

# Technische commissie bodembeweging

> Retouradres Postbus 20401 2500 EK Den Haag

Aan de Minister van Economische Zaken & Klimaat  
Postbus 20401  
2500 EK DEN HAAG

**Technische commissie  
bodembeweging**

**Postadres**  
Postbus 20401  
2500 EK Den Haag  
T 088 042 5718  
info@tcbb.nl  
www.tcbb.nl

**Ons kenmerk**  
TCBB/ 21237959

**Uw kenmerk**  
DGKE-WO /

**Bijlage(n)**  
-

Datum 20 september 2021  
Betreft Tcbb-advies

Geachte minister,

In reactie op uw adviesverzoek per e-mail van 03-09-2021 over de aanvraag "Permanent opslaan van CO<sub>2</sub> in het voorkomen P18-2" van TAQA Offshore B.V. en EBN CCS B.V. (hierna: de aanvrager) vindt u hierbij ons advies.

Bij uw adviesaanvraag heeft u gevoegd:

- Aanvraag CO<sub>2</sub>-opslagvergunning reservoir P18-2, februari 2021 versie 2.0.
- Bijlagen behorende bij aanvraag CO<sub>2</sub>-opslagvergunning P18-2, februari 2021, versie 2.0.
- TNO-AGE advies: Aanvraag "permanent opslaan van CO<sub>2</sub> in het voorkomen P18-2"
- Bijlage 1 bij advies TNO-AGE, Beantwoording van de adviesvraag, gedateerd 23 juli 2021.
- Bijlage 2 bij advies TNO-AGE, Kaart en gebiedsbeschrijving, gedateerd 23 juli 2021.
- Bijlage 3 bij advies TNO-AGE, Technisch rapport P-18-2, concept, gedateerd 23 juli 2021.
- SodM: Advies opslagvergunning CO<sub>2</sub> P18-2, gedateerd 22 juli 2021.
- Bijlage 1 bij SodM CO<sub>2</sub> P18-2, Technisch-inhoudelijke onderbouwing voor de adviesonderdelen 1 t/m 8 P18-2.
- Bijlage 2 bij advies SodM, NORCE Porthos CCS storage permit review.
- Bijlage 3 bij advies SodM, SINTEF Technical review of Porthos CO<sub>2</sub>-storage permit application.
- RVO advies Opslagvergunning P18-2 Porthos, gedateerd 15 juli 2021.

## **Inleiding**

Het project Porthos is een initiatief van het Havenbedrijf Rotterdam N.V. (HbR), Energie Beheer Nederland (EBN) en N.V. Nederlandse Gasunie voor de aanleg van een CO<sub>2</sub>-leiding door het Rotterdamse havengebied naar een opslaglocatie onder de Noordzee waarin CO<sub>2</sub> vanuit de Rotterdamse industrie wordt opgeslagen.

De CO<sub>2</sub> zal per onderzeese pijpleiding naar het platform P18-A in de Noordzee getransporteerd worden, circa 20 km uit de kust van Hoek van Holland. Vanaf het platform wordt de CO<sub>2</sub> in gedepleteerde gasvelden gepompt. De opslag van CO<sub>2</sub> zal plaatsvinden in drie reservoirs: P18-2, P18-4 en P18-6. De onderhavige aanvraag betreft de opslagvergunning voor veld P18-2. Voor veld P18-4 is in 2013 al een opslagvergunning afgegeven. Het reservoir wordt gevormd door zandsteenlagen uit de Triassische Hoofd Bontzandsteen (Buntsandstein) Subgroep, ook wel 'Bunter' genoemd. Het reservoir bevindt zich op een diepte van ongeveer 3 km en heeft een dikte van ongeveer 220 m. De afsluitende laag wordt gevormd door de Boven-Germaanse Trias Groep en de Altena Groep en is 450 tot 650 m dik. TAQA Offshore heeft sinds 1993 aardgas uit het veld gewonnen. Het P18 veld is inmiddels vrijwel leeg geproduceerd en de productie van aardgas zal voor de start van de CO<sub>2</sub>-injectie worden beëindigd. Het bestaande platform van P18-A dat TAQA exploiteert, zal benut worden voor de injectie van CO<sub>2</sub>. In veld P18-2 zijn zes putten geboord. De injectie zal plaatsvinden via vier injectieputten. De exploratieput en een voor de gasproductie geboorde zijtak zullen niet voor de opslag van CO<sub>2</sub> gebruikt worden.

