

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
Advies aangepast pre-drill winningsplan aardwarmte Delft I

Geachte [REDACTED],

Op 8 september j.l. is door Geothermie Delft B.V. (hierna: vergunninghouder) een aangepast pre-drill winningsplan voor aardwarmte Delft I [1] ingediend. Het betreft een aanpassing van het winningsplan dat op 12 mei j.l. is ingediend door GeoThermie Delft B.V. en Aardyn B.V. [2]. Op 15 juni j.l. heeft TNO-AGE advies uitgebracht betreffende het originele winningsplan [3]. Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (hierna: EZK) heeft TNO-AGE gevraagd een nieuw advies op te stellen op basis van het aangepaste winningsplan.

De vereisten en weigeringsgronden verwoord in de mijnbouwwet (art. 34 t/m 36) zijn leidend bij de evaluatie van de aanvraag.

Evaluatie aangepast winningsplan

Het aangepaste winningsplan verschilt op een aantal punten met het originele winningsplan. De voor dit advies relevante punten zijn:

- Verwacht en maximaal debiet van 360 m³/uur, i.p.v. 400 m³/uur (wijziging is tevens doorgevoerd in verwachte energieopbrengst, druk- en temperatuurbeïnvloeding van het reservoir en de geprognostiseerde bodemdaling);
- Verhoging aantal vollasturen van 7446 naar 7695 uur;
- SHA quickscan score (Q-con & IF methodiek [4]) van de categorieën "oriëntatie van de breuk in heersende stressveld" en "Systeemdebiet" aangepast. Vergunninghouder komt in beide winningsplannen uit op een laag seismisch risico.

TNO-AGE heeft beoordeeld in hoeverre de aanpassing van de operationele condities (debiet en aantal vollasturen) effect heeft op de conclusies van voorgaand TNO-AGE advies [3]. Ten behoeve hiervan zijn de opgegeven operationele condities uit de prognose van de vergunninghouder (debiet van 360 m³/uur gedurende 7695 vollasturen en injectietemperatuur van 20 °C) doorgerekend met DoubletCalc2D. De gemodelleerde bodemdaling, temperatuur- en drukbeïnvloeding in het reservoir zijn vergelijkbaar met voorgaand advies (Tabel 1).

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

Datum
14 oktober 2022

Onze referentie
AGE 22-10.074

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
14 oktober 2022

Onze referentie
AGE 22-10.074

Blad
2/8

Tabel 1: Overzicht DC2D modelresultaten TNO-AGE. Hierbij is aangenomen dat de breuken in de ondergrond doorlatend zijn.

	Evaluatie voorgaand winningsplan	Evaluatie aangepast winningsplan
Drukverschil bij injectieput top reservoir na 2 jaar winning*	63 bar	57 bar
Drukverschil bij injectieput top reservoir na 35 jaar winning*	70 bar	63 bar
Bodemdaling na 2 jaar winning	< 1 mm	< 1 mm
Bodemdaling na 35 jaar winning	8 – 9 mm	8 – 9 mm
Overschrijding koudwaterbel met vergunningsgrens Delft I	Nee	Nee
Tijd totdat koudwaterbel dichtstbijzijnde breuk bereikt	1 - 2 jaar	1 - 2 jaar

* Bij maximaal beoogd debiet

SHRA Quickscan evaluatie

Het doel van de Quickscan analyse, als onderdeel van de SHRA leidraad, is om onderscheid te maken tussen projecten met een verwaarloosbaar seismisch risico (uitkomst: laag seismisch potentieel) en projecten waarvoor dat, o.b.v. de algemene beoordelingscriteria, niet eenduidig geconcludeerd kan worden (uitkomst: gemiddeld of hoog seismisch potentieel). Dat betekent niet dat projecten met een gemiddeld of hoog seismisch potentieel uit de Quickscan ook per definitie een gemiddeld of hoog seismisch risico hebben. Deze uitkomst wil alleen zeggen dat de algemene beoordelingscriteria van de Quickscan aangeven dat het verstandig is om een meer gedetailleerde en locatiespecifieke studie naar het project uit te voeren. Uit die locatiespecifieke analyse kan ook volgen dat het seismisch risico alsnog laag is.

