

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
12 mei 2025
Onze referentie
AGE 25-10.036
Uw referentie
IV-72290
Projectnummer
060.63501/01.03.03

Onderwerp Advies aanvraag startvergunning aardwarmte Kerkrade I
Bijlagen 2

Geachte [REDACTED]

Hierbij stuur ik u ons advies betreffende de aanvraag startvergunning voor aardwarmte Kerkrade I. Deze aanvraag is op 24 juli 2024 ingediend door Mijwater Energy B.V. (hierna: aanvrager).

Adviesverzoek

Het ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG) heeft TNO-AGE op 25 juli 2024¹ gevraagd 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 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 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 in de aanvraag beschreven mate van bodembeweging en eventuele cumulatie daarvan en maatregelen die zijn genomen om de bodembeweging te monitoren en te beperken;

¹ E-mail [REDACTED] met onderwerp: IV-72290 – Formeel adviesverzoek aan TNO betreffende aanvraag SV Kerkrade

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 TNO-AGE bij de beoordeling van de aanvraag zijn:

- Geologische aspecten bij de aanvraag van de startvergunning voor het aardwarmte project Kerkrade [2];
- Bodemdaling en Risico Beheersplan [3];
- Seismisch Risico Beheersplan [4].
- Schematische configuratie KRD-GT-01 [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 21 oktober 2024 heeft KGG de reactie van de aanvrager op het informatieverzoek van TNO-AGE doorgestuurd:

- Mail met kenmerk RE: Vragen voor Mijnwater dd. 21-10-2024 [6].

Op 14 maart 2025 heeft aanvrager de door TNO-AGE opgevraagde getekende warmteleveringsovereenkomst met de gemeente Kerkrade aangeleverd.

- Leveringsovereenkomst warmte, koude en/of warm tapwater, versie 3, 13 maart 2025 [7].

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

Evaluatie van de aanvraag

In de eerste paragraaf van dit hoofdstuk wordt de inhoud van de aanvraag beknopt beschreven. De beantwoording van de adviesvragen is gelinkt aan de daaropvolgende paragrafen. Vragen 2, 3 en 4 worden gezamenlijk beantwoord in de paragraaf 'Planmatig beheer van de ondergrond' en vraag 7 is opgesplitst in een paragraaf die gaat over bodemdaling en een over de seismische dreiging- en risicoanalyse.

Aanvraag

Aangevraagd gebied

Aanvrager is van plan om een Warmte Koude Opslag (WKO) systeem te realiseren in de (deels) ondergelopen steenkoolmijnen in het aangevraagde gebied: de mijnen Wilhelmina, Willem-Sophia, Dominiale, Laura en Julia. Met de aanvraag van de startvergunning Kerkrade I maakt aanvrager de start met het ontwikkelen van een mijnwatersysteem voor de gemeente Kerkrade. Het warme, dan wel koude water zal worden gebruikt ten behoeve van verwarming en koeling van gebouwen in Kerkrade. Uiteindelijk zal het beoogde systeem bestaan uit 4 warme bronnen (>500 meter diepte) en 4 koude bronnen (<500 meter diepte). De diepe warme bronnen vallen onder de Mijnbouwwet en de ondiepe koude bronnen vallen onder de Waterwet.

De bronnen worden gefaseerd over de jaren heen gerealiseerd. Aanvrager vraagt per warme bron een aparte startvergunning aan. Dit is in overleg met ministerie van Klimaat en Groene Groei zo afgesproken. De aanvraag startvergunning Kerkrade I is de eerste startvergunning en betreft de boring van de put KRD-GT-01, een bi-directionele warme bron. Het boren van de put staat gepland in 2026. Tegelijkertijd zal ook de eerste ondiepe koude bron aangelegd worden. Dit is de bron genaamd K-E08 [2]. Beide putten zijn bi-directioneel. Dat wil zeggen dat als er warmte wordt geproduceerd uit de warme put KRD-GT-01 dan wordt het afgekoelde productiewater in de koude put K-E08 geïnjecteerd en vice versa, als er koude wordt geproduceerd uit de put K-E08 dan wordt het opgewarmde 'koude' productiewater geïnjecteerd in de warme put.

Het reservoir bestaat uit de vele opbraken, schachten en mijngangen van de oude mijnwerken. Deze staan alle met elkaar in verbinding. Zo staan de dieper gelegen delen, waar de warme put zijn doellocatie heeft, in communicatie met het ondieper gelegen deel waar de koude put zijn doellocatie heeft. Het mijnwatersysteem vormt als zodanig één geheel.

Het gebied van de aangevraagde startvergunning Kerkrade I ligt volledig binnen de toewijzing zoekgebied Kerkrade 1, die ook is vergund aan aanvrager. Het aangevraagde gebied ligt in de gemeente Kerkrade (provincie Limburg) en valt binnen het Waterschap Limburg (Bijlage A). Het gebied wordt begrensd door de rechte lijnen tussen de in Tabel 1 gegeven punten:

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

Punt	X	Y
1	200695,000	320872,000
2	200949,000	320087,000
3	200604,000	319374,000
4	201662,000	319971,000
5	201653,000	320673,000
6	201148,000	320609,000

De coördinaten zijn vermeld volgens het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting (RD). Op basis van deze grensbeschrijving is de oppervlakte 0,794 km².

Dieptebereik

Het geplande systeem is gericht op de ondergelopen mijngangen en ontgonnen steenkoolzones binnen de Caumer Subgroep (onderdeel van de Limburg Groep). De aangevraagde vergunning is beperkt tot de basis van de Limburg Groep.

Aanvrager

De startvergunning Kerkrade I is aangevraagd door Mijwater Energy B.V. Aanvrager zal zelf ook fungeren als uitvoerder in dit project. Door de aanvrager is het systeem Heerlen Mijwater reeds gerealiseerd in Heerlen, dit systeem ligt in de nabijheid van het geplande systeem in eenzelfde type doelreservoir namelijk een oud mijnbouwwerk maar dan van een andere steenkoolmijn.

Doel van de warmtelevering

De gewonnen warmte gaat gebruikt worden voor verwarming van bebouwde omgeving. Warmtelevering zal plaatsvinden via een nieuw te realiseren warmtenet.

Omdat in de adviesvraag wordt gerefereerd naar de mijnbouwwet, -besluit en -regeling en de daar in beschreven vereisten en weigeringsgronden zal TNO-AGE het advies toespitsen op de warme put en het aangevraagde startvergunninggebied. In Bijlage I worden een aantal aandachtspunten met betrekking tot de koude put gegeven.

Geologische onderbouwing van de aanvraag

TNO-AGE vindt de geologische onderbouwing van de aanvraag van voldoende kwaliteit voor het aanvragen van een startvergunning aardwarmte. De aangeleverde rapportage [1&2] geeft voldoende vertrouwen dat de aanvrager op de hoogte is van de uitdagingen i.r.t. de diepe ondergrond. De aanvrager heeft een 3D model opgesteld van het gehele mijnwerkcomplex (reservoir) waarin het reservoir, de gangen, is gemodelleerd en gekarakteriseerd (o.a. de ligging van mijngangen op basis van bestaande kaarten). Vervolgens heeft aanvrager gebruik gemaakt van het opensource softwarepakket EPANET (ontwikkelaar: United States Environmental Protection Agency) dat geschikt is voor het berekenen van debieten in pijpnetwerken onder druk. Het reservoirmodel van de aanvrager is conceptueel beoordeeld, de precieze uitwerking van de aanvrager is niet te auditeren. TNO-AGE heeft geen toegang tot dit model, maar kan zich vinden in de aannames die de aanvrager hierover doet, te weten:

- Door het grote contrast met afgebouwde panelen en omringend gesteente, kan gesteld worden dat de open mijngangen (waar de filters geplaatst zullen worden) bepalend zijn voor de doorstroming van het water en het debiet. Hierin is de hydraulische diameter van de gangen de belangrijkste factor voor de doorstroom.
- Het deel van de mijnwerken dat wordt aangeboord door de putten, kan gezien worden als één groot verbonden volume (i.e. geen blijvende drukopbouw rond de putten).

