

Beschouwing effecten en risico's van aardwarmtewinning onder grondwaterbeschermingsgebieden

KWRW 2025.002

Datum

23 januari 2025

Opdrachtgever

Vewin

Meer informatie

Dr. Gilian Schout

T +31 30 606 9598

E gilian.schout@kwrwater.nl

Auteur(s)

Dr. G. Schout

Ir. S.T.W. Beernink

Dr. N. Hartog

Opdrachtnummer

404300-083

Kwaliteitsborger(s)

Dr. N. Hartog

Projectmanager

Ir. Jos Frijns

Pagina

1/10

Inhoud

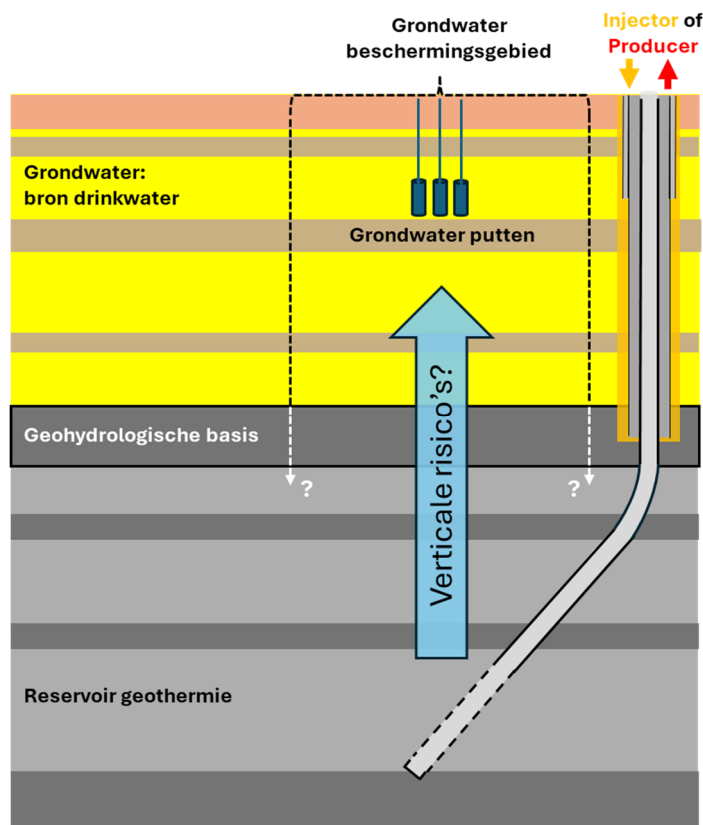
1	Inleiding	2
1.1	Aanleiding	2
2	Huidige wet- en regelgeving	3
3	Verticale risico's van geothermie bij gebruik ruimte onder grondwaterbeschermingsgebied	5
4	Reflectie op randvoorwaarden	7
5	Conclusies en aanbevelingen	9

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De vraag naar drinkwater in Nederland stijgt, terwijl beschikbare kwantiteit en kwaliteit van drinkwaterbronnen onder druk staat. In Nederland wordt ongeveer 60% van het drinkwater uit grondwater geproduceerd, en het beschermen hiervan is wettelijk vastgelegd onder meer door het aanwijzen van beschermingsgebieden en boringsvrije zones rondom grondwaterwinningslocaties. Tegelijkertijd neemt als onderdeel van de energietransitie de vraag naar duurzame energie toe in Nederland, en daarbij speelt de ondergrond ook een belangrijke rol. De ambitie van de rijksoverheid op dit gebied is bijvoorbeeld dat de hoeveelheid aardwarmte-installaties groeit van 32 in 2023 naar 75 in 2030 (Molen & Tolsma, 2024).

In Nederland worden bij geothermieboringen eerst tot een paar honderd meter verticaal geboord, waarna er (meestal) schuin geboord wordt naar het beoogde geothermische reservoir op 2-3 km diepte voor de winning van aardwarmte van 80-90°C. Ter bescherming van grondwaterwinningen ten behoeve van drinkwater is het verboden om te boren in beschermingsgebieden en boringsvrije zones. Echter, doordat een geothermieboring op diepte devieert zou een boring die aan maaiveld buiten een beschermde zone start in theorie op diepte wel in dit gebied kunnen uitkomen (Figuur 1). Hier kan bijvoorbeeld aanleiding toe zijn als de verwachte reservoircondities daar gunstiger zijn. Met de toename van zowel de drinkwatervraag als de vraag naar duurzame warmte neemt de kans toe dat er in de toekomst vaker de wens ontstaat om ten behoeve van aardwarmtewinning op diepte onder beschermingsgebieden te gaan boren en aardwarmte te winnen.



Figuur 1 Schematische illustratie (niet op schaal) van de scope van het onderzoek naar de mogelijke (verticale) effecten en risico's bij het gebruik van de diepe ondergrond onder een grondwaterbeschermingsgebied door een geothermieput (injector of producer).

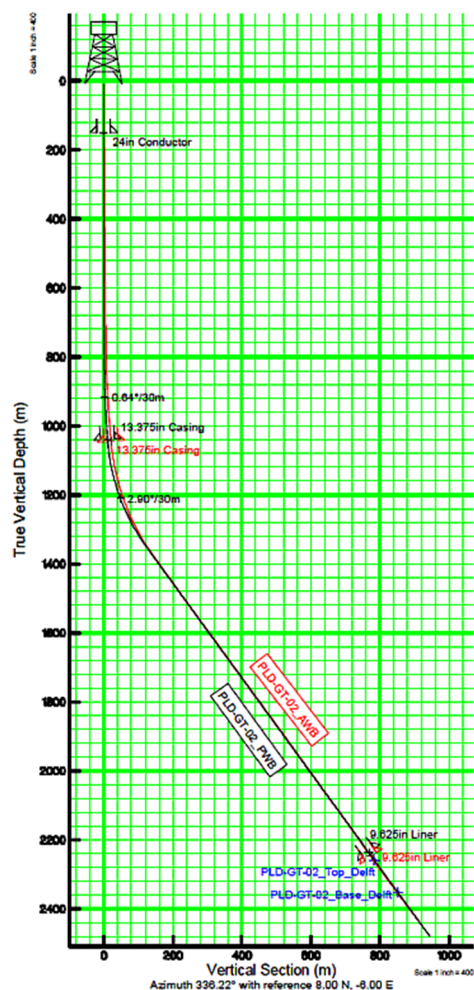
In deze notitie worden eerst de potentiële effecten en risico's beschouwd die er zijn wanneer de ruimte onder grondwaterbeschermingsgebieden wordt gebruikt voor aardwarmteproductie. Vervolgens wordt gereflecteerd op de voorwaarden waaronder dit verantwoord zou kunnen. In deze reflectie wordt ook het recente voorstel voor dergelijke randvoorwaarden meegenomen dat is opgesteld door de technische werkgroep 'geothermie in kwetsbare gebieden' (Royal HaskoningDHV, 2024).

Dit onderzoek richt zich dus specifiek op de *bijkomende* effecten en risico's van aardwarmtewinning onder beschermingsgebieden voor grondwaterwinning (zie Figuur 1). De potentiële effecten en risico's van geothermie op de kwaliteit van grondwater in algemene zin bij het verticaal doorboren van de ondiepe ondergrond, zoals bijvoorbeeld warmteuitstraling en lekkage vanuit de putverbuizing, zijn reeds in meerdere rapporten uitgebreid beschreven (Cirkel & Hartog, 2017; Hartog, 2016). Ook andere algemene risico's, zoals de voor geothermische dubletten in Nederland klein geachte kans op voelbare seismiciteit (Buijze et al., 2020), vielen buiten de scope van deze studie.

2 Huidige wet- en regelgeving

Sinds 1 Juli 2023 gelden specifieke regels voor aardwarmte in de aangepaste mijnbouwwet (<https://www.nlog.nl/wijziging-mijnbouwwet-voor-aardwarmte-2023>). Hierin is bepaald dat een bedrijf dat aardwarmte wil gaan winnen start met de aanvraag van een zoekgebied. Binnen dit zoekgebied kan de vergunninghouder onderzoek doen naar de mogelijkheid voor een geothermiesysteem en de beste locatie van de putten vaststellen. Na het verlenen van een startvergunning kan het bedrijf daarna over gaan op fysieke activiteiten in de ondergrond. Voor het verlenen van beide vergunningen worden de provincie(s), gemeente(n) en waterschap(pen) waarin de aanvraag ligt om advies gevraagd, evenals TNO-Adviesgroep Economische Zaken (TNO) en de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). Voor de bovengrondse aspecten van het systeem is ook een omgevingsvergunning nodig, die wordt aangevraagd bij het ministerie van EZK. Hierbij kan ook om een Milieu Effectrapportage (MER) gevraagd worden.