Vergunninghouder komt zowel in het originele als het aangepaste winningsplan uit op een SHRA quickscan score van 0,30 en daarmee een laag seismisch risico (Q-con & IF methodiek [4]). In het aangepaste winningsplan heeft vergunninghouder wel andere scores gegeven voor de categorieën “oriëntatie van de breuk in heersende stressveld” en “systeemdebiet”. De score voor “oriëntatie van de breuk in heersende stressveld” is verhoogd van 7 naar 10, de score voor “systeemdebiet” is verlaagd van 10 naar 7.

Op basis van het aangepaste winningsplan komt TNO-AGE uit op een SHRA Quickscan score van 0,34. Vanwege de verlaging van het debiet is de score lager dan in voorgaand TNO-AGE advies [3]. De scores voor alle categorieën afgezien van “injectiedruk” zijn gelijk aan die van de vergunninghouder (Tabel 2). Voor de categorie “Injectiedruk” geeft TNO-AGE een hogere score van 7 (40 – 70 bar). Vergunninghouder geeft een score van 3 (10 – 40 bar) op basis van een verwacht drukverschil op reservoirniveau van 32 bar, bij een debiet van 360 m³/uur (tabel 4-7 van [2]). TNO-AGE baseert de hogere score op: 1) het door TNO-AGE gemodelleerde drukverschil, en 2) de door de vergunninghouder gerapporteerde maximale injectiedruk van 51,2 bar *Tubing Head Pressure* (THP).

1. TNO-AGE modelleert een drukverschil op top reservoir diepte van 57 bar na 2 jaar injectie met een debiet van 360 m³/uur (Tabel 1). Dit is aanzienlijk

Datum
14 oktober 2022

Onze referentie
AGE 22-10.074

Blad
3/8

hoger dan de 32 bar gerapporteerd door de vergunninghouder. Voornaamste reden voor het grote verschil is dat TNO-AGE een lagere permeabiliteit verwacht dan de vergunninghouder. TNO-AGE baseert deze permeabiliteit op (confidentiële en niet-confidentiële) productiedata en puttestdata van nabij gelegen putten.

- In zowel het originele als het aangepaste winningsplan rapporteert de vergunninghouder een maximale injectiedruk volgens het injectieprotocol [5] van 51,2 bar THP bij een debiet van 350 tot 400 m³/uur (inclusief dynamisch drukverlies en toepassing “temperatuureffect”). Vergunninghouder rapporteert geen maximaal drukverschil op reservoirniveau. Op basis van de gegevens van de vergunninghouder verhoudt de maximale THP van 51,2 bar zich tot een verschildruk van ca. 55 bar op reservoirniveau. Aangezien de risico's dienen te worden bepaald o.b.v. de aangevraagde operationele ruimte gaat TNO-AGE, bij de bepaling van de score voor “injectiedruk” in de SHRA Quickscan, uit van de aangevraagde maximale injectiedruk en niet van de verwachte of meest waarschijnlijke injectiedruk.

Zowel de door TNO-AGE gemodelleerde injectiedruk als de door de vergunninghouder gerapporteerde maximale THP injectiedruk komen uit op een drukverschil op reservoirniveau van 40 – 70 bar (score 7 voor categorie “injectiedruk”). TNO-AGE berekent o.b.v. de SHRA Quickscan een score van 0,34 en daarmee een gemiddeld seismisch risico.

Tabel 2: Resultaat Quickscan scoretabel voor het geplande doublet.

