

Postbus 80015, 3508 TA Utrecht

Ministerie van Klimaat en Groene Groei
Directie Transitie Diepe Ondergrond
T.a.v. [REDACTED]
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG

Energy & Materials Transition
Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
+31 88 866 42 56

www.tno.nl

Datum
17 februari 2026
Onze referentie
AGE 26-10.002
Uw referentie
IV-92310
Projectnummer
060.67396/01.03.06

Onderwerp **Advies aangaande aanvraag startvergunning aardwarmte Heerhugowaard I**

Geachte [REDACTED],

Hierbij stuur ik u ons advies over de aanvraag van een startvergunning aardwarmte genaamd Heerhugowaard I. Deze aanvraag is op 23 juni 2025 ingediend door N.V. HVC. (hierna: aanvrager).

Inhoud van de aanvraag

Aanvrager is momenteel vergunninghouder van de vergunning toewijzing zoekgebied Alkmaar. Aanvrager is voornemens om een geothermisch systeem te ontwikkelen bestaande uit 4 tot 5 putten en vraagt daarvoor een startvergunning aardwarmte aan voor een periode van 2 jaar. Het beoogde doelreservoir wordt gevormd door de watervoerende zandsteenlagen van de Formatie van Slochteren, waaruit water met een temperatuur van 97-99 °C geproduceerd zal worden. De gewonnen warmte zal worden geleverd aan de bebouwde omgeving en glastuinbouw.

Adviesverzoek

Het ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG) heeft TNO-AGE op 7 juli 2025¹ gevraagd om advies uit te brengen over:

1. De geologische onderbouwing van de aanvraag;
2. De overlap en mogelijke interferentie met de opsporing, winning en opslag van aardwarmte en delfstoffen in het aangevraagde gebied met het oog op planmatig beheer;
3. De overlap van het aangevraagde gebied met beschermde gebieden, waaronder waterwingebieden, grondwaterbeschermingszones, boringvrije zones, gebieden die formeel zijn aangewezen als Aanvullende Strategische Drinkwatervoorraad en Natura2000-gebieden;
4. Of de in de aanvraag beschreven operationele instellingen tijdens de winningsfase realistisch zijn met het oog op planmatig beheer;

¹ Uw e-mail met onderwerp: IV-92310 - Formeel adviesverzoek TNO-AGE SV Heerhugowaard

5. De grootte van het aangevraagde gebied in relatie tot de verwachte winning van aardwarmte en de verwachte afzet van aardwarmte;
6. De mate van scheurvorming in de afsluitende laag en de wijze waarop de integriteit van de afsluitende laag geborgd is en gemonitord wordt;
7. De verwachte gevolgen van de voorspelde bodembeweging door de voorgenomen aardwarmtewinning, alsmede de daarmee verband houdende activiteiten, in termen van schade;
8. De in de aanvraag beschreven mate van bodembeweging en eventuele cumulatie daarvan en maatregelen die zijn genomen om de bodembeweging te monitoren en te beperken.

De vereisten en weigeringsgronden verwoord in de mijnbouwwet (art. 24n t/m 24ad) en het onderliggende mijnbouwbesluit (art. 29p en 29q) en mijnbouwregeling (art. 1.3b.1 en 1.3b.2) zijn leidend bij de evaluatie van de aanvraag.

Advies in het kort

Op basis van de beoordeelde onderwerpen ziet TNO-AGE geen belemmeringen om de aanvraag startvergunning voor aardwarmte Heerhugowaard I te verlenen aan N.V. HVC.

Leeswijzer bij dit advies

In het eerste hoofdstuk van dit advies wordt de inhoud van de aanvraag beknopt beschreven. De beantwoording van de adviesvragen wordt gedaan in het hoofdstuk 'Evaluatie van de aanvraag'. Adviesvragen 2, 3 en 4 worden gezamenlijk beantwoord in de paragraaf 'Planmatig beheer van de ondergrond'. Adviesvraag 7 is opgesplitst in een paragraaf die gaat over bodemdaling en een paragraaf over de seismische dreiging- en risicoanalyse. Tenslotte worden de bevindingen van TNO-AGE kort samengevat in het hoofdstuk 'Conclusies en adviezen'.

Beschrijving van de aanvraag

Compleetheid van de aanvraag

Ter ondersteuning van de ingediende aanvraag startvergunning [1] heeft de aanvrager een aantal bijlages bijgevoegd. De bijlages die relevant zijn voor de beoordeling van de vergunning door TNO-AGE zijn:

- Bijlage 9.1: SDE++ Geological Study Heerhugowaard [2]
- Bijlage 9.2: SDE++ Heerhugowaard doublet II [3]
- Bijlage 9.5: Heerhugowaard – Geothermal Project Geomechanical Caprock & Seismicity evaluation using SRIMA [4]
- Bijlage 9.8: Seismisch Risico Beheersplan [5]

TNO-AGE heeft de aangeleverde documenten op volledigheid gecontroleerd en de daarin opgenomen informatie als voldoende compleet bevonden.

