

Postbus 80015, 3508 TA Utrecht

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat  
Programma Directie Transitie Diepe Ondergrond, Cluster Mijnbouw Vergunningen  
T.a.v. ██████████  
Postbus 20401  
2500 EK DEN HAAG

Datum  
10 januari 2024  
Onze referentie  
AGE 24-10.005

Onderwerp Advies winningsplan Schoonebeek-Gas (NAM)

Geachte ██████████,

Naar aanleiding van uw adviesverzoek van 25 juli (per e-mail) omtrent het geactualiseerde winningsplan Schoonebeek Gas (Versie 2.0) van juli 2023 door Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (hierna: NAM), berichten wij u het volgende.

Het originele Schoonebeek Gas winningsplan stamt uit 2003 en is in 2011 geactualiseerd. Het vigerend winningsplan (2011) gaat uit van productie tot en met 2022. De reden voor de actualisatie van dit winningsplan is de verwachte verlengde levensduur van het gasveld. Tevens is de seismische risicoanalyse en bodemdalingsvoorspelling geactualiseerd, waarbij ook is gekeken naar de mogelijke effecten van de (voorgenomen en bestaande) waterinjectie. NAM verwacht een iets lagere uiteindelijke productie en stelt daarom dat er geen aanpassing nodig is van het maximale totale productievolume ten opzichte van het vigerende winningsplan.

EZK heeft TNO-AGE gevraagd om in het advies in ieder geval in te gaan op de volgende onderdelen:

1. **Planmatig gebruik en beheer van de ondergrond:** Toetsing van doelmatige en efficiënte gaswinning in het licht van de huidige kennis en technieken en gebruikmakend van de historische gegevens.
2. **Bodemdaling/stijging:** Graag uw advies ten aanzien van de gemodelleerde bodembeweging en onzekerheden, waarbij u aangeeft of de gekozen parameters reëel zijn, en of de actualisatie van het winningsplan leidt tot een andere risicobeoordeling ten opzichte van het vigerende winningsplan, met speciale aandacht voor de samenhang van de gaswinning en de voorgenomen waterinjectie in het reservoir.
3. **Bodemtrilling:** Analyse van de risicobeoordeling seismiciteit, met speciale aandacht voor de samenhang van de gaswinning en de voorgenomen waterinjectie in het reservoir.

## Beschrijving winning

Het Schoonebeek gasveld<sup>1</sup> wordt geproduceerd uit het Zechstein carbonaat reservoir (ZEZ2C) en ligt onder het Schoonebeek olieveld. Sinds 1957 is het gasveld in productie. In totaal zijn er 10 putten geboord waarvan er nog drie gas produceren. Daarnaast worden twee putten gebruikt om productiewater in het gasveld te injecteren.

### 1. Planmatig gebruik

Tot eind 2022 is in totaal 9.752 miljoen Nm<sup>3</sup> aardgas uit het Schoonebeek gasveld geproduceerd. NAM verwacht nog tussen de 33 en 343 miljoen Nm<sup>3</sup> aardgas te winnen over de periode 2023-2031, afhankelijk van het productiescenario. In de huidige aanvraag is NAM niet voornemens om nog een extra boring te plaatsen ten behoeve van de gaswinning. Hydraulische stimulatie van de bestaande productieputten zal ook niet nodig zijn. NAM stelt dat de daadwerkelijke productie afhangt van hoe goed de putten in de toekomst blijven produceren.

Momenteel wordt, naast gasproductie, het gasveld ook gebruikt voor de injectie van productiewater dat meekomt met de productie van het Schoonebeek gas én uit andere gasvelden. Deze waterinjectie is vergund middels een WABO vergunning<sup>2</sup>. De NAM is daarnaast voornemens om ook productiewater te injecteren in het Schoonebeek gasveld dat vrijkomt bij de winning van olie uit het bovenliggende Schoonebeek olieveld. Hiervoor zijn in totaal 4 nieuw te boren injectieputten gepland in het noorden van het Schoonebeek gasveld. NAM stelt dat deze injectie effect kan hebben op de gasproductievolumes en de tijdsduur van de resterende gaswinning uit het gasveld. Het aangevraagde injectiedebiet is zo'n twee ordegrottes hoger dan het huidige debiet, waardoor het risico op waterproductie bij de gaswinninglocaties (waterdoorslag) ook hoger is. NAM schrijft dat de injectielocaties zodanig gekozen zijn dat het risico op waterdoorslag met name naar de beste gasproductieput (SCH-537) beperkt is omdat de nieuwe injectieputten zich zo'n 100 tot 200m dieper op de structuur bevinden, en op minstens enkele honderden meters laterale afstand. Ook kan de waterinjectie juist productieverhogend werken: als gevolg van injectie zal de druk in het gasreservoir oplopen waar de gasproductieputten baat bij hebben.

### *Beoordeling TNO-AGE*

NAM heeft de totale productieprognose iets naar beneden bijgesteld ten opzichte van het vigerende winningsplan. De totale verwachte maximale productievolume (10.095 Nm<sup>3</sup>) blijft daarbij dan ook onder het maximaal vergunde volume (11.775 miljoen Nm<sup>3</sup>) van het vigerende winningsplan. Het gasveld bevindt zich in de eindfase van de productie waarbij het verloop van de relatief geringe resterende productie (maximaal < 3,5% van de totale gasproductie) moeilijk te voorspellen is en zal afhangen van het gedrag van de putten.

NAM stelt dat waterinjectie effect kan hebben op de gasproductievolumes en de tijdsduur van de resterende gaswinning uit het gasveld. TNO-AGE heeft de invloed van de huidige en beoogde toekomstige waterinjectie op de gasproductie niet specifiek onderzocht. In het algemeen is het zo dat door waterinjectie de reservoirdruk weer zal toenemen en dit een positieve invloed heeft op de gasproductie zolang het geïnjecteerde water niet doorbreekt (waterdoorslag) bij de productieputten.

<sup>1</sup> Deze aanvraag beschrijft het Nederlandse deel van het Schoonebeek gasveld. Een klein gedeelte, het zuidelijke deel van het gasveld bevindt zich in Duitsland. (Figuur 7-3). Het gasveld aan de Duitse kant produceert sinds 1956, cumulatieve productie t/m 2022 uit het Zechstein reservoir was 3.336.135.146 m<sup>3</sup>(Vn) ([https://nibis.lbeg.de/DOI/dateien/GB\\_49\\_2023\\_Text\\_7\\_web.pdf](https://nibis.lbeg.de/DOI/dateien/GB_49_2023_Text_7_web.pdf))

<sup>2</sup> Wabo vergunning met kenmerk DGETMEM/14054621 (gedateerd 08-04-2014), bijbehorende beschikking met kenmerk DGETMEM/17091711 (gedateerd 27-06-2017) en DGKE-WO/19117739 (gedateerd 08-05-2019).

### *Conclusie*

De wijze waarop NAM voornemens is het gasveld te produceren is conform de huidige kennis en technieken. Uit het oogpunt van planmatig gebruik beoordeelt TNO-AGE dit als doelmatig en efficiënt.

## 2. Bodemdaling/stijging

De meest recente bodemdalingsmeting in dit gebied heeft plaatsgevonden in het jaar 2019. De maximale gemeten bodemdaling rond en boven het Schoonebeek gasvoorkomen vanaf 1952 tot 2019, is minder dan 12 cm (Figuur 7-5). Dit is inclusief de invloed van Schoonebeek oliewinning.

NAM concludeert dat de autonome (ondiepe) bodemdaling alleen een lokale invloed op de metingen heeft en dat de totale cumulatieve bodemdaling in dit gebied de optelsom is van de daling door gaswinning, de stijging door injectie van productiewater in het Schoonebeek gasveld en de daling die wordt veroorzaakt door de oliewinning.

