

Postbus 80015, 3508 TA Utrecht

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

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

www.tno.nl
mijnbouwvergunningen@tno.nl

Datum
5 september 2025
Onze referentie
AGE 25-10.054
Uw referentie
IV-81317
Projectnummer
060.63501/01.03.06

Onderwerp Advies aanvraag startvergunning aardwarmte Kampen II

Geachte [REDACTED]

Hierbij stuur ik u ons advies over de aanvraag van een startvergunning aardwarmte genaamd Kampen II. Deze aanvraag is op 30 december 2024 ingediend door Aardwarmtecluster 1 KKP B.V. (hierna: aanvrager).

Adviesverzoek

Het ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG) heeft TNO-AGE op 10 januari 2025¹ gevraagd advies om advies uit te brengen over:

1. De geologische onderbouwing van de aanvraag;
2. De eventuele overlap en mogelijke interferentie met de opsporing, winning en opslag van aardwarmte en delfstoffen in het aangevraagde gebied en de directe omgeving 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;
5. De mate van scheurvorming in de afsluitende laag en de wijze waarop de integriteit van de afsluitende laag geborgd is en gemonitord wordt;
6. 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.
7. De verwachte gevolgen van de voorspelde bodembeweging door de voorgenomen aardwarmtewinning, alsmede de daarmee verband houdende activiteiten, in termen van schade;
8. De grootte van het aangevraagde gebied in relatie tot de verwachte winning van aardwarmte en de verwachte afzet van aardwarmte;

¹ Uw e-mail met onderwerp: IV-81317 - Formeel adviesverzoek aan TNO betreffende aanvraag SV Kampen 2 (deel 1)

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.

Compleetheit 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 het winningsplan door TNO-AGE zijn:

- Bijlage 4.1: SDE++ Koekoekspolder Phase 3 – Geological Report, IF Technology [2]
- Bijlage 7a: Bepaling risico seismiciteit (SDRA) en analyse integriteit afsluitende laag (TAS) - Koekoekspolder, Startvergunning Kampen 2, IF Technology [3]
- Bijlage 8.3.1: Seismisch Risico Beheersplan Winningsgebied Kampen, Aardwarmtecluster 1 KKP BV [4]
- Bijlage 10.2.2: Overeenkomsten warmteafzet 2023 [5]

TNO-AGE heeft de aangeleverde documenten op volledigheid gecontroleerd en op basis van deze controle de aanvrager verzocht om extra informatie aan te leveren. Op 11 februari 2025 heeft de aanvrager via KGG als reactie op het informatieverzoek van TNO-AGE de volgende punten aangeleverd²:

- Aangepaste coördinaten van het aangevraagd gebied.
- Bevestiging dat de Kampen 2 vergunningaanvraag een 'stand-alone' doublet is.

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

Leeswijzer uitgebracht 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'. Vragen 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'.

² Uw e-mail van 11-02-2025 met onderwerp: RE: IV-81317 - Formeel adviesverzoek aan TNO betreffende aanvraag SV Kampen 2 (deel 1)

Beschrijving van de aanvraag

Aanvraag

Aangevraagd gebied

De aanvrager wil een geothermisch systeem realiseren door het boren van een doublet in het aangevraagde gebied dat Kampen 2 wordt genoemd door aanvrager. Volgens de huidige conventie voor benaming van vergunningen worden volgnummers voor start- en vervolgvrgunningen weergegeven met Romeinse cijfers. TNO-AGE hanteert daarom de benaming Kampen II.

Het gebied van de aangevraagde startvergunning Kampen II ligt volledig binnen de toewijzing zoekgebied Kampen II, die ook is vergund aan aanvrager. Het geplande systeem bestaat uit een productieput (KKP-GT-04) en een injectieput (KKP-GT-05). Het boren van de putten staat gepland in Q3 2026 [1].

TNO-AGE heeft de coördinaten van het aangevraagd gebied gecontroleerd, waarbij een beperkte afwijking is gevonden ten opzichte van de aanvraag. TNO-AGE heeft naar aanleiding daarvan een vraag gesteld en in [14] een aangepaste set coördinaten ontvangen van de aanvrager (zie ook Tabel 1).

Tabel 1 Coördinaten van het aangevraagde gebied Kampen II. Coördinaten zijn vermeld volgens het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting (RD).

Punt	X	Y
1	191408,500	510303,500
2	191173,751	509480,278
3	191656,778	508462,285
4	194026,449	507782,129
5	194494,500	509423,500

Op basis van deze grensbeschrijving is de oppervlakte 5,15 km².

Dieptebereik

De aanvrager vraagt geen specifiek dieptebereik aan. Het geplande geothermische systeem is gericht op de watervoerende zandsteenlagen van de Formatie van Slochteren (hierna: reservoir) dat onderdeel is van de Boven-Rotliegend Groep en afgezet tijdens het Perm. Binnen het aangevraagde gebied ligt het reservoir op een diepte van ~1650 tot ~2050 m TVDss. De relatief grote diepteverschillen worden veroorzaakt door een groot breuksysteem dat door het aangevraagde gebied loopt.

Aanvrager

De startvergunning Kampen II is door Aardwarmtecluster 1 KKP B.V. aangevraagd. Aardwarmtecluster 1 KKP B.V zal zelf ook uitvoerder zijn in dit project. Door de aanvrager is eerder het Kampen geothermische systeem gerealiseerd, dat direct naast Kampen II ligt en hetzelfde reservoir benut.

Doel van de warmtelevering

De gewonnen warmte gaat gebruikt worden voor verwarming van glastuinbouw, waarbij gebruik wordt gemaakt van het warmtenet dat ook voor de naastgelegen Kampen vergunning in gebruik is. Met het nieuwe doublet wil de aanvrager warmte te leveren aan haar klanten bestaande uit meerdere glastuinbouwbedrijven in de directe omgeving.

Evaluatie van de aanvraag

1. Geologische onderbouwing van de aanvraag

Evaluatie van geologische onderbouwing door TNO-AGE

TNO-AGE vindt de geologische onderbouwing van de aanvraag van voldoende kwaliteit voor het aanvragen van een startvergunning aardwarmte. De aangeleverde rapportage [1] [2] [3] geeft 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.

Samen met de voorgenomen productiekarakteristieken zijn de reservoir eigenschappen bepalend voor de onder- en bovengrondse effecten van de winning. TNO-AGE kan zich over het algemeen vinden in de inschatting van de reservoir eigenschappen. De beschreven reservoir eigenschappen zijn onveranderd ten opzichte van de SDE++ aanvraag [2] waarop TNO-AGE positief heeft geadviseerd [6]. Hierbij wordt wel vermeld dat TNO-AGE in het advies op de SDE++ aanvraag een aantal reservoir eigenschappen (permeabiliteit en netto/bruto verhouding) gunstiger inschat dan de aanvrager. Dit heeft een positief effect op het verwachte vermogen van het systeem.

2. Planmatig beheer van de ondergrond

De eventuele overlap en mogelijke interferentie met de opsporing, winning en opslag van aardwarmte en delfstoffen in het aangevraagde gebied en de directe omgeving met het oog op planmatig beheer.

Overlap en mogelijke interferentie met mijnbouwactiviteiten

Het geplande geothermisch systeem ligt direct ten zuidwesten van het geothermische systeem Kampen, waar sinds 2012 aardwarmte gewonnen wordt. Zowel het geplande als bestaande systeem zijn gericht op de watervoerende lagen van de Formatie van Slochteren.

Uitkomst van interferentie analyse door aanvrager

Aanvrager stelt in [1] dat het te realiseren doublet mogelijk invloed heeft op het bestaande systeem Kampen. De modelresultaten van de aanvrager laten een mogelijke maximale drukverhoging bij het systeem Kampen zien van 1 bar (in producer KKP-GT-03) tot 5 bar (in injector KKP-GT-02). Hierbij is een looptijd van 3 jaar aangenomen.

Evaluatie van interferentie analyse door TNO-AGE

TNO-AGE heeft de opgegeven gemiddelde condities (debiet van 220 m³/uur en injectietemperatuur van 25 °C) uit de prognose van de aanvrager doorgerekend met DoubletCalc2D (hierna: DC2D) voor een looptijd van 2 jaar. Hierbij wordt gekeken naar zowel druk als temperatuur.

De modelresultaten tonen aan dat het koudefront van geplande systeem binnen 2 jaar buiten het aangevraagde gebied en binnen het Kampen vergunningsgebied komt. De voornaamste reden hiervoor is dat de geplande injectieput op zeer korte afstand van de vergunningsgrens staan. TNO-AGE verwacht

echter binnen de duur van de startvergunning geen directe beïnvloeding van de productietemperatuur van het aardwarmtesysteem in de vergunning Kampen systeem.