De 'industriestandaard duurzaam putontwerp geothermie' (Industriestandaard Duurzaam Putontwerp Voor Aardwarmteputten, 2021) beschrijft hoe de ondiepe ondergrond beschermd moet worden door gebruik van een putontwerp met meerdere barrières en methodes voor het detecteren van lekkages, zowel tijdens aanleg, productie als na buitengebruikstelling van de put. Het advies in deze standaard is om voor de locatie de diepteligging van alle zoete grondwatervoorkomens en de daarvoor belangrijke scheidende lagen in kaart te brengen. Bij het plaatsen van de bovenste twee casing stukken (de zogeheten conductor en surface casings) is het beschermen van deze lagen een expliciet doel. Er wordt echter niet beschreven vanaf welke diepte er mogelijk gedevieerd geboord kan worden. Uit praktisch perspectief is het wel zo dat gedevieerd boren goedkoper is in geconsolideerd dan ongeconsolideerd materiaal (o.a. door instortingsgevaar). Ook op de beoogde diepte van de productiepomp ('Electrical Submersible Pump, ESP) wordt er niet gedevieerd. In veel gevallen zal om die redenen pas op grote diepte (> 400 a 500 m-mv) afgeweken worden van de verticaal en dan pas schuin geboord worden. Ter illustratie is het verticale boortraject van een Nederlandse geothermieput te zien in Figuur 2.



Figuur 2. Projectie van het boortraject van boring PLD-GT-02 in de verticaal. Het horizontale traject van deze boring wordt getoond in Figuur 3. Bron: Nederlands Olie- en Gas Portaal (NLOG.nl).

De noodzakelijke injectiedruk die nodig is om het opgepompte formatiewater na afkoeling weer terug te injecteren in de andere put van het aardwarmte-doublersysteem is afhankelijk van de heersende druk op diepte en wordt begrensd volgens bepalingen in het protocol bepaling maximale injectiedrukken (SodM, 2019). Hierin is een berekeningswijze opgenomen (voor het diepteinterval 1500 tot 3000 m) aan de hand waarvan geothermieoperators een maximaal te hanteren injectiedruk kunnen berekenen welke dusdanig is dat het systeem niet leidt tot seismiteit en dat de integriteit van de bovenliggende scheidende laag (seal) in stand blijft (ofwel niet scheurt). Ook is hierin bepaald dat de gemiddelde initiële reservoirdruk gelijk moet blijven, doordat onttrekking en injectie in dezelfde laag plaatsvinden en de verplaatste volumes gelijk zijn.

Om de kwaliteit van grondwater als bron voor drinkwater te beschermen wijzen de provincies zones aan rondom het waterwingebied waar beperkingen gelden voor activiteiten die als risicovol worden gezien, zoals industrie en boringen. De meeste winningen worden beschermd met een grondwaterbeschermingsgebied (de 25-jaars zone op basis van grondwaterreistijden), een gebied rondom het wingebied waarbinnen (onder meer) geen boringen mogen plaatsvinden. Aanvullend kunnen daarnaast ook boringsvrije zones worden toegekend in de provinciale omgevingsverordeningen. Lastig bij de beoordeling van schuin boren onder een beschermingsgebied is dat de reikwijdte van een beschermingsgebied in de verticaal niet formeel gedefinieerd is.

Regelgeving over het schuin boren tot “onder” deze beschermde gebieden is per provincie verschillend. In Utrecht en Groningen is dit expliciet verboden in de Omgevingsverordening. Bij de provincie Drenthe en Zeeland wordt genoemd dat aardwarmtewinning binnen het beschermingsgebied verboden is, maar is het onduidelijk of dit ook geldt op diepte. Alleen de provincie Noord-Holland noemt al wel dat voor een geothermieboring de randvoorwaarde gesteld kan worden dat er schuin geboord mag worden onder een beschermende kleilaag, zonder precies te specificeren waar deze bescherming aan moet voldoen maar wel onder voorwaarde dat “het risico dat de activiteit de watervoerende laag waaruit grondwater wordt onttrokken aantast, verwaarloosbaar is, of anders door voorzorgsmaatregelen verwaarloosbaar kan worden gemaakt”. De overige zeven provincies hebben geen aanvullend beleid en/of regelgeving over schuin boren of aardwarmtewinning onder een beschermingsgebied.

De huidige regelgeving en het beleid in relatie tot risico's van geothermie richting grondwaterbeschermingsgebieden is dus vooral gericht op horizontale functiescheiding, rekening houdend met het risico van lekkage naar watervoerende lagen daar waar deze (verticaal) doorsneden worden.

3 Verticale risico's van geothermie bij gebruik ruimte onder grondwaterbeschermingsgebied

In het beschouwen van de mogelijk effecten en risico's van aardwarmtewinning naar een bovengelegen grondwaterwinning in een grondwaterbeschermingsgebied (Figuur 1) kan er onderscheid gemaakt worden tussen thermische en hydraulische effecten. De mate waarin deze effecten en de mogelijke risico's daarbij doorwerken tot het ondieper gelegen grondwater hangt onder meer af van het diepteverschil tussen de aardwarmtewinning en de grondwaterwinning. De aard van de effecten hangt samen met of het gaat om de producer (waarmee warm geothermisch formatiewater wordt opgepompt) of om de injector (waarmee het afgekoelde formatiewater wordt teruggepompt naar het reservoir) van het geothermiesysteem. Aan de producerkant van het geothermiesysteem wordt met een (ESP) onder grote drukverlaging water (80-90°C op 2-3 km diepte) onttrokken uit het geothermisch reservoir. Deze warmte wordt bovengronds benut en het afgekoelde water wordt (na ~ 15 tot 40 °C afkoeling) aan de injector kant van het systeem weer teruggepompt in het reservoir onder grote injectiedruk (tot ~60 bar). Aan de injectorzijde vindt er dus een drukverhoging en een temperatuurverlaging plaats ten opzichte van de uitgangssituatie, bij de producerzijde vindt in principe alleen een drukverlaging plaats. In hoeverre deze effecten door kunnen werken naar bovenliggend ondiep grondwater en voor risico's kunnen zorgen wordt hieronder beschouwd.

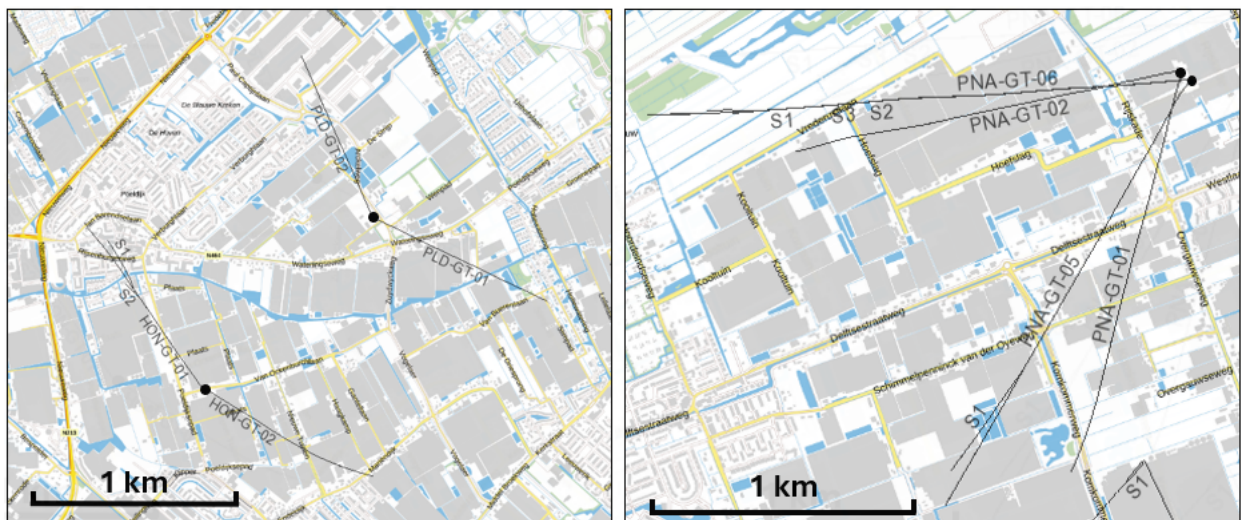
Hydraulische effecten

Aan de injector kant van het geothermiesysteem ontstaat door de verhoogde druk de potentie voor opwaartse stroming. Voor diepten van 2 tot 3 kilometer, waar aardwarmtewinning momenteel in Nederland plaatsvindt, bieden de dikke opeenvolgende bovenliggende kleilagen en/of andere weerstand biedende lagen voldoende weerstand om stroming vanuit het geothermische reservoir naar boven uit te kunnen sluiten. Wanneer deze opwaartse druk echter gekanaliseerd wordt door lekpaden met een verhoogde doorlatendheid kan dit wel tot verontreiniging van ondieper grondwater leiden, omdat het diepe grondwater (formatiewater) bijna altijd zouter is en daarom van mindere kwaliteit. Zulke kortsluitstroming zou in theorie voor kunnen komen door bijvoorbeeld natuurlijke breuken in de ondergrond of nabijgelegen oude (niet meer in gebruik zijnde) olie/gas boringen die niet meer goed afgesloten zijn. Echter, zolang dergelijke preferente lekpaden afwezig zijn zijn de risico's voor verontreiniging met diep grondwater verwaarloosbaar. Het moet dus ook voorkomen worden dat bij ontwikkeling

en stimulatie van het putsysteem en tijdens productie nieuwe verticale paden ontstaan of breken worden geactiveerd. Het doel van het eerder genoemde protocol bepaling maximale injectiedrukken (SodM, 2019) is dan ook om dit te voorkomen.

Om onderlinge hydraulische beïnvloeding te minimaliseren worden de injector en de producer van een geothermiedoublet vaak in tegengestelde richting geboord (Figuur 3, links). In zulke gevallen kan het risico van verticale lekkage richting een bovenliggend ondiep grondwater binnen een beschermingsgebied gemitigeerd worden door niet de injector maar de producer onder het beschermingsgebied te realiseren. Dit zal echter niet altijd mogelijk gezien dit afhangt van de locatie van de beoogde bovengrondse locatie ten opzichte van de geologisch geschiktheid van de diepe ondergrond voor aardwarmtewinning. De hoek tussen het boortraject van de injector en producer kan dan ook een stuk kleiner zijn (zie Figuur 3, rechts).

Doordat een geothermiesysteem al het door de producer onttrokken formatiewater met de injector weer terug naar hetzelfde reservoir injecteert heeft enig netto drukverschil daarvan een te verwaarlozen doorwerking naar ondiepe grondwater lagen bij de aanwezige tussenliggende weerstand. Een mogelijk effect op de freatische grondwaterstand van een ondiepe grondwaterlaag door een onderliggende aardwarmtewinning kan in de praktijk dus worden uitgesloten.



Figuur 3. De boortrajecten (zwarte lijnen) van enkele geothermie doubletten in het Westland. Bron: Nederlands Olie- en Gas Portaal (NLOG.nl). Voor de getoonde doubletten varieert de afstand tussen de injector en producer grofweg tussen de 1,5 a 2 km. Het verticale traject van boring PLD-GT-02 is te zien in Figuur 3.

Thermische effecten

Een geothermiesysteem produceert op grote diepte aardwarmte door het onttrekken van warm formatiewater uit een diep reservoir. Afgezien van de opwarming die lokaal naar ondiep grondwater kunnen optreden door warmteverliezen door conductie en lekkage uit putten (de Vries & Hartog, 2024, Hartog, 2016), leidt aardwarmtewinning tot een netto afkoeling van de ondergrond als geheel. Dit komt met name tot uitdrukking door de injectie van afgekoeld formatiewater aan de injectorzijde. Mