Middelie veld dat NAM opereert (Figuur 1).

Gasproductie vindt momenteel alleen plaats in het noordwestelijke gedeelte van het Middelie veld. In het verleden (1976-1992) is ook gas uit het zuidoostelijk gedeelte van het veld geproduceerd. De diepte van een geïnduceerde beving is gekoppeld aan de diepte van de reservoirs, in dit geval tussen 2,2 en 2,5 km diep¹. Aardbevingen in dit gebied zijn niet nieuw. Zo is ook de beving in 1989 in de buurt van Purmerend met een magnitude van 2,7 in verband gebracht met de gaswinning uit het Middelie veld.



Figuur 1: Overzicht van de gasvelden in Noord-Holland, de geobserveerde aardbevingen en het KNMI-metnetwerk. De Warder beving is aangegeven met de blauwe pijl.

¹ Het KNMI vermeldt op haar site een diepte van 3 km wat een gemiddelde diepte is voor de Nederlandse gasreservoirs. In werkelijkheid varieert de diepte van gasreservoirs die enige kans hebben om bevingen te kunnen veroorzaken tussen de 2 en 4 km.

Waardoor ontstaan bevingen door gaswinning?

Wanneer gas wordt gewonnen zal de druk van het gas in het gasveld langzaam afnemen. Het gas zit in de poriën tussen de zandkorrels waaruit de zandsteen van het gasveld is opgebouwd. Door de drukdaling neemt de spanning op de korrels toe waardoor er spanningsveranderingen plaatsvinden in het gesteente maar ook op de bestaande breukvlakken die in het gasveld aanwezig zijn. Deze spanningsveranderingen kunnen leiden tot bewegingen van het gesteente langs deze breuk. In sommige gevallen gaat deze beweging plotseling, wat resulteert in een aardbeving. De kans op een aardbeving in een gasveld hangt onder meer af van de hoeveelheid breuken, de drukdaling en de grootte en dikte van het reservoir.

Bij de meeste kleine gasvelden is de kans op voelbare aardbevingen gering, maar theoretisch is een aardbeving nooit helemaal uit te sluiten. In ongeveer 10 procent van de 175 gasvelden in Nederland hebben voelbare aardbevingen plaatsgevonden. Als Nederlandse autoriteit op het gebied van aardbevingen, meet, analyseert en publiceert het KNMI de aardbevingen in Nederland. Het meest recente overzicht van alle door KNMI geregistreerde bevingen is beschikbaar op de KNMI website² en een "Interactieve kaart" op www.nam.nl, onder "Feiten en cijfers".