Score	Connectie met basement	Drukcommunicatie tussen productie- en injectieput	Injectiedruk [MPa]	Debiet [m ³ /uur]	Afstand tot natuurlijke aardbevingen [km]	Afstand tot geïnduceerde aardbevingen [km]	Afstand tot breuken [km]	Breukoriëntatie in huidig spanningsveld	Netto geïnjecteerd Volume [1000 m ³]		
10	Yes	No	>7	>360	<1	<1	<0,1	Favourable	>20		
7	Possible	Unlikely	4-7	180-360	1-5	1-5	0,1-0,5	Shearing possible	5-20		
3	Unlikely	Likely	1-4	50-180	5-10	5-10	0,5-1,5	Shearing unlikely	0,1-5		
0	No	Yes	<1	<50	>10	>10	>1,5	Locked	<0,1		
										Totaal	Genormaliseerde score
Vergunninghouder, origineel winningsplan										27	0,30
Vergunninghouder, aangepast winningsplan										27	0,30
TNO-AGE, Evaluatie origineel winningsplan										34	0,38
TNO-AGE, evaluatie aangepast winningsplan										31	0,34

* Indien de vergunninghouder na het boren van de putten eenduidig aantoont dat er via beide reservoirs drukcommunicatie is tussen de productie- en injectieput.

Datum
14 oktober 2022

Onze referentie
AGE 22-10.074

Blad
4/8

Nadere duiding SHRA Quickscan evaluatie

Voor de winning van aardwarmte is een energie- of warmtedrager nodig. Dit is in reguliere geothermiesystemen het (zoute) water dat van nature in de gesteentelagen voorkomt (ook wel formatiewater genoemd). Wil je de warmte kunnen winnen, dan moet dit water door de ondergrond kunnen stromen. Dit vereist een gesteentelaag met specifieke eigenschappen, met name voldoende porositeit en doorlaatbaarheid (permeabiliteit). Zo'n laag wordt een reservoir of aquifer genoemd. De winning geschiedt door warm water op te pompen uit het reservoir via de productieput, bovengronds de warmte uit het water te onttrekken met een warmtewisselaar en vervolgens via de injectieput het afgekoelde water weer terug het reservoir in te pompen. Hierdoor vormt zich een koude zone rond de injectieput. Deze groeit, in geval van een homogeen reservoir, progressief tot een druppelvorm in kaartbeeld waarbij de buik zich rond de injectieput vormt en de punt op de positie van de productieput ligt. Dit wordt ook wel de koudwaterbel genoemd. Met het geothermische invloedsgebied (*Geothermal Area of Influence*) wordt m.n. de afgekoelde zone rond de injectieput bedoeld.

Het afkoelen van een gesteentelaag, m.n. rondom breuken, leidt tot een verandering in de ondergrondse spanningstoestand. Die verandering is het gevolg van menselijk handelen. Een verandering van de spanningstoestand kan ook natuurlijk zijn, door het schuiven van de continenten over de aardbol. Als de verandering van de spanningstoestand een kritische drempel overschrijdt, dan kan een breukverschuiving plaatsvinden. Die verschuiving kan geleidelijk of schoksgewijs zijn. Alleen schoksgewijze verschuivingen kunnen tot aardbevingen leiden. Of die aardbevingen voelbaar zijn aan het aardoppervlak hangt af van de magnitude, diepte van de beving en de aard van de ondiepe ondergrond.

Op basis van een analyse van seismiciteit bij geothermische systemen wereldwijd (Buijze et al., 2019 [6]) is momenteel de overtuiging dat er in Nederland geen voelbare aardbevingen zullen optreden ten gevolge van aardwarmtewinning in matrix permeabele reservoirs zoals beoogd in het onderhavige project. De kans dat er een voelbare, laat staan schade veroorzakende, geïnduceerde aardbeving zal plaatsvinden wordt als zeer laag ingeschat.

Deze inschatting wordt onderbouwd door het volgende fysische mechanisme: omdat de koudwaterbel zich progressief uitbreidt gedurende de operationele levensduur van een doublet, zal een breuk in de nabijheid van de injectieput over een steeds groter stuk afgekoeld worden. De verwachting is dat bij aardwarmtewinning er tijdens die progressie mogelijk alleen kleine bevingen zullen ontstaan als de koudwaterbel de breuk raakt. Het is niet waarschijnlijk dat er instantaan een grotere beving ontstaat op het moment dat het maximale afgekoelde breukoppervlak is bereikt in de vergunningstermijn. Dit zou in overeenstemming zijn met de observaties tot nu toe in NW-Europa.

