

Retouradres: Postbus 80015, 3508 TA Utrecht

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

**Onderwerp**

Advies instemming winningsplan aardwarmte De Lier Geothermie

Geachte [REDACTED],

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (hierna: EZK) heeft TNO-AGE op 3 augustus 2020 om advies gevraagd over het winningsplan De Lier Geothermie. Het winningsplan De Lier Geothermie is op 28 februari 2019 ingediend door EnergieWende B.V. handelend onder de naam V.o.f. Geothermie De Lier (hierna: vergunninghouder). Op 1 maart 2021 heeft vergunninghouder een aangepaste versie van het winningsplan ingediend.

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

Adviesverzoek

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft TNO-AGE gevraagd om advies uit te brengen op het ingediende winningsplan De Lier Geothermie op de volgende onderwerpen:

- a) Planmatig gebruik en beheer van de ondergrond:
 - Wijze van winning, operationeel ontwerp en productiestrategie van het aardwarmtesysteem;
 - Drukbeïnvloeding en ondergrondse interferentie met aanpalende winningsactiviteiten;
 - Duur en hoeveelheden van de winning;
 - Bijvangst van delfstoffen.
- b) Veiligheid van omwonenden, schade aan gebouwen of infrastructurele werken als gevolg van bodembeweging:
 - Bodemtrillingen;
 - Bodemdaling/stijging prognoses;

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

Datum

13 oktober 2021

Onze referentie

AGE 21-10.083

Contactpersoon

[REDACTED]

E-mail

[REDACTED]@tno.nl

Doorkiesnummer

+31 [REDACTED]

Projectnummer

060.47419/01.05.03

Uw referentie

Uw e-mail van 03-08-2020

Bijlage(n)

3

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
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
2/23

Compleetheid winningsplan

De vergunninghouder heeft ter ondersteuning van het winningsplan De Lier Geothermie [1] een aantal documenten aangeleverd als bijlage bij het winningsplan. TNO-AGE heeft de aangeleverde documenten op compleetheid gecontroleerd en op basis van deze controle de vergunninghouder verzocht om extra informatie aan te leveren. Op 1 maart 2021 heeft de vergunninghouder een document [2] aangeleverd met antwoorden op de vragen van TNO-AGE en heeft de volgende documenten (opnieuw) aangeleverd:

- Geactualiseerde versie van het winningsplan De Lier Geothermie, update februari 2021 [3];
- Quicksan seismiteit De Lier Geothermie [4];
- Fracture Containment Study De Lier Geothermie [5];
- Multifinger Caliper Analysis Report [6];
- Coupon analyse rapport LIR-GT-01 [7];
- Corrosie log interpretatie rapport LIR-GT-01 [8].

Op 29 juni 2021 heeft TNO-AGE de vergunninghouder gevraagd om een nadere toelichting te sturen betreffende de aangevraagde injectiedruk op reservoirdiepte en over het putschema van LIR-GT-02. Op 7 september 2021 heeft TNO-AGE deze aanvullingen ontvangen. Vergunninghouder heeft hiervoor de volgende aangepaste documenten aangeleverd:

- Winningsplan De Lier Geothermie, update augustus 2021 [14];
- De Lier Fracture Containment study, 2 september 2021 [15].

Beschrijving winning

Het aardwarmtesysteem De Lier, bestaande uit een productieput (LIR-GT-01) en een injectieput (LIR-GT-02), is sinds 2014 in productie. Het systeem ligt in het gebied dat is gedefinieerd als de winningsvergunning De Lier (ca. 5,9 km²). Deze vergunning is bij beschikking, met kenmerk DGETM-EO/15165026, op 13 juli 2016 verleend aan EnergieWende B.V. (voorheen Geothermie De Lier B.V.) en De Bruijn Geothermie B.V. Het doublet is gericht op de watervoerende zandsteenlagen van het Delft Zandsteen Laagpakket, die zich bevindt op een diepte van ca. 2400 m. De stroming van warm water naar de productieput en injectie van afgekoeld water vindt plaats door en in de poreuze gesteentematrix van dit laagpakket. De winningsvergunning verloopt in juli 2050 en daarmee is de totale duur van de warmteproductie 35 jaar. Reservoir stimulatie is niet voorzien.

Uit analyse van de Mijnewettelijk aangeleverde productiedata aan TNO-AGE blijkt dat het systeem tot op heden een gemiddeld debiet van 257 m³/uur en een maximum debiet van 324 m³/uur heeft gerealiseerd. De totale energieopbrengst sinds de start van productie is ca. 3,0 PJ en de totale watercirculatie aan de primaire (zoute) kant tot en met maart 2021 is 13,45 miljoen m³ water. De gewonnen warmte wordt gebruikt door glastuinbouwbedrijven.

De gemiddelde productietemperatuur van het formatiewater van het formatiewater is volgens vergunninghouder circa 87,8°C [14], dit is in lijn met de door de vergunninghouder maandelijks aangeleverde productiedata. Deze temperatuur wordt gemeten bij de warmtewisselaars aan het oppervlak en is enkele graden lager

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
3/23

dan de reservoirtemperatuur. Het verschil wordt veroorzaakt doordat het productiewater afkoelt langs de put naar de oppervlakte. De gemiddelde injectietemperatuur is ca. 33°C (zonder warmtepompen). De vergunninghouder geeft aan dat in de toekomst mogelijk warmtepompen toegepast gaan worden en daarmee de injectietemperatuur te verlagen naar 15°C. In Tabel 6 van [3] en [14] geeft vergunninghouder aan dat de laagste injectietemperatuur 15°C zal zijn, in dit geval zijn de warmtepompen operationeel. De temperatuur van het formatiewater ter plaatse van de injector is dan circa 89°C. Het geprognoseerde temperatuurverschil tussen het geïnjecteerde water en het reservoir is dan maximaal 74°C.

Volgens de productieprognoses in [3] verwacht vergunninghouder in 2021 0,525 PJ aan energie te produceren, een jaarlijkse waterproductie van 2,4 miljoen m³ en een gemiddelde uitkoeling van 55°C. Dit komt neer op een gemiddeld debiet van 274 m³/uur bij een jaarrond productie van 8760 uur. De totale watercirculatie tot einde vergunningsduur is 83,6 miljoen m³. Het technisch haalbare debiet is maximaal 325 m³/uur [2], [3] en [14].

Tabel 1: Productiekenmerken De Lier Geothermie.

Productiekenmerken	
Gemiddelde productietemperatuur gerealiseerd	87,8 °C
Gemiddelde injectietemperatuur gerealiseerd	33 °C
Gemiddelde geprognoseerde injectietemperatuur	32,5 °C
Minimale geprognoseerde injectietemperatuur	15 °C
Gemiddeld debiet gerealiseerd (gedurende uptime)	257 m ³ /uur
Gemiddeld debiet prognose (gedurende uptime)	274 m ³ /uur
Maximaal debiet prognose (gedurende uptime)	325 m ³ /uur

Beantwoording adviesvragen

Planmatig gebruik van de ondergrond

TNO-AGE acht de winning van aardwarmte door De Lier Geothermie, zoals voorgesteld in het winningsplan, in overeenstemming met de principes van planmatig gebruik van de ondergrond in de genoemde geologische setting.

In de ruime omgeving van het doublet, De Lier Geothermie, liggen meerdere operationele geothermische installaties die produceren uit dezelfde reservoirs als De Lier Geothermie (Bijlage 3). In [3] meldt vergunninghouder dat er geen interferentie is met andere mijnbouwactiviteiten. TNO-AGE heeft op verzoek van EZK een korte notitie [10] geschreven betreffende de mogelijke interferentie tussen geothermiesystemen De Lier en Naaldwijk I. De conclusie van deze notitie is dat op basis van de analyse van de productiedata van het geothermiesysteem De Lier het onwaarschijnlijk is dat er (negatieve) interferentie is met het geothermiesysteem Naaldwijk I. De afstand tussen De Lier en de overige omliggende systemen (Kwintsheul Geothermie, Honselersdijk Geothermie en Poeldijk Geothermie) is dusdanig groot dat er geen ondergrondse drukinterferentie verwacht wordt.

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
4/23

Daarnaast worden deze systemen (behalve Honselersdijk Geothermie) gescheiden door één of meerdere (afsluitende) breuken.

Met zowel de huidige injectietemperatuur van ca. 32,5°C en de mogelijk toekomstige injectietemperatuur van 15°C is het temperatuurverschil, bij een reservoirtemperatuur van 89°C, groter dan de 40°C. SodM stelt op zijn website [9] dat een vergunninghouder dan een additionele onderbouwing dient aan te leveren. Hierin moet de vergunninghouder extra informatie aanleveren over de integriteit van de afsluitende laag waarin injectiedruk en thermische effecten aan bod komen.

Als die informatie niet wordt aangeleverd, wordt bij een uitkoeling hoger dan 40°C de maximale THP injectiedruk per extra graad uitkoeling met 1 bar verlaagd (zogenaamde temperatuureffect). Dit betekent dat bij een injectietemperatuur van 32,5°C er een aftrek van 16,5 bar plaats vindt en bij een retourtemperatuur van 15°C een aftrek van 34 bar. Vergunninghouder heeft een onderbouwing van de effecten van de verlaagde uitkoeling meegenomen in de aangeleverde "Fracture Containment Study" (hierna: FCS) [5].

Vergunninghouder vraagt in [14] een maximale THP van 43 bar aan, hierbij hoort een injectietemperatuur van 32,5°C en een debiet van 348 m³/uur. Wanneer er warmtepompen geplaatst worden, wordt de maximale THP volgens vergunninghouder 24 bar, met een injectietemperatuur van 15°C en een debiet van 320 m³/uur. Vergunninghouder geeft in [2] en [14] aan dat het technisch maximaal haalbare debiet 325 m³/uur is. Dit debiet is volgens vergunninghouder begrensd vanwege de diameter van de put. TNO-AGE hanteert in het advies daarom een maximaal debiet van 325 m³/uur.

Uit de huidige productiedata blijkt dat het winterdebiet van de afgelopen jaren rond de 300 m³/uur zit. TNO-AGE berekent hierbij met behulp van de productiedata een injectiedruk op reservoirdiepte (BHP) van ca. 19 bar. In [14] vraagt vergunninghouder een maximum THP aan van 43 bar en geeft aan dat hier een injectietemperatuur van 32,5°C en een debiet van 348 m³/uur bij hoort. Omgerekend naar BHP zal dit circa 49,6 bar zijn.

Uit bovenstaande blijkt dat vergunninghouder meer injectiedrukruimte aanvraagt dan, op basis van de productiedata en haalbaar debiet, strikt noodzakelijk is. Vergunninghouder zal, vanwege de beperking op debiet, deze ruimte alleen kunnen gebruiken als de skin in de injectieput toeneemt, waardoor er meer injectiedruk nodig is. Echter, in dat geval is te verwachten dat de vergunninghouder een interventie uitvoert in de put om de skin te verlagen, in plaats van de skin en dus benodigde injectiedruk op te laten lopen naar een niveau waarop de problemen met de injectiviteit alsmaar groter worden.

In tabel 6 van [3] geeft vergunninghouder aan 1,075 Nm³ opgelost gas per m³ water te produceren. Op basis van de productieprognoses (tabel 4 van [3]) berekent TNO-AGE dezelfde verhouding. Uit de aangeleverde productiecijfers van De Lier Geothermie blijkt een gas-water-ratio van ~1,07 Nm³/m³, wat dus overeenkomt met de opgegeven gas-water ratio. Vergunninghouder geeft aan dat de gasbijvangst na behandeling nuttig aangewend wordt in de stookinstallatie.

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
5/23

In de wijde omgeving van het doublet De Lier Geothermie liggen twee olie- & gasvelden, namelijk het De Lier olie- & gasveld en het Gaag gasveld. Deze twee velden produceren uit andere doelreservoirs dan die van De Lier Geothermie. Drukcommunicatie tussen deze velden en het geothermie systeem De Lier wordt niet verwacht omdat deze twee velden niet in hetzelfde breukblok en op een afstand van de winningsvergunning De Lier Geothermie liggen.

Fracture containment study

Vergunninghouder heeft door PanTerra Geoconsultants B.V. (hierna: PanTerra) een “Fracture Containment Study” (hierna: FCS) [15] uit laten voeren. Met behulp van deze studie levert de vergunninghouder een nadere onderbouwing van de beoogde verlaagde injectietemperatuur van 15°C. TNO-AGE heeft de evaluatie van de FCS om deze reden gedaan onder de adviesvraag over beoordeling van het planmatig gebruik en beheer van de ondergrond. Hierin wordt onder andere de productiestrategie beoordeeld.

PanTerra concludeert in deze studie [5] dat het systeem vanaf start productie onder matrix condities heeft geïnjecteerd. Modelmatig berekent PanTerra dat in het base-case scenario er scheurvorming plaats kan vinden, dit blijft beperkt tot in het reservoir. Uit de resultaten van de sensitiviteitsanalyse blijkt dat er mogelijk condities zijn waar scheurvorming in het afsluitende pakket op kan treden. Zo neemt de scheurlengte, bij een injectietemperatuur van 15°C, toe in vergelijking met het base case scenario. Deze thermische scheurvorming is volgens PanTerra daarentegen erg beperkt. PanTerra geeft aan dat de dikte van de afsluitende laag vele malen groter is dan de mogelijke verticale groei van de scheuren. Hoewel de aanpak in de FCS adequaat is zet TNO-AGE wel kanttekeningen (zie bijlage 1) bij de specifieke toepassing van de FCS methode op de injectieput LIR-GT-02.

TNO-AGE heeft met behulp van een eigen analytische rekentool de FCS [5] van PanTerra geëvalueerd. Hiervoor zijn meerdere scenario's opgesteld. Voor deze scenario's heeft TNO-AGE zowel de geomechanische inputparameters van PanTerra als haar eigen parameters gebruikt. De productieprognoses zijn gebaseerd op de huidige productie en de toekomstige productie. De uitkomst van deze analyse laat zien dat er mogelijk condities op kunnen treden waarin scheurvorming in de afsluitende laag plaats kan vinden, maar er blijkt ook dat indien scheurvorming in de afsluitende laag plaatsvindt dat deze zich zal beperken tot de onderste meters. In vergelijking: de totale dikte van de afsluitende laag is 121 meters. Verder ziet TNO-AGE op basis van de huidige productiedata geen indicaties dat er scheurvorming in het reservoir en afdichtend pakket heeft plaatsgevonden. Naast bovengenoemde heeft TNO-AGE ook een analyse conform het protocol voor de bepaling maximale injectiedruk voor geothermiesystemen [12] uitgevoerd. De maximale THP bij een uitkoeling van maximaal 40°C is 64 bar. Als vervolgens de reductie van injectiedruk bij meer uitkoeling (meer dan 40°C) wordt gehanteerd [9] wordt de maximale THP bij een injectietemperatuur van 32,5°C 47,5 bar en bij een injectietemperatuur van 15°C 30 bar. Deze THP injectiedrukken zijn hoger dan die door vergunninghouder zijn aangevraagd in tabel 6 van [14].

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
6/23

Operationele instellingen en begrenzingen; modelaanpak

TNO-AGE heeft meerdere DoubletCalc2D (hierna: DC2D) scenario's voor De Lier Geothermie opgesteld. Met behulp van deze scenario's onderzoekt TNO-AGE de verspreiding van de koudwaterbel in de ondergrond en het verloop van de injectiedruk op reservoirdiepte. Elk scenario is vervolgens gemodelleerd met zowel een injectietemperatuur van 32,5°C (gemiddeld) en een injectietemperatuur van 15°C (maximale uitkoeling). Verder is elk scenario gesimuleerd met breuken die hydrodynamisch open zijn en gesimuleerd met breuken die volledig hydrodynamisch gesloten zijn. In deze simulaties wordt ook onderzocht of de injectie na 35 jaar nog onder de maximaal toelaatbare injectiedruk zit volgens het protocol voor maximale injectiedruk.