Aangevraagd gebied

De aanvrager is voornemens een geothermisch systeem te realiseren in het aangevraagde gebied. Het systeem zal bestaan uit twee productieputten en twee injectieputten. Als de reservoirkwaliteit tegenvalt zal een derde injectieput worden geboord. Het gebied van de aangevraagde startvergunning Heerhugowaard I ligt volledig binnen de toewijzing zoekgebied Alkmaar, die ook is vergund aan aanvrager. De putten zullen naar verwachting in de tweede helft van 2026 geboord worden. Het geothermische systeem zal worden aangesloten op het warmtenet regio Alkmaar waarmee stedelijk gebied en glastuinbouw van warmte worden voorzien.

Tabel 1 Coördinaten van het aangevraagde gebied Heerhugowaard I zoals opgenomen in het pre-advies. Coördinaten zijn vermeld volgens het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting (RD).

Punt	X	Y
1	114811,007	527291,979
2	117232,099	520147,707
3	120446,000	521150,000
4	117908,000	528207,000

Dieptebereik en geologische context

Het geplande geothermische systeem is gericht op de watervoerende zandsteenlagen van de Formatie van Slochteren. Aanvrager definieert de top van de Zechstein Groep als de bovengrens van de vergunning. De ondergrens wordt niet gedefinieerd. Wel is in bijlage 9.5 [4] aangegeven dat het onderliggende afsluitende pakket bestaat uit de Limburg Groep.

Aanvrager

De startvergunning is aangevraagd door N.V. HVC. Aanvrager zal zelf ook fungeren als uitvoerder in dit project. Door (dochterondernemingen van) de aanvrager zijn in de afgelopen jaren drie geothermische systemen gerealiseerd in Zuid-Holland (Naaldwijk / Naaldwijk II, Maasdijk I en Monster I. Aanvrager is ook (mede-) uitvoerder van deze projecten. Die geothermische systemen hebben een ander doelreservoir dan het beoogde geothermische systeem in Heerhugowaard.

Omschrijving van het systeem en doel van de warmtelevering

Het geothermische systeem zal bestaan uit twee productieputten en twee injectieputten. Indien de reservoirkwaliteit tegenvalt zal een derde injectieput worden geboord. De gewonnen warmte zal gebruikt worden voor verwarming van bebouwde omgeving en glastuinbouw via het warmtenet Alkmaar. Dit warmtenet wordt op dit moment gevoed door restwarmte van de BioEnergieCentrale in Alkmaar. Het beoogde geothermische systeem zal deze warmtestroom aanvullen en (deels) vervangen.

Evaluatie van de aanvraag

Dit hoofdstuk beschrijft de evaluatie van de aanvraag en wordt antwoord gegeven op de adviesvragen. Elke paragraaf behandelt een adviesvraag. Per adviesvraag wordt de rapportage van de aanvrager beschreven en vervolgens wordt de evaluatie van TNO-AGE behandeld.

Geologische onderbouwing van de aanvraag

Beschrijving geologisch onderzoek van de aanvrager

De aanvrager heeft uitgebreid geologisch onderzoek [2, 3] laten uitvoeren naar de ondergrond van het geplande geothermische systeem. Hierbij is met name de geologie en geothermische potentie van het beoogde reservoir bestudeerd en gekwantificeerd.

Bevindingen TNO-AGE

TNO-AGE vindt de geologische onderbouwing van de aanvraag van voldoende kwaliteit voor het aanvragen van een startvergunning aardwarmte. De aangeleverde rapportages [2, 3] geven voldoende vertrouwen dat de aanvrager op de hoogte is van de uitdagingen i.r.t. de diepe ondergrond. De seismische interpretatie van het reservoir, boven- en onderliggende afsluitende lagen en breuken is op adequate wijze uitgevoerd. TNO-AGE kan zich ook vinden in de inschatting van de reservoir eigenschappen, waar o.a. het verwachte geothermisch vermogen op is gebaseerd.

Planmatig beheer van de ondergrond

De overlap en mogelijke interferentie met de opsporing, winning en opslag van aardwarmte en delfstoffen in het aangevraagde gebied

Analyse aanvrager

In de aanvraag wordt beschreven dat het geplande geothermisch systeem Heerhugowaard niet in de nabijheid ligt van andere, al gerealiseerde, geothermische systemen. Interferentie wordt dan ook niet verwacht. Ook zijn er geen andere mijnbouwactiviteiten in de nabijheid van het geplande systeem. De gasopslagen Alkmaar en Bergermeer en de opslag van zout water in Andijk bevinden zich buiten de grenzen van de aangevraagde startvergunning; interferentie wordt niet verwacht. Er bevinden zich verschillende gasvelden in de ruime omgeving van het aangevraagde gebied. Deze velden produceren of produceerden gas uit de Slochteren Formatie en/of Zechstein Groep. De gasvelden bevinden op ruime afstand van het geplande geothermische systeem en liggen in andere breukblokken. Interferentie met deze gasvelden wordt dan ook niet verwacht.