### **Wettelijke taak Tcbb**

De Mijnbouwwet<sup>1</sup> geeft de Tcbb als taak de Minister van Economische Zaken en Klimaat te adviseren over door hem af te geven beschikkingen in verband met de gevolgen van mijnbouwactiviteiten voor beweging van de aardbodem en schade aan bebouwing die daarvan het gevolg kan zijn.

De Tcbb heeft kennisgenomen van de documentatie van de aanvrager en de adviezen van SodM en TNO-AGE.

De Tcbb onderscheidt in haar adviezen de twee componenten die zich voordoen bij bodembeweging, te weten bodemdaling en bodemtrilling.

De Tcbb merkt op dat er maatschappelijke ontwikkelingen zijn in de acceptatie van bodemdaling en bodemtrilling met betrekking tot de winning van delfstoffen en opslag in de diepe ondergrond. De Tcbb heeft ook in dat licht gekeken naar dit onderhavige verzoek tot instemming.

### **Bodemdaling en risico op schade**

#### *Documentatie van de aanvrager*

De aanvrager heeft berekeningen laten uitvoeren voor de mate van bodemdaling die is opgetreden gedurende gasproductie en de te verwachten bodemstijging gedurende de injectiefase. De bodemdaling die is opgetreden als gevolg van de gasproductie wordt geschat op ongeveer 7 cm bij het platform. De maximale diepte van de bodemdalingsskom boven het veld wordt geschat op ongeveer 10 cm. Door de toename van de druk in het reservoir door de CO<sub>2</sub>-injectie zal de huidige bodemdaling in enige mate tenietgedaan worden. Wanneer aangenomen wordt dat door de CO<sub>2</sub> injectie de druk in het reservoir terugkeert naar de hydrostatische druk en het gesteente zich volledig elastisch gedraagt, zal de bodemstijging 7 cm bedragen, dezelfde mate van bodemverplaatsing als de daling die is opgetreden tijdens de gaswinning. Bij een gedeeltelijk elastisch terugveren van het reservoir zal de bodemstijging zo'n 3 cm zijn bij terugkeer naar de originele hydrostatische druk. Er zijn tot op heden geen metingen gedaan van de bodemdaling bij het P18 veld. De aanvrager merkt op dat de bodemdaling tijdens de gaswinning niet tot waarneembare problemen heeft geleid. Daarom is het volgens de aanvrager niet te verwachten dat mogelijke bodemstijging tijdens de injectie

---

<sup>1</sup> Artikel 114, lid 2 Mijnbouwwet

een gevaar betekent. De aanvrager concludeert dat bodemdaling en/of -stijging geen risico vormt en dat een gedetailleerde risicoanalyse daarom niet nodig is.

#### *Adviezen van TNO-AGE en SodM*

TNO-AGE verwacht niet dat er problemen zullen optreden door bodemstijging als gevolg van de CO<sub>2</sub>-injectie omdat deze naar verwachting kleiner zal zijn dan de bodemdaling die veroorzaakt is door de gaswinning. SodM kan zich grotendeels vinden in de onderbouwing van de bodemdaling in de aanvraag en de bijlagen. Ook in het extreme scenario, waarbij de bodemdaling in zijn geheel niet-elastisch is (en er dus geen terugvering plaatsvindt) zijn de bodemdalingseffecten naar verwachting van SodM nog steeds beperkt. SodM verwacht dat in een meer realistisch scenario waarbij deels terugvering plaatsvindt de bodemdaling minder zal worden gedurende de injectie van CO<sub>2</sub>, waardoor een deel van de bodemdaling door de gaswinning teniet wordt gedaan. SodM beschouwt de risico's als gevolg van de bodemdaling en/of -stijging daarom als verwaarloosbaar.

#### *Beoordeling en conclusie Tcbb*

De Tcbb kan zich op basis van de haar ter beschikking staande gegevens vinden in de beoordeling van TNO-AGE en SodM. De bodemstijging boven het P18-2 veld als gevolg van de CO<sub>2</sub>-injectie zal beperkt zijn tot maximaal 7 cm. Gezien de ligging van het veld op ten minste 15 km afstand van de dichtstbijzijnde bebouwing op land zal er bij deze mate van bodembeweging boven het P18 veld geen schade aan gebouwen op land kunnen optreden.