TNO-AGE modelleert ook een drukbeïnvloeding van het systeem van Kampen. De drukbeïnvloeding kan volgens TNO-AGE mogelijk een positief effect hebben op de injectiviteit van het Kampen triplet en op de productiviteit van het geplande Kampen II systeem vanwege een gunstige positionering van de putten. Daarentegen kan de bovengenoemde drukbeïnvloeding en grensoverschrijding van het koudefront van Kampen II eventuele negatieve gevolgen hebben voor de warmteopbrengst van het systeem van Kampen. Tenslotte kan de interferentie mogelijk, op lange termijn (langer dan de duur van een startvergunning), negatieve invloed hebben op het risicoprofiel van het Kampen II systeem.

TNO-AGE heeft geen bezwaar tegen de gemodelleerde grensoverschrijding van het geplande systeem in Kampen II. Beide vergunningsgebieden, Kampen I en het aangevraagde gebied Kampen II, horen bij dezelfde vergunninghouder en hebben dezelfde operator. De aanvrager heeft aangegeven in de toekomst, wanneer Kampen II een vervolgvergunning is geworden, beide vergunningen samen te voegen tot één vervolgvergunning.

Mocht het eigendom van ten minste een van deze systemen of vergunningen in de toekomst veranderen, moet met de bovenstaande conclusies rekening gehouden worden.

Interferentie met andere mijnbouwactiviteiten

Evaluatie van interferentie analyse door TNO-AGE

Momenteel zijn er geen andere mijnbouwactiviteiten in de nabijheid van het geplande systeem Kampen II. De grens van de koolwaterstofvergunning Schoonebeek ligt ~8,5 km ten noordoosten. Het dichtstbijzijnde veld binnen deze vergunning, Wanneperveen ligt op ~19 km afstand. Bovendien produceert dit veld uit ondiepere formaties dan de Formatie van Slochteren. Het niet-producerende Marknesse gasveld ligt op ~10 km afstand in noordwestelijke richting. Koolwaterstoffen zijn ook hier in een ondiepere formatie (Basale Dongen Tuffiet Laagpakket) gevonden.

Gezien de afstand ten opzichte van het geplande systeem, de verschillende reservoirs en de modelresultaten, verwacht TNO-AGE geen beïnvloeding van deze velden door de voorgenomen aardwarmtewinning.

3. Overlap met beschermde gebieden

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.

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

4. Operationele instellingen tijdens de winningsfase

Of de in de aanvraag beschreven operationele instellingen tijdens de winningsfase realistisch zijn met het oog op planmatig beheer.

Naar aanleiding van een verzoek om extra informatie, heeft de aanvrager bevestigd dat Kampen II een individueel systeem wordt. Er wordt een ontgasser, filterstraat, warmtewisselaars en injectiepomp geïnstalleerd die onafhankelijk zijn van het bestaande systeem van Kampen. Al het geproduceerde water uit KKP-GT-04 zal teruggepompt worden in KKP-GT-05. Direct achter de warmtewisselaars (zoete kant) komt een aparte warmtemeter waarmee de productiedata van dit doublet apart geregistreerd wordt.

Operationele instellingen volgens aanvrager

De aanvrager verwacht dat het reservoir in de geplande putten op een soortgelijke diepte ligt als in de bestaande putten van geothermiesysteem Kampen. De top van het reservoir ligt bij de putten op een diepte van ca. 1.800 meter, de temperatuur van het te produceren water is ca. 73-76 °C. De aanvrager is voornemens het geproduceerde water uit te koelen tot een temperatuur van 25 °C, 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 aanvrager een debiet van 220 m³/uur toepassen en maximaal 253 m³/uur. De aanvrager vraagt een maximale injectieverschilddruk van 61,8 bar op reservoirdiepte (53,5 bar THP) om het maximale debiet te kunnen halen.

Tabel 2 Geoprognostiseerde productiekarakteristieken Kampen II doublet door aanvrager.

PRODUCTIEKARAKTERISTIEKEN

Gemiddelde productietemperatuur	74 °C
Gemiddelde injectietemperatuur	25 °C
Minimale injectietemperatuur	25 °C
Gemiddeld debiet	220 m ³ /uur
Maximaal debiet	253 m ³ /uur
Maximale injectieverschilddruk op top-reservoirdiepte	61,8 bar
Maximale injectiedruk THP*	53,5 bar

* bij een debiet van 220 m³/uur en injectietemperatuur van 25 °C.