Bevindingen TNO-AGE

TNO-AGE ziet net als de aanvrager geen mogelijkheid tot interferentie met de opsporing, winning en/of opslag van aardwarmte en/of delfstoffen in het aangevraagde gebied.

Overlap van het aangevraagde gebied met beschermde gebieden

Analyse aanvrager

Het aangevraagde gebied overlapt niet met waterwingebieden, grondwaterbeschermingszones, boringvrije zones, gebieden die formeel zijn aangewezen als Aanvullende Strategische Drinkwatervoorraad en Natura2000-gebieden

Bevindingen TNO-AGE

TNO-AGE onderschrijft de analyse van de aanvrager.

Operationele instellingen tijdens de winningsfase

Analyse van de aanvrager

De vergunninghouder verwacht het reservoir op een diepte van ca. 2.300 – 2.600 meter aan te treffen, waar het te produceren water een verwachte temperatuur heeft van 97 – 99 °C. De vergunninghouder is voornemens om het geproduceerde water uit te koelen tot een temperatuur van gemiddeld 45 °C (dit is ook de aangevraagde minimale injectietemperatuur), en vervolgens terug in hetzelfde reservoir te injecteren. De stroming van warm water naar de productieput en injectie van afgekoeld water vindt plaats door en in de poreuze gesteentematrix van dit reservoir. Gemiddeld wil de vergunninghouder per doublet een debiet van 240 m³/uur toepassen en maximaal een debiet van 300 m³/uur (door aanvrager 'basis scenario' genoemd).

Als de reservoirkwaliteit tegenvalt is aanvrager voornemens om een derde injectieput te boren (door aanvrager 'fall-back scenario' genoemd). De totale waterstroom die dan geïnjecteerd moet worden zal dan verdeeld worden over drie injectieputten. Dit komt neer op een gemiddeld injectiedebiet van 160 m³/uur per put, met een maximaal injectiedebiet van 200 m³/uur per put. Het productiedebiet zal niet anders zijn t.o.v. het 'basisscenario'.

De injectieverschilddruk die nodig is om het gewenste debiet te injecteren is sterk afhankelijk van de permeabiliteit van het reservoir. Aanvrager verwacht dat een injectieverschilddruk op topreservoirdiepte van 34 tot 61 bar nodig is om het maximale debiet te behalen (afgeleid uit Tabel 8 t/m 14 van [4]). De verwachte benodigde injectieverschilddruk verschilt per injectieput en is tevens afhankelijk van het aantal injectieputten dat geboord wordt.

Aanvrager hanteert een maximale injectiedrukgradiënt van 0,159 bar/m. Deze limiet volgt uit de geomechanische studie [4] die aanvrager heeft laten uitvoeren. De maximale injectieverschilddruk op topreservoirdiepte die hieruit volgt is 123 bar voor injectieput HHW-GT-02, 127 bar voor injectieput HHW-GT-03² en 125 bar voor injectieput HHW-GT-04.

² Deze injectieput wordt alleen in het fall-back scenario geboord en gebruikt als injectieput.

Tabel 2 Geprognostiseerde productiekarakteristieken van het beoogde geothermische systeem.

PRODUCTIEKARAKTERISTIEKEN

Gemiddelde productietemperatuur	97 - 99 °C
Gemiddelde injectietemperatuur	45 °C
Minimale injectietemperatuur	45 °C
Gemiddeld debiet per put	240 m ³ /uur
Maximaal debiet per put	300 m ³ /uur
Maximale injectiedrukgradiënt	0,159 bar/m

Bevindingen TNO-AGE

TNO-AGE heeft de opgegeven maximale en gemiddelde operationele instellingen doorgerekend met ROSIM. De modelresultaten tonen aan dat o.b.v. de aangeleverde productieprognose naar verwachting geen grensoverschrijding en/of doorbraak van kouder water plaatsvindt binnen 2 jaar. Uit de modelberekeningen volgt dat, voor zowel de gemiddelde als maximale operationele instellingen, de benodigde injectieverschilddruk lager is dan de door de vergunninghouder opgegeven maximale injectieverschilddruk. Dat betekent dat de modelresultaten aantonen dat het geprognostiseerde maximale debiet naar verwachting gehaald kan worden binnen de aangevraagde injectiedrukruimte.

Omvang van het aangevraagde gebied in relatie tot verwachte winning en verwachte afzet van aardwarmte

*Analyse aanvrager*Verwachte winning van aardwarmte

Per jaar verwacht de vergunninghouder 0,90 PJ aan energie te kunnen winnen. Het verwachte bronvermogen van het beoogde systeem is 28,5 MW. Op basis van de productieprognoses van de vergunninghouder wordt er in de eerste twee jaar, de periode van de startvergunning, een volume van ca. 8,4 miljoen m³ geproduceerd.

Verwachte afzet van aardwarmte

De gewonnen warmte zal worden ingevoerd in het warmtenet regio Alkmaar. Dit warmtenet wordt op dit moment gevoed door de BioEnergieCentrale en voorziet 9.000 woningen en 62 bedrijven van warmte. In 2023 leverde het warmtenet 0,6 PJ aan energie. Aanvrager verwacht dat het warmtenet de komende jaren zal groeien met 800 woningequivalenten per jaar. De capaciteit van de BioEnergieCentrale is niet voldoende om de gehele basislast te leveren. Daarnaast bereikt de warmte in de winter niet het noordelijke deel van het warmtenet. Het beoogde geothermische systeem dient ter aanvulling en (gedeeltelijk dan wel geheel) ter vervanging van de BioEnergieCentrale waarbij het geothermische systeem de primaire warmtebron zal zijn. De BioEnergieCentrale kan dan gebruikt worden voor de levering van elektriciteit.

Bevindingen TNO-AGE

TNO-AGE kan zich vinden in het door aanvrager verwachte vermogen en energieopbrengst. De door aanvrager geprognostiseerde aardwarmtewinning is hoger dan de huidige afzet van het warmtenet. Als het warmtenet groeit zoals aanvrager beoogt, dan zal de winning en afzet binnen enkele jaren in balans zijn. Aangetekend moet worden dat bovenstaande is gebaseerd op jaargemiddeldes; in de winter zal de warmtevraag significant hoger zijn dan in de zomer. Toch acht TNO-AGE de warmteafzet zoals beschreven in de aanvraag passend bij de verwachte winning van aardwarmte. Op basis daarvan concludeert TNO-AGE dat de grootte van het aangevraagde gebied passend is. TNO-AGE merkt op dat

aanvrager geen warmteleveringsovereenkomsten heeft opgenomen in de aanvraag. Deze zijn vereist voor een aanvraag startvergunning.

Aanvrager definieert de top van de Zechstein Groep als de bovengrens van de vergunning. Aanvrager heeft in de aanvraag geen ondergrens van het aangevraagde gebied gedefinieerd. TNO-AGE stelt voor om de ondergrens van de vergunning te definiëren als de basis van de Formatie van Ruurlo (onderdeel van de Limburg Groep).

Integriteit van de afsluitende lagen

Analyse aanvrager

De watervoerende zandsteenlagen van de Formatie van Slochteren vormen het door aanvrager beoogde reservoir voor aardwarmtewinning. De aanvrager definieert de bovenliggende Zechstein Groep als het afsluitende pakket. Dit pakket bestaat volgens aanvrager uit een afwisseling van zout, kleisteen en anhydriet en heeft een dikte van 250 tot 340 m. De onderliggende afsluitende laag is de Limburg Groep die bestaat uit kleisteen, zandsteen en steenkool. De dikte van dit pakket is volgens aanvrager onbekend; voor de integriteitsberekeningen wordt uitgegaan van een dikte van 250 m.

Volgens de Mijnbouwwet dient de integriteit van de afsluitende lagen boven en onder een reservoir gewaarborgd te blijven. In dat kader is de TAS-procedure (Tensile Failure Assessment of the Seal) geïmplementeerd [6]. Aanvrager heeft de TAS-procedure niet volledig toegepast en heeft de screening niet uitgevoerd of beschreven. Wel heeft aanvrager een geomechanische evaluatie van de integriteit van de afsluitende laag laten uitvoeren door Fenix [4]. In deze studie geeft Fenix aan dat de stijfheid (Young's Modulus) van de bovenliggende afsluitende laag naar verwachting groter is dan 35 GPa waardoor resultaten uit SRIMA de mate van scheurvorming mogelijk onderschatten. Fenix heeft daarom ook een Comsol en Waterflood model toegepast om de integriteit van de afsluitende laag te berekenen.

Op basis van dit modellerwerk verwacht Fenix dat er scheurvorming zal optreden in het reservoir als gevolg van de injectie van koud water. De gemodelleerde injectieverschilddruk piekt in het eerste jaar van injectie (mogelijk al na enkele dagen) waarna deze door scheurvorming zal afnemen. Scheuren zullen gradueel doorgroeien en ook een deel van de boven- en onderliggende afsluitende laag in groeien. Na 30 jaar injectie is naar verwachting maximaal 35 m van de bovenliggende afsluitende laag en maximaal 15 m van de onderliggende afsluitende laag ingescheurd.

De toegepaste modellen zijn niet probabilistisch. Om alsnog probabilistische berekeningen uit te voeren heeft Fenix SRIMA gebruikt met aangepaste invoerparameters om de effecten van scheurvorming in het reservoir te simuleren. De gepubliceerde versie van SRIMA kan de effecten van scheurvorming op de reservoirdruk niet meenemen in de modellering. Fenix heeft de permeabiliteit van het reservoir in SRIMA daarom zodanig verhoogd dat de gemodelleerde injectiedruk overeenkomt met dat van een reservoir waarin scheurvorming plaatsvindt. Op basis van de SRIMA-resultaten concludeert Fenix dat bij een maximale injectiedrukgradiënt van 0,159 bar/m wordt voldaan aan de norm [7]. Bij een hogere injectiedruk voldoet de gemodelleerde scheurvorming in de onderliggende afsluitende laag niet aan de norm.

Evaluatie TAS procedure door TNO-AGE

TNO-AGE kan zich vinden in de door aanvraag gedefinieerde afsluitende pakketten. Hierbij wil TNO-AGE toevoegen dat boven de Zechstein (het door aanvrager gedefinieerde bovenliggende afsluitende pakket) enkele honderden meters kleisteen liggen. Deze kleisteen lagen hebben naar verwachting uitstekende afsluitende eigenschappen.

TNO-AGE heeft de TAS-procedure uitgevoerd. Op basis van de screening komt TNO-AGE tot de conclusie dat een maatwerk analyse uitgevoerd dient te worden vanwege de verwachte hoge stijfheid van de afsluitende laag (Young's Modulus van > 35 GPa). De afsluitende laag bestaat voornamelijk uit anhydriet met aan de bovenzijde mogelijk enkele tientallen meters carbonaat. De aangeleverde studie van Fenix geeft invulling aan de noodzaak voor maatwerk analyse.

TNO-AGE heeft de aangeleverde studie van Fenix doorgenomen en kan zich grotendeels vinden in de methodiek en de toegepaste parameters en aannames. Hierbij merkt TNO-AGE op dat Fenix (te) hoge waarden gebruikt voor het maximale debiet en de stijfheid van de afsluitende laag. Hierdoor kunnen de modelresultaten als conservatief worden gezien; de mate van scheurvorming in de afsluitende laag wordt mogelijk overschat. Fenix maakt het aannemelijk dat injectie zal resulteren in scheurvorming in het reservoir, waardoor de injectieverschildruk zal afnemen naar hooguit enkele tientallen bars. Omdat het stresscontrast tussen reservoir en de afsluitende laag naar verwachting groot is, zal de scheurvorming voornamelijk in het reservoir plaatsvinden. Het Comsol en Waterflood model van Fenix laat zien dat, om het beoogde debiet te injecteren, een significant lagere injectieverschildruk nodig is dan de aangevraagde maximale injectieverschildruk. De modellen tonen dan ook niet aan of de aangevraagde maximale injectieverschildruk leidt tot aantasting van de integriteit van de afsluitende laag. Wel tonen de modellen aan dat het zeer onwaarschijnlijk is dat de maximale injectieverschildruk gehaald zal worden vanwege de scheurvorming in het reservoir.

De aangevraagde maximale injectieverschildruk is gebaseerd op de SRIMA-berekeningen van de Fenix. Echter vanwege de stijfheid van de bovenliggende afsluitende laag onderschat SRIMA mogelijk de mate van scheurvorming in de afsluitende laag [6]. Daarom kan SRIMA niet gebruikt worden om de integriteit van de bovenliggende afsluitende laag te modelleren. Met het Comsol en Waterflood model toont Fenix aan dat de scheurgroei die ontstaat bij zowel het gemiddelde als maximale aangevraagde debiet voldoet aan de norm [7]. Echter, omdat de aangevraagde maximale injectieverschildruk niet wordt bereikt in deze modellen, wordt niet direct aangetoond dat wordt voldaan aan de norm [7] indien de maximale injectieverschildruk wordt toegepast. Desalniettemin acht TNO-AGE de aangevraagde maximale injectiedrukgradiënt acceptabel voor de duur van de startvergunning. Redenen hiervoor zijn:

- 1) Het Comsol model, met realistische tot conservatieve aannames, laat zien dat scheurvorming in de afsluitende laag beperkt blijft. Op basis van het model verwacht TNO-AGE dat de aangevraagde maximale injectieverschildruk naar verwachting niet, tot hooguit kortstondig zal worden bereikt, waarna deze daalt als gevolg van scheurvorming in het reservoir.
- 2) Aanvrager gaat uit van een stijfheid van de afsluitende laag van 60 GPa. TNO-AGE acht deze waarde als uiterst conservatief. Dit is een waarde voor puur, ongelaagd anhydriet. In werkelijkheid zullen de gelaagdheid, natuurlijke imperfecties in het anhydriet en de aanwezigheid van andere gesteentes de effectieve Youngs modulus en de kans op scheurpropagatie (en dus mate van scheurgroei in de afsluitende laag) verlagen.

- 3) Boven de Zechstein ligt een pakket van enkele honderden meters kleisteen. Op basis van SRIMA analyses van TNO-AGE zullen deze kleistenen, ook bij de aangevraagde maximale injectieverschildruk, niet tot nauwelijks inscheuren in het uiterst onwaarschijnlijke geval dat de Zechstein volledig doorscheurt. Mogelijk bevindt zich een carbonaatlaag van enkele tientallen meters dikte boven in de Zechstein. De verwachte permeabiliteit van dit gesteente is echter dusdanig laag dat eventuele scheurgroei in deze carbonaat niet tot nauwelijks zal leiden tot stroming in de carbonaatlaag.

TNO-AGE acht het van belang dat aanvrager de injectiedruk (en injectiviteit) gedurende de duur van de startvergunning zorgvuldig monitort en de data bewaart en gebruikt om de uitkomsten van de modellen van FENIX te verifiëren en te kalibreren. Hierdoor kan mogelijk worden vastgesteld of de gemodelleerde scheurvorming in het reservoir en de resulterende afname van de injectieverschildruk daadwerkelijk plaatsvinden. De resultaten dienen te worden verwerkt in de toekomstige aanvraag vervolggvergunning.

TNO-AGE merkt op dat er geen andere putten zijn geboord in het breukblok waarin de putten zijn gepland. De reservoirdiepte en de reservoirdruk zijn hierdoor onzeker. TNO-AGE adviseert daarom om i.p.v. een maximale injectieverschildruk, een maximale injectiedrukgradiënt van 0,159 bar/m op te nemen in het besluit.

Berekening van de verwachte mate van bodemdaling

Analyse aanvrager

Aanvrager heeft de verwachte bodemdaling voor het geplande systeem berekend in DoubletCalc2D en concludeert dat de totale bodemdaling na 30 jaar ca. 0,7 centimeter bedraagt in het midden van de 'bodemdalingskom'. Dit is volgens aanvrager aanmerkelijk minder dan de huidige bodemdaling als gevolg van ondiepe processen (o.a. inklinking).

Bevindingen TNO-AGE

TNO-AGE heeft, op basis van een model van de ondergrond, het gemiddelde debiet en de gemiddelde injectietemperatuur, de bodemdaling berekend m.b.v. ROSIM [8] en komt tot vergelijkbare resultaten. Na 30 jaar productie is de modelmatige bodemdaling in het midden van de bodemdalingsskom ca. 0,7 centimeter. Na 2 jaar productie is er sprake van een modelmatig berekende bodemdaling van ca. 0,3 centimeter.

In de omgeving van het geplande systeem is er geen sprake van overlap met bodemdaling veroorzaakt door de geplande winning van andere mijnbouwactiviteiten.

De door de aanvrager en door TNO-AGE gemodelleerde bodemdaling door aardwarmtewinning is aanmerkelijk lager dan de mate van bodemdaling die op de locatie van het geplande systeem al wordt gemeten [9]. De huidige bodemdaling wordt veroorzaakt door een combinatie van ondiepe fenomenen, zoals veenoxidatie en inklinking van klei.

Binnen de invloedssfeer en bodemdalingsskom van het geplande doublet zijn geen Natura2000 gebieden, grondwaterbeschermingsgebieden of waterwingebieden door TNO-AGE geïdentificeerd.

De modelmatig berekende bodemdaling door aardwarmtewinning is dermate klein dat schade aan gebouwen en infrastructurele werken onwaarschijnlijk wordt geacht. TNO-AGE ziet daarom geen reden om aanvullende maatregelen te adviseren.

Seismische dreiging en risico

Analyse aanvrager

Om een inschatting te kunnen maken van het risico van bodemtrillingen ten gevolge van de winning van aardwarmte is de SDRA-geothermie [10] opgesteld. De aanvrager heeft deze deels toegepast ter ondersteuning van de vergunningsaanvraag.

De aanvrager heeft geen Seismische Dreiging Screening (SDS) uitgevoerd maar wel een Standaard uitgebreide SDRA. Hierbij is uitgegaan van een productieperiode van 30 jaar. Aanvrager komt uit op een acceptabele seismische dreiging en risico voor het beoogde systeem. Aanvrager heeft vervolgens bepaald wat de mate van schade is die zou kunnen ontstaan bij de berekende “*largest credible earthquake*”. Aanvrager komt uit op een potentieel schadebedrag van afgerond [REDACTED]. Aanvrager geeft geen resultaten voor een productieperiode van 2 jaar (duur startvergunning).

Bevindingen TNO-AGE

TNO-AGE heeft de aanvraag beoordeeld aan de hand van de SDRA-geothermie [10]. TNO-AGE heeft de Seismische Dreiging Screening (SDS) doorlopen en komt tot de conclusie dat er breuken aanwezig zijn in de GT-Aol (Geothermal Area of Influence).

Gedurende de duur van de startvergunning (2 jaar) worden de breuken in de ondergrond niet tot nauwelijks afgekoeld. Op basis van SRIMA-analyses komt TNO-AGE tot de conclusie dat in minder dan 5% van de iteraties sprake is van potentie voor breukreactivatie. Het geplande geothermische systeem heeft daarmee een verwaarloosbare seismische dreiging gedurende de duur van de startvergunning. Uit de SDRA volgt ook dat in de eerste 2 jaar geen schade wordt verwacht. Verdere analyse of aanvullende maatregelen worden daarom niet nodig geacht.

Het project voldoet daardoor gedurende de startvergunning aan de gestelde veiligheidsnorm. De veiligheidsnorm is in de Mijnbouwregeling gedefinieerd als het individueel aardbevingsrisico van maximaal 1 op de 100.000 per jaar dat een individu mag lopen in of nabij de verschillende bouwwerken waar dat individu verblijft.

Voor de volledigheid heeft TNO-AGE ook naar de risico's na 30 jaar injectie gekeken. Hiervoor zijn de pre-drill parameterinschattingen en putlocaties van het project gebruikt. Gedurende de beoogde winningsduur van 30 jaar zullen de breuken nabij het geothermische systeem naar verwachting wel worden beïnvloed door afkoeling. TNO-AGE heeft de SDRA daarom ook doorgerekend voor de beoogde winningsduur van 30 jaar. Daarvoor is de Standaard uitgebreide SDRA uitgevoerd op basis van pre-drill inschattingen van de ondergrond. TNO-AGE komt uit op soortgelijke resultaten als aanvrager [1] en concludeert dat het geplande geothermische systeem bij langdurige winning een acceptabele seismische dreiging en risico heeft.

Bij een toekomstige aanvraag Vervolgvergunning aardwarmte zal de SDRA-geothermie moeten worden herzien op basis van de vergaarde putdata en mogelijk nieuwe geologische inzichten.

Cumulatief effect

TNO-AGE concludeert dat er binnen de aangevraagde vergunningstermijn geen sprake zal zijn van cumulatieve effecten ten aanzien van seismiteit. In de omgeving zijn geen andere geothermieprojecten en in de voorgaande paragrafen is beargumenteerd dat er geen beïnvloeding wordt verwacht op de spanningssituatie bij de breuken die gerelateerd zijn aan de naburige gasvelden.

Seismische monitoring en maatregelen

Analyse aanvrager

De aanvrager heeft een Seismisch Risico Beheersplan uitgewerkt met een TLS en seismisch respons protocol [5]. De aanvrager geeft aan de eventuele seismiteit te monitoren met het KNMI-netwerk. Op de locatie van het geplande doublet heeft dit netwerk een magnitude van compleetheid (MoC) van 0,8 tot 1,3. Dit betekent dat aardbevingen met een magnitude vanaf 0,8 tot 1,3 kunnen worden waargenomen. Aanvrager geeft aan een additioneel meetstation te plaatsen indien dit nodig is om de 'minimale PGV te meten'.

Bevindingen TNO-AGE

Aanvrager heeft in het TLS diverse schalen gedefinieerd o.b.v. PGV-drempelwaarden en per schaal aangegeven welke acties zullen worden ondernomen als bevingen worden geregistreerd. De meest lichte schaal is de groene schaal en geldt voor bevingen met een PGV van 0,3 – 1 mm/s (magnitude van 1,13 – 1,7). TNO-AGE merkt op dat o.b.v. de MoC van 0,8 – 1,3, bevingen in deze categorie mogelijk niet altijd geregistreerd zullen worden. Het TLS is daarmee niet geheel passend bij de MoC. Gezien de uitkomst van de SDRA van de aanvrager voor een productieperiode van 30 jaar en met het oog op een toekomstige aanvraag vervolgv vergunning adviseert TNO-AGE om een seismometer / versnellingsmeter te plaatsen en daarmee de MoC te verlagen.

Conclusies en adviezen

Op basis van de beoordeelde onderwerpen geeft TNO-AGE een positief advies aangaande de aanvraag startvergunning voor aardwarmte Heerhugowaard I.

Geologische onderbouwing van de aanvraag

- De geologische onderbouwing in de bijlage van de aanvraag is van voldoende kwaliteit voor het aanvragen van een startvergunning aardwarmte. De aangeleverde rapportage geeft voldoende vertrouwen dat de aanvrager op de hoogte is van de uitdagingen van de diepe ondergrond.

Planmatig beheer van de ondergrond

- Interferentie tussen het geplande systeem en andere mijnbouwactiviteiten wordt niet verwacht.
- Het aangevraagde gebied overlapt niet met beschermde gebieden.
- Grensoverschrijding en/of doorbraak van de afgekoelde zone wordt niet verwacht binnen de 2-jarige duur van een startvergunning.

Omvang van het aangevraagde gebied

- TNO-AGE acht de grootte van het aangevraagde gebied passend bij de voorgestelde activiteiten.

- De aanvrager definieert de top van de Zechstein Groep als bovengrens van de vergunning. Een ondergrens wordt niet duidelijk gedefinieerd. TNO-AGE kan zich vinden in de aangevraagde bovengrens en adviseert de volgende verticale begrenzing op te nemen:
 - Bovengrens: Top Zechstein Groep;
 - Ondergrens: Basis Formatie van Ruurlo.

Integriteit van de afsluitende lagen

- De door aanvrager gedefinieerde afsluitende laag bestaat grotendeels uit anhydriet en heeft naar verwachting een hoge stijfheid (Youngs Modulus > 35 GPa). Aanvrager heeft daarom een maatwerk analyse uitgevoerd om de integriteit van de afsluitende laag te modelleren.
- TNO-AGE kan zich vinden in de door aanvrager gedefinieerde afsluitende laag en acht maatwerk analyse passend.
- Aanvrager heeft aannemelijk gemaakt dat er scheurvorming zal plaatsvinden in het reservoir waardoor de aangevraagde maximale injectieverschildruk niet, tot hooguit kortstondig, bereikt zal worden. Aanvrager heeft niet direct aangetoond dat bij de maximale injectieverschildruk wordt voldaan aan de norm [7].
- De geomechanische modellen van de aanvrager laten zien dat er beperkte scheurgroei plaatsvindt in de afsluitende laag. Op basis hiervan en van eigen analyses acht TNO-AGE het uiterst onwaarschijnlijk dat de door aanvrager gedefinieerde afsluitende laag zal doorscheuren tot voorbij de grenswaarden die de norm stelt. Als dit toch gebeurt, dan ligt boven de gedefinieerde afsluitende laag nog een ondoorlatende laag die op basis van analyses van TNO-AGE integer blijft. TNO-AGE komt dan ook tot de conclusie dat aan de norm [7] wordt voldaan.
- TNO-AGE adviseert aanvrager de injectiedruk en injectiviteit van de geplande putten zorgvuldig te laten monitoren gedurende de periode van de startvergunning. Daarnaast adviseert TNO-AGE de aanvrager de metingen te laten gebruiken om de maatwerk modellen van FENIX te verifiëren en te kalibreren, zodat deze uitkomsten kunnen worden meegenomen bij een toekomstige aanvraag vervolvergunning.
- TNO-AGE adviseert KGG de volgende operationele restricties op te nemen in de vergunning (conform aanvraag):
 - Minimale injectietemperatuur: 45 °C, en;
 - Maximaal debiet: 300 m³/uur per productieput, en;
 - Maximale injectiedrukgradiënt van 0,159 bar/m.

Risico van eventuele bodembeweging

- De modelmatig berekende bodemdaling door aardwarmtewinning is dermate klein (ca. 0,3 centimeter na 2 jaar) dat schade aan gebouwen en infrastructurele werken onwaarschijnlijk wordt geacht. TNO-AGE ziet daarom geen reden om aanvullende maatregelen te adviseren.
- Gedurende de duur van de startvergunning zullen de breuken in de ondergrond nog niet worden afgekoeld en is er sprake van een verwaarloosbare seismische dreiging en risico. Schade wordt gedurende deze periode dan ook niet verwacht. Het project voldoet daarmee aan de gestelde veiligheidsnorm. Nadere analyses of maatregelen zijn gedurende de periode van de startvergunning niet nodig.
- Voor de volledigheid is ook gekeken naar de seismische dreiging en risico van de beoogde langdurige winning van 30 jaar, waarvoor later een vervolvergunning aangevraagd zal moeten worden. Zowel TNO-AGE als aanvrager komen daarbij uit op een acceptabele seismische

dreiging en risico. Deze uitkomst is gebaseerd op pre-drill inschattingen van de geologie. Data die voortkomt uit de boringen en aardwarmteproductie in de eerste 2 jaar kunnen deze inschattingen mogelijk doen veranderen.

- TNO-AGE acht het TLS niet volledig passend bij de MoC. Gezien de uitkomsten van de SDRA van de aanvrager en met het oog op een toekomstige aanvraag vervolgv vergunning, adviseert TNO-AGE dat de aanvrager een seismometer of versnellingsmeter plaatst op de projectlocatie.

Met vriendelijke groet,

[Redacted signature]

[Redacted name]

Referenties

- [1] HVC, „Aardwarmte Alton Aanvraag Startvergunning Heerhugowaard,” versie 1.0, 20 juni 2025.
- [2] PanTerra Geoconsultants, „SDE++ Geological Study Heerhugowaard,” kenmerk 1900011-03, september 2022.
- [3] PanTerra Geoconsultants, „SDE++ Heerhugowaard doublet II,” kenmerk 2400092, september 2024.
- [4] Fenix Consulting Delft, „Heerhugowaard – Geothermal Project Geomechanical Caprock & Seismicity evaluation using SRIMA,” Final Report, juni 2025.
- [5] HVC, „Seismisch Risico Beheersplan - Aardwarmte Alton,” v_1.0, 19 juni 2025.
- [6] TNO-AGE, „Evaluatiemethodiek voor geothermie projecten, Bepaling integriteit afdichtende gesteentepakketten voor geothermieprojecten in Nederland,” kenmerk TNO R11773, 2023.
- [7] Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, „Publicatie normstelling voor seal integriteit bij geothermie,” kenmerk PDGGO, https://www.nlog.nl/sites/default/files/2023-09/20230915_publicatie_normstelling_voor_reservoir_integriteit_bij_geothermie_gelakt.pdf, 2023.
- [8] TNO, „ROSIM v1.2.0,” <https://www.nlog.nl/tools>, 2025.
- [9] „<https://bodemdalingkaart.portal.skygeo.com/portal/bodemdalingskaart/u2/viewers/basic/>,” [Online].
- [10] TNO-AGE & EBN, „Seismische Dreigings- en Risicoanalyse voor aardwarmteprojecten in Nederland,” https://www.nlog.nl/sites/default/files/2023-11/20230922_hoofdrapport_sdra_aardwarmteprojecten_-_shra_for_geothermal_projects.pdf, 2023.

Bijlage A

Ligging van het aangevraagde gebied