Reservoirarchitectuur en Geologie

Het reservoir bestaat uit de vele opbraken/panelen, schachten en mijngangen van de oude mijnwerken die in de gesteentepakketten van Carboon ouderdom gegraven zijn om steenkool te delven. De put KRD-GT-01 is in een hellende mijngang gepland op niveau van koollaag 'GB-05'. In het gebied rond de put zijn op het niveau van de mijngang geen panelen ontgonnen. Het meest nabije ontgonnen paneel ligt op 175 m noordelijk t.o.v. de putlocatie. In de omgeving van de put KRD-GT-01, op het niveau van het reservoir, zijn een aantal structureel geologische fenomenen te identificeren.

De put zal gezet worden in een zone waarbij op de kaart (Figuur 3 [2]) de annotatie 'steile vleugel' is geplaatst, een structuur die ca. 60° naar het zuiden helt. Circa 100 m oostelijk (op ca. 600 m onder NAP)

van de putlocatie ligt de N-Z lopende 'Laura grensstoring' die via de hoofd- en kleinere steengangen met de putlocatie in verbinding staat. De Laura storing helt ca. 60° tot 80° naar het oosten. Op een ondiepere mijnkaart (GB-19 op ca. 110 m onder NAP) loopt ca. 100 m westelijk een storing met dezelfde richting als de Laura storing op GB-05 niveau. Als dit dezelfde storing/breuk betreft zal deze een helling hebben van ca. 75° hetgeen overeenkomt met de gegevens op de GB-05 kaart. De breuk zal dan op ca. 480 m TVD het beoogde puttraject snijden.

Naar het westen toe in de hoofdgang is op de gb05.ecw kaart ook op 100 m van de putlocatie een breuk geïdentificeerd die ONO-WZW loopt in de noordkant van de 'Steile vleugel'. Vervolgens op circa 350 m westelijk in het verbonden gangencomplex is de NW-ZO lopende 'Oost Slenk storing' geïdentificeerd. Dichterbij, westelijk van de putlocatie (ca. 10 m) zijn een aantal kleine breuken in de gang geïdentificeerd met een verzet van 1,2 tot 0,5 m.

Planmatig beheer van de ondergrond

Overlap en mogelijke interferentie met mijnbouwactiviteiten

Er is geen sprake van overlap en dus geen interferentie met andere mijnbouwactiviteiten.

In 1974 is in Limburg voor het laatst steenkool uit de bodem gehaald. Desondanks zijn een aantal winningsvergunningen voor steenkool nog van kracht. Het aangevraagde gebied Kerkrade I overlapt vrijwel volledig met de winningsvergunning voor steenkool 'Staatsmijn Wilhelmina'. De productie van steenkool uit de Wilhelmina mijn is sinds 1969 volledig gestopt. Daarnaast is er geringe overlap met het voormalig concessiegebied van de Willem-Sophia (WS) mijnen. De winning van steenkool uit de WS mijnen is sinds 1970 volledig gestopt.

Het mijnwaterproject Kerkrade overlapt niet met andere, actieve mijnbouwactiviteiten (de winning/opslag van geothermie, olie, gas of zout).

Overlap met beschermde gebieden

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

Operationele instellingen tijdens de winningsfase

Uit de aanvraag [1] en de tabellen 30 & 31 van [2] valt af te leiden dat voor de periode 2027 t/m 2029 enkel de putten KR-D-GT-01 en K-E08 operationeel zullen zijn. Dat betekent dat ten tijde van een warmtevraag er warm water wordt geproduceerd uit KR-D-GT-01 dat vervolgens, na het onttrekken van de warmte, het afgekoelde mijnwater in K-E08 wordt geïnjecteerd. Tijdens koudevraag wordt, door het onttrekken van koude uit de put K-E08, opgewarmd mijnwater geïnjecteerd in KR-D-GT-01.

De aanvrager verwacht in de put KR-D-GT-01 de vloer van de mijngang op een diepte van ca. 742 meter TVD aan te treffen, waardoor het te produceren water een (initiële) verwachte temperatuur heeft van ca. 33,8 °C. In paragraaf 6.2 van [1] wordt duidelijk dat de aanvrager streeft naar een gemiddelde productietemperatuur van 32 °C (maximaal 33 °C) en een injectietemperatuur van gemiddeld 34 °C. In Tabel 6 [1] wordt ook gemeld dat de injectietemperatuur voor de warme bron minimaal 20 °C en maximaal 50 °C zal zijn. Daarnaast laat de grafiek van het gemodelleerde debiet en temperatuur

(bijlage C van [2]) zien dat de temperatuur van het productiewater na de start van een productieperiode snel daalt door aantrekking van mijnwater uit koudere zones van het mijnbouwwerk.

Het watervolume in de gang waar de put in is gepland, is vele malen kleiner dan het verpompte volume per jaar. Zoals aanvrager stelt zal tijdens productie en injectie van water, stroming van water door de gangen en schachten op gang komen. Bij productie van warm water stroomt water naar de put KRD-GT-01 toe en tijdens injectie van warm water stroomt warm water van de put af. Gemiddeld wil de aanvrager voor KRD-GT-01 een productiedebiet van 137 m³/uur en een injectiedebiet van 138 m³/uur toepassen. Maximaal is het productiedebiet 367 m³/uur en het injectiedebiet 368 m³/uur (Tabel 6 [1]).

In [1] stelt aanvrager dat de put KRD-GT-01 drukloos, met open annulus, bedreven wordt. Dit betekent niet dat het reservoir bij injectie of productie van het geothermische water geen druk-perturbatie zal zien. Drukloos refereert naar de druk aan de putmond bij maaiveld in de annulus tussen de casing en opvoerbuis. Bij de productie en injectie van mijnwater wordt gebruik gemaakt van een pomp (Tabel 8 & Figuur 21 van [1], ESP op 156 m TVD aan 7" tubing) om water door de put en het reservoir te laten stromen. Het water moet uit het reservoir 'gezogen' worden danwel in het reservoir geïnjecteerd worden en daar is ook een opgelegd drukverschil nodig tussen reservoir en de put. Bij injectie wordt er water de mijngang ingepompt met een hoger debiet dan vrijelijk door de gangen kan wegstromen waardoor lokaal de druk in de gangen wordt verhoogd en vice versa. Als er geproduceerd wordt is het productiedebiet hoger dan water vrijelijk kan toestromen door de gangen en daarom ontstaat er lokaal op reservoirdiepte onderdruk. De opgelegde drukverschillen worden gegeven in stijghoogteverschillen in de put of in het reservoir nabij de put, in de bijgeleverde figuren in [1] en [2] wordt het drukverschil ook in bar uitgedrukt. De stroming van water door de put veroorzaakt wrijving aan de wanden van de put dat zich vertaalt in een drukverlies. De mate van drukverlies is afhankelijk van het debiet en de putarchitectuur. Deze wrijving is te vertalen als extra druk die door de pomp moet worden geleverd en van de injectiedruk op reservoir niveau afgetrokken kan worden.