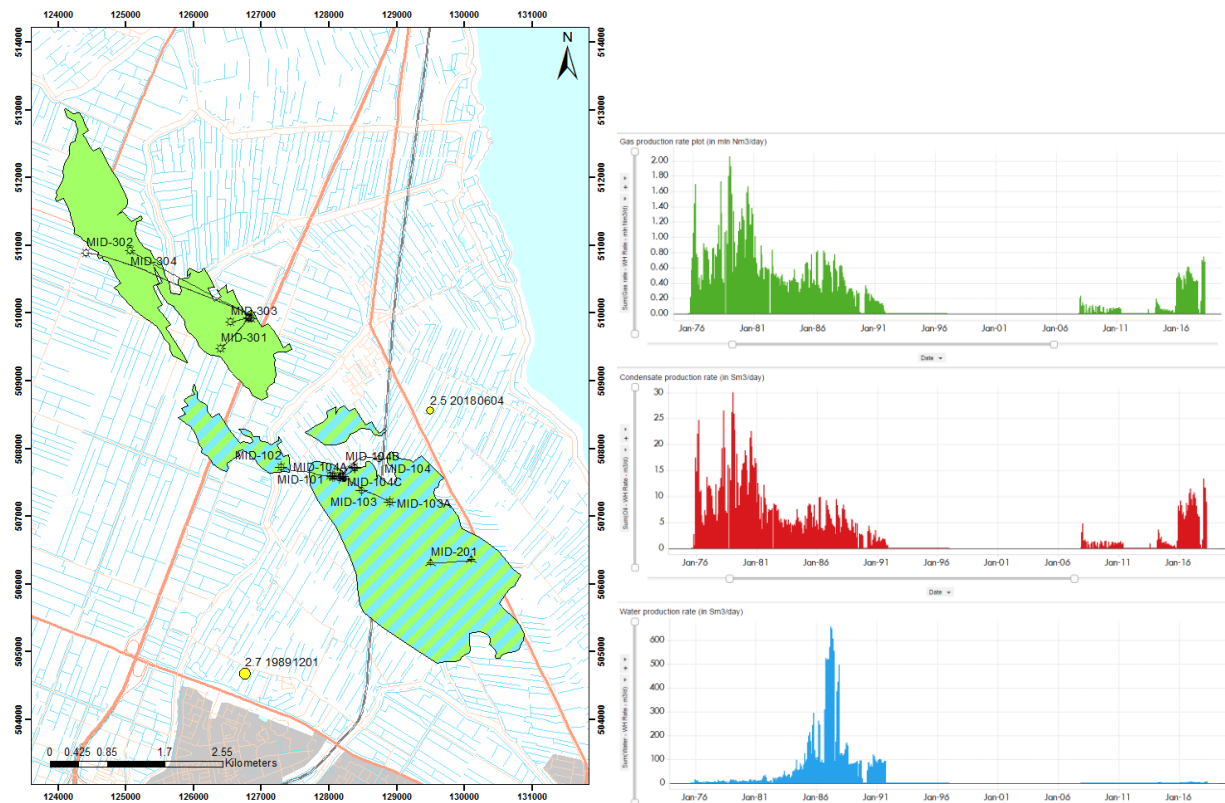
Bevingen in Noord-Holland

De eerste geïnduceerde beving in Noord-Holland werd op 1 december 1989 geregistreerd in de buurt van Purmerend en had een magnitude van 2,7. Deze beving lag ten zuiden van het Middellie veld op een afstand van ca. 2 km. Gezien het beperkte netwerk toentertijd is de onzekerheid in de plaatsbepaling groot maar is redelijkerwijs aan te nemen dat de beving werd veroorzaakt door de gaswinning uit het Middellie veld. Tot nu toe zijn er 19 bevingen geobserveerd in Noord-Holland (Figuur 1). Het seismisch netwerk is uitgebreid sinds de relatief zware bevingen (tussen magnitude 3 en 3,5) boven het Bergermeer veld in de periode 1994-2001.

Productie uit het Middellie veld

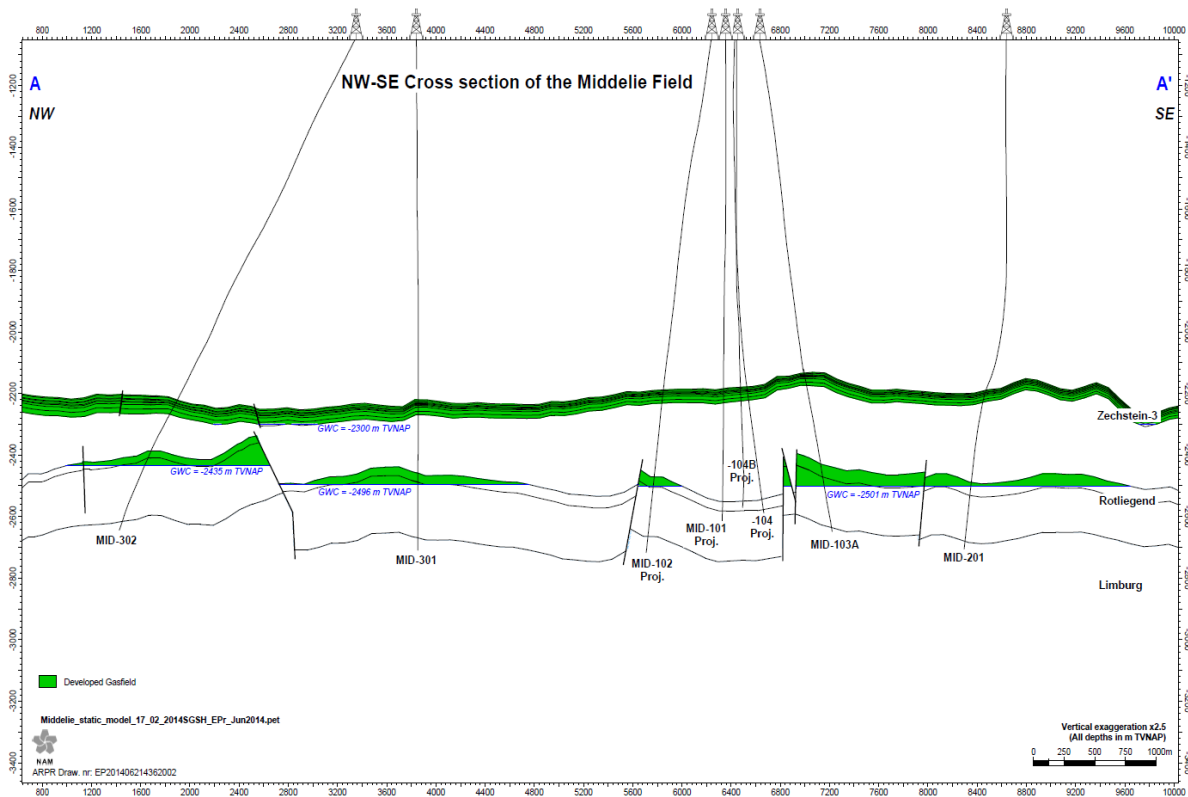
Productie uit het Middellie veld vindt plaats sinds 1976 uit twee boven elkaar liggende reservoirs, namelijk het Middellie Zechstein reservoir en het daaronder gelegen Middellie Rotliegend reservoir. De reservoirs liggen op een diepte tussen 2300 en 2500 meter. Het totale gasvolume in het Rotliegend reservoir is ongeveer 5 keer groter dan het Zechstein gasvolume. Deze reservoirs zijn weer opgedeeld in verschillende blokken die met elkaar in drukcommunicatie staan. De vroege productie van gas vond plaats in de zuidelijke blokken (groen-blauw gearceerd deel in Figuur 2). Na een productiestop van bijna 15 jaar is de Middellie Zechstein productie in 2007 hervat uit de noordwestelijke blokken.

² <https://www.knmi.nl/nederland-nu/seismologie/aardbevingen>



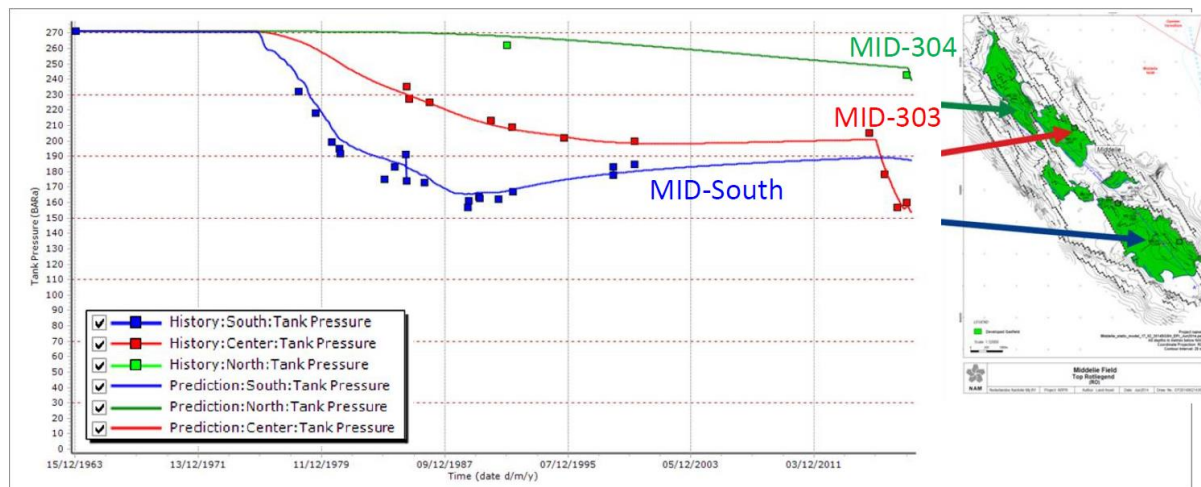
Figuur 2: Links een overzicht van de Middelle Rotliegend blokken en rechts productieoverzicht van het Middelle veld (gas, condensaat en water)

Productie uit het Middelle Rotliegend reservoir werd hervat in 2015 (put MID-303). In 2017 is in het meest noordelijke blok van het Middelle veld de nieuwe put MID-304 geboord en in productie genomen. Deze put produceert ook uit het Rotliegend reservoir. Een noordwest-zuidoost doorsnede door het Middelle veld is te vinden in Figuur 3.



Figuur 3: Noordwest-zuidoost doorsnede door het Middelie veld (MID-303 en MID-304 zijn niet getoond in deze doorsnede, maar liggen in hetzelfde breukblok als respectievelijk MID-301 en MID-302).

Een overzicht van de gemeten en de gemodelleerde reservoirdrukken wordt weergegeven in Figuur 4. Vroege productie uit het zuidelijke deel van het veld (MID-South in de figuur) zorgde voor een lichte daling in druk in het noordwestelijke deel. De gemeten drukken laten zien dat de druk na de productie geleidelijk weer toeneemt, wat verklaard kan worden door actieve laterale watervoerende pakketten (aquifers). Volgens het model wordt een lichte druksdaling verwacht in het zuidelijke deel van het veld door productie uit de put MID-303.