Beoordeling operationele instellingen door TNO-AGE

Aanvrager neemt aan dat een maximale injectieverschilddruk van 65 bar op reservoirniveau is toegestaan. Deze waarde is gebaseerd op het WABO besluit van 2016 voor de vervolvergunning aardwarmte Kampen, waar een injectieverschilddruk van 75 bar is vergund met een injectietemperatuur van 35°C. Met een beoogde injectietemperatuur van 25°C voor de Kampen II vergunning, wordt aangenomen dat een maximale injectieverschilddruk van 65 bar is toegestaan. Hierdoor valt de aangevraagde maximale injectieverschilddruk op top-reservoirdiepte van 61,8 bar binnen de limiet.

Volgens de DoubletCalc2D modelresultaten van TNO-AGE is de benodigde injectieverschilddruk voor zowel het gemiddelde als maximale debiet lager dan de aangevraagde maximale injectieverschilddruk. Dat betekent dat de modelresultaten aantonen dat het geoprognostiseerde maximale debiet naar verwachting gehaald kan worden binnen de aangevraagde injectiedrukruimte.

5. Integriteit van de afsluitende lagen

De mate van scheurvorming in de afsluitende laag en de wijze waarop de integriteit van de afsluitende laag geborgd is en gemonitord wordt.

Het door de aanvrager beoogde reservoir voor aardwarmtewinning betreft de watervoerende zandsteenlagen van de Formatie van Slochteren. De aanvrager definieert de bovenliggende Zechstein Groep als het afsluitende pakket. De aanvrager heeft de TAS-procedure [7] toegepast om te berekenen of de integriteit van het afsluitende pakket behouden blijft.

Uitkomst TAS-procedure volgens aanvrager

De aanvrager definieert de ~250 meter dikke bovenliggende Zechstein Groep als het afsluitende pakket. Volgens hun interpretatie bestaat de onderste ~120 meter uit anhydriet, waarboven afwisselend dolomiet, anhydriet en kleisteen voorkomen. Over het algemeen leidt een temperatuurafname in anhydriet tot relatief grote spanningsveranderingen. De aanvrager zegt hierbij uit te gaan van een worst-case scenario door aan te nemen dat het gehele afsluitende pakket van ~250 meter uit anhydriet bestaat.

Uit de screening van de TAS procedure volgt volgens de aanvrager dat de generieke evaluatie moet worden uitgevoerd omdat de uitkoeling meer dan 40 °C is. Op basis van de uitkomst van deze generieke evaluatie concludeert de aanvrager dat het project voldoet aan de gestelde norm en dat de integriteit van het afsluitende pakket behouden blijft bij de aangevraagde maximale injectiedruk en minimale injectietemperatuur. Alle iteraties blijven onder de norm van minimaal 50% intact en minimaal 30 meter onaangetaast afdichtend gesteentepakket.

De aanvrager geeft geen analyse van het onderliggende afsluitende pakket.

Evaluatie TAS procedure door TNO-AGE

Volgens TNO-AGE heeft de aanvrager de screening van de TAS-procedure niet goed uitgevoerd. Volgens de aanvrager is de verwachte Young's Modulus van de bovenliggende afsluitende laag hoger dan 35 GPa. In dat geval moet een detailevaluatie uitgevoerd worden in plaats van de generieke evaluatie uitgevoerd met de SRIMA-tool [3]. De gepresenteerde resultaten van de SRIMA-tool kunnen de mogelijke mate van scheurvorming onderschatten t.o.v. een detailevaluatie en zouden niet moeten worden gebruikt om de integriteit van de bovenliggende afsluitende laag te toetsen.

Volgens de toelichting op de TAS-procedure [7] moeten de continuïteit en kwaliteit van de afsluitende lagen in het beïnvloedingsgebied worden beschreven. Dit heeft de aanvrager niet gedaan. Volgens de interpretatie van TNO-AGE bestaat de eerste bovenliggende afsluitende laag uit anhydriet, dolomiet en kleisteen van de Zechstein Groep en is deze regionaal aanwezig. Deze laag heeft binnen het vergunningsgebied een dikte van ongeveer 250 meter. Direct boven de Zechstein Groep ligt een tweede afsluitende laag, de Holland Formatie, die uit mergel en kleisteen bestaat. Deze heeft een dikte van ongeveer 80 meter binnen het beïnvloedingsgebied van het systeem.