De maximale stijghoogte in de put met een open annulus bij injectie is in de orde van 90 m ten opzichte van het mijnwaterniveau in 2024 (91 m TVD). Het bijbehorende debiet is 368 m³/uur, het maximale injectiedebiet. De maximale stijghoogte ten opzichte van het mijnwaterniveau in 2024 in de put bij productie is -65 m de diepte van de ESP (156 m TVD). Het bijbehorende productiedebiet is 367 m³/uur, het maximale injectiedebiet. De opgelegde maximale drukveranderingen onder in de put zijn dan in de orde van 9 en -6 bar. De drukperturbatie in het reservoir nabij de put is niet gegeven. Zodra injectie of productie stopt keert de stijghoogte, en de druk, terug naar het oorspronkelijke niveau.

In Tabel 6 [1] worden de operationele instellingen gepresenteerd. Hieruit blijkt dat het gemiddelde injectie- en productiedebiet respectievelijk 138 en 137 m³/uur is². De stijghoogte bij de beoogde operationele instellingen is de stijging tijdens injectie van 8,46 meter en daling -16,46 meter tijdens productie (Tabel 21 [2]). Dit komt neer op een druktoename onder in de bron van circa 0,8 bar en een drukafname van circa 1,6 bar.

² In Tabel 21 van [2] wordt gesteld dat deze debieten maximale debieten zijn. Bij navraag blijken dit de geanticipeerde operationele gemiddelde debieten (gemiddeld over een jaar) te zijn [6].

De variatie in injectietemperatuur van het water lijken te worden uitgedrukt in eindwaardes en gemiddelden. De reservoirtemperatuur van de gang is ca. 33 °C. De gemiddelde injectietemperatuur is 34 °C met een variatie tussen de 20 en 50 °C [1], de maximale lokale afkoeling is 13 °C en een maximale opwarming is 17 °C. In het achterliggende geologische rapport wordt daarentegen gesproken over een minimale productietemperatuur van 26,55 °C (Tabel 32 [2]), maximale afkoeling van de gang van 7,24 °C en maximale opwarming van 0,42 °C bij een gang-temperatuur van 33,79 °C (Tabel 26 [2]). Tijdens productiefases wordt koud water uit omringende gangen aangetrokken. Dit koude water is tot ca. 7 °C koeler dan de originele gang-temperatuur. Daarnaast wordt gesteld en ook grafisch inzichtelijk gemaakt, Bijlage C van [2], dat in de put KRD-GT-01 de injectietemperatuur gemiddeld 34 °C is en dat er nagenoeg geen temperatuurvariatie is tijdens de injectiefases.

Er wordt gesteld dat er geen warmtebalans zal zijn in de looptijd van het project. Een afkoeling van gemiddeld circa 0,5 °C over het hele mijnbouwcomplex is voorzien. Wat de afkoeling of opwarming in de gang van de put KRD-GT-01 zal zijn is niet gegeven.

Tabel 2 Geprognostiseerde productiekarakteristieken bi-directionele put KRD-GT-01, volgens Tabel 6 uit [1].

Productiekarakteristieken					
		Gemiddeld	Minimaal	Maximaal	Bron
Productietemperatuur	°C	32			Tabel 6 [1]
Injectietemperatuur	°C	34	20	50	Tabel 6 [1]
Injectietemperatuur	°C		26,55		Tabel 33 [2]
Temperatuurverschil	°C	14,5			p. 116 [2]
Productiedebiet ¹	m ³ /uur	137	-	368	Tabel 6 [1]
Injectiedebiet ²	m ³ /uur	138	-	367	Tabel 6 [1]
Overdruk (bij injectie) op reservoirdiepte ³	bar	1,39 / 0,8	-	9	Tabel 6 [1] / Tabel 21 [2]
Onderdruk (bij productie) op reservoirdiepte	bar	1,6	-	Ca. 6	Tabel 6 [1] / Tabel 21 [2]
Onttrokken warmte per jaar	PJ	0,0188		0,0265	Tabel 6 [1]
Gemiddelde operationele uren per jaar	uur	2650	-	4000	Tabel 6 [1]
Warmtevraag 2027	PJ	0,009364			Tabel 11 [1]
Koudevraag 2027	PJ	0,002227			Tabel 11 [1]

¹ Deze waarde zijn door aanvrager bepaald als (maximale) maandgemiddelde op basis van een afzetprognose van Mijnwater voor de periode 2027 – 2036, en gelden voor het eind van deze periode. In het begin (2027 en jaren daarna) zullen de gemiddelde debieten lager zijn.

² Uitgaande van een maximale afpompings diepte van 65 meter. Het genoemde maximale debiet is het debiet waarbij de pomp zich na afpompings nog net onder het waterpeil bevindt, en dus bedreven kan worden. Door het stijgende mijnwater stijgt het maximale debiet over de jaren. Het hier genoemde debiet is het maximale debiet aan het eind van de prognoseperiode, in 2036 (hoogste waarde).

³ Bij maximaal injectiedebiet (368 m³/uur) toename van het waterpeil van ca. 90 meter Waterkolom (tot aan maaiveld) (Tabel 6 [1])

Aanvrager geeft in [1] aan dat de productieparameters in Tabel 6 van [1] gelden voor het einde van de prognoseperiode in 2036. In Tabel 4 van [1] geeft aanvrager de productieprognose voor de beoogde bron KRD-GT-01 voor de periode 2027 t/m 2036. Voor de duur van de startvergunning, 2 + 1 jaar, zijn alleen de jaren 2027, 2028 en eventueel 2029 relevant.

Evaluatie TNO-AGE

TNO-AGE heeft de mogelijke interferentie met andere mijnbouwwerken gecontroleerd en komt tot dezelfde conclusie als de aanvrager. Er is overlap met enkele winningsvergunningen voor steenkool, maar de productie van steenkool is in Limburg sinds 1974 volledig gestopt. Het mijnwaterproject Kerkrade overlapt niet met andere, actieve mijnbouwactiviteiten (de winning/opslag van geothermie, olie, gas of zout). Er is verder geen overlap met beschermde gebieden.

TNO-AGE heeft de productiekarakteristieken van de aanvrager nagelopen en heeft er vertrouwen in dat de aanvrager het vermogen van de installatie goed heeft ingeschat. De geprognostiseerde productiekarakteristieken kunnen naar verwachting gerealiseerd worden. Op basis daarvan verwacht TNO-AGE geen grensoverschrijding en/of doorbraak van de afgekoelde zone binnen de duur van de startvergunning. Er zal aan het eind van de Startvergunning, na 2 jaar, nagenoeg geen afkoeling bij de put zijn gerealiseerd.

Voor de seismische dreiging en risico-evaluatie en de 'seal failure' analyse gaat TNO-AGE uit van de productiekarakteristieken, inclusief de maximale debieten en drukken, zoals gegeven in [1].

Omvang van het aangevraagde gebied

Verwachte winning van aardwarmte

Het verwachte vermogen van het systeem is 5,6 MW (Tabel 6 van [1]). Ook geeft aanvrager in Tabel 6 van [1] aan gemiddeld 0,0188 PJ/jaar aan warmte te kunnen winnen en maximaal 0,0265 PJ/jaar.

De energieproductie van het mijnwater systeem in Kerkrade zal groeien naargelang de warmte (en koude) afzet groeit. Hierdoor neemt de productie van warmte uit bron KRD-GT-01 gedurende de jaren toe. Binnen de vergunningsduur van de startvergunning groeit de energieproductie van 10.130 GJ in 2027 (geplande start) naar 25.897 GJ in 2029 (Tabel 4 van [1]). TNO-AGE acht dit plausibel.

Verwachte afzet van aardwarmte

De gewonnen warmte zal worden ingevoerd in het nieuw te realiseren warmte-koudenet in de gemeente Kerkrade. Aanvrager geeft in Tabel 11 van [1] aan dat na de realisatie van bron KRD-GT-01 de verwachte warmte afzet geheel bestaat uit levering aan utiliteitsgebouwen van de gemeente Kerkrade. Ter onderbouwing heeft Mijnwater een door Mijnwater en gemeente Kerkrade getekende warmte leveringsovereenkomst [7] aangeleverd.

Met de ontwikkeling van het beoogde systeem verwacht de aanvrager te starten met een warmteafzet van 9364 GJ (3,103 kW) en een koude afzet van 2227 GJ (1,336 kW) in 2027 in Kerkrade (Tabel 11 [1]). Daarmee wordt volgens aanvrager de warmte/koudevraag van een vijftal gebouwen van de gemeente Kerkrade ingevuld. Aanvrager geeft aan dat de warmte afzet in de eerste jaren na realisatie van de eerste bron lager is dan het bronvermogen. De prognose over 2027 – 2036 gaat er van uit dat de afzet met de jaren en de realisatie van meerdere bronnen groeit, daarbij wordt aangegeven dat deze toekomstige afzet nog niet onderbouwd kan worden met overeenkomsten.

Voor het eerste jaar, 2027, zijn aanbod (Tabel 4 [1]) en afzet (Tabel 11 [1]) van vergelijkbare orde.

Evaluatie door TNO-AGE van de aangevraagde gebiedsgrootte

Op basis van de duur van de startvergunning en de voorziene warmtevraag en warmte-aanbod is TNO-AGE van mening dat de grootte van het aangevraagde gebied passend is. Uit de aangeleverde documentatie blijkt dat het Mijwater systeem enkel ontwikkeld zal worden in de lagen van het Carboon. TNO-AGE stelt daarom voor, met het oog op een passende gebiedsgrootte, de vergunning in verticale zin te beperken tot enkel het Carboon. De door TNO-AGE voorgestelde bovengrens is de top van de Limburg Groep. En de voorgestelde ondergrens is de basis van de Limburg Groep.

Integriteit van de afsluitende lagen

Beschrijving van het afdichtende pakket

Het mijngangenstelsel-reservoir bevindt zich in de koollaag voerende, klei- en zandsteenpakketten van de Limburg Groep uit het Carboon. Het afdichtende pakket is niet eenduidig te definiëren omdat het bestaat uit het nevengeesteente van de mijngangen zijnde: kleisteen, zandsteen of steenkool. Stroming van water zal nagenoeg alleen via de gangen en schachten en mogelijk de ingestorte panelen van het mijnbouwwerk lopen. Dit gebeurt vanwege het grote permeabiliteitscontrast tussen de mijnbouwelementen en het nevengeesteente.

Op de putlocatie van KRD-GT-01 ligt de vloer van de mijngang waaruit geproduceerd en geïnjecteerd zal worden op 742 meter onder maaiveld. Uit het aanliggende nevengeesteente is geen steenkool geproduceerd. Op de putlocatie zijn dus geen ingestorte panelen, enkel de (wellicht nog niet ingestorte) gang. Boven de gang bevindt zich een pakket van voornamelijk kleistenen en een aantal kool- en zandsteenlagen van Carboon ouderdom met een dikte van 675 m. In dat overliggende pakket zijn nog ca. acht gemijnde steenkoollagen aanwezig (Figuur 32 [2]) die achter de casing van de put staan en dus niet, via de put, in direct contact met de injectielocatie staan. Boven het Carboon ligt nog ca. 67 m aan grotendeels ongeconsolideerd sediment van de Noordzee Supergroep, waarvan ca. 50 meter uit de kleirijke lagen van de Rupel Formatie en Formatie van Tongeren bestaat. Het mijwater staat op 91 m onder maaiveld (statusdatum 2024). Eventuele hydraulische connectie van de productie- en injectielocatie met het dekterrein boven het Carboon zal via de gangen en schachten lopen.

Uitkomst TAS procedure volgens aanvrager

Aanvrager heeft de TAS procedure niet uitgevoerd. Volgens de aanvrager komt de integriteit van het afdichtende pakket niet in het geding. Wel wordt gesteld dat er een kleine kans is dat een deel van het gesteente uit het dak van de gang kan breken.

Evaluatie TAS procedure door TNO-AGE

Standaard TAS berekeningen met SRIMA zijn voor dit type reservoir niet mogelijk omdat het geen zandsteenreservoir betreft en de spanningsveranderingen in het nevengeesteente van de gang op een andere manier berekend moeten worden. De voorgestelde norm uit de TAS procedure kan wel gebruikt worden: 50% van het afdichtend pakket moet intact blijven met een minimale dikte van 30 m.

Het reservoir bestaat uit het geheel aan gangen, schachten en panelen van het mijnbouwwerk. Wil het injectiewater zijn weg vinden buiten het reservoir moet er een lekpad zijn of ontstaan van de injectielocatie naar het dekterrein, de bovenliggende gesteentepakketten van de Noordzee Supergroep.

Boven de gang, waar de put KRD-GT-01 uit zal produceren en in zal injecteren, ligt 675 meter aan afdichtend pakket, met een incidentele gang/reservoirzone. Nabij de putlocatie op het beoogde reservoir/gangniveau zijn geen afgebouwde panelen. Het pakket direct boven de mijngang zal naar verwachting dus geen vervormingszones hebben die gerelateerd zijn aan instorting. Mogelijkerwijs is dit wel bij ondieper gelegen gangen en gemijnde panelen gebeurd. Naar alle waarschijnlijkheid is er cumulatief meer dan 335 m aan ongestoord gesteente aanwezig zijn. Het bovenliggende pakket heeft, ondanks de instorting en verbreukte zones boven de afgebouwde panelen en gangen, naar verwachting zijn afsluitende werking behouden.

Invloed van de temperatuur- en drukperturbatie van de injectielocatie op het dak van de bovenste ondergelopen afgebouwde laag, op 121 m diep, zal er via het tortueuze gangenstelsel niet zijn. Dit omdat de reikwijdte van de temperatuur- en drukperturbatie rond de injectielocatie beperkt is (zie de bevindingen van TNO-AGE in de paragraaf “Seismische dreiging en risico analyse (SDRA)”.

Scheurvorming door tensile failure door de opgelegde temperatuur- en drukperturbatie is onwaarschijnlijk. Mogelijke instorting van een deel van het afdichtende pakket, het dak van de gang, is waarschijnlijker maar heeft geen invloed op de integriteit van het afdichtende pakket.

Verwachte mate van bodemdaling

Inschatting door de aanvrager

De aanvrager stelt in [1] op basis van een analyse gegeven in [2] dat het systeem in balans is door het oppompen en injecteren van gelijke watervolumes. Ondanks dat de productie en injectie verdeeld is over verschillende bronnen, is er toch sprake van een volumebalans. Alle bronnen staan met elkaar in contact via een groot mijnwatervolume in de oude mijnbouwwerken. Vanwege deze balans stelt aanvrager dat er geen bodemdaling te verwachten is als gevolg van de exploitatie van het reservoir.