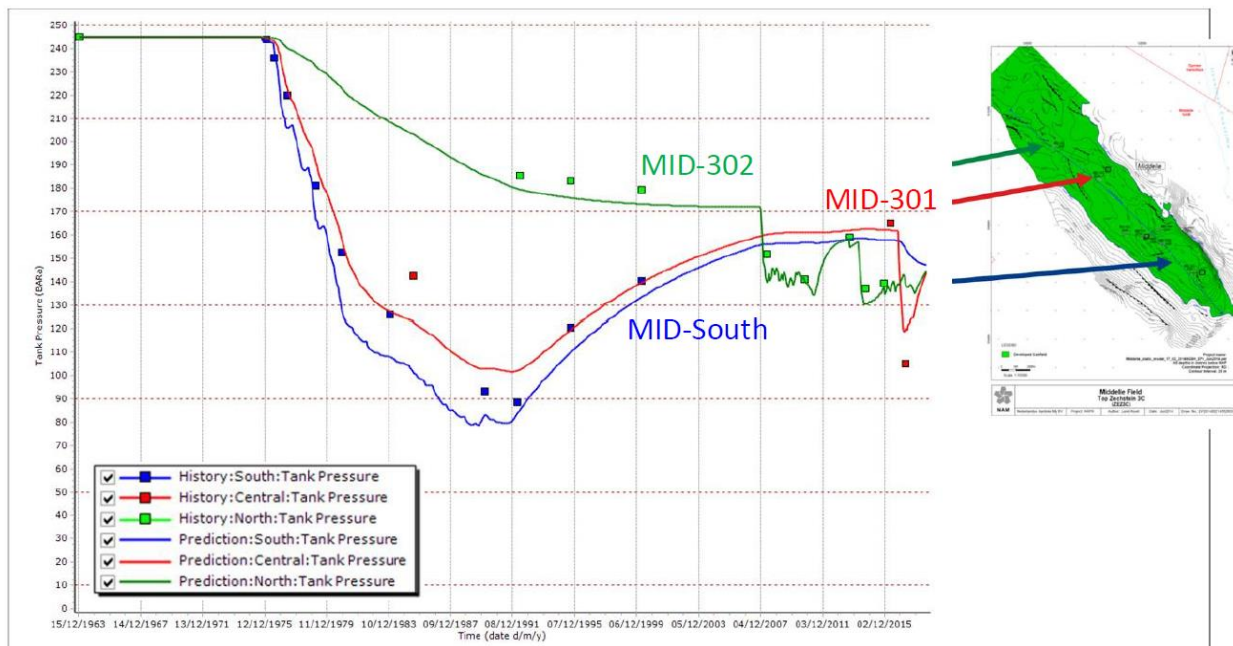


Figuur 4: Gemeten druk (markers) en gemodelleerde druk (lijnen) in 3 putten op verschillende plaatsen in het Middelie Rotliegend reservoir.

Productie uit het Middelle Zechstein reservoir

Het Middelle Zechstein reservoir bestaat uit in het algemeen slecht doorlatend carbonaat gesteente, waardoor de productie voornamelijk plaatsvindt uit natuurlijke scheurtjes ('fractures') in het gesteente. Typisch voor een dergelijk reservoir is de drukstijging na het stoppen van de productie (na 1991 in Figuur 5), die wordt veroorzaakt door het gas op hogere druk dat langzaam vrijkomt uit de matrix van het gesteente en dan weer in de scheurtjes stroomt met een druktoename als gevolg.

Door de slechte en heterogene doorlatendheid van het gesteente is de gasproductie uit het Zechstein beperkt tot enkele kilometers rondom de putten. Voor de huidige gaswinning betekent dit dat er voornamelijk drukdaling plaatsvindt in het noordwestelijk deel van het reservoir.



Figuur 5: Gemeten en gemodelleerde druk in 3 putten op verschillende plaatsen in het Middelle Zechstein reservoir.