TNO-AGE is van mening dat de Holland Formatie gezien kan worden als onderdeel van de bovenliggende afsluitende laag. In dat licht acht TNO-AGE het onwaarschijnlijk dat mogelijke scheurvorming binnen de periode van de startvergunning resulteert in een overschrijding van de norm.

In de nabijheid van het geplande doublet ligt een breuksysteem. De afstand tot dit breuksysteem is dusdanig groot dat TNO-AGE daar geen drukveranderingen verwacht die kunnen leiden tot norm-overschrijdende scheurvorming.

De eerste onderliggende afsluitende laag is de Formatie van Ruurlo. Deze wordt gekenmerkt door siltige kleistenen binnen het vergunningsgebied en heeft een dikte van ongeveer 135 meter (op basis van de put LTG-01 en seismiek). Daaronder liggen de kleistenen van de Formatie van Baarlo met een dikte van 800 tot 900 meter. Voor de onderliggende afsluitende laag kan, volgens de TAS-procedure, de generieke evaluatie wel worden uitgevoerd. Volgens de berekeningen van TNO-AGE wordt voor deze laag wel voldaan aan de norm voor integriteit van afsluitende lagen.

TNO-AGE adviseert de Holland Formatie tot de bovenliggende afsluitende laag te rekenen en deze als zodanig op te nemen in de verticale begrenzing van de startvergunning.

6. Berekening van de verwachte mate van bodemdaling

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.

Uitkomst bodemdaling analyse volgens aanvrager

Aanvrager heeft de verwachte bodemdaling voor het geplande systeem berekend in een dynamisch ondergrondmodel waarvan de documentatie niet is aangeleverd. Aanvrager concludeert dat de totale bodemdaling na 3 jaar maximaal ca. 0,44 cm bedraagt. Na 30 jaar zou dit stabiliseren tot maximaal 0,6 cm. De gepresenteerde natuurlijke bodemdaling die door de aanvrager wordt gebruikt is ~2,6 mm/jaar.

Evaluatie bodemdaling analyse door TNO-AGE

TNO-AGE heeft o.b.v. het gemiddelde debiet en de gemiddelde injectietemperatuur de bodemdaling nagerekend in DoubletCalc2D en komt uit op afwijkende resultaten. Daarnaast gebruikt TNO-AGE een recentere publicatie voor de natuurlijke bodemdaling.

Na 3 jaar productie is de modelmatig berekende maximale bodemdaling ca. 0,1 cm en na 30 jaar ca. 0,24 cm. In deze berekening is ook de productie van het nabijgelegen systeem Kampen meegenomen. TNO-AGE berekent een lagere bodemdaling als gevolg van de voorgenomen winning. De reden hiervoor is onduidelijk, voornamelijk omdat de aanvrager hun model niet goed beschrijft.

De gemodelleerde bodemdaling door aardwarmtewinning op de locatie van Kampen II gebied is zeer beperkt, en tot een orde van grootte kleiner dan de huidige bodemdaling van 0 tot 1 mm/jaar [8]. De huidige bodemdaling wordt veroorzaakt door een combinatie van ondiepe fenomenen (bijvoorbeeld veenoxidatie, inklinking van klei).

Er liggen binnen de invloedssfeer en bodemdalingskom van het geplande doublet geen Natura2000 gebieden, grondwaterbeschermingsgebieden of waterwingebieden.

TNO-AGE ziet geen reden om aanvullende maatregelen te adviseren. De verwachte bodemdaling door aardwarmtewinning zal niet meetbaar zijn.

7. Seismische dreiging en risico

De verwachte gevolgen van de voorspelde bodembeweging door de voorgenomen aardwarmtewinning, alsmede de daarmee verband houdende activiteiten, in termen van schade.

Om een inschatting te kunnen maken van het risico van bodemtrillingen door de winning van aardwarmte is de SDRA-geothermie methode [9] opgesteld. De aanvrager heeft deze toegepast ter ondersteuning van de vergunningsaanvraag (zie [3]). TNO-AGE gebruikt deze methode ook om de inschatting van de aanvrager te toetsen.

Uitkomst seismische dreigingsanalyse volgens aanvrager

De aanvrager is gestart met de Seismische Dreigings Screening (SDS) en concludeert op basis daarvan dat voor het beoogde geothermisch systeem de Standaard Uitgebreide SDRA procedure moet worden gevolgd. Na uitvoering van de Standaard Uitgebreide SDRA procedure stelt de aanvrager dat de grootste Largest Credible Earthquake (LCE) kan optreden bij put KKP-GT-05, met een mogelijke magnitude van 0,3 en PGV van 1,77 mm/s. Het systeem Kampen II blijft volgens aanvrager daarmee onder de norm, en valt in de categorie “acceptabele dreiging en risico”.

Aangezien de maximale PGV onder de 3 mm/s blijft, stelt de aanvrager dat er geen schade zal optreden aan omliggende gebouwen. Er hoeft daarom geen potentieel schadebedrag gereserveerd te worden.

Evaluatie van seismische dreigingsanalyse door TNO-AGE

TNO-AGE heeft de SDS van de aanvrager getoetst en komt tot dezelfde conclusie. Voor de beoordeling van de seismische dreiging en het risico gebruikt TNO-AGE ook de SDRA-methodiek. TNO-AGE heeft hierbij naar eigen inzicht de benodigde invoerparameters bepaald. Op basis hiervan concludeert TNO-AGE dat het systeem valt in de categorie “acceptabele seismische dreiging en risico” en daarmee voldoet aan de veiligheidsnorm. TNO-AGE verwacht geen onaanvaardbare schade aan gebouwen of infrastructuurle werken ten gevolge van eventuele seismiciteit door de beoogde geothermiewinning. Daarnaast komt TNO-AGE tot dezelfde conclusie als de aanvrager, dat geen schadevoorziening vastgesteld te worden.

Cumulatief effect

In de omgeving van het beoogde systeem zijn geen natuurlijke bevingen gemeten. Dat is een indicatie dat de ondergrondse spanningssituatie niet kritisch of nabij kritisch is. Ook vinden naast aardwarmtewinning geen andere mijnbouwactiviteiten plaats in deze omgeving. Op basis hiervan neemt TNO-AGE aan dat een eventuele beving zou optreden binnen het gebied dat door afkoeling is beïnvloed (het gebied dat spanningsveranderingen ondergaat als gevolg van de drukverandering is bij deze vorm van geothermie overlappend maar kleiner). De berekeningen voor de SDRA-methodiek die gemaakt zijn met

SRIMA-tool houden rekening met de injectie van slechts een enkele injectieput. Echter, de resultaten van het reservoirmodel van TNO-AGE laten zien dat de afgekoelde gebieden van de geplande injectieputten van het beoogde Kampen II systeem en van het systeem van Kampen I dusdanig ver uit elkaar liggen dat er naar verwachting geen cumulatief effect zal optreden binnen de periode van de startvergunning.

Monitoring en maatregelen

De aanvrager heeft een Seismisch Risico Beheersplan uitgewerkt met een TLS en een respons en communicatieplan [10] en [11]. De aanvrager geeft aan de eventuele seismiciteit te monitoren met het KNMI-netwerk. Op de locatie van het geplande doublet heeft dit netwerk een magnitude van compleetheid (MoC) tussen $1,0 < M < 1,5$ ligt. Dit betekent dat direct onder het systeem van Kampen II aardbevingen met een magnitude van 1,5 en hoger kunnen worden waargenomen, en mogelijk kleinere bevingen boven de $M=1,0$.

Het TLS, dat beschreven is in het Seismiciteit Respons Protocol, gebruikt maximale groundbeweging (PGV) als grenswaarden. In het geval van een beving boven de detectiegrens moet de aanvrager een geregistreerde magnitude door het KNMI-netwerk eerst omzetten naar een PGV-waarde. Deze omzetting heeft een relatief grote onzekerheidsbandbreedte. Een accelerometer nabij de productielocatie zal deze onzekerheid omzeilen. Daarnaast kan met de gegevens van het KNMI-netwerk en de accelerometer een locatie specifieke GMPE (Ground Motion Prediction Equation) opgesteld worden.

Gezien de uitkomst van de SDRA-methodiek acht TNO-AGE het Seismisch risico beheersplan zoals beschreven in [11] afdoende om op adequate wijze te kunnen reageren op een eventuele seismiciteit en potentiële schade te voorkomen.

8. Omvang van het aangevraagde gebied

De grootte van het aangevraagde gebied in relatie tot de verwachte winning van aardwarmte en de verwachte afzet van aardwarmte.

Verticale begrenzing

Aanvrager heeft geen specifiek dieptebereik aangevraagd voor de vergunning.

TNO-AGE adviseert om een dieptebereik te vergunnen van de top van de Holland Formatie tot de basis van de Formatie van Ruurlo.

Hiermee krijgt de aanvrager een vergunning voor de Formatie van Slochteren waarin geothermische systeem wordt beoogd. Daarnaast zijn de Zechstein Groep en de Holland Formatie vergunt als het bovenliggende afsluitend pakket, en de Formatie van Ruurlo als het onderliggende afsluitende pakket.

Verwachte winning van aardwarmte

Aardwarmtepotentie volgens aanvrager

Per jaar verwacht de aanvrager ~0,28 PJ aan energie te kunnen winnen.

Aardwarmte analyse van TNO-AGE

TNO-AGE schat bovenstaande waarde van aanvrager in als een P10 verwachting, die gebaseerd lijkt op een bronvermogen (P10) van 13,1 MW, met 6.000 vollasturen. In combinatie met het P10 debiet van 253 m³/uur correleert dit met een volume van ca. 1,5 miljoen m³ water per jaar. Gebaseerd op het verwachte debiet (P50) van 220 m³/uur, bronvermogen (P50) van 11,2 MW, en met 6.000 vollasturen, verwacht TNO-AGE dat de aanvrager ~0,24 PJ aan energie kan winnen met een productievolume van ca. 1,2 miljoen m³ water per jaar.

Verwachte afzet van aardwarmte

De gewonnen warmte zal ten behoeve van glastuinbouw worden ingevoerd in het al aanwezige warmtenet dat ook gebruikt wordt door het Kampen systeem. Aanvrager heeft 4 intentieverklaringen voor de afname van 11,11 MW aardwarmte, mits de aardwarmteboringen succesvol zijn (gedefinieerd als minimaal de P50-waarde). Dit zou met 6.000 vollasturen overeenkomen met een warmteopbrengst van ~0,24 PJ.

Evaluatie van de aangevraagde gebiedsgrootte

Het aangevraagde gebied heeft een oppervlak van 5,15 km². Volgens ThermoGIS is, in combinatie met de mogelijk winbare warmte uit het Rotliegend (~0,16 – 0,17 GJ/m²) een theoretische warmtewinning van ~0,85 PJ mogelijk binnen dit gebied. Als het sterk verbruikte zuidwestelijk deel van het blok niet wordt meegenomen in deze inschatting is een theoretische warmtewinning van ~0,55 PJ mogelijk.

Hoewel de verwachte winbare aardwarmte in het aangevraagde gebied hoger is dan de opgegeven warmteafzet, acht TNO-AGE de grootte van het gebied passend voor de startvergunning. De oppervlakte van het gebied stelt de aanvrager in staat de ruimtelijke inpassing van het beoogde geothermisch systeem te optimaliseren.

Conclusies en adviezen

Geologische onderbouwing van de aanvraag

- TNO-AGE acht de geologische onderbouwing van de aanvraag 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 i.r.t. de diepe ondergrond.
- TNO-AGE schat de permeabiliteit en de netto/bruto verhouding hoger in dan de aanvrager. Daardoor is de inschatting van het verwachte geothermisch vermogen door TNO-AGE in beperkte mate hoger dan van de aanvrager.
- TNO-AGE heeft de seismische interpretatie van de aanvrager gecontroleerd en kan zich hierin vinden.

Planmatig beheer van de ondergrond

- TNO-AGE verwacht op basis van modellering dat drukinterferentie zal plaatsvinden tussen het aangevraagde systeem en het systeem Kampen, waarvan aanvrager eveneens eigenaar is.
 - Deze interferentie heeft een positief effect op de injectiviteit van het Kampen project.
- Het koudefront van het aangevraagde systeem Kampen II komt binnen 2 jaar over de grens met de aanliggende vergunning Kampen. TNO-AGE heeft geen bezwaar tegen deze grensoverschrijding. Aanvrager is voornemens in de toekomst beide vergunningen samen te voegen tot één vervolgvergunning.
- Het geprognoseerde maximale debiet kan naar verwachting gehaald worden binnen de aangevraagde injectiedrukruimte.
- Het aangevraagde gebied overlapt niet met beschermde gebieden zoals beschreven in de adviesvraag.

Omvang van het aangevraagde gebied

- Het aangevraagde gebied is volgens TNO-AGE relatief groot. De huidige putten zijn gepland aan de rand van het aangevraagde gebied waardoor warmtewinning vanuit het Kampen II gebied niet optimaal is. Desalniettemin acht TNO-AGE de grootte van het gebied passend voor de tweejarige duur van de startvergunning. De oppervlakte van het gebied stelt de aanvrager in staat de ruimtelijke inpassing van het beoogde geothermisch systeem te optimaliseren.
- TNO-AGE ziet de Holland Formatie als onderdeel van het afsluitende pakket en adviseert daarom de top Holland Formatie als bovengrens van de startvergunning te hanteren en de basis van de Ruurlo Formatie als ondergrens.

Integriteit van de afsluitende lagen

- Aanvrager heeft de generieke evaluatie uitgevoerd om de integriteit van de afsluitende lagen te beoordelen, maar volgens de screening van de TAS procedure had een detailevaluatie uitgevoerd moeten worden.
- Op basis van de dikte en eigenschappen van het afdichtende pakket acht TNO-AGE het onwaarschijnlijk dat mogelijke scheurvorming binnen de periode van de startvergunning resulteert in een overschrijding van de norm.

- TNO-AGE adviseert de volgende operationele restricties op te nemen:
 - Minimale injectietemperatuur: 25 °C (conform aanvraag), en;
 - Maximaal debiet: 253 m³/uur (conform aanvraag), en;
 - Maximaal injectieverschildruk op reservoirdiepte: 65 bar (conform aanvraag).
- Door de aanvrager moet worden aangetoond dat de putten onderlinge drukcommunicatie laten zien, alvorens productie wordt gestart.

Risico van eventuele bodembeweging

- De beoogde winning van aardwarmte bij Kampen II valt in de categorie "Acceptabele dreiging en risico" en voldoet daarmee aan de veiligheidsnorm.
- Vergelijkbaar met de aanvrager, is de verwachte grondbeweging zo klein dat kans op schade nihil is (voor panden gebouwd voor en na 1940). Dat betekent dat er volgens de resultaten van TNO-AGE geen schadevoorziening bepaald hoeft te worden.

Ik verwacht u hiermee van dienst te zijn geweest.

Met vriendelijke groet,

[Redacted signature]

[Redacted name]

Afdelingshoofd TNO-AGE

Referenties

- [1] IF Technology, „Aanvraag Startvergunning Kampen 2 - Uitbreiding geothermieproject Koekoekspolder v1.1,” 2024.
- [2] IF Technology, „SDE++ Koekoekspolder Phase 3 v1 Concept,” 2023.
- [3] IF Technology, „Bepaling risico seismiciteit (SDRA) en analyse integriteit afsluitende laag (TAS) - Koekoekspolder, Startvergunning Kampen 2 v1.0,” 2024.
- [4] Aardwarmtecluster 1 KKP BV, „Seismisch Risico Beheersplan versie 2.0,” 2024.
- [5] Aardwarmtecluster 1 KKP B.V., „Overeenkomsten warmteafzet 2023”.
- [6] TNO-AGE, „Audit SDE2316435 aanvraag aardwarmte Kampen 2,” 2024.
- [7] TNO, „Bepaling integriteit afdichtende gesteentepakketten voor geothermieprojecten in Nederland: Evaluatiemethodiek voor geothermie projecten,” 2023.
- [8] „Bodemdalingskaart 2.0 (skygeo.com),” 2024.
- [9] TNO, „Seismische Dreigings- en Risicoanalyse voor aardwarmteprojecten in Nederland,” 2023.
- [10] Duurzaam Oostvoorne Holding B.V., „Seismiciteit Respons Protocol,” 2024.
- [11] Aardwarmte Combinatie Luttelgeest B.V., „Seismisch Risico Beheersplan Aardwarmtecombinatie Luttelgeest,” 2024, september.
- [12] SodM, „Protocol bepaling maximale injectiedrukken bij aardwarmtewinning, Versie 2,” 2013.
- [13] SodM, „Protocol bepaling maximale injectiedrukken bij aardwarmtewinning, Versie 2,” 2013.

Ligging van het aangevraagde gebied