In [2] geeft aanvrager aan dat de productiedata van Mijnwater Heerlen aantoonde dat er geen gestage drukopbouw of -verlaging plaatsvindt gedurende langdurige productie of injectie, er vindt ook geen blijvende drukopbouw plaats rond één injectieput. Dit duidt volgens aanvrager op een goede hydraulische connectie tussen de bronnen en dat de bronnen contact maken met een groot watervolume. Aangezien Mijnwater Kerkrade in dezelfde geologische context is gesitueerd en de steenkoolwinning op eenzelfde manier heeft plaatsgevonden als in Heerlen worden er geen wezenlijke verschillen qua gedrag van het mijnwaterreservoir verwacht. Er is volgens aanvrager dan ook geen bodemdaling te verwachten ten gevolge van de exploitatie van het reservoir.

Aanvrager behandelt in [3] het “Bodemdaling Risico Beheersplan”. Hierin geeft aanvrager aan dat INSAR data gebruikt zal worden voor de monitoring van differentiële bodemdaling- stijging. Versnelde bodemdaling kan volgens aanvrager een signaal zijn voor het ontstaan van een mogelijk zinkgat. Bij versnelde bodemdaling gedurende twee opeenvolgende maanden in een deelgebied wordt dit genoteerd en besproken in het kwartaaloverleg. Besluitvorming vindt minimaal per kwartaal plaats, dit is mogelijk omdat het tijdpad van het ontstaan van een zinkgat als gevolg van propagerende holtes een langere periode beslaat dan één kwartaal. Aanvrager verwijst hierbij naar eerdergenoemde onderzoeken, e.g.: TNO, 2012 - R10849 & Chang & Hanssen, 2014.

Beoordeling door TNO-AGE

TNO-AGE kan zich vinden in de bovenstaande argumentatie van de aanvrager in [2]. Door de onbalans in temperatuur tussen de voorgenomen warmte- en koude-winning, zal het omliggende gesteente wel afkoelen en krimpen. De lokale afkoeling van het mijnwaterreservoir ligt tussen de 7 en 13 °C, de afkoeling van het gehele mijnbouwcomplex is ca. 0,5 °C. De hieraan gerelateerde bodemdaling wordt niet beschreven door de aanvrager.

Bodemdaling door de winning van warmte bij geothermie is over het algemeen enkele millimeters over de periode van 30 jaar. Daarbij moet gesteld worden dat de afkoeling van een geothermie reservoir vele malen groter is, dit kan tot enkele tientallen graden Celsius zijn. Dit is dus vele malen groter dan de verwachte afkoeling van lokale mijngangen en het gehele mijnbouwcomplex. De bodemdaling door de afkoeling van het mijnwaterreservoir voor de duur van de startvergunning (2 jaar) zal, indien dit al plaatsvindt, niet meetbaar zijn.

De bodembeweging die in de regio wordt waargenomen door de aanvrager is bodemstijging als gevolg van de regionale stijging van het mijnwater – zie [1]. De bodemstijging als gevolg van het stijgende mijnwater loopt op tot enkele millimeters per jaar [1]. Dit is vele malen groter dan eventuele extra bodembeweging ten gevolge van de effecten van afkoeling door exploitatie van het mijnwaterreservoir. TNO-AGE concludeert daarom dat de productie van warmte en koude door Mijnwater Kerkrade niet zal leiden tot significante bodemdaling of bodemstijging.

Een specifiek type van bodemdaling ten gevolge van extractieve mijnbouw zijn zinkgaten. In deze regio zijn zinkgaten veroorzaakt door twee aan mijnbouw gerelateerde mechanismen:

- 1) Door het zogenaamde “piping proces” waar sediment van de ongeconsolideerde deklaag van de Noordzee Supergroep via lekpaden de oude mijngangen en afgebouwde panelen instroomt.
- 2) Instorting van ondiep gelegen gangen en afgebouwde panelen.

Deze zinkgat processen kunnen in het aangevraagde gebied en daarbuiten optreden. De vraag is of de activiteiten van Mijnwater Kerkrade deze processen kunnen activeren of stimuleren; en zo ja wat mitigerende maatregelen kunnen zijn. In de historische mijnbouwactiviteit werd gewerkt met een ‘veiligheidsdakdikte’ [11]. Dit is de dikte van het gesteentepakket tussen de basis van het dekterrein (top Carboon) en het plafond van de gang of het afgebouwde paneel. Voor de put KRD-GT-01 is dat ca. 675 m hetgeen ruimschoots de gehanteerde veiligheidsdakdiktes, van enkele tientallen meters, overschrijdt.

Er is voor de diepe put en het directe gebied rond de put naar verwachting geen directe verticale verbinding naar het dekterrein. Het “piping proces” is daarom onwaarschijnlijk.

Het instorten van een bovenliggende, ondiepe gang of paneel door de activiteiten van de aanvrager in de diepe gang is zeer onwaarschijnlijk omdat de temperatuur- en druk perturbatie niet zover reiken. Aanvrager geeft in [3] aan INSAR data te gebruiken voor de monitoring van differentiële bodemdaling-stijging binnen het aangevraagde gebied. Voor de monitoring en signalering van zinkgaten acht TNO-AGE het gebruik van INSAR data vooralsnog adequaat.

Seismische dreiging- en risicoanalyse (SDRA)

De projectlocatie bevindt zich in een van nature seismisch actief gebied. Daarnaast is een deel van de geregistreerde seismiciteit mogelijk gerelateerd aan het stijgende mijnwater dat op de projectlocatie in de Wilhelminamijn ongeveer 2,23 meter per jaar stijgt.

De KNMI aardbevingen dataset geeft in de ruime omgeving van Kerkrade enkel natuurlijke bevingen. De hypocentra van de bevingen liggen tussen de 0,8 en 26 km diepte met een gemiddelde van ca. 7 km. Magnitudes variëren van -0,1 tot 3,9. Volgens deze dataset heeft de sterkste geregistreerde aardbeving een magnitude 3,9 en een hypocentrum op 2,2 km diep (Voerendaal 23/06/2001 om 01:40:03). Volgens het KNMI hebben de Voerendaal bevingen na 23 juni schade veroorzaakt. De intensiteit op het epicentrum zou IV-V op de schaal van Mercalli (Licht tot Matig) zijn [8].

Om een inschatting te kunnen maken van het risico van bodemtrillingen ten gevolge van de winning van aardwarmte moet een SDRA-procedure geothermie worden gevolgd. Omdat het project in het seismisch actieve gebied van de Roerdaalsenken ligt moet een maatwerkanalyse uitgevoerd worden. De te volgen methodiek voor een maatwerkanalyse is niet voorgeschreven. Wel dient overtuigend beargumenteerd of berekend te worden dat aan de mijnbouwwettelijke norm geconformeerd wordt. Dit zijn de veiligheidsnorm, voor het veiligheidsrisico de zogenaamde '10⁻⁵', en de schade-eis van 'acceptabele schade'. Omdat niet direct aan deze normen getoetst kan worden zijn deze normen omgezet naar een pragmatische invulling van de norm in de vorm van een PGV-grenswaarde bij een overschrijdingskans: 33 mm/s bij P50 [zie 6]. Daarnaast kan gesteld worden dat de PGV-waarde waarboven de kans op schade aan fragiele bebouwing meer dan 1% is, 3 mm/s is.