Vanuit deze optiek kunnen de uitkomsten van de SHRA Quickscan (laag, gemiddeld of hoog seismisch potentieel) nader worden geduid. In het geval van een laag seismisch potentieel kan de kans op seismiciteit als nihil worden beschouwd. Indien toch seismiciteit optreedt zal die hoogstwaarschijnlijk zo licht zijn dat die niet in het voelbare bereik ligt en onder de detectielimiet van het landelijke KNMI

Datum
14 oktober 2022

Onze referentie
AGE 22-10.074

Blad
5/8

seismometernetwerk. Bij een gemiddeld seismisch potentieel is er een zeer kleine kans dat er een voelbare of schade berokkende beving kan plaatsvinden. Een hoog seismisch potentieel wil zeggen dat er een realistische kans is op het optreden van voelbare of schade berokkende bevingen.

In het geval van een gemiddeld of hoog seismisch potentieel is de vervolgstap het uitvoeren van een locatiespecifieke analyse van het seismisch risico. De huidige aanbeveling is dat hierin het *worst case* scenario gepresenteerd moet worden. Daarvoor wordt berekend of de verandering van de ondergrondse spanningstoestand, t.g.v. de injectie van afgekoeld water, zou kunnen leiden tot een breukverschuiving en wat de magnitude van een beving in een *worst case* scenario zou zijn. Het is niet mogelijk om te bepalen wat de kans is dat een breukverschuiving daadwerkelijk plaatsvindt. Naast het bepalen van het *worst case* scenario is het resultaat van de locatiespecifieke analyse het uitgangspunt voor een passende monitoringsstrategie voor het detecteren van het mogelijk optreden van aardbevingen in en rond het geothermische beïnvloedingsgebied. Dit om te peilen of de eerder genoemde verwachtingen valide zijn, en zo niet, gepaste maatregelen te nemen zoals gedefinieerd in een *Traffic Light System* (TLS).

Conclusies o.b.v. SHRA Quickscan evaluatie

Uit de modelberekeningen van TNO-AGE volgt dat de koudwaterbel na ruim 1 jaar de dichtstbijzijnde breuk raakt. Wat het *worst case* scenario zou zijn is niet aangeleverd in de documentatie. Er wordt daarentegen wel een lokaal seismisch monitoringnetwerk geïnstalleerd door de vergunninghouder, een onderdeel van het onderzoeksproject maar ook een maatregel die past bij een “gemiddeld” seismisch risico.

Gezien de gemiddelde seismische dreiging voor dit project, die volgt uit de TNO-AGE audit conform de SHRA leidraad, zou een rapportage van de locatiespecifieke seismisch dreiging (SHA), het heel laag waarschijnlijke *worst case* scenario, moeten worden aangeleverd. De vergunninghouder heeft dit in zowel het originele als het aangepaste winningsplan niet gedaan.

Door het ontbreken van een locatiespecifieke studie wordt, o.b.v. de evaluatieresultaten van TNO-AGE, een stap in de huidige procedure volgens de SHRA leidraad overgeslagen. TNO-AGE acht het noodzakelijk dat een vergunninghouder, bij een dergelijke Quickscan uitkomst, een analyse uitvoert voor het bovengenoemde *worst case* scenario.

Conclusies en adviezen

Onderstaande conclusies zijn deels overgenomen uit voorgaand TNO-AGE advies.

Planmatig gebruik en beheer van de ondergrond

- De modelresultaten van TNO-AGE tonen aan dat het beoogde debiet, conform de productieprognose van de vergunninghouder, niet haalbaar is binnen de begrenzing van de injectiedruk volgens het injectieprotocol.
- TNO-AGE adviseert de volgende operationele begrenzingen voor Delft I:
 - Minimale injectietemperatuur: 20 °C, en;
 - Maximaal debiet: 360 m³/uur, en;
 - Hieruit volgt een maximaal totaal te produceren volume van 5,5 miljoen m³ water na 2 jaar.
 - Maximale injectieverschildruk op top reservoirdiepte: 51 bar.
 - Bij een injectietemperatuur van 20 °C vertaalt deze maximale injectieverschildruk zich naar een THP van 40 tot 47 bar bij een debiet van respectievelijk 0 en 360 m³/uur.