Voor de invloed op de bodemdaling van het Schoonebeek olieveld gebruikt NAM de prognose van het vigerende winningsplan<sup>3</sup> uit 2008, waarin ongeveer 5 cm in het diepste punt is voorspeld door toedoen van productie uit Schoonebeek olie. Om het bodemdalingsmodel voor Schoonebeek gas te kalibreren gebruikt NAM de bodemdalingsmetingen tussen 2000 en 2010. In deze periode heeft namelijk alleen gaswinning plaatsgevonden en wordt daarom aangenomen dat de bodemdaling enkel door Schoonebeek gas is veroorzaakt. De nog te verwachten bodemdaling zal volgens NAM maximaal 2 cm zijn (Tabel 7-1). Dit is de bodemdaling inclusief na-ijlperiode door gaswinning gecombineerd met de effecten van waterinjectie.

Tabel 1 Bodemdalingsprognoses NAM voor verschillende scenario's, naar tabel 7-1

Scenario	Nog verwachte daling	Uiteindelijke daling
Bodemdaling enkel door Schoonebeek gas	Maximaal 4 cm	Maximaal 12 cm
Bodemdaling door Schoonebeek gas en waterinjectie	Maximaal 2 cm	Maximaal 10 cm
Bodemdaling door Schoonebeek gas plus omliggende velden (cumulatief zonder waterinjectie)	Maximaal 4 cm	Maximaal 16 cm
Bodemdaling door Schoonebeek gas en waterinjectie plus omliggende velden	Maximaal 2 cm	Maximaal 14 cm

NAM gebruikt voor de modellering van bodemdaling door het Schoonebeek gasveld – anders dan bij het vigerende winningsplan van het Schoonebeek gasveld – een compactiemodel dat naast elastisch ook tijdsafhankelijk (na-ijl) gesteentegedrag kan modelleren, namelijk het Rate Type Compactie Model (RTiCM). Volgens dit meest recente bodemdalingsmodel zal de bodemdaling na-ijlen na het stoppen van de productie. Daarom heeft NAM gekozen om een jaartal (2100) ver na de beëindiging van de productie te kiezen om de maximale bodemdaling te voorspellen. NAM laat zien dat de verwachte maximale bodemdaling van olie- en gaswinning inclusief waterinjectie tezamen in dit gebied minder dan (<) 14 cm in 2100 zal zijn (Figuur 7-9). Bodemdaling door productie uit het Schoonebeek gas inclusief waterinjectie zal in 2100 volgens NAM respectievelijk < 10 cm bedragen (Tabel 7-1). De waterinjectie zal ca. 2 cm daarvan opheffen. Mocht waterinjectie bij Schoonebeek gas niet plaatsvinden zou de

<sup>3</sup> <https://www.nlog.nl/nlog-mapviewer/field/SCHO>

cumulatieve bodemdaling < 16 cm bedragen. Deze prognoses zijn inclusief de door NAM ingeschatte onzekerheid<sup>4</sup> van 25%. Deze methode zorgt voor een toename van 25% van de bodemdaling. NAM gaat uit van een minimale onzekerheid van 2cm.

In het vigerende winningsplan Schoonebeek gas werd door NAM uitgegaan van een maximale bodemdaling van minder dan 6 cm door de gaswinning. Volgens het nieuwe gekalibreerde model is de totale bodemdaling die door de gaswinning uit het Schoonebeek gasveld wordt veroorzaakt meer dan in het vigerende winningsplan werd aangenomen.

### *Beoordeling TNO-AGE*

TNO-AGE heeft alleen de regionale cumulatieve (diepe) bodemdaling door olie-, gaswinning en waterinjectie onderzocht. De lokale impact van autonome (ondiepe) bodemdaling is geen onderdeel van deze beoordeling.

### *Controleberekening*

TNO-AGE heeft een controle berekening uitgevoerd op de (RTiCM) bodemdalingsprognose veroorzaakt door gasproductie uit het Schoonebeek gasveld aan de hand van de parameters die in de huidige aanvraag zijn gepresenteerd (Tabel 11-1 t/m 11-3). Hierbij is het hoge scenario gekozen waarbij geen waterinjectie wordt verwacht. TNO-AGE komt hierbij voor het diepste punt van de bodemdalingsprognose op vergelijkbare resultaten als NAM.