### **Bodemtrilling en risico op schade**

#### *Documentatie van de aanvrager*

De seismische risico-evaluatie (SRA) van de aanvrager richt zich met name op de mogelijkheid dat breuken instabiel worden waardoor CO<sub>2</sub> opwaarts zou migreren en er uiteindelijk CO<sub>2</sub> uit het opslagcomplex zou kunnen lekken. Uit de geomechanische analyses en computersimulaties van de mogelijke instabiliteit van breukvlakken concludeert de aanvrager dat  $M=2,8$  de maximale magnitude is van een door de CO<sub>2</sub>-opslag geïnduceerde aardbeving.

Daarnaast heeft de aanvrager aan de hand van de leidraad die is opgesteld voor de risicoanalyse van geïnduceerde bevingen bij gaswinning<sup>2</sup> de theoretisch maximale magnitude ( $M_{max}$ ) berekend met als uitkomst een  $M_{max}$  van  $M=4,1$ . Deze berekening gaat uit van het onwaarschijnlijke scenario waarbij door een beving het gehele breukoppervlak van de langste breuk in beweging wordt gebracht.

Er is tot op heden geen seismiciteit gedetecteerd die gerelateerd kan worden aan het P18 veld. Daaruit kan worden afgeleid dat er in het verleden geen grootschalige breukbeweging heeft plaatsgevonden. De detectiegrens voor aardbevingen met het regionale meetnetwerk van het KNMI is een magnitude  $M=2,0$ . Omdat er tot op heden geen bevingen zijn geregistreerd en er tegelijkertijd delen van het breuksysteem onder kritische spanning staan, stelt de aanvrager dat een magnitude van  $M=2,0$  een meer realistische schatting zou zijn voor de maximale magnitude van een geïnduceerde beving.

De aanvrager maakt een onderscheid tussen mogelijke schade aan offshore constructies en aan bebouwing op land. Over mogelijke schade aan offshore constructies stelt de

---

<sup>2</sup> Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning, tijdelijke leidraad voor adressering, SodM, 2016.

aanvrager dat de offshore constructies in de nabijheid van het P18 veld bestand zijn tegen de bodemtrillingen die zouden kunnen optreden als gevolg van een geïnduceerde beving in het P18 gebied.

De aanvrager bepaalt de kans op schade aan hand van een inschatting van de maximale grondversnelling (Peak Ground Acceleration, PGA) die zich zou kunnen voordoen bij een aardbeving. De relatie tussen de magnitude van een aardbeving en de PGA leidt de aanvrager af uit de ervaringen op het land. De aanvrager stelt dat de situatie voor het P18 veld vergelijkbaar is met die van het gasveld Roswinkel (gemeente Emmen), waar een aardbeving van een magnitude  $M=3,0$  volgens de berekeningen leidt tot een maximale grondversnelling van 2% van de zwaartekrachtsversnelling (2% g). De aanvrager stelt dat gezien de ligging van P18 op ten minste 15 km van de dichtstbijzijnde bebouwing op land de maximale bodemtrilling die zou kunnen optreden onder de limiet blijft waarboven schade kan optreden. Daarbij wordt uitgegaan van een PGA die kleiner is dan 3% g ten gevolge van een aardbeving met een magnitude van  $M=3,5$ .

De aanvrager stelt dat monitoring via het bestaande regionale seismische netwerk van het KNMI op het land volgens de richtlijnen voldoende is. Daarnaast geeft de aanvrager aan dat aanvullende technologie, waaronder DAS (Distributed Acoustic Sensing), zou kunnen worden ingezet om (micro)seismische activiteit te monitoren.

#### *Adviezen van TNO-AGE en SodM*

De studie naar de geomechanische effecten van de gasproductie en de CO<sub>2</sub>-injectie in het P18-veld is naar het oordeel van TNO-AGE op grondige wijze uitgevoerd met redelijke aannames voor de belangrijkste parameters. TNO-AGE is echter van mening dat zonder monitoringsgegevens het niet mogelijk is om de onderzoeksresultaten te valideren. TNO-AGE merkt daarbij op dat Porthos het eerste grootschalige CO<sub>2</sub> opslagproject in een geleegd gasveld zal zijn en het daardoor ook niet mogelijk is om de onderzoeksresultaten te vergelijken met die van eerdere projecten. Daarnaast acht TNO-AGE het nog onvoldoende aangetoond dat de getoetste situaties werkelijk representatief zijn door het ontbreken van een geïntegreerde gevoeligheidsanalyse met foutpropagatie uit een statisch en dynamisch model. TNO-AGE adviseert om deze volledig geïntegreerde gevoeligheidsanalyse uit te voeren. Deze analyse zal volgens TNO-AGE voor zowel bodemtrillingen als scheurvorming de basis moeten vormen voor de geomechanische grenswaarden van operationele parameters als druk, temperatuur en injectiesnelheid.