De DC2D modelresultaten van TNO-AGE laten zien dat de koudwaterbel, na 35 jaar productie, in alle scenario's volledig binnen de winningsvergunning De Lier blijft. Er is weinig verschil in uitkomst tussen de verschillende door TNO-AGE gemodelleerde DC2D scenario's.

De modelresultaten tonen aan dat alle scenario's onder de door vergunninghouder aangevraagde en de (volgens TNO-AGE) maximale injectiedruk blijven. Op basis van de modelsimulaties en analyse van de productiedata verwacht TNO-AGE dat de maximale operationele instellingen (debiet 325 m³/uur en injectietemperatuur van 15°C) gehaald kunnen worden binnen de begrenzingen van het protocol voor bepaling van de maximale injectiedruk. Bij deze instellingen is de door DC2D verwachte verschildruk op reservoirdiepte (BHP) na 35 jaar injectie 23,6 bar, dit is 15,3 bar THP. Dit is lager dan wat de vergunninghouder aanvraagt (24 bar).

Op basis van bovenstaande adviseert TNO-AGE om de aangevraagde THP drukken (43 bar bij T_{inj} 32,5°C en 24 bar bij T_{inj} 15°C) van de vergunninghouder over te nemen in combinatie met een maximaal debiet van 325 m³/uur.

Bodemdaling

TNO-AGE ziet geen geotechnische belemmeringen betreffende de berekening van de verwachte bodemdaling.

TNO-AGE concludeert dat de modelmatig berekende bodemdaling voor uitsluitend het systeem De Lier Geothermie ten gevolge van de winning van aardwarmte maximaal 6,3 mm is na 35 jaar. Dit is ongeveer gelijk aan het modelresultaat van de vergunninghouder (6,0 mm) [3]. Binnen de grenzen van de winningsvergunning De Lier ligt de bodemdaling tussen de 2,2 en 6,3 mm.

TNO-AGE heeft ook de cumulatieve bodemdaling berekend van alle naburige geothermiesystemen. Binnen de grenzen van de winningsvergunning De Lier ligt, met invloed van alle omliggende systemen, de bodemdaling tussen 4,7 en 6,8 mm.

De gemodelleerde bodemdaling door geothermiewinning heeft naar verwachting geen invloed op Natura2000 gebieden, aangezien dergelijke gebieden niet binnen de bodemdalingskom van het gerealiseerde doublet De Lier Geothermie liggen.

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
7/23

Bodemtrilling

TNO-AGE komt uit op een lage seismische dreiging voor De Lier Geothermie. Dit komt overeen met de uitkomst van de vergunninghouder voor dit systeem.

De genormaliseerde seismisch potentieel score van TNO-AGE (0,30) wijkt af van de uitkomst van de vergunninghouder (0,26). Dit komt omdat TNO-AGE een afwijkende score geeft aan de categorieën "Breukoriëntatie in huidig spanningsveld", "Injectiedruk" en drukcommunicatie.

Conclusies en adviezen

- **TNO-AGE acht de winning van aardwarmte, zoals voorgesteld in het winningsplan, in overeenstemming met de principes van planmatig gebruik en beheer van de ondergrond.** TNO-AGE adviseert EZK daarom om in te stemmen met het winningsplan De Lier Geothermie onder de volgende voorwaarden conform het aangevraagde winningsplan:
 - Maximaal debiet: 325 m³/uur;
 - Maximale THP injectiedruk: 43 bar bij een injectietemperatuur van 32,5°C;
 - Maximale THP injectiedruk: 24 bar bij een injectietemperatuur van 15°C;
 - Minimale injectietemperatuur: 15°C.
- **TNO-AGE ziet geen geotechnische belemmeringen betreffende de berekende bodemdaling.** Vanwege deze uitkomst adviseert TNO-AGE geen aanvullende voorwaarden.
- **Op basis van de SHRA Quicksan komt TNO-AGE, net zoals de vergunninghouder, uit op een lage seismische dreiging voor het aardwarmtesysteem De Lier.** Vanwege deze uitkomst kan afgezien worden van aanvullende voorwaarden.
- **Uit modelberekeningen van TNO-AGE blijkt dat in de onderzochte productiescenario's trekspanning wordt berekend in de afsluitende laag binnen de vergunde termijn.** Om die reden is het wenselijk dat de vergunninghouder een intensieve monitoring uitvoert van druk, debiet en temperatuur om het reservoir- en injectiviteitsgedrag te identificeren en eventuele scheurvorming op tijd te signaleren. TNO-AGE geeft daarom ter overweging mee om intensive monitoring, door de vergunninghouder, van de operationele condities als voorwaarde op te nemen.

Ik verwacht u hiermee van dienst te zijn geweest.

Met vriendelijke groet,



Hoofd Adviesgroep Economische Zaken en Klimaat

Bijlage 1: Geotechnische evaluatie winningsplan De Lier Geothermie
Bijlage 2: Temperatuurkaarten DoubletCalc modelberekeningen
Bijlage 3: Overzicht van omliggende geothermische productiesystemen

Datum

13 oktober 2021

Onze referentie

AGE 21-10.083

Blad

8/23

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
9/23

Bijlage 1: geotechnische evaluatie winningsplan De Lier Geothermie

Ter ondersteuning van het door het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) te nemen instemmingsbesluit betreffende het winningsplan voor het geothermiesysteem De Lier, heeft TNO-AGE een geotechnische evaluatie uitgevoerd van het aangeleverde winningsplan. In deze bijlage worden de resultaten en bevindingen van de door TNO-AGE uitgevoerde evaluatie samengevat.

DoubletCalc modellering

TNO-AGE heeft het systeem De Lier Geothermie gemodelleerd in DoubletCalc1D (hierna: DC1D) en DoubletCalc2D (hierna: DC2D). Daarbij is in DC1D eerst de gerealiseerde historische productie gemodelleerd en gesimuleerd. Daarna is zowel de gerealiseerde historische productie als geprognostiseerde productie, zoals aangegeven in het winningsplan, gemodelleerd in DC2D.

Het doublet produceert en injecteert in de watervoerende lagen van het Delft Zandsteen Laagpakket. Vergunninghouder geeft aan dat het technisch maximale operationele debiet 325 m³/uur is, waarbij volgens vergunninghouder een gemiddeld jaarlijks debiet van 274 m³/uur hoort [3]. DC2D rekent alleen met volledige jaren (8760 uur). Om het afkoelingsgebied na 35 jaar productie te bepalen gebruikt TNO-AGE het gemiddelde jaar debiet van 274 m³/uur. Voor de bepaling van de maximaal benodigde injectieverschildruk op reservoirdiepte gebruikt TNO-AGE het technisch maximale operationele debiet van 325 m³/uur.

Om de effecten van verschillende parameter-onzekerheden en injectietemperaturen te onderzoeken heeft TNO-AGE meerdere DC2D scenario's opgesteld. Tabel 2 geeft een overzicht van alle door TNO-AGE opgestelde DC2D scenario's. Twee scenario's zijn opgesteld om de verspreiding van koudwaterbel te onderzoeken. Hierbij wordt gekeken of de koudwaterbel in contact komt met omliggende breuken en of de koudwaterbel de winningsvergunningsgrens heeft overschreden bij einde winningsvergunningduur. Met scenario's 3 en 4 wordt onderzocht wat de verschildruk is op reservoirdiepte na 35 jaar productie, einde winningsvergunning.

Tabel 2: Overzicht van gemodelleerde DC2D scenario's.

Scenario	Gemodelleerde doubletten	Doel van het scenario	Breuken	Injectietemp.	Debiet [m ³ /uur]
1	LIR-GT-01 & -02	Bepaling verspreiding koudwaterbel	Ja	32,5°C	274
2	LIR-GT-01 & -02	^{dag}	Nee	32,5°C	274
3	LIR-GT-01 & -02	Bepaling verschildruk op reservoirdiepte b j einde productie	Ja	15°C	325
4	LIR-GT-01 & -02	^{dag}	Nee	15°C	325

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
10/23

In elk scenario is gekeken naar wat de invloed is van de omliggende breuken. Daarom is elk scenario gedraaid met hydrodynamisch gesloten breuken en breuken die hydrodynamisch open zijn. Er is voor deze opzet gekozen, omdat niet met zekerheid kan worden vastgesteld of de gekarteerde breuken afsluitend zijn.

Bodemdaling

Voor de bodemdaling bij De Lier Geothermie heeft TNO-AGE de invloed van de omliggende doubletten onderzocht. Uit de modelresultaten blijkt dat deze doubletten een kleine invloed hebben op de maximale bodemdaling van De Lier Geothermie.

De resultaten van de modellering worden samengevat per reservoir in Tabel 3. De temperatuurkaarten die het resultaat zijn van de DC2D modelleringen worden gegeven in Bijlage 2.

Tabel 3: Overzicht van de modelresultaten van de verschillende DC2D scenario's zoals beschreven in Tabel 2.

DC2D Scenario	1	2
Duur tot 1°C afkoeling in productieput LIR-GT-01	>35 jaar	>35 jaar
Duur tot 1°C afkoeling op vergunningsgrens	>35 jaar*1	>35 jaar*1
Afkoeling op randbreuken na 35 jaar productie	Geen afkoeling*2	Geen afkoeling*2
Max. drukverandering op vergunningsgrens na 35 jaar productie	0,5 bar - Inj -2,5 bar - Prod	0,5 bar - Inj -1,5 bar - Prod
Drukverandering op randbreuk na 35 jaar productie	0,4 bar - Inj -2,1 bar - Prod	0,3 bar - Inj -1,1 bar - Prod
Maximale bodemdaling	4,8 mm	4,7 mm
Bepaling verschildruk op reservoirdiepte na 35 jaar productie*3		
DC2D Scenario	3	4
Verschildruk injectieput LIR-GT-02	23,3 bar	23,6 bar
Verschildruk productieput LIR-GT-01	-12,6 bar	-11,9 bar

- *1 Dit komt overeen met wat TNO-AGE geadviseerd heeft voor de winningsvergunning De Lier Geothermie en wat vergunninghouder presenteert in [3]. De koudwaterbel van het doublet De Lier (LIR-GT-01 en GT-02) blijft binnen de vergunningsgrenzen.
- *2 Na 35 jaar nadert de koudwaterbel de zuidelijke breuk wel, maar komt niet in aanraking met de breuk. Er is na 35 jaar nog geen afkoeling van de breuk door de koudwaterbel.
- *3 De verschildruk op reservoirdiepte is bepaald op basis van een flat-rate debiet van 325 m³/uur per jaar, dit is het technisch maximale debiet van het doublet.

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
11/23

Analyse uitkomsten DC2D i.c.m. productiedata De Lier Geothermie

De DC2D resultaten van de scenario's 3 en 4 tonen aan dat de verschillendheid op reservoirdiepte bij de injectieput in lijn is met de injectiedruk die volgt uit de maandelijks aangeleverde productiedata. De DC2D-modellen houden geen rekening met de mogelijke verhoging van de skin gedurende de tijd, door veranderende condities van de put en/of het reservoirgesteente rondom het boorgat. Een verhoging van de skin resulteert in een verhoging van de injectiedruk in de put op reservoirdiepte. TNO-AGE observeert in de productiedata van De Lier Geothermie een geleidelijke toename in injectiedruk op reservoirdiepte. Deze toename lijkt zeer beperkt en zal in de (nabije) toekomst waarschijnlijk geen significante belemmering voor de injectiviteit vormen. In het geval de skin in de toekomst toch harder omhoog gaat dan nu geobserveerd is een mogelijke ingreep om de skin te verlagen niet uit te sluiten.

Fracture containment study

Vergunninghouder heeft een "Fracture containment study" [5] laten uitvoeren door PanTerra Geoconsultants B.V. (hierna: PanTerra). PanTerra stelt op basis van de productiedata van De Lier Geothermie en de Hall-plot die daarmee gemaakt kan worden dat injectie plaatsvindt in matrix permeabel systeem en dat er geen indicaties zijn dat er injectie plaatsvindt in bestaande danwel geïnduceerde "fractures". TNO-AGE onderschrijft dit op basis van haar eigen analyse van de productiedata.

PanTerra onderzoekt in [5] in hoeverre een eventueel gevormde scheur in het reservoir verticaal zou doorgroeien in de afsluitende laag. PanTerra neemt in [5] aan dat injectie plaatsvindt op 1 meter onder de top van het reservoir en dat scheurvorming ook 1 meter onder de basis van het afsluitende pakket begint.

Echter, op basis van het aangeleverde putschema van LIR-GT-02 observeert TNO-AGE dat de top van screen 45 meter boven top reservoir staat (op 2279 meter TVD). Dit betekent dat 45 meter van de afsluitende laag, in dit geval het Rodenrijs Kleisteen Laagpakket, in direct contact staat met de put. TNO-AGE acht het onwaarschijnlijk dat scheurvorming precies 1 meter onder de afsluitende laag begint, aangezien het basale deel van de Rodenrijs en het gehele Delft Zandsteen Laagpakket achter de screens zit.

PanTerra geeft aan dat de benadering van het base case scenario in de FCS conservatief is. Zo neemt PanTerra aan dat er geen verschil in Sh_{min} is tussen de zand en schalie lagen ergo reservoir en afdichtend pakket. Indien de Sh_{min} van het afsluitende pakket gelijk is aan de Sh_{min} van het reservoir acht TNO-AGE dit ook als een conservatieve aanname omdat in het algemeen de Sh_{min} van het afdichtende kleipakket hoger is dan die van het zandsteen reservoir. De absolute waarde van de Sh_{min} van afdichtend pakket en/of reservoir is onzeker. Aanvrager gebruikt 0,158 [bar/m]; TNO-AGE acht dat de Sh_{min} ook lager kan uitvallen dan 0,158 [bar/m], waardoor het scenario van PanTerra juist te optimistisch is.

PanTerra geeft in Appendix A van de FCS [5] een overzicht van de geomechanische parameters die gebruikt zijn in het model. Het valt TNO-AGE op dat de aangenomen porositeit voor het Delft Zandsteen Laagpakket met 16,8% aan de lage kant is. TNO-

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
12/23

AGE verwacht op basis van een porositeit-permeabiliteit plot van de Delft Zandsteen en een permeabiliteit van 1300 mD, een porositeit van rond de 23%. Verder heeft PanTerra een Young's modulus van 5 [GPa] aangenomen voor het Rodenrijs Kleisteen Laagpakket en 10 [GPa] voor het Delft Zandsteen Laagpakket. Dit is volgens TNO-AGE ook een optimistische aanname, een lage Young's modulus voor de afsluitende laag zorgt ervoor dat de "temperature-induced stress change ratio" van de afsluitende laag ook kleiner wordt. PanTerra onderbouwt deze aanname niet in de FCS [5]. TNO-AGE heeft op basis van haar eigen geomechanische dataset een Young's modules voor de afsluitende laag bepaald die hoger is dan de Young's modulus van het reservoir.

In [5] wordt een base case scenario opgesteld en die wordt vervolgens aangepast om de sensitiviteit van verschillende aannames te onderzoeken. Tabel 4 geeft een overzicht van de uitkomsten van de verschillende scenario's die in [5] gegeven worden. In Tabel 5 staat de verticale scheurgroei en de horizontale scheurgroei. De horizontale scheurgroei, of wel de "fracture half-length" geeft aan hoe ver de scheur horizontaal in het reservoir groeit vanaf het punt waar de scheur geïnitieerd wordt. In de FCS [5] worden de simulatieresultaten getoond na 30 jaar productie, terwijl de totale vergunningsduur 35 jaar is.

Tabel 4: Overzicht van de PanTerra resultaten na 30 jaar productie van de "Fracture Containment Study" [5].

Scenario		Verticale scheurgroei [m]		Horizontale scheurgroei [m]
		Omhoog	Omlaag	
1	Base case	0,6	0,6	0,6
2	Afkoeling onderste gedeelte Rodenrijs	1,5	3,0	2,4
3	Verhoogd debiet	1,7	3,3	2,5
4	Lagere injectietemperatuur	1,5	51	46
5	Lagere permeabiliteit	1,5	3,3	2,5

Op basis van base case modelresultaten geeft PanTerra aan dat na 30 jaar injectie een verticale scheur van ongeveer 0,6 meter omhoog als omlaag kan ontstaan. De resultaten van het base case scenario worden gegeven in Figuur 3-2 en 3-3 van [5]. PanTerra geeft aan dat thermische diffusie, waardoor het bovenliggende pakket afkoelt, niet gesimuleerd kan worden in de software die ze gebruiken. Om het effect van thermische diffusie op verticale scheurlengte te onderzoeken neemt PanTerra aan dat de onderste 30 meter van het afsluitende pakket vanaf dag 1 al 56°C is afgekoeld. PanTerra geeft aan dat dit een conservatieve benadering is, omdat normaal gesproken de afsluitende laag geleidelijk zal afkoelen. In dit scenario is de verticale scheurlengte na 30 jaar productie 1,5 meter omhoog.

Het scenario met een verlaagde injectietemperatuur toont aan de verticale scheurvorming omlaag na 30 jaar significant groter is. Na 30 jaar injectie is de verticale scheurvorming 1,5 meter omhoog en 51 meter omlaag. PanTerra verklaart dit verschil omdat kouder water een hogere viscositeit heeft en dus als het ware

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
13/23

naar beneden zakt waardoor omlaag gerichte verticale scheurvorming versterkt wordt. In het scenario met een verhoogd debiet 400 m³/uur in plaats van 300 m³/uur is de verticale scheurvorming na 30 jaar injectie 1,7 meter omhoog. De laatste sensitiviteit die in [5] onderzocht wordt is de aanname van een lagere reservoirpermeabiliteit. In dit scenario wordt aangenomen dat de reservoirpermeabiliteit 1000 mD is in plaats van 1300 mD. De verticale scheurvorming na 30 jaar is 1,5 meter omhoog en 3,3 meter omlaag.

De afsluitende laag bestaat uit de Rodenrijs Kleisteen Formatie en is ongeveer 121 meter dik. PanTerra geeft op basis van bovenstaande scenario's aan dat de dikte van het afsluitende pakket vele malen groter is dan de mogelijke maximale verticale omhooggerichte scheurvorming.

Evaluatie FCS door TNO-AGE

TNO-AGE heeft de aangeleverde "Fracture containment study" [5] kwalitatief beoordeeld en ziet dit als een adequate aanpak. Er zijn echter wel enkele discussiepunten over de aangenomen inputparameters. TNO-AGE heeft met behulp van haar eigen analytische methode de resultaten van PanTerra geëvalueerd. Op basis van de analyseresultaten en productiedata gaat TNO-AGE ervan uit dat de injectie plaats vindt in de matrix van het gesteente en dat er geen thermische scheurvorming heeft plaatsgevonden.

TNO-AGE heeft met behulp van een eigen analytische rekentool de FCS [5] van PanTerra geëvalueerd. Hiervoor zijn meerdere scenario's opgesteld. De scenario's zijn te verdelen in twee groepen. De eerste groep is opgesteld met de uitgangspunten van de FCS, zo zijn de geomechanische parameters overgenomen van PanTerra. Scenario 1 komt overeen met het base-case scenario van PanTerra en scenario 2 komt overeen met scenario 4 van de FCS [5].

De tweede groep is opgesteld op basis van de geomechanische dataset van TNO-AGE. In de analytische rekentool worden verschillende scenario's zowel deterministisch als stochastisch geëvalueerd. In alle scenario's gaat TNO-AGE ervan uit dat met de huidige historische productiedata er geen scheurvorming heeft plaats gevonden. Tabel 6 geeft een korte samenvatting van de twee productiescenario's.

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
14/23

Tabel 5: Overzicht van de productieparameters van de twee scenario's die zijn meegenomen in de evaluatie.

Scenario			Debiet [m ³ /uur]	dP reservoirniveau injectieput [bar] ^{*3}	T _{injectie} [°C]
1	Huidig productie	Geomechanische input van PanTerra	300 ^{*1}	17,5	32,5
2	Mogelijk toekomstig productie	Geomechanische input van PanTerra	325 ^{*2}	23,6	15
3	Huidig productie	Geomechanische input van TNO-AGE dataset	300 ^{*1}	17,5	32,5
4	Mogelijk toekomstig productie	Geomechanische input van TNO-AGE dataset	325 ^{*2}	23,6	15

^{*1} Het huidige maximaal gerealiseerde debiet is volgens de productiedata 300 [m³/uur].

^{*2} Dit is het technisch maximaal haalbare debiet o.b.v. verbuizingsdiameter, volgens vergunninghouder.

^{*3} TNO-AGE heeft de verschilddruk op reservoirdiepte bij de injectieput berekend op basis van meerdere DC2D modellen (zie Tabel 2). In DC2D wordt geen rekening gehouden met eventuele verandering van de skin. Een verhoging van de skin resulteert in een mogelijke verhoging van de injectiedruk op reservoirdiepte.

De analytische rekentool van TNO-AGE berekent op basis van de deterministische methode, de geomechanische inputparameters van PanTerra en de huidige productieparameters (scenario 1) dat er na 35 jaar productie geen condities zijn ontstaan waaronder scheurvorming kan plaatsvinden in zowel het reservoir als in de afsluitende laag. De stochastische versie van deze berekening van dit scenario toont aan dat in geen enkele realisatie trekspanning in de afsluitende laag is ontstaan die de drempelwaarde voor scheurvorming overschrijdt.

Voor het tweede scenario, met de toekomstige productieparameters en de geomechanische input van PanTerra, berekent de analytische rekentool deterministisch dat er na 35 jaar ook geen condities zijn ontstaan waaronder scheurvorming kan optreden. De stochastische berekeningen voor dit scenario tonen aan dat in 0% van de realisaties trekspanning ontstaat in de afsluitende laag die de drempelwaarde voor scheurvorming overschrijdt. In 81,7% van de gevallen wordt er scheurvorming in het reservoir berekend.

Voor het derde scenario berekent TNO-AGE, in het deterministische geval, dat na 33 jaar productie er nog geen condities zijn ontstaan waaronder scheurvorming kan ontstaan in de bovenliggende afsluitende laag (een staat van trekspanning veroorzaakt door afkoeling). Na 35 jaar productie berekent TNO-AGE een zeer minimale zone (minder dan 1 cm) van de afsluitende laag waar condities zijn ontstaan waaronder scheurvorming kan ontstaan. TNO-AGE heeft een stochastische berekening gemaakt voor dit scenario en concludeert dat in 59% van de realisaties er trekspanningen ontstaan in de afsluitende laag waarbij scheurvorming kan optreden. De maximale hoogte van de trekspanning (P90) onder behoud van de huidige productieparameters (300 m³/uur en T_{inj} 32,5°C) is ongeveer 3 meter (ongeveer 2,5% van de dikte van de eerste afsluitende laag).

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
15/23

Voor het vierde scenario met de door de vergunninghouder voorgestelde toekomstige productieprognoses (maximaal 325 m³/uur en T_{inj} 15°C), concludeert TNO-AGE op basis van de deterministische berekening dat er bij de injectie van het afgekoelde water instantaan trekspanning ontstaat waardoor scheurvorming kan ontstaan in de afsluitende laag. Voor het toekomstige productiescenario zoals voorgesteld door vergunninghouder, concludeert TNO-AGE op basis van de stochastische berekening dat in 100% van de gevallen trekspanning ontstaat in de bovenliggende afsluitende laag die de drempelwaarde voor scheurvorming overschrijdt. De berekende hoogte van de staat van trekspanning bleef in 90% (P90) van de gevallen beneden de 13 meter. Dat is ongeveer 11% van de dikte van de eerste afsluitende laag. In Tabel 6 worden alle resultaten van de verschillende scenario's opgesomd.