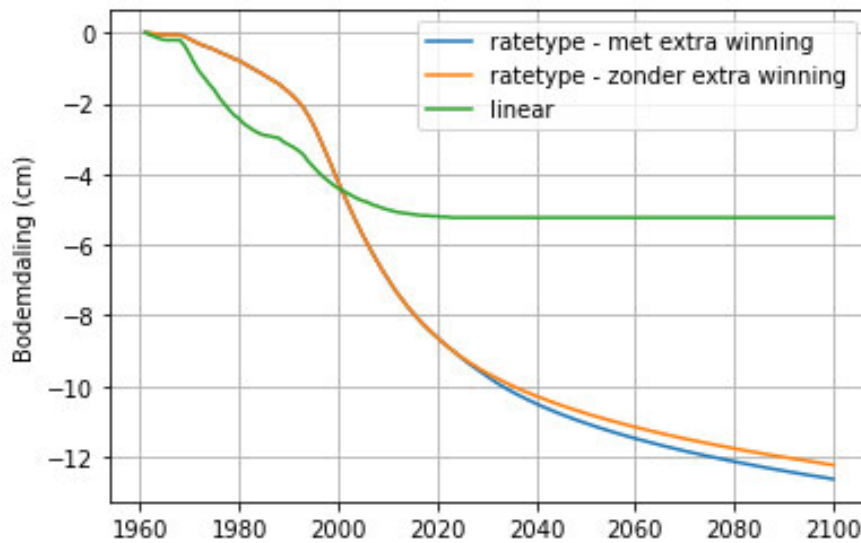
TNO-AGE heeft daarnaast de bodemdalingsprognose van de huidige aanvraag (RTiCM) vergeleken met het lineair elastisch model uit het vigerend winningsplan. Onderstaand figuur 1 laat zien dat er t.o.v. het lineaire bodemdalingsmodel van het vigerende winningsplan meer bodemdaling wordt verwacht door na-ijling. TNO-AGE merkt hierbij op dat een kalibratie aan de recente bodemdalingsmetingen met een lineair elastisch model naar alle waarschijnlijkheid ook zou resulteren in meer bodemdaling t.o.v. de bodemdalingsprognose van het vigerende winningsplan.

Verreweg het merendeel van de bodemdalingsprognose van de huidige aanvraag wordt veroorzaakt door de na-ijlende compactie van het reservoir door de gasproductie die al heeft plaatsgevonden. De toekomstige – resterende - gasproductie (maximaal < 3,5% van de totale productie) zal slechts een geringe extra bodemdaling veroorzaken. Het verschil op de totale bodemdaling in 2100 door gaswinning met en zonder de resterende gaswinning is minder dan een halve centimeter. TNO-AGE merkt nog op dat de RTiCM prognose ook na 2100 nog beperkte (1 cm tussen 2100 en 2200) na-ijlende bodemdaling wordt verwacht.

De geplande extra (olie)waterinjectie zal gedeeltelijk de drukkaling en daarmee de bodemdaling met ca. 2 cm opheffen. TNO-AGE komt hierbij op vergelijkbare resultaten als NAM. Hierdoor is de verwachte bodemdalingsprognose door enkel productie Schoonebeek gas inclusief geplande extra (olie)waterinjectie ca. 10 cm.

---

<sup>4</sup> NAM gebruikt een compressibiliteitsonzekerheid voor  $C_{mref}$  en  $C_{md}$  van 25% wat zorgt voor een onzekerheid van 25% voor de bodemdalingsprognose



**Figuur 1** Controleberekening door TNO-AGE. Op de horizontale as de tijd in jaren. De groene lijn is het lineair elastisch bodemdalingsmodel zoals gebruikt in het vigerende winningsplan. De blauwe lijn is het model (RTiCM) van de huidige aanvraag met de parameter set van Tabel 11-1 t/m 3 (zonder waterinjectie). Oranje lijn is het model (RTiCM) zonder extra gaswinning (huidige druk in het reservoir ingevoerd). De oranje lijn overlapt in de periode vanaf het begin van de productie tot 2023 met de blauwe lijn doordat hetzelfde drukverval in het reservoir wordt gebruikt.

