

Retouradres: Postbus 80015, 3508 TA Utrecht

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Transitie Diepe Ondergrond
t.a.v. [REDACTED]
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG



Onderwerp
Evaluatie SHA winningsplan aardwarmte Delft I

Geachte [REDACTED],

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (hierna: EZK) heeft TNO-AGE op 8 november 2022 gevraagd of een door Geothermie Delft B.V. (hierna: vergunninghouder) aangeleverde aanvullingen [1,2] op het winningsplan aardwarmte Delft I [3] leidt tot een herziening van het eerder uitgebrachte advies [4]. De aanvulling betreft een locatiespecifieke analyse van de seismische dreiging (SHA) voor het beoogde geothermisch systeem. TNO-AGE heeft de aanvullende rapportage geëvalueerd en de bevindingen verwerkt in dit advies.

Advies in het kort

Vergunninghouder heeft met de aangeleverde documentatie [1,2] voldaan aan het eerder uitgebrachte advies [4] om meer invulling te geven aan de seismische risico evaluatie conform de leidraad. TNO-AGE acht de SHA analyse afdoende om het project in ieder geval gedurende de tijdelijke winningsplanfase (maximaal 3 jaar) doorgang te laten vinden. Het advies is wel om als voorwaarde op te nemen dat de SHRA op basis van de geacquireerde gegevens en ervaringen wordt geactualiseerd op het moment van een aanvraag van een vervolgv vergunning. Het voorgestelde seismisch risico beheersplan wordt passend geacht bij het risicoprofiel van dit project. Tenslotte ziet TNO-AGE geen aanleiding om de geadviseerde operationele begrenzings in het eerder uitgebrachte advies [4] te herzien.

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

Datum
15 december 2022

Onze referentie
AGE 22-10.105

Contactpersoon
[REDACTED]

E-mail
[REDACTED]@tno.nl

Projectnummer
060.51941/01.12.03

Uw referentie
IV-15316

Op opdrachten aan TNO zijn de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Griffie van de Rechtbank Den Haag en de Kamer van Koophandel Den Haag van toepassing. Deze algemene voorwaarden kunt u tevens vinden op www.tno.nl.
Op verzoek zenden wij u deze toe.

Handelsregisternummer 27376655.

Datum
15 december 2022

Onze referentie
AGE 22-10.105

Blad
2/7

Evaluatie van de aanvullingen

De vergunninghouder geeft aan de analyse langs de volgende lijn uit te voeren:

1. Een kwalitatieve duiding van de kans op het optreden van een aardbeving.
2. De theoretisch maximaal mogelijke magnitude die zou kunnen plaatsvinden wordt deterministisch berekend op basis van de maximale grootte van het afgekoeld volume en de dimensies van breuken in het gebied.

Volgens vergunninghouder conformeert zich dat met de richtlijnen zoals uit de Kamerbrief van Staatssecretaris Vijlbrief d.d. 21-10-2022 [5] en bijlage – “overzicht en toelichting van beleid voor het omgaan met fysieke risico's en onzekerheden bij geothermie” [6].

Onderstaande hoofdstukken geven de evaluatieresultaten van de audit van:

- Addendum 1 verzoek instemming winningsplan Geothermie Delft, Locatie-specifieke seismische risico analyse d.d. 7 november 2022, en;
- Winningsplan Geothermie Delft, Seismisch Risico Beheersplan d.d. 7-11-2022.

Kans van optreden van een aardbeving

In de punten die door de vergunninghouder zijn opgevoerd om de kans van optreden van een aardbeving kwalitatief te duiden kan TNO-AGE zich vinden, alhoewel met een aantal kanttekeningen.

- a) “...tot nu toe laten zien dat dit gebied niet seismogeen is.” (p.2 in [1]). Zoals vergunninghouder zegt, zijn er geen aardbevingen in de ruime regio van het project geregistreerd door het KNMI. Dat moet geïnterpreteerd worden dat er geen aardbevingen zijn opgetreden boven de detectielimiet van het KNMI netwerk, dat voorheen ca. een magnitude 2 was en heden ten dage 1. Het is dus niet uit te sluiten dat er ‘niet voelbare’ en/of ‘niet registreerbare’ seismiciteit is opgetreden.
- b) Recent seismisch onderzoek van de TU-Delft in de regio heeft micro-seismiciteit waargenomen. De oorzaak/bron is vooralsnog niet eenduidig te achterhalen [7].