Tabel 6: Overzicht van de uitkomsten van de analytische berekeningen. Scenario 1 en 2 komen respectievelijk overeen met base-case en scenario 4 van de FCS van PanTerra.

Scenario	Trekspanning in afsluitende laag na [jaar]	Maximale hoogte (P90) trekspanning [m]
1	>50	-
2	>50	-
3	33	3
4	0	13

De resultaten van de analytische rekentool met de geomechanische parameters van TNO-AGE en de resultaten van de FCS komen gedeeltelijk overeen. Zo berekent PanTerra voor de base-case dat de verticale scheurvorming maximaal 60 cm is na 30 jaar productie. TNO-AGE berekent met het vergelijkbare scenario 3 dat na 35 jaar productie in een minimaal gedeelte van de afsluitende laag condities zijn ontstaan waar scheurvorming mogelijk is, waarbij stochastisch berekend de maximale hoogte (P90) van de trekspanning 3 meter is.

Bij een injectietemperatuur van 15°C berekent PanTerra een verticale scheurvorming van 1,5 meter, terwijl de door TNO-AGE stochastisch berekende maximale hoogte (P90) waarin trekspanning optreedt 13 meter is. Dit is een significant verschil en kan verklaard worden door de verschillen tussen de geomechanische inputparameters van PanTerra en TNO-AGE. Zo neemt PanTerra aan dat de Young's modulus van de afsluitende laag kleiner is dan die van het reservoir. TNO-AGE neemt daarentegen een hogere Young's modulus aan voor de afsluitende laag.

De analyses van PanTerra [5] en van TNO-AGE tonen aan dat er condities op kunnen treden waarin mogelijk scheurvorming in de afsluitende laag plaats zou kunnen vinden. Indien scheurvorming in de afsluitende laag plaatsvindt zal deze zich beperken tot de onderste meters, in vergelijking de totale dikte van de afsluitende laag is 121 meter.

Bepaling maximale injectiedruk

Vergunninghouder onderzoekt met de FCS [5] de effecten van een verlaagde injectietemperatuur op de integriteit van de afsluitende laag. TNO-AGE zet op basis van de aangeleverde data kanttekeningen bij de toepasbaarheid van deze FCS op

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
16/23

de injectieput LIR-GT-02. Zo wordt in de FCS voorbijgegaan aan het feit dat 45 meter van de afsluitende laag in direct contact staat met de put. Uit log data blijkt dat dit deel van het Rodenrijs Kleisteen Laagpakket een aantal zandige intervallen heeft. Door deze putconfiguratie wordt de injectiedruk en injectietemperatuur ook opgelegd tegen dit gedeelte van de afsluitende laag. Daarnaast zet TNO-AGE o.a. kanttekeningen bij de aangenomen reservoir porositeit, aangenomen Sh_{min} en de Youngs Modulus voor zowel de afsluitende laag als reservoir.

Vanwege bovenstaande observaties heeft TNO-AGE de injectiedruk bepaald met behulp van het protocol bepaling maximale injectiedruk [12]. TNO-AGE gebruikt hiervoor de top van de screens in plaats van top reservoir. Uit deze evaluatie blijkt dat de maximale "Tubing Head Pressure" (hierna: THP) 64 bar is. Echter, bij een reservoirtemperatuur van 89°C en retourtemperatuur van 32,5°C moet de maximale THP met 16,5 bar verlaagd worden. Hiermee komt de maximaal toegestane THP uit op 47,5 bar. Indien de retourtemperatuur 15°C wordt is de verlaging 34 bar en wordt de maximaal toegestane THP 30 bar. De uitkomsten van deze analyse staan in Tabel 1.

In [14] vraagt vergunninghouder bij een retourtemperatuur van 32,5°C een maximale THP van 43 bar aan (BHP 49,5 bar). Voor een de retourtemperatuur van 15°C vraagt de vergunninghouder een THP van 24 bar aan (BHP 32,4 bar). Beide drukken zijn lager dan die TNO-AGE heeft bepaald op basis van het protocol bepaling maximale injectiedruk met inachtneming van de extra uitkoeling van boven de 40°C. Daarom zal TNO-AGE adviseren om de aangevraagde drukken te hanteren.

Tabel 7: Overzicht van de door vergunninghouder aangevraagde injectiedrukken en uitkomsten van de analyse van TNO-AGE.

		TNO-AGE		Vergunninghouder	
		THP [bar]	BHP [bar]	THP [bar]	BHP [bar]
Aangevraagd – Top reservoir ($T_{retour} = 32,5^{\circ}\text{C}$ en 348 m ³ /uur)		-	-	43	49,6 ^{*1}
Aangevraagd – Top reservoir ($T_{retour} = 15^{\circ}\text{C}$ en 320 m ³ /uur)		-	-	24	32,4 ^{*1}
Injectie protocol^{*2} - Top reservoir		65	76,8	-	-
Injectie protocol met temperatureffect ^{*3}	$T_{retour} = 32,5^{\circ}\text{C}$	48,5	-	-	-
	$T_{retour} = 15^{\circ}\text{C}$	31	-	-	-
Injectie protocol^{*2} - Top screens		64	75,7	-	-
Injectie protocol met temperatureffect ^{*3}	$T_{retour} = 32,5^{\circ}\text{C}$	47,5	-	-	-
	$T_{retour} = 15^{\circ}\text{C}$	30	-	-	-
Uitkomst DC2D TNO-AGE Na 35 jaar, $T_{inj} 15^{\circ}\text{C}$ & 325 m ³ /uur		17,1 ^{*4}	23,6	-	-

^{*1} Van THP omgerekend naar BHP, met in achtneming van de frictieverliezen.

^{*2} Protocol voor maximale injectiedruk volgens de Geomech rekensheet.

^{*3} Nieuw protocol voor maximale injectiedruk [9] met in achtneming van de 1 bar/°C aftrek wanneer uitkoeling groter is dan 40°C.

^{*4} DC2D geeft resultaten in BHP, verschilddruk op reservoirdiepte, daarom BHP naar THP omgerekend.

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
17/23

Interferentie

- In de wijde omgeving van het doublet De Lier Geothermie liggen twee olie- & gasvelden, namelijk het De Lier olie- & gasveld en het Gaag gasveld. Deze twee velden produceren uit andere doelreservoirs dan die van De Lier Geothermie. Drukcommunicatie tussen deze velden en het geothermie systeem De Lier wordt niet verwacht omdat deze twee velden niet in hetzelfde breukblok en op een afstand van de winningsvergunning De Lier Geothermie liggen. Er is ook geen drukdepletie gezien in de aquifer van het geothermie project, ten gevolge van de winning van gas uit het nabije veld.
- De winningsvergunning Naaldwijk (NLW-GT-01 en NLW-GT-02) is de dichtstbijzijnde winningsvergunning bij De Lier Geothermie. Er wordt geen (waarneembare) interferentie verwacht. Dit wordt gesteund door de DC2D modelresultaten. TNO-AGE heeft een notitie geschreven over de mogelijke interferentie tussen de geothermiesystemen De Lier en Naaldwijk Geothermie [10].
- Gezien de afstand en de aanwezigheid van breuken tussen De Lier Geothermie en de systemen Kwintsheul & Honselersdijk Geothermie wordt er geen interferentie verwacht tussen deze geothermiesystemen en De Lier Geothermie.
- Natura2000 gebieden liggen niet in de buurt van de winningsvergunning of van de invloedssfeer qua bodemdalingsskom van het gerealiseerde doublet.