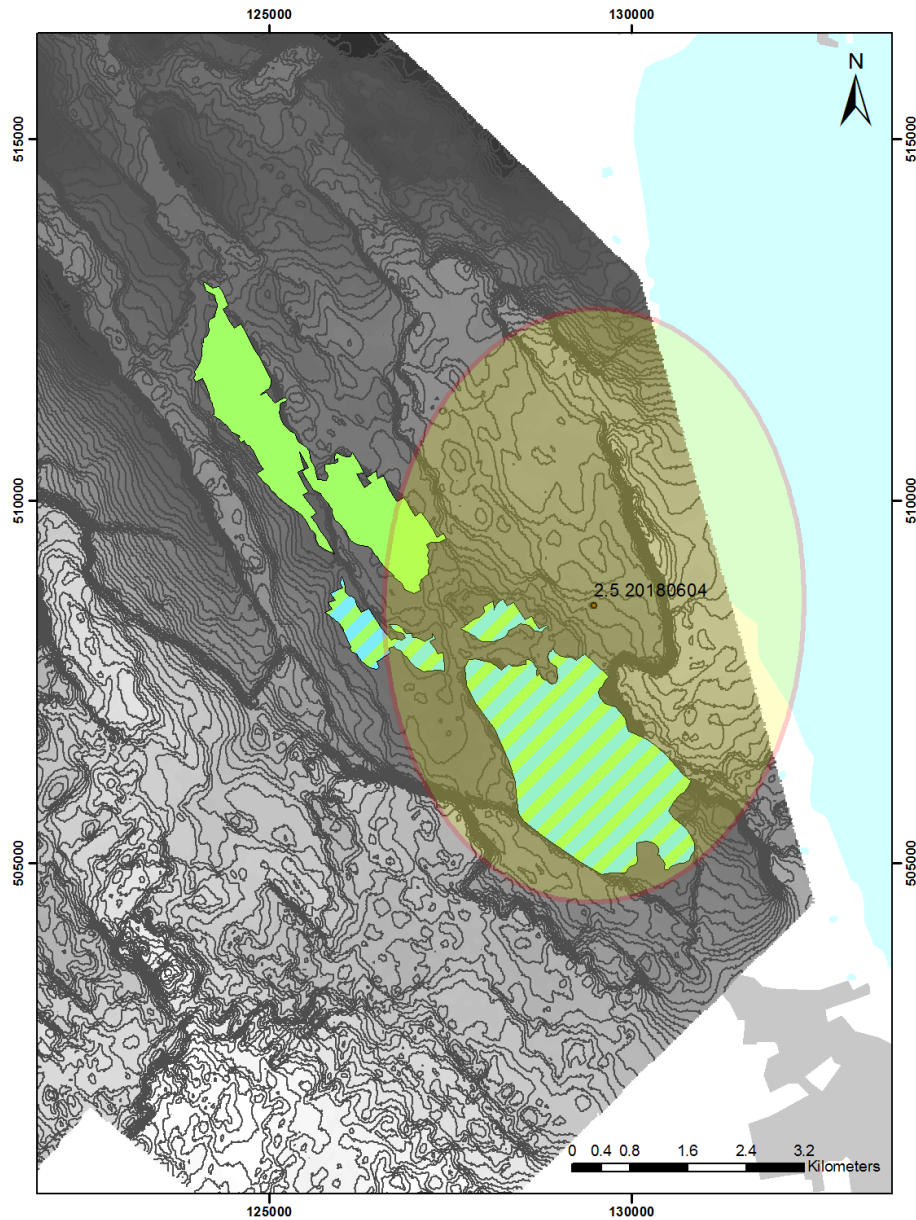
De Warder beving van 5 juni 2018

De Warder beving vond plaats op 5 juni 2018 om 01:01:02 en had een kracht van 2,5 op de schaal van Richter. Door het ontbreken van meetpunten ten zuiden van het veld heeft het KNMI de onzekerheid in de bepaling van het epicentrum relatief groot ingeschat. De onzekerheid van één standaarddeviatie kan worden weergegeven door een ellips (Figuur 6).

Het is waarschijnlijk dat de beving is veroorzaakt door het reactiveren van een bestaande breuk op reservoirniveau omdat in deze laag de grootste spanningsveranderingen plaatsvinden als gevolg van de drukveranderingen. De huidige locatie van de beving past niet bij een van de grotere breuken, aangegeven door een verdichting van de contourlijnen op de kaart (Figuur 6) in deze regio. Binnen de bepaalde onzekerheid zijn deze breuken wel aanwezig. De delen van het veld waar depletie plaatsvindt, bevinden zich net binnen de omtrek van de ellips. Het kan echter niet worden uitgesloten dat de beving is veroorzaakt door kleine drukveranderingen in de aquifer die ten oosten ligt van dit depletierend gasreservoir.

Fysisch gezien bestaan er twee mogelijke verklaringen voor het reactiveren van een breuk. De meest waarschijnlijke verklaring is gebaseerd op een afname van de gasdruk waarmee de schuifspanningen op het korrelskelet van het gesteente en bestaande breuken toenemen. De afname in druk en daarmee de toename in de schuifspanning is het grootst in het blok dat geproduceerd wordt door de put MID-303.