Veiligheid van omwonenden, schade aan gebouwen of infrastructurele werken als gevolg van bodembeweging

- TNO-AGE berekent een vergelijkbare mate van bodemdaling als de vergunninghouder. De verwachte bodemdaling heeft naar verwachting geen invloed op Natura2000 gebieden, grondwaterbeschermingsgebieden of waterwingebieden.
- TNO-AGE komt o.b.v. de SHRA Quickscan analyse uit op een gemiddelde seismische dreiging voor het geplande aardwarmtesysteem Delft I. Met die annotatie dat de overtuiging is dat er een heel lage waarschijnlijkheid is op een voelbare danwel schade berokkende aardbeving. Dit laag waarschijnlijke *worst case* scenario zou geanalyseerd moeten worden. Doordat een locatie-specifieke SHA ontbreekt, wordt o.b.v. de uitkomst van TNO-AGE, de procedure conform de SHRA leidraad niet gevolgd door de vergunninghouder. TNO-AGE acht een rapportage van de locatie-specifieke dreiging noodzakelijk om passende monitoring-, beheers- en regelsystemen te kunnen opstellen. De onderliggende geologische en geomechanische modellen en de daarin gebruikte parameterisering van de ondergrond zijn tevens nodig om eventuele seismiciteit goed te lokaliseren, te duiden en vervolgens stappen te definiëren voor eventuele mitigerende maatregelen.
- De modelberekeningen van TNO-AGE tonen dat de koudwaterbel na ruim 1 jaar de dichtstbijzijnde breuk raakt. Daardoor kan ook niet zonder meer gesteld worden dat het seismisch potentieel gedurende de periode van het tijdelijk winningsplan (2 tot maximaal 3 jaar) laag is.

Datum

14 oktober 2022

Onze referentie

AGE 22-10.074

Blad

7/8

- Vanwege bovenstaande conclusies adviseert TNO-AGE EZK om de vergunninghouder te verzoeken het volgende aan te leveren en ter beoordeling voor te leggen:
 - Een locatiespecifieke evaluatie van de seismische dreiging. Hierbij dient extra aandacht uit te gaan naar de afkoeling van de breuk ten noorden van de injectieput DEL-GT-02 (Bijlage 2 van [3]).

Ik verwacht u hiermee van dienst te zijn geweest.

Met vriendelijke groet,



In afwezigheid van [redacted],

[redacted]

Plaatsvervangend hoofd Adviesgroep Economische Zaken en Klimaat

Datum

14 oktober 2022

Onze referentie

AGE 22-10.074

Blad

8/8

Referenties

- [1] GeoThermie Delft B.V., „Winningsplan Geothermie Delft,” Versie: Winningsplan GTD220908KHu final, 2022.
- [2] Geothermie Delft & Aardyn, „Winningsplan Geothermie Delft, Definitief Winningsplan kenmerk KHuGTD rev 01,” 2021.
- [3] TNO-AGE, „Advies instemming pre-drill winningsplan aardwarmte Delft I,” kenmerk AGE 22-10.043, 2022.
- [4] Q-con GmbH & IF Technology B.V., „Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects V0.1,” 5 oktober 2016.
- [5] SodM, „Protocol bepaling maximale injectiedrukken bij aardwarmtewinning, Versie 2,” 2013.

- [6] Buijze, L., Van Bijsterveldt, L., Cremer, H., Paap, B., Veldkamp, H., Wassing, B., Van Wees, J.-D., Ter Heege, J., „Review of worldwide geothermal projects: mechanisms and occurrence of induced seismicity”, 22 mei 2019.