### *RTiCM*

De NAM gebruikt in de huidige aanvraag een ander model (het RTiCM) voor de bodemdalingsprognose van het Schoonebeek gasveld dan het gebruikelijke lineaire elastische compactiemodel van het vigerende winningsplan. RTiCM beschrijft in tegenstelling tot het lineair elastisch model namelijk zowel lineair elastisch als kruipgedrag en is in staat na-ijl effecten te modelleren. Dit model wordt sinds 2016 ook toegepast voor onder andere de gasvelden in de Waddenzee, het Groningen veld<sup>5</sup> en de meest recente Statusrapportage<sup>6</sup> van NAM waarin de bodemdaling door gaswinning in Noord-Nederland is beschreven. Het RTiCM geeft voor bovengenoemde velden in Noord Nederland in het algemeen een betere overeenkomst met observaties dan het lineaire model.

TNO-AGE is van mening dat het door NAM toegepaste RTiCM een beter bodemdalingsmodel is dan het lineaire elastische compactiemodel van het vigerende winningsplan.

TNO-AGE merkt wel op dat het RTiCM gebaseerd is op compactie experimenten met zandstenen<sup>7</sup> uit de Rotliegend formatie. Het Schoonebeek gasveld produceert uit een ander soort gesteente, namelijk carbonaat gesteente, met andere compactie gedrag. Er zijn nog geen laboratorium experimenten uitgevoerd op dit gesteente om aan te tonen dat het RTiCM model ook geschikt is voor dit type gesteente. Dit maakt dat het gebruik van RTiCM voor carbonaat gesteente volgens TNO gepaard gaat met een grotere onzekerheid dan voor (Rotliegend) zandstenen. Gezien de verwachte lange RTiCM na-ijl (met ook daling na 2100) zal onderzoek naar het compactiegedrag van carbonaatgesteente ook beter inzicht geven in de onzekerheid en duur van de na-ijling.

<sup>5</sup> Bijvoorbeeld: Van Tienen-Visser K, Pruiksmá JP, Breunese JN (2015) Compaction and subsidence of the Groningen gas field in the Netherlands, Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences 372: 367-373.  
<https://piahs.copernicus.org/articles/372/367/2015/piahs-372-367-2015.pdf>

<sup>6</sup> NAM (2020) Bodemdaling door aardgaswinning - Statusrapport 2020 en Prognose tot het jaar 2080 (december 2020).  
<https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/bodemdaling/nl/aa0e05c7-704a-4f9f-a02c-ea7ece904905>

<sup>7</sup> Pruiksmá et al. (2015) Isotach formulation of the rate type compaction model for sandstone, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences

TNO-AGE is van mening dat door middel van experimenten de toepasbaarheid en inschatting van de parameters van RTiCM op het carbonaat gesteente de onzekerheid op de prognose verkleind kan worden.

### *Kalibratie*

Ondanks dat het lineaire en kruipgedrag van deze carbonaatgesteenten nog niet bepaald is met experimenten, kan een model met deze methode wel een algemeen kruipgedrag benaderen door middel van kalibratie. Bij kalibratie wordt bepaald wat de modelparameters zijn die ervoor zorgen dat het model de bodemdalingmetingen zo goed mogelijk benaderen. NAM heeft op verzoek van TNO-AGE een verduidelijking<sup>g</sup> gegeven van deze kalibratie.

TNO-AGE is van mening dat het gekalibreerde model op dit moment een zo goed mogelijke benadering is van de bodemdalingmetingen maar observeren tegelijk ook een grote discrepantie tussen de metingen en de modellering. TNO-AGE is daarom van mening dat de onzekerheid groter is dan de door NAM gekozen (standaard) onzekerheid van +/- 2 cm.

### *Invloed Schoonebeek olie*

De bodemdalingsprognose van Schoonebeek olie uit het vigerende winningsplan gebruikt het lineaire compactiemodel en houdt geen rekening met eventuele na-ijling. TNO-AGE merkt op dat na-ijling door Schoonebeek olie ook invloed heeft op de bodemdaling van het Schoonebeek gasveld en een overschatting van de mate van bodemdaling door Schoonebeek gas geeft.

### *Conclusie*

De keuze van NAM voor een bodemdalingsmodel (RTiCM) met na-ijling geven betere prognoses dan het lineaire model in het vigerende winningsplan. TNO-AGE schat de onzekerheid in de bodemdalingsprognose echter hoger in dan de door NAM opgegeven +/- 2 cm. Er zijn twee aandachtspunten die nog geadresseerd moeten worden:

- De toepasbaarheid van het RTiCM op carbonaat gesteenten (zoals het Schoonebeek gasreservoir) is nog onvoldoende onderbouwd en het elastisch- en kruipgedrag van de carbonaatgesteenten met (laboratorium) te onderzoeken, ook met het oog op eventuele toekomstige winningsplannen. TNO-AGE schat in dat de operator voor dit onderzoek in alle redelijkheid een tijdsperiode van twee jaar nodig zal hebben.
- Bodemdalingsprognose van oliewinning uit het bovenliggende Schoonebeek olieveld ook te berekenen met het RTiCM.

TNO-AGE adviseert dat de winning zou kunnen starten op basis van deze actualisatie met de voorwaarde dat de bodemdalingprognose aangepast wordt na afloop van voornoemde aandachtspunten, bijvoorbeeld binnen twee jaar na instemming.

<sup>g</sup> Presentatie gegeven door NAM in overleg met EZK gehouden op 29 november 2023

### 3. Seismisch risico

#### *Geomechanische spanningsveranderingen*

Aan de hand van een generieke Mohr-cirkel analyse illustreert NAM (Bijlage E<sup>9</sup>) een vijftal mogelijke mechanismen die geïnduceerde seismiteit kunnen veroorzaken. De eerste hangt samen met de drukverlaging door gasproductie, de overige mechanismen hangen samen met de injectie van (koud) water.

Samengevat zijn deze mechanismen:

1. Toename van de schuifspanning gedurende depletie.
2. Toename van de velddruk gecombineerd met een hysteresis effect van het spanningspad.
3. Thermische krimp door afkoeling rond het putgat.
4. Druktoename in een breuk nabij het putgat.
5. Chemische verzwakking van de breuksterkte.

#### *Seismische Risicoanalyse van gaswinning*

NAM heeft conform de leidraad<sup>10</sup> een Seismische Risicoanalyse (SRA) met de laatste update van de DH AIS<sup>11</sup> uitgevoerd voor het Schoonebeek gasveld. Er zijn vier historische aardbevingen toegewezen aan het Schoonebeek gasveld (mechanisme 1). Het Schoonebeek gasveld is daardoor een bevend veld. NAM heeft conform de leidraad de magnitude van de realistisch sterkste beving op basis van de breukgeometrie en energiebalans berekend. Omdat de maximale magnitude van een potentiële beving hoger is dan 2,5 moet conform de leidraad een risicomatrix worden opgesteld aan de hand van onder- en bovengrondse invloedfactoren. Daaruit volgt volgens NAM dat het Schoonebeek gasveld in (de laagste) seismische risicocategorie I uitkomt.

#### *Seismische Risicoanalyse van waterinjectie*

Sinds 2010 vindt er in het Schoonebeek gasveld waterinjectie plaats. NAM heeft in de huidige aanvraag een analyse gedaan van mogelijke bevingen als gevolg van waterinjectie (Bijlage E). Analyse van productie- en injectieperiodes laat zien dat voor één van de vier historische aardbevingen mogelijk veroorzaakt kan zijn door injectie. NAM noemt hiervoor twee mechanismen die tot aardbevingen kunnen leiden: (1) afkoeling rond de injectieput (mechanisme 3) dat leidt tot spanningsveranderingen in het reservoir; (2) spanningsveranderingen ten gevolge van drukverhoging door injectie (mechanisme 4). NAM stelt dat de kans dat aardbevingen door injectie worden veroorzaakt zeer laag is, maar dat die niet valt uit te sluiten.