Seismisch Risico en Hazard Analyse (SHRA) quickscan

- De vergunninghouder heeft een SHRA Quickscan evaluatie uitgevoerd voor De Lier Geothermie [4] en komt op een genormaliseerde seismisch potentieel score van 0,26 en daarmee dus een laag potentieel voor het induceren van seismiciteit.
- TNO-AGE heeft de SHRA Quickscan evaluatie van de vergunninghouder conform de methodiek van Qcon & IF [11] gecontroleerd en komt op een hogere genormaliseerde seismisch potentieel score van 0,30. Deze score leidt nog steeds tot een laag potentieel voor het induceren van seismiciteit.
- Het resultaat van TNO-AGE (0,30 conform Q-con & IF) wijkt af van de uitkomst van de vergunninghouder (0,26) doordat TNO-AGE een afwijkende score geeft aan de volgende categorieën:
 - “Breukoriëntatie in huidig spanningsveld” (10 i.p.v. 7);
 - “Injectiedruk” (7 i.p.v. 3).
 - “Drukcommunicatie tussen productie- en injectieput” 0 i.p.v. 3.TNO-AGE is van mening dat een score van 0 voor de categorie passend is voor dit systeem. Drukcommunicatie blijkt namelijk uit het verloop van de productie- en injectiedruk gedurende de tijd dat het systeem operationeel was.

Datum
13 oktober 2021

Tabel 8: Resultaat Quicksan scoretabel voor De Lier Geothermie.

Onze referentie
AGE 21-10-083

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	0	3	3	7	0	0	3	7	0	23	0,26
TNO-AGE conform [10]	0	3	7	7	0	0	3	10	0	30	0,33
TNO-AGE*	0	0	7	7	0	0	3	10	0	27	0,30

* TNO-AGE geeft een score conform [10], waarbij voor de categorie drukcommunicatie tussen productie- en injectieput rekening wordt gehouden met kennis opgedaan uit de productie en resultaat van de interferentietest tussen LIR-GT-01 en LIR-GT-02. In de richtinggevende suggesties voor de SHRA quickscan wordt dit ook als overrullende suggestie meegegeven [13]. Hierdoor wordt de genormaliseerde seismisch potentieel score 0,30 en blijft het potentieel voor het induceren van seismiciteit laag.

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
19/23

Referenties

- [1] V.o.f. Geothermie De Lier, februari 2019. Winningsplan aardwarmte De Lier-GT-01 & De Lier-GT-02.
- [2] V.o.f. Geothermie De Lier, 1 maart 2021. 002506-210223-KR-aanvullingen winningsplan.docx (beantwoording vragen van TNO-AGE).
- [3] V.o.f. Geothermie De Lier, februari 2021. Update winningsplan aardwarmte De Lier-GT-01 & De Lier-GT-02.
- [4] AAB Nederland, 23 februari 2021. Quicksan seismiciteit V.O.F. geothermie De Lier (002506-210223-KR-Quicksan Seismiciteit – D1.docx).
- [5] PanTerra Geoconsultants B.V., 18 december 2020. De Lier Fracture Containment Study – P2000267.
- [6] Expro North Sea Ltd, 15 mei 2017. Multifinger Caliper Analysis Report – VOF Geothermie De Lier (LIR-GT-01).
- [7] NALCO Water, April 2019. Coupon analyse De Lier-GT-01 – rapportnummer 2622064.
- [8] TGT, mei 2017. Corrosion logging interpretation report – LIR-GT-01.
- [9] <https://www.sodm.nl/documenten/publicaties/2013/11/23/protocol-bepaling-maximale-injectiedrukken-bij-aardwarmtewinning>.
- [10] TNO-AGE, 3 juni 2021. Notitie mogelijke interferentie tussen geothermiesystemen De Lier en Naaldwijk I.
- [11] Qcon GmbH & IF Technology B.V., 5 oktober 2016. Defining the Framework for seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects V0.1.
- [12] SodM, 2013. Protocol bepaling maximale injectiedrukken bij aardwarmtewinning, Versie 2.
- [13] DAGO, 2018. “SHRA Richtlijn richtinggevende suggesties”.
- [14] EnergieWende B.V. handelend onder de naam V.O.F. Geothermie de Lier, augustus 2021. Update winningsplan aardwarmte De Lier-GT-01 & De Lier-GT-02.
- [15] PanTerra Geoconsultants B.V., 02 september 2021. De Lier Fracture Containment Study – P200067.

Datum

13 oktober 2021

Onze referentie

AGE 21-10.083

Blad

20/23

Errata lijst

- Inconsistentie afstand tot breuken in SHRA 600m in tekst en 900m in het onderschrift van de figuur.
- Alle kaarten zijn pre-drill uit 2010 en niet actueel of aangepast met de huidige inzichten.
- Inconsistentie tussen jaarlijkse water productie prognose in Tabel 4 en grafiek 20b. Grafiek 20b geeft verloop van debiet per jaar aan.
- Historische productiedata in Tabel 7 van [1] en Tabel 4 van [3] komt niet overeen met de aan TNO-AGE aangeleverde productiedata.
- De tekst komt regelmatig niet overeen met de bijbehorende figuren. Zoals pagina 14 paragraaf 3.2.2. tweede alinea staat “downwards growth 2,3 meter. See Figure 3-7”. In figuur 3-7 van [5] wordt inderdaad de verticale groei over tijd gegeven. Uit deze figuur blijkt een “downwards growth” van 3,3 meter in plaats van 2,3 meter.

Datum
13 oktober 2021

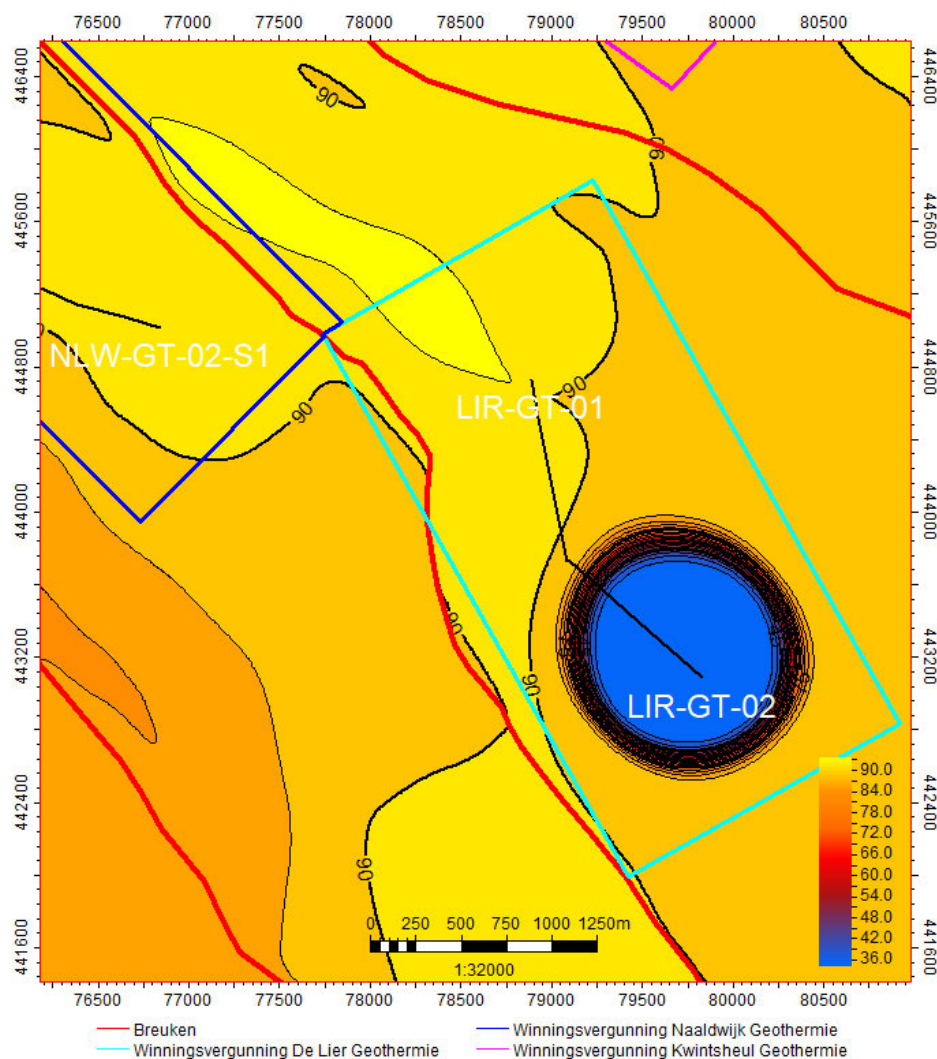
Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
21/23

Bijlage 2: Resultaten DoubletCalc modelberekeningen

In deze bijlage worden de temperatuurkaarten van de modelberekeningen door TNO-AGE in DoubletCalc2D gepresenteerd.

Scenario 1: Temperatuurkaart na 35 jaar productie en injectie van De Lier Geothermie.



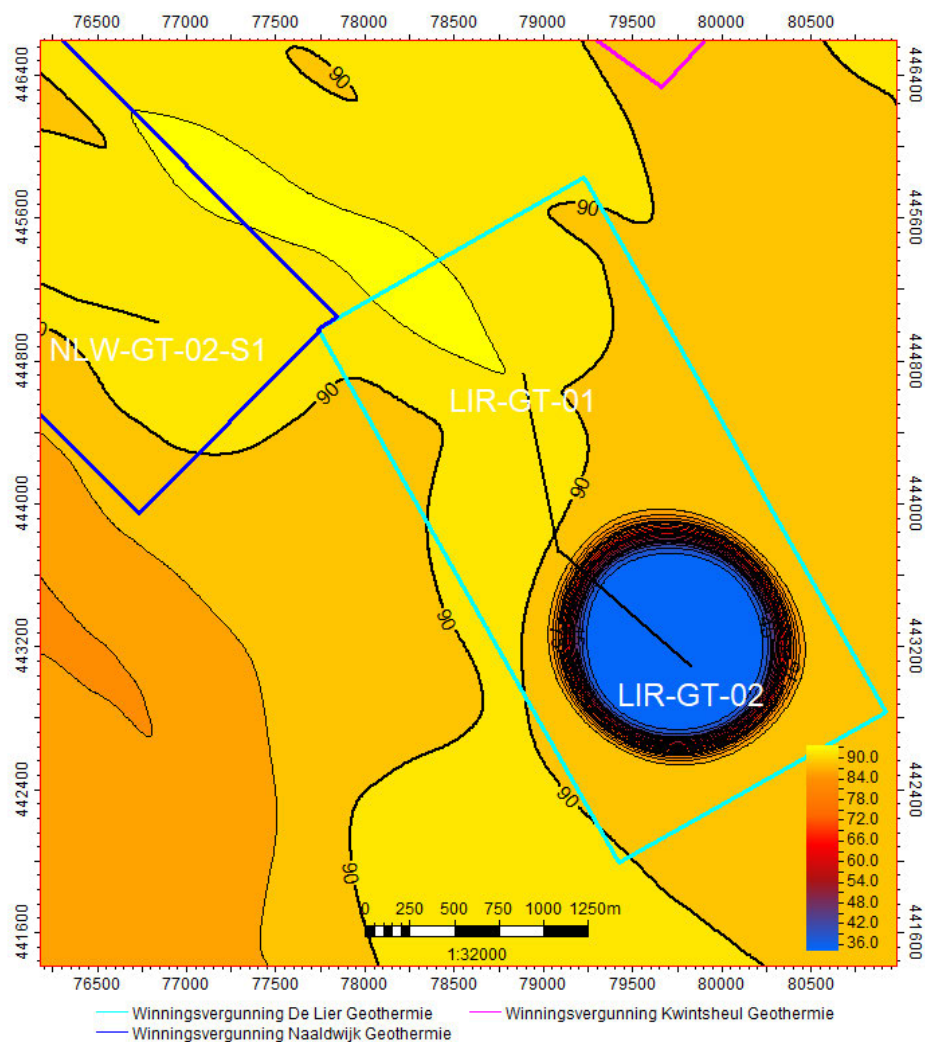
Figuur 1: DoubletCalc2D uitvoer van het TNO-AGE scenario voor De Lier Geothermie waarin de breuken hydrodynamisch gesloten zijn en de injectietemperatuur gemiddeld 32,5°C is. De kaart toont de temperatuurkaart in de ondergrond na 35 jaar productie.

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
22/23

Scenario 2: Temperatuurkaart na 35 jaar productie van De Lier Geothermie



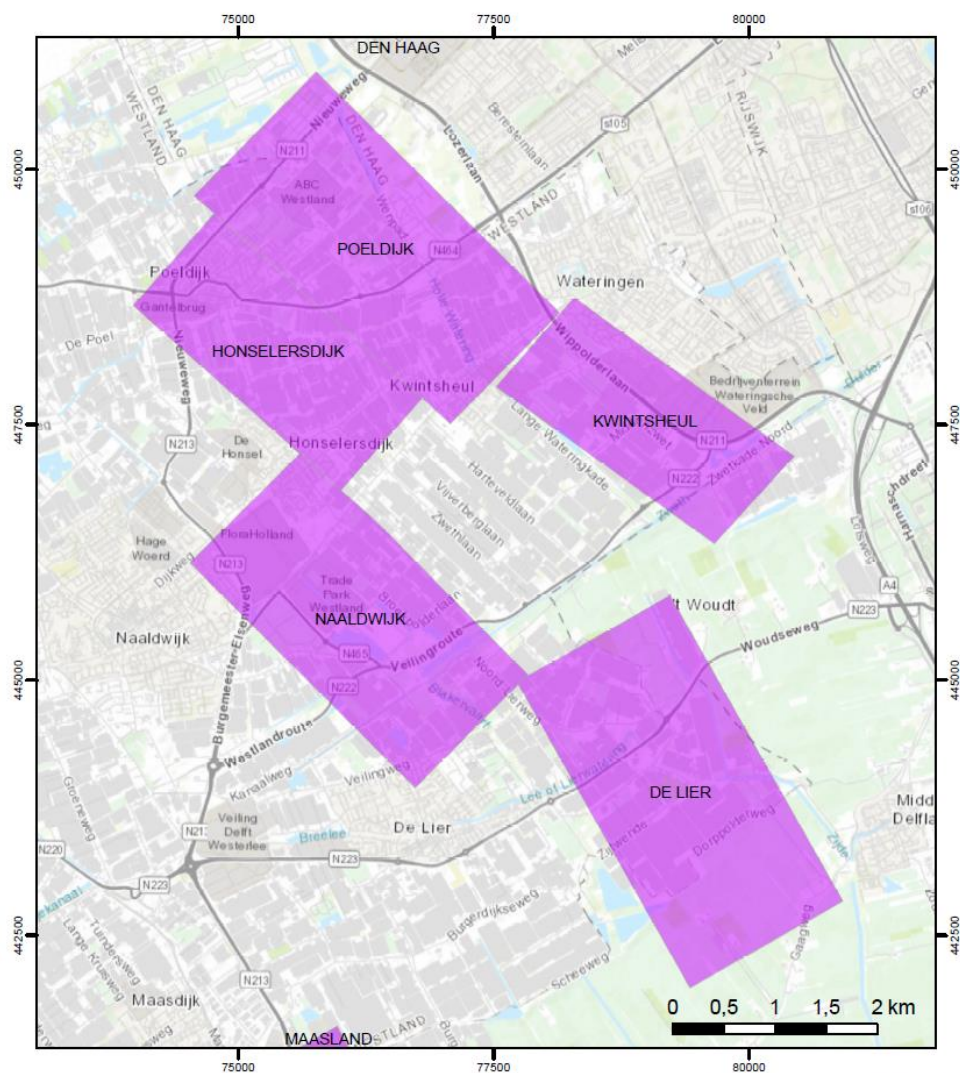
Figuur 2: DoubletCalc2D uitvoer van het TNO-AGE scenario voor De Lier Geothermie waarin de breuken hydrodynamisch open zijn en de injectietemperatuur gemiddeld 32,5°C is. De kaart toont de temperatuurkaart in de ondergrond na 35 jaar productie.

Datum
13 oktober 2021

Onze referentie
AGE 21-10.083

Blad
23/23

Bijlage 3: Overzicht van omliggende aardwarmtevergunningen



Aardwarmte Vergunningen

Winningsvergunning