Uitkomst SDRA procedure volgens aanvrager

De aanvrager stelt in haar aanvraag [1] dat "...het onwaarschijnlijk is dat de voorgenomen activiteit van Mijnwater diepe seismische activiteit kan induceren." en ook "Het is onwaarschijnlijk dat op deze beperkte diepte dermate hoge spanningen kunnen worden opgebouwd die zouden kunnen leiden tot detecteerbare seismische activiteit (magnitude > 2,0 op het niveau van de mijngangen)". Vervolgens stelt de aanvrager in [1] dat "... er geen additioneel risico is op het induceren van grondbeweging met snelheden >33 mm/s door toedoen van het voorgenomen aardwarmtesysteem van Mijnwater binnen het zoekgebied Kerkrade1".

Aanvrager heeft een uitgebreide geomechanische studie uitgevoerd waarbij enerzijds de kans op seismiciteit door stijgend mijnwater wordt gegeven en anderzijds de kans op instorting van delen van het nevangesteente nabij de putlocatie. Analyseresultaten geven aan dat de breuk op 105 meter afstand van de putlocatie niet gereactiveerd kan worden. Als een breuk nabij de putlocatie wel re-activatie potentieel heeft zal de magnitude van een eventuele beving laag zal zijn ("Het is namelijk onwaarschijnlijk dat significant grote spanningen kunnen opbouwen op het relatief ondiepe niveau van de mijngangen, die zouden kunnen leiden tot detecteerbare seismische activiteit (magnitude > 2,0 op het niveau van de mijngangen)"). De aanvrager geeft hiermee impliciet aan dat het project volgens eigen berekeningen voldoet aan de wettelijke veiligheidsnorm en dat er geen schade wordt verwacht.

Evaluatie SDRA-procedure door TNO-AGE

TNO-AGE heeft de methodiek van de aanvrager bestudeerd en concludeert dat de werkwijze te volgen is, maar de gepresenteerde berekeningen, op basis van de aangeleverde gegevens niet goed zijn te verifiëren. Tegelijkertijd stelt TNO-AGE vraagtekens bij de representativiteit van de gepresenteerde berekeningen, omdat enerzijds de invoerparameters erg onzeker zijn en anderzijds omdat er bij TNO-AGE geen goede berekeningsmethodiek bekend is voor deze specifieke casus. Voor de beantwoording van de gestelde adviesvragen, kiest TNO-AGE er daarom voor om dit vraagstuk semi-kwalitatief te benaderen.

Aardbevingen vinden plaats door bewegingen langs breukvlakken in de ondergrond. Om een beving te initiëren, is een spanningsverandering nodig op een breukvlak die de kritische spanning overschrijdt. Die spanningsverandering kan optreden door een verandering in de temperatuur en druk op, of nabij het breukvlak. De heftigheid van de beving is afhankelijk van de grootte van de spanningsverandering langs het totale breukoppervlak waarvoor de kritische spanning overschreden wordt. De voorgenomen activiteiten van de aanvrager zorgen ervoor dat de druk en temperatuur in de mijngangen veranderen. Daarmee verandert ook de druk en temperatuur in het omliggende gesteente waar breuken aanwezig kunnen zijn. Druk- en temperatuurveranderingen verplaatsen zich door het gesteente door conductie of advectie. In het geval van advectie is er sprake van stroming door het gesteente via het formatiewater en, afhankelijk van de doorlatendheid van het gesteente, is dit proces sneller en heeft het een grotere reikwijdte dan conductie.

Het omliggende gesteente van de mijngangen heeft een lage permeabiliteit en de aanwezige grotere breuken in het steenkolenveld zijn in het algemeen afdichtend. Deze aanname is gestaafd door de mijnwerkerservaring, wanneer een breuk doorboord werd liep water van het ene breukblok naar het andere breukblok. Daarnaast wordt geobserveerd dat de verschillende mijnbouwwerken, gescheiden door breuken, een andere mijnwaterstijging laten zien. Het water in het mijnbouwwerk stroomt via de gangen, schachten en mogelijk de ingestorte panelen en niet zozeer door de gesteentematrix of de grotere natuurlijke breuken. TNO-AGE deduceert op basis daarvan dat spannings- en temperatuurveranderingen in dit geval met name door conductie door het gesteente verplaatsen en een beperkte indringing in het omliggende gesteente hebben. TNO-AGE heeft een eerste orde inschatting gemaakt van de straal van de mogelijke spannings- en temperatuurveranderingen rondom de mijngangen. Deze inschatting is gedaan op basis van een simpele diffusieberekening en een conservatieve inschatting van de spanningsopbouw.

Het geothermische beïnvloedingsgebied voor de startvergunningperiode m.b.t. temperatuur- en drukverandering beperkt zich tot het watervolume in de gangen. Het areaal van de koudebel wordt niet eenduidig gegeven maar zal enkel in de gangen zijn en een beperkte indringing van het omliggende gesteente hebben; de maximale uitkoeling van het mijnwater nabij de put zou 7,24 °C (Tabel 26 [2]) tijdens de productiefase zijn. De afkoeling/opwarming van het gesteente is volgend en gebeurt met name door conductie.

Conductie vanaf de injectielocatie door het gesteente geeft een afkoelingsareaal van 20 – 30 m in de periode van ca. 30 jaar. Op de locatie van de passage van de gang door een breuk kan het gekoelde water ook het gesteente in het bereik van de breuk door conductie afkoelen. De afkoelingshalo is van dezelfde orde grootte als bij de injectieput.

De mate van uitkoeling is modelmatig bepaald op ongeveer een 0,5 °C in de eerste 4 jaar en ongeveer 1,5 °C in de komende tien jaar (zie Figuur 54 van bijlage D in [2]). Het afgekoelde stuk breuk zal een diameter hebben van tussen de 20 tot 30 m. Indien de afkoeling in de gang bij een breuk 7 °C bedraagt zal de diameter richting de 40 m gaan. De spanningsval bij het optreden van een eventuele breukbeweging op dit diepteniveau is niet eenduidig te bepalen. De verwachting is, net zoals aanvrager stelt, dat op deze diepte geen grote spanningsopbouw kan optreden en dat daarom de spanningsval ook beperkt zal zijn. In de grafieken gegeven in Bijlage F [2] valt af te leiden dat, gegeven de aannames van de aanvrager, de spanningsval in ieder geval niet groter kan zijn dan ongeveer 10 bar (1MPa). In dat geval, moet het kritisch gespannen oppervlak door afkoeling van de breuk groter dan 80 x 80 m zijn om, op niveau van de gang een aardbeving te genereren met een PGV boven de 3 mm/s.

Het is niet eenduidig te bepalen of bovengenoemde afkoeling van de breuk leidt tot kritische gespannenheid van de breuk. Aannemende dat het gehele afgekoelde deel kritisch gespannen raakt en gaat bewegen zal de PGV, in ieder geval gedurende de duur van de startvergunning, niet in het schadedomein komen.

Het project voldoet daarmee volgens TNO-AGE ook aan de gestelde veiligheidsnorm. Het is mogelijk dat na realisatie van het project de parameters anders worden ingeschat. Deze bevindingen zullen dan verwerkt moeten worden in de aanvraag van de vervolvergunning.

Cumulatief effect

Er zijn in de vergunning geen andere *actieve* mijnbouwactiviteiten. Dus vanuit die optiek is geen cumulatief effect te verwachten. Ten noorden van de vergunning is het Heerlen mijnwaterproject actief. De invloedssfeer van dat project beperkt zich tot het aan hun verleende vergunningsareaal dus daar is ook geen cumulatief effect te verwachten.

Het enige ‘cumulatieve effect’ is de interferentie van het stijgende mijnwater en de daaraan gerelateerde bodembeweging, een *na-ijl effect van de steenkolenwinning*. Dit uit zich in:

- 1) dat de bodemstijging volledig op het conto staat van de mijnwaterstijging en dat geen of nagenoeg geen bodemdaling ten gevolge van de mijnwaterbenutting wordt verwacht, en;
- 2) de voelbare seismiciteit geheel op het conto van de mijnwaterstijging of de natuurlijke seismiciteit geschreven kan worden.

Monitoring en maatregelen

De bedekking van het monitoringnetwerk van het KNMI, bestaande uit een aantal breedband seismometers aan het oppervlak, is zodanig dat zeer kleine bevingen opgepikt kunnen worden; de “magnitude of completeness” is kleiner dan Magnitude 1 (KNMI, 2021). Er lijkt in het KNMI-netwerk aldaar geen accelerometer aanwezig te zijn om de PGV of PGA mee te meten.

Aanvrager meldt dat de monitoring zal gebeuren met het KNMI-netwerk. Met het KNMI-netwerk kunnen magnitude en hypocentrum bepaald worden. De PGV wordt niet direct met het KNMI-netwerk gemeten.

Volgens TNO-AGE is het ontwerp van de seismische monitoring strategie van groot belang om ook de onzekerheid van het hypocentrum van een potentiële beving kleiner te maken en ook om een beter onderscheid te kunnen maken tussen natuurlijke bevingen en bevingen veroorzaakt door de voorgenomen productie.

Aangezien de TLS en het SRB uitgaan van PGV-drempelwaarden [9] zal een accelerometer nabij de productielocatie de onzekerheid in de omrekening van magnitude naar PGV, middels de GMPE-formule en bijbehorende parameters, omzeilen. Daarnaast kunnen met de gegevens van het KNMI-netwerk en de accelerometer een locatie specifieke GMPE opgesteld worden die voor de toekomstige activiteiten van pas zou kunnen komen.

Conclusies en adviezen

Geologische onderbouwing van de aanvraag

- De geologische onderbouwing 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 i.r.t. de diepe ondergrond.
- TNO-AGE heeft vertrouwen dat de aanvrager het vermogen van de installatie goed heeft ingeschat.
- TNO-AGE heeft het reservoirmodel conceptueel beoordeeld en kan zich in het concept vinden. De precieze uitwerking van aanvrager is niet te auditeren.

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 2 tot 3 jaar.
- Het geprognostiseerde maximale debiet kan naar verwachting gehaald worden binnen de aangevraagde injectiedrukruimte.

Omvang van het aangevraagde gebied

- TNO-AGE is van mening dat de grootte van het aangevraagde gebied vooralsnog passend is.
- Dieptebegrenzing vergunning; het advies is de vergunning te beperken tot de gesteentepakketten van de Limburg Groep
 - Bovengrens: top Limburg Groep
 - Ondergrens: basis Limburg Groep

Integriteit van de afsluitende lagen

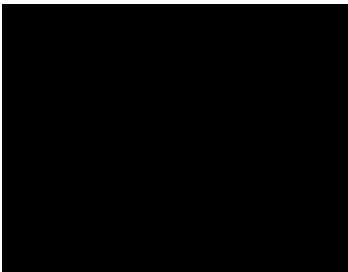
- De norm voor integriteit van de afsluitende lagen wordt naar verwachting niet overschreden bij de aangevraagde operationele condities. TNO-AGE adviseert de volgende operationele restricties op te nemen:
 - Maximaal te produceren volume water in 2 jaar: 0,19 miljoen m³ (conform aanvraag), en;
 - Minimale injectietemperatuur: 20 °C (conform aanvraag), en;
 - Minimale productietemperatuur van ca 27 °C
 - Maximale injectietemperatuur: 50 °C (conform aanvraag),
 - Gemiddeld debiet: 138 m³/uur (conform aanvraag)
 - Maximaal debiet: 368 m³/uur (conform aanvraag), en;
 - Maximaal injectieverschilddruk op reservoirdiepte: 9 bar (conform aanvraag).

Risico van eventuele bodembeweging

- Uit de SDRA van de aanvrager en de toetsing daarvan door TNO-AGE volgt een acceptabele seismische dreiging en risico voor de mijnwater activiteiten. Onaanvaardbare schade aan gebouwen of infrastructurele werken wordt door TNO-AGE niet verwacht. Volgens TNO-AGE voldoet de voorgenomen winning van het systeem aan de veiligheidsnorm.
- TNO-AGE wil de aanvrager meegeven om de conclusies van VITO ter harte te nemen en de mate van afkoeling op lange termijn en incidenteel zoveel mogelijk te beperken.
- Daarnaast benadrukt TNO-AGE het grote belang van seismische monitoring voor dit project. Monitoring met behulp van accelerometer(s), naast het reguliere KNMI-seismische netwerk, wordt aanbevolen om de locatie en mogelijk de oorzaak van een eventuele beving beter te kunnen duiden en om een directe link te hebben met het seismisch respons systeem inclusief het TLS.
- Het ontstaan van zinkgaten door de mijnwater activiteiten in de put KRD-GT-01 is niet waarschijnlijk. Met referte aan de historische veiligheidsdaknorm is er ruimschoots aan die “norm” voldaan.
- De voorgestelde differentiële bodemdaling- stijging monitoring met behulp van INSAR lijkt voor de monitoring en signalering van zinkgaten adequaat.

Eventuele risico's m.b.t. bodembeweging worden door TNO-AGE voornamelijk tijdens het boorproces gezien: de boring zal enkele afgebouwde steenkool niveaus passeren en de 'Laura grensstoring'. Voorzorgsmaatregelen om gevolgen van deze boorrisico's te voorkomen dan wel mitigeren zijn gepast.