De uitspraak van de vergunninghouder “Op basis van deze informatie kan geconcludeerd worden dat er een minimale kans bestaat op het optreden van een aardbeving en er een lage kans op seismische dreiging is bij het GTD-project” moet dus genuanceerd worden. Een meer passende formulering is “Op basis van deze informatie kan geconcludeerd worden dat er een minimale kans bestaat op het optreden van een voelbare of schade berokkenende aardbeving en derhalve een lage kans op seismische dreiging is bij het Geothermie Delft (GTD)-project”.

De berekening van hoe de mate van druk- en temperatuurverstoring ten gevolge van de aardwarmtewinning invloed heeft op de verandering van de ondergrondse spanning geeft inzicht of er op basis van die theoretische berekeningen “nieuwe” spanningsomstandigheden ontstaan waarbij breuken kritisch gespannen kunnen raken en vervolgens de mogelijkheid tot bewegen hebben, dit laatste geleidelijk of

Datum
15 december 2022

Onze referentie
AGE 22-10.105

Blad
3/7

schoksgewijs. Indien schoksgewijs kan dat voelbaar of niet voelbaar zijn aan het maaiveld. Bij de berekeningen die TNO-AGE in de evaluatie heeft uitgevoerd om de verandering in spanningstoestand te berekenen en of die kritisch is of niet, worden de onzekerheden in de invoerwaarden, de parameterisatie van de ondergrond, meegenomen. Dit wordt gedaan door duizend verschillende scenario's te berekenen, op basis van willekeurige trekking uit de parameterset. Hieruit blijkt dat in de meeste gevallen de kritische spanningsdrempel wordt overschreden voor de gekarteerde breuken in de ondergrond in het beïnvloedingsgebied van het geothermieproject.

Magnitude van een geïnduceerde aardbeving

In de Kamerbrief [5] alsook in het advies van het Hooglerarenpanel [8] wordt gesteld dat, indien een aardbeving met een hypocentrum locatie op 3 tot 4 km diep beneden magnitude 3,5 blijft, er geen veiligheidsrisico is. Er is mogelijk wel een kans op schade in de laagste schadecategorie DS1. Kans op schade wordt als nihil ingeschat als een aardbeving in het bovengenoemde dieptebereik kleiner is dan magnitude 2,5. Deze beving is wel voelbaar. Gezien de reservoirdiepte van het project (ca. 2 km) moet daar ca. 0,5 magnitudepunt van afgetrokken worden om qua piekgrondbeweging in dezelfde grootte orde te zitten. De piekgrondbeweging is bepalend voor de mate van schade, naast bouwsterkte.

In het algemeen wordt de seismiteit van een gebied gegeven in een frequentie-magnitude grafiek. Van de frequentie, het aantal optredens van een aardbeving van een bepaalde magnitude, kan een kans afgeleid worden als men ook weet wat de tijdsperiode is waarover de aardbevingen zijn gemeten. Het is voornamelijk niet mogelijk om, voor geïnduceerde aardbevingen bij aardwarmtewinning, een inschatting te maken van de kracht van een aardbeving en hoe vaak die zou optreden. Let wel, zoals eerder gezegd is de overtuiging dat kans op een voelbare aardbeving heel klein is. Wat wel mogelijk is, is de bepaling van een aardbeving in een "worst case" benadering. Dit is de sterkste aardbeving met, per definitie, een zeer lage kans van optreden. In de Kamerbrief [5] is dit verwoord als "*het benoemen van een theoretisch zwaarste aardbeving*"; daarbij hoeft niet de overschrijdingskans (kans van optreden) van die aardbeving benoemd te worden. De zin "*Het werken met een maximaal te verwachten magnitude is een zogenaamde deterministische benadering.*" is door vergunninghouder uitgelegd dat de bepaling van de "theoretisch maximaal te verwachten magnitude" op een deterministische wijze uitgevoerd moet worden. Naar mening van TNO-AGE is het werken met een magnitudewaarde zonder daarbij rekenschap te nemen van de kans van optreden van die beving, een andere meer geëigende interpretatie van deze zin in de Kamerbrief. Deze benadering geeft ruimte om in de bepaling van de "theoretisch zwaarste aardbeving" bij een project wel alle relevante onzekerheden mee te nemen en dat uit de daaruit volgende spreiding aan mogelijke "worst case" magnitudes een magnitude wordt genomen bij een bepaalde overschrijdingskans. TNO-AGE stelt voor het gemiddelde van de uitkomsten te nemen; dit is in lijn met de zinsnede uit de Kamerbrief [5] "*...worden gebaseerd op realistische schattingen, zonder opeenstapeling van conservatieve aannames,...*". Dit ondanks het feit dat een aantal aannames die aan deze methode ten grondslag liggen, zoals ook gegeven door vergunninghouder, een conservatieve benadering volgen.

Datum
15 december 2022

Onze referentie
AGE 22-10.105

Blad
4/7

De SHA analyse zoals door vergunninghouder uitgevoerd bevat alle elementen voor deze analyse. De gepresenteerde formules voor de berekening van de magnitude zijn adequaat. Vergunninghouder kiest vervolgens voor twee van de drie invoerparameters een vaste deterministische waarde: de stress drop van 2,5 MPa en hoogte breuk / dikte reservoir 93 meter. Daarbij moet gezegd worden dat de reservoirdikte de lage waarde van de bruto reservoirdikte inschatting uit het winningsplan [2] benadert. Voor de lengte van de breuk worden vier scenario's gepresenteerd op basis van de lengte van het afgekoelde breuksegment op een bepaald tijdstip en op een bepaalde afstand van de breuk tot de injectieputlocatie in het reservoir. De uitkomst is een theoretisch zwaarste aardbeving tussen magnitude 2,6 en 3,0, waarbij vergunninghouder stelt dat de berekening gebaseerd is op conservatieve uitgangspunten en derhalve de kans dat een dergelijke magnitude kan plaatsvinden bijzonder klein is.

TNO-AGE kan zich vinden in de opinie van de vergunninghouder dat de "stress drop" bij een geothermieproject lager is dan bij een gaswinningsproject, indien het dezelfde ondergrond betreft. 5 MPa, zoals gebruikt in de SRA kleine velden, is een waarde gekozen op basis van ervaringen bij de winning van gasvelden. Stress drop blijft een onzekere parameter en zou idealerwijs met een onzekerheidsbandbreedte in de analyse moeten worden gebruikt. Hetzelfde kan gezegd worden voor de oppervlakte (hoogte reservoir en lengte afgekoelde breuksegment) van het afgekoelde breukvlak. In de analyse van de vergunninghouder is hier deels rekening mee gehouden door scenario's te presenteren voor de lengte van het afgekoelde breuksegment.

TNO-AGE heeft de "theoretisch zwaarste aardbeving" analyse in een stochastische modus uitgevoerd. Waarbij er willekeurig is getrokken uit een uniforme verdeling van 1) stressdrop, 2) reservoirdikte en 3) lengte afgekoelde breuksegment; zie onderstaande tabel. De maximale stressdrop is afgeleid aan de hand van een conservatieve failure criterium lijn (cohesie van 20 bar en een frictie-coëfficiënt van 0,6) en een "frictional weakening" lijn (cohesie van 0 en een frictie-coëfficiënt van 0,3) in de Mohr-Coulomb grafiek.

	min	med	max
Stress drop (MPa)	0,1	-	5
W (m)*	92	123	154
L (m) gedurende de hele looptijd van het project	1200	-	1650
L (m) gedurende het tijdelijk winningsplan periode	400	-	500

* bruto dikte uit Winningsplan Geothermie Delft versie "Definitief Winningsplan kenmerk KHuGTD rev 01" Tabel 3-2.

De uitkomst van de analyse is dat gegeven deze parameters over de gehele looptijd van het project het "worst case" scenario magnitude 3,1 is. Indien enkel de looptijd van het tijdelijke Winningsplan wordt genomen (maximaal 3 jaar) dan is die magnitude 2,8.

Datum
15 december 2022

Onze referentie
AGE 22-10.105

Blad
5/7

Seismisch risico beheersplan

Vergunninghouder is van zins een uitgebreid monitoringsysteem op te zetten waarbij, naast het KNMI station ZH03, nog 3 eigen meetstations/putten worden ingericht. Vergunninghouder spreekt de verwachting uit dat de nauwkeurigheid beter wordt dan de huidige $M_L = 1$. Vergunninghouder stelt een “stoplichtsysteem” voor op basis van het aantal geïnduceerde aardbevingen in een 12 maanden periode voorafgaand aan beving in kwestie en de magnitude van die beving. Uit de tabel lijkt dat bevingen tot minimaal 0,5 registreerbaar zijn/worden geacht. Bevingen in het domein $< 0,5$ tellen niet mee in de het beheerssysteem. In het licht van de te verwachten seismiciteit, mogelijk niet voelbare geïnduceerde seismiciteit, lijkt dit stoplichtsysteem en de respons en beheersmaatregelen adequaat.

Gezien het uitgebreide seismische monitoring netwerk vindt TNO-AGE het opmerkelijk dat in het stoplichtsysteem 0,5 als ondergrens wordt genomen. Naar verwachting is de “Magnitude of Completeness” lager dan 0,5. (magnitude 0,5 wordt ook gehaald in de Den Haag regio met een minder uitgebreid seismisch monitoring netwerk). In essentie betekent dit dat, indien er bevingen optreden en geregistreerd worden kleiner dan 0,5 ongeacht het aantal, de productie van aardwarmte kan doorgaan. Gezien de aard van het project, dat is ingebed in een onderzoeksomgeving, acht TNO-AGE het opportuun dat ook voor deze bevingen code groen (normaal werkgebied) geldt.

Conclusies

Op basis van de door de vergunninghouder aangeleverde rapportage en de evaluatie daarvan concludeert TNO-AGE het volgende:

- TNO-AGE kan zich vinden in de conclusie van de vergunninghouder met betrekking tot de argumentatie van de kans op het optreden van een geïnduceerde aardbeving en vervolgens in de inschatting van de magnitude;
- Het project voldoet aan de veiligheidsnorm conform de Kamerbrief, zoals TNO-AGE die interpreteert.
- Er is theoretisch een kans op een geïnduceerde aardbeving, die waarschijnlijk niet voelbaar is, maar mogelijk wel;
- Er is theoretisch een kleine kans op schade door een geïnduceerde aardbeving in een “worst case” scenario, dus met een zeer lage kans van optreden;
- In de periode van het van kracht zijn van het tijdelijke winningsplan (max. 3 jaar) is de kans op schade in een “worst case” scenario, met een zeer lage kans van optreden, nog kleiner vanwege de magnitude van circa 2,8;
- TNO-AGE acht de SHA analyse afdoende om het project gedurende de tijdelijke winningsplanfase doorgang te laten vinden. Een actualisatie van de SHRA op basis van de geacquireerde gegevens en ervaringen op het moment van een aanvraag van een vervolgvergunning is een geadviseerde voorwaarde.
- Het voorgestelde seismisch risico beheersplan is passend bij het risicoprofiel van dit project.

Datum

15 december 2022

Onze referentie

AGE 22-10.105

Blad

6/7

- Vergunninghouder heeft met de aangeleverde documentatie [1,2] voldaan aan het eerder uitgebrachte advies [3] om meer invulling te geven aan de seismische risico evaluatie conform de leidraad.
- Op basis van bovenstaande acht TNO-AGE het operationeel maken van dit project acceptabel voor in ieder geval de tijdelijke winningsplanperiode van maximaal 3 jaar. Datavergaring tijdens die periode kan meer inzicht geven in de parameterisatie van de ondergrond en vervolgens de seismische dreigingsanalyse.

Ik verwacht u hiermee van dienst te zijn geweest.

Met vriendelijke groet,



i.a. hoofd TNO Adviesgroep Economische Zaken en Klimaat

Datum
15 december 2022

Onze referentie
AGE 22-10.105

Blad
7/7

Referenties

- [1] Geothermie Delft B.V., 7 november 2022. Addendum 1 verzoek instemming winningsplan Geothermie Delft, Locatie-specifieke seismische risico analyse.
- [2] Geothermie Delft B.V., 7 november 2022. Winningsplan Geothermie Delft – Seismisch Risico Beheersplan.
- [3] Geothermie Delft B.V., 2021. Winningsplan Geothermie Delft, Definitief winningsplan kenmerk KHuGTD rev 01.
- [4] TNO-AGE, 14 oktober 2022. Advies aangepast pre-drill winningsplan aardwarmte Delft I. Kenmerk AGE 22-10.074.
- [5] Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 20 oktober 2022. Beleid voor verantwoord omgaan met fysieke risico's en onzekerheden bij geothermie.
- [6] Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 20 oktober 2022. Beleidsbijlage – Overzicht en toelichting van beleid voor het omgaan met fysieke risico's en onzekerheden bij geothermie.
- [7] Muntendam-Bos, A.G., Hoedeman, G., Polychronopoulou, K., Draganov, D., Weemstra, C., Van der Zee, W., Bakker, R., Roest, H., 2022. An overview of induced seismicity in The Netherlands.
- [8] Hooglerarenpanel, 25 november 2020. Advies hooglerarenpanel Risicobeleid seismiciteit overige mijnbouw - Advies geothermie.