Wanneer de beving is veroorzaakt in de aquifer zijn er twee mechanismes mogelijk. Het eerste mechanisme is gebaseerd op de daling van de waterdruk, gelijk aan het mechanisme zoals genoemd voor het gasreservoir, terwijl het tweede mechanisme uitgaat van de drukstijging in de aquifer waarbij de druk preferentieel toeneemt in een breuk waarmee de normaalspanning in de breuk verlaagd wordt, met een mogelijke beving tot gevolg.

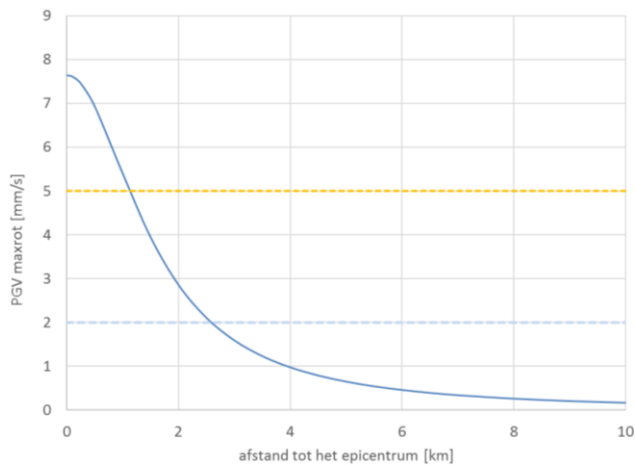


Figuur 6: Breukenpatroon in het Rotliegend, met de locatie van de Warder beving plus de rode ellips die de onzekerheid van de locatie aangeeft.

Mogelijke schade veroorzaakt door de beving

Om een inschatting te maken van de mogelijke schade is gebruik gemaakt van een relatie die de beving op diepte koppelt aan mogelijke trillingsnelheden aan het maaiveld. Deze relatie is gebaseerd op waarnemingen boven het Groningen veld. De Groningen relatie is het beste alternatief aangezien er onvoldoende metingen beschikbaar in Nederland om per veld een relatie op te stellen³. De maximale snelheid (Peak Ground Velocity of PGV) is een maat die kan worden vergeleken met bestaande normen zoals bv de SBR-A norm⁴. Voor veel oudere huizen in Nederland geldt dat ze tot de zwakkere categorie behoren en voor deze categorie geldt dat de kans op schade (lees: lichte, cosmetische schade) kleiner is dan 1% wanneer de PGV lager is dan 5 mm/s. De TCBB⁵ heeft onlangs een advies aan de minister uitgebracht waar wordt gesproken over praktische begrenzing van het schadegebied, waarbij een grens wordt voorgesteld van 2 mm/s.

In Figuur 7 worden deze twee grenzen vergeleken met de voor deze beving van magnitude M=2,5 berekende PGV-waarden als functie van de afstand. Buiten een straal van 1 km van het epicentrum zijn PGV-waarden al lager dan 5 mm/s.



Figuur 7: PGV-waarden volgens de Groningen relatie voor een beving met magnitude 2,5.

³ Empirical Ground-Motion Prediction Equations for Peak Ground Velocity from Small-Magnitude Earthquakes in the Groningen Field Using Multiple Definitions of the Horizontal Component of Motion Updated Model for Application to Smaller Earthquakes

<https://nam-feitenencijfers.data-app.nl/download/rapport/62551a04-c1c3-4712-86e8-6c625ab5ee4c?open=true>

⁴ SBR Trillingsrichtlijn A, Schade aan bouwwerken 2017 <http://www.sbrcurnet.nl/producten/publicaties/sbr-trillingsrichtlijn-a-schade-aan-bouwwerken-2017>

⁵ Een verkenning naar een uniforme en onafhankelijke afhandeling van mijnbouwschade in Nederland <https://www.tcbb.nl/wp-content/uploads/2018/03/28-02-2018-Verslag-van-verkenning-naar-een-uniforme-en-onafhankelijke-afhandeling-van-mijnbouwschade-in-Nederland.pdf>