Het aangevraagde waterinjectiedebiet van de huidige aanvraag is zo'n twee ordegrottes hoger. NAM is van plan om daarvoor vier nieuwe injectieputten te boren (Figuur 15-2). Deze nieuwe waterinjectielocaties worden op afstand van bestaande breuken geplaatst om de kans op aardbevingen te verminderen. NAM heeft de maximale magnitude (M<sub>max</sub>) berekend die kan optreden bij een aardbeving die veroorzaakt is door injectie. De maximale magnitude is door NAM met dezelfde methode bepaald die ook gebruikt wordt voor de bepaling van de maximale magnitude bij de gaswinning uit de kleine velden (zie bijlage B). Bij gaswinning wordt gekeken naar de langste breuk binnen het gasveld. Bij waterinjectie kijkt NAM naar het grootst mogelijke breukoppervlak binnen de cirkels van het waterdrukfront. Deze M<sub>max</sub> heeft NAM berekend en komt uit op 3,2 (Tabel 15-2) welke lager is dan de maximale magnitude van de leidraad.

<sup>9</sup> NAM (2023), Seismic Threat Assessment for Schoonebeek-Zechstein water injection. Report: EP202304200850, April 2023.

<sup>10</sup> SodM (2016), Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning. Tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2

<sup>11</sup> Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiteit (DH AIS), actualisatie 2021 (TNO-rapport 2021 R1097) <https://www.nlog.nl/media/2854>

### ***Mitigerende acties***

Volgens een hypocentrum-analyse verbindt NAM de locatie van een hypothetische beving aan één of meerdere van de bovengenoemde geomechanische spanningsveranderingen die tot geïnduceerde seismiciteit kunnen leiden. Een beving buiten de invloedzone van de injectieput, maar binnen de zone van gasproductie wordt waarschijnlijk veroorzaakt door depletie (mechanisme 1). Een beving dicht bij het waterfront wordt waarschijnlijk veroorzaakt door stress hysteresis (mechanisme 2) en/of breukverzwakking (mechanisme 5). Een beving binnen het afkoelingsfront wordt waarschijnlijk veroorzaakt door krimp (mechanisme 3). Naast deze plaatsgebonden factoren, spelen tijdgebonden mechanismen ook een rol. Indien bijvoorbeeld op korte termijn (dagen, weken) na begin van de injectie een beving optreedt, kan druktoename in een breuk rond het putgat de oorzaak zijn (mechanisme 4). Zodoende ligt het voor de hand mitigerende acties te ondernemen op basis van onderzoek naar de uitbreiding van het druk- en temperatuurfront in ruimte én tijd, gecombineerd met de kennis van bestaande breukstructuren. Mogelijke mitigerende maatregelen variëren van het reduceren van de mate (snelheid, hoeveelheid) van injectie tot suspensie (tijdelijk sluiten) van de boorput.

### ***Beoordeling TNO-AGE***

#### ***Geomechanische spanningsveranderingen***

Spanningsveranderingen door depletie (mechanisme 1) als gevolg van gasproductie is volgens TNO-AGE de meest dominante oorzaak voor het ontstaan van geïnduceerde bevingen. Daarna is krimp (mechanisme 3) als gevolg van de afkoeling van het reservoirgesteente door waterinjectie de grootste mogelijke oorzaak voor bevingen. TNO-AGE volgt de redenering van NAM dat deze twee mechanismen een grotere impact kunnen hebben dan de algehele toename van de velddruk (mechanisme 2). De kans op directe injectie nabij breuken (mechanisme 4) wordt verkleind door de ruimtelijke keuze van de afstand tussen de vier toekomstige waterinjectoren en de bekende breuken. Chemische verzwakking van de breuksterkte (mechanisme 5) door breuklubricatie wordt vertaald als een afname van de frictiehoek in het Mohr-Coulomb domein. Indien eerder genoemde mechanismen kunnen worden uitgesloten op basis van geomechanische en operationele argumenten, blijft geïnduceerde seismiciteit als gevolg van de chemische afname van de breuksterkte over als mechanisme. Breuklubricatie wordt daarom als relatief ongewoon gezien.

#### ***Seismische Risicoanalyse van gaswinning (mechanisme 1)***

In de laatste DHAIS update zijn vier historische aardbevingen toegewezen aan het Schoonebeek gasveld (mechanisme 1). Het Schoonebeek gasveld is daarmee een bevend veld. TNO-AGE heeft de invoer parameters voor de SRA berekening volgens de leidraad gecontroleerd en classificeert het Schoonebeek Gas gasveld, net als NAM, in seismische risicocategorie I.

#### ***Seismische Risicoanalyse van waterinjectie (mechanismen 2 t/m 5)***

NAM heeft een gedegen studie uitgevoerd naar de mogelijke oorzaken en risico's bij waterinjectie. In haar analyse stelt NAM (Bijlage E) in de huidige aanvraag dat een mogelijke relatie tussen waterinjectie en aardbevingen niet compleet kan worden uitgesloten. Deze relatie wordt door onderzoek van TNO<sup>12</sup> in algemene zin ondersteund. Recent is dit meer specifiek bevestigd met een onafhankelijke review<sup>13</sup> uitgevoerd door Deltares naar de Seismische Dreigingsanalyse van NAM over waterinjectie in het Schoonebeek gasveld<sup>14</sup>.

<sup>12</sup> How earthquakes are induced, by Thibault Candela, Brecht Wassing, Jan ter Heege, Loes Buijze. Science MAY 2018 • VOL 360 ISSUE 6389 <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aat2776>

<sup>13</sup> <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2022/12/08/onafhankelijke-review-herevaluatie-waterinjectie-twente>

<sup>14</sup> NAM, 2022. Seismic threat assessment for Schoonebeek-Zechstein water injection. Rapport: EP202204200931, juni 2022



TNO-AGE heeft de Mmax van NAM ten gevolge van een beving door waterinjectie gecontroleerd en komt net als NAM lager uit dan de Mmax volgens de leidraad door reguliere gaswinning. Het grootst mogelijke breukoppervlak binnen de cirkels van het waterdrukfront bij injectie zal overwegend kleiner zijn dan de langste breuklengte binnen het gaswatercontact, die gebruikt wordt voor de reguliere gaswinning in de leidraad. TNO-AGE merkt op dat deze leidraad niet is opgesteld voor waterinjectie. De SRA van gaswinning is daarom onafhankelijk van een lagere Mmax voor waterinjectie en heeft geen invloed op de beoordeling daarvan.

### *Mitigerende acties*

TNO-AGE merkt allereerst op dat NAM de nieuwe waterinjectielocaties putten op afstand van bestaande breuken plaatst om het risico op aardbevingen te verminderen een goede mitigerende maatregel is. Indien geïnduceerde seismiciteit onverhoopt plaatsvindt zijn de door NAM voorgestelde onderzoekmaatregelen voldoende aannemelijk om de geomechanische oorzaak te verklaren en de kans op geïnduceerde bevingen te verminderen. Het seismisch netwerk moet voldoende dicht zijn om de locatie van het hypocentrum te bepalen, zodanig dat de oorzaak van eventuele geïnduceerde bevingen verbonden kan worden met de genoemde geomechanische spanningsveranderingen.


### *Conclusie*

TNO-AGE heeft de SRA voor gaswinning volgens de leidraad gecontroleerd en classificeert het Schoonebeek Gas gasveld, net als NAM, in seismische risicocategorie I.

Een mogelijke relatie tussen waterinjectie en aardbevingen kan niet worden uitgesloten. De mitigerende maatregelen zoals door NAM voorgesteld zijn door TNO-AGE beoordeeld en voldoende aannemelijk.

Erop vertrouwend u hiermee van dienst te zijn geweest.

Met vriendelijke groet,



Hoofd Adviesgroep Economische Zaken en Klimaat (TNO-AGE)