Over de monitoring van seismiciteit tekent TNO-AGE aan dat de aanvrager onvoldoende onderbouwt dat het huidige KNMI-netwerk afdoende is om de seismiciteit tijdens de injectiefase te monitoren, hoewel TNO-AGE de kans klein acht dat er seismiciteit optreedt die de veiligheidslimieten zal overschrijden. TNO-AGE stelt dat de gasvolumes en injectiesnelheden van het Porthos project weliswaar vergelijkbaar zijn met die van aardgasopslagen in Nederland, maar dat, anders dan bij een gasopslag, de CO<sub>2</sub>-injectie zorgt voor afkoeling van een significant gesteentevolume. Deze afkoeling heeft als mogelijk gevolg dat nabijgelegen breuken instabiel worden en daarmee is er een verhoogde kans op het optreden van seismiciteit, ondanks de stabiliserende werking van de drukverhoging door de injectie. TNO-AGE ziet daarom liever een uitgebreider meetsysteem met een lagere detectielimiet naast het door de aanvrager voorgestelde meetsysteem. Met een dergelijk systeem zou de breukstabiliteit kunnen worden gemonitord door lokalisatie van (micro)seismische events. Meer algemeen vindt TNO-AGE het wenselijk om, gezien het pionierskarakter van het project, een uitgebreider monitoringssysteem in te zetten. Met deze uitgebreidere monitoring kunnen de geomechanische modellen empirisch worden gekalibreerd en kan het optreden van onverwachte of ongewenste ontwikkelingen beter worden gecontroleerd. Daarnaast

verwacht TNO-AGE dat toekomstige CO<sub>2</sub>-opslagprojecten profijt zullen hebben van het inzicht dat uit deze extra uitgebreide monitoring bij het Porthos project kan worden verkregen.

SodM beoordeelt de modellen die de basis vormen van de risico-inschatting voor bodemtrilling (aardbevingen) als van goede kwaliteit naar de huidige stand van de techniek. Daarbij wordt opgemerkt dat het onvermijdelijk is bij modellen van de ondergrond aannames te maken voor het gedrag van de ondergrond en de CO<sub>2</sub>-injectie en -opslag. Hoe de CO<sub>2</sub> zich binnen het opslagreservoir zal verspreiden is onzeker. SodM schat in dat die onzekerheden aanvaardbaar zijn zolang significante afwijkingen van het verwachte gedrag (zoals bevingen) op tijd kunnen worden gesignaleerd.

Bij de bepaling van de magnitude van de theoretisch sterkste beving ( $M_{max}$ ) op magnitude  $M=4,1$  tekent SodM aan dat bij de berekening ervan wordt uitgegaan dat al het breukoppervlak dat grenst aan het reservoir meebeweegt bij een beving. SodM acht de kans op een dergelijke beving zeer klein en geeft daarbij aan dat voor de meeste doorgerekende scenario's het uiteindelijke risico gelijk blijft of kleiner wordt dan het risico op aardbevingen na gaswinning zonder injectie in het reservoir. De magnitude van de beving bij het scenario met een combinatie van 'worst case' modelparameters dat uitkomt op een hoger risico dan het huidige risico, blijft ruim onder de  $M=4,1$  van de berekende theoretisch sterkste beving ( $M_{max}$ ). SodM ziet de inschatting van  $M_{max}$  als een bovengrens en tekent daarbij aan dat alle modelberekeningen laten zien dat een (veel) kleiner breukoppervlak kritiek belast zal worden dan het maximale oppervlak.

SodM verwacht dat het effect van een beving door de CO<sub>2</sub>-opslag klein zal zijn omdat constructies zoals windmolens en platforms bestand zijn tegen het verwachte bevingsniveau. Aangezien het veld zich op ten minste 15 kilometer afstand van de bebouwing op land bevindt zal ook geen schade op land te verwachten zijn. SodM concludeert dat, ondanks onzekerheden in de modellering, zelfs met de ongunstigste scenario's de kans op schade als gevolg door seismiciteit als klein beschouwd kan worden en vindt daarmee het risico van aardbevingen voldoende beperkt.

Met betrekking tot de monitoring van seismiciteit concludeert SodM dat zwaardere bevingen ( $M > 2,0$ ) onder de zeebodem in de omgeving van de P18-2 CO<sub>2</sub>-opslag gedetecteerd kunnen worden met het reguliere seismische meetnetwerk van het KNMI op land. SodM vindt deze monitoring voldoende om vast te kunnen stellen of bevingen optreden in de omgeving van de opslaglocatie. Daarmee kan volgens SodM bepaald worden of er sprake is van gedrag dat significant afwijkt van het verwachte gedrag. SodM geeft in haar advies aan dat een nauwkeuriger bepaling van de bron van eventuele bevingen kan helpen om een beter onderscheid tussen verschillende scenario's te maken in het geval dat afwijkend gedrag optreedt.

#### *Beoordeling en conclusie Tcbb*

De Tcbb kan zich op basis van de haar ter beschikking staande gegevens vinden in de beoordeling van het seismisch risico door TNO-AGE en SodM. De kans dat er zich een geïnduceerde aardbeving voordoet met schade aan bebouwing tot gevolg kan klein worden geacht, aangezien constructies in de Noordzee zoals platforms en windmolens bestand zijn tegen het verwachte bevingsniveau en de dichtstbijzijnde bebouwing op land zich op een afstand van 15 km van de opslaglocatie bevindt.

Met betrekking tot de monitoring zou het wenselijk zijn, gezien het unieke karakter van het Porthos project, een systeem in te richten waarmee (micro)seismische activiteit in het reservoir gemeten kan worden. Met deze metingen kunnen modellen voor het

geomechanische gedrag van het reservoir worden gekalibreerd en afwijkend gedrag vroegtijdig worden herkend. Een belangrijke meerwaarde daarvan is dat toekomstige CO<sub>2</sub>-opslagprojecten kunnen profiteren van de kennis die wordt opgedaan uit deze extra uitgebreide monitoring bij Porthos. Daarnaast kan de uitgebreide monitoring en het delen van de resultaten daarvan ook bijdragen aan het maatschappelijk draagvlak voor permanente CO<sub>2</sub>-opslag in de ondergrond.

### **Advies Tcbb**

De Tcbb heeft de aanvraag voor permanente opslag van CO<sub>2</sub> in het voorkomen P18-2 beoordeeld op de mogelijke gevolgen van bodembewegingen en de schade die daar het gevolg van kan zijn.

De bodemstijging boven het P18-2 veld als gevolg van de CO<sub>2</sub>-injectie zal beperkt zijn tot maximaal 7 cm. Gezien de ligging van het veld op ten minste 15 km afstand van de dichtstbijzijnde bebouwing op land zal er bij deze mate van bodembeweging boven het P18 veld geen schade aan gebouwen op land kunnen optreden.

Met betrekking tot de bodemtrilling is de Tcbb van oordeel dat de kans dat er zich een geïnduceerde aardbeving voordoet met schade aan bebouwing tot gevolg klein kan worden geacht, aangezien constructies in de Noordzee zoals platforms en windmolens bestand zijn tegen het verwachte bevingsniveau en de dichtstbijzijnde bebouwing op land zich op een afstand van 15 km van de opslaglocatie bevindt.

De Tcbb adviseert, gezien het unieke karakter van het Porthos project, dat de monitoring zo wordt ingericht dat de (micro)seismische activiteit in het reservoir gemeten kan worden. Met deze monitoring kunnen de modellen voor het geomechanische gedrag van het reservoir gekalibreerd worden en kan afwijkend gedrag vroegtijdig worden herkend. Een belangrijke meerwaarde daarvan is dat toekomstige CO<sub>2</sub>-opslagprojecten kunnen profiteren van de kennis die wordt opgedaan uit de extra uitgebreide monitoring bij Porthos. Daarnaast kan de monitoring en het delen van de resultaten daarvan ook bijdragen aan het maatschappelijk draagvlak voor permanente CO<sub>2</sub>-opslag in de ondergrond.

Met vriendelijke groet,



Mr. I.P.A. van Heijst  
Voorzitter