Met vriendelijke groet,



Hoofd TNO Adviesgroep Economische Zaken en Klimaat

Bijlagen

Bijlage A:	Ligging aangevraagd gebied	17
Bijlage B:	Ondiep Koude put K-08	18

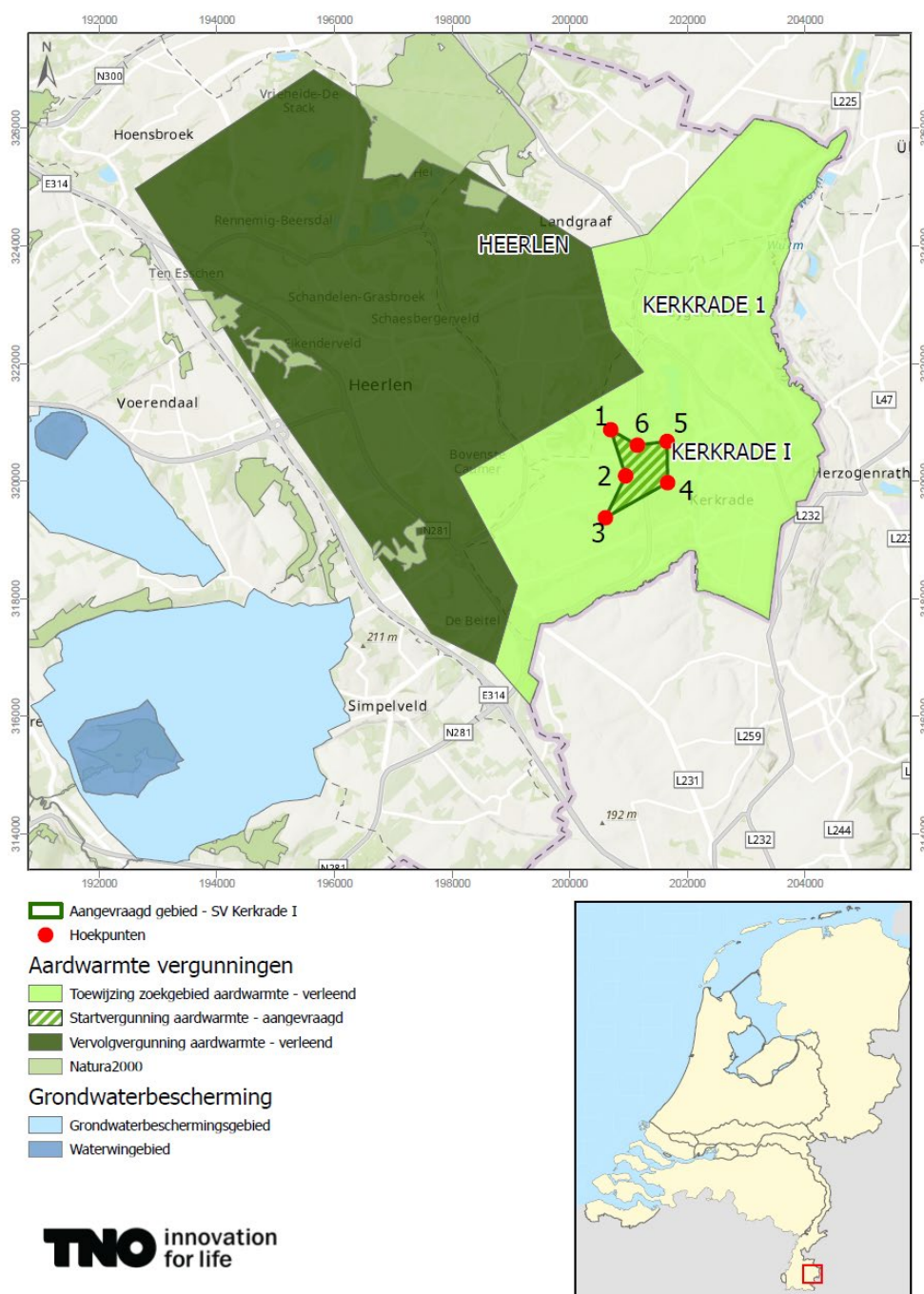


Referenties

- [1] Aanvraag Startvergunning aardwarmte Kerkrade 2024 – versie 1, 24 juli 2024. Mijnwater Energy B.V.
- [2] Geologische aspecten bij de aanvraag van de startvergunning voor het aardwarmte project Kerkrade – Versie 01, 1 juli 2024. VITO.
- [3] Bodemdaling Risico Beheersplan – Versie 1.0, 18 juli 2024. Mijnwater Energy B.V.
- [4] Seismisch Risico Beheersplan – Versie 1.0 19 juli 2024. Mijnwater Energy B.V.
- [5] Bijlage XIV - Schematische configuratie KRD-GT-01.pdf
- [6] Mail met kenmerk RE: Vragen voor Mijnwater dd 21-10-2024 van M.E. Kuiper [6].
- [7] Leveringsovereenkomst warmte, koude en/of warm tapwater, versie 3, 13 maart 2025. Mijnwater Energy B.V.
- [8] [KNMI - Aardbevingen bij Voerendaal en Kunrade](https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/aardbevingen-bij-voerendaal-en-kunrade); <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/aardbevingen-bij-voerendaal-en-kunrade>
- [9] [tls_geothermie.pdf](https://www.nlog.nl/sites/default/files/2024-07/tls_geothermie.pdf); https://www.nlog.nl/sites/default/files/2024-07/tls_geothermie.pdf
- [10] Seismische Dreigings- en Risicoanalyse voor aardwarmteprojecten in Nederland. Rapport versie 16 november 2023. https://www.nlog.nl/sites/default/files/2023-11/20230922_hoofdrapport_sdra_aardwarmteprojecten_-_shra_for_geothermal_projects.pdf
- [11] Effects of former coal mining: upward drillings and sinkhole formation, TNO2021_R12776, 21 juni 2021. TNO-AGE.

Bijlage A

Ligging aangevraagd gebied



Bijlage B

Ondiepe Koude put K-08

Planmatig beheer van de ondergrond

Reservoir architectuur

Bij de ondiepe put, K-E08, die in 2027 operationeel zal worden (Tabel 31 [2]) ligt de vloer van de mijngang op 182 m onder maaiveld. Aanpalend aan de mijngang zijn afgebouwde panelen. Als een paneel is afgebouwd stort dat in. De bovenliggende lagen worden aangetast. De aantasting van het “dak” boven het paneel is in drie verticale zones te verdelen 1) Gebreccieerde zone 2) verbreukte zone en 3) ingezakte zone. De gebreccieerde en de verbreukte zone zijn doorlatend voor vloeistof stromen geworden.

Nabij de putlocatie zijn een aantal breuken gekarteerd (mijnkaart GB-05). Daarnaast ligt op ca. 200 m westelijk de Heerlerheide storing. De dikte van het bovenliggende Carboon is 97 m op de bronlocatie. Het mijnwater staat op 106 m onder maaiveld.

Operationele instellingen tijdens de winningsfase

De overdruk nabij de put bij injectie zal maximaal 2,7 bar zijn en de onderdruk bij productie – 0,5 bar (Tabel 21 [2]). De temperatuurvariatie bij de injectie is in de orde van 7,7 °C (Tabel 26 [2]). Gemiddeld genomen warmt het mijnwater rond de put op met ca. 2 °C bij de productie en 2,5 °C af bij injectie (Figuur K_E08 van Bijlage C [2]). Naar verwachting keert de temperatuur snel terug naar de gemiddelde reservoir temperatuur van ca. 15,48 °C. In het achterliggende geologische rapport wordt gesproken over een minimale injectie temperatuur van 13,2 °C (Tabel 26 [2]).

Integriteit van de afsluitende lagen en berekening van de verwachte mate van bodemdaling

Voor de koude bronlocatie (K-E08) is de dikte van het afsluitende pakket ca. 97 m dik met in het midden van dat pakket een gemijnde steenkoollaag (Figuur 37 [2]). De hoogte van de gebreccieerde en verbreukte zone is onbekend. In de historische mijnbouw activiteit werd een gewerkt met een ‘veiligheidsdakdikte’. Dit is de dikte van het gesteentepakket tussen de basis van het dekterrein (top Carboon) en het plafond van de gang of het afgebouwde paneel. Voor de put K-E08 is dat ca. 97 m hetgeen ruimschoots de gehanteerde veiligheidsdakdiktes, van enkele tientallen meters, overschrijdt. De temperatuurdaling van het mijnwater bij de put is in de orde van 2 °C.

Seismische dreiging en risico analyse (SDRA)

De redenering zoals hierboven opgesteld voor de warme bron, met de conclusie dat er geen aardbevingen verwacht worden die een PGV groter dan 3 mm/s zullen genereren, is ook van toepassing op de koude bron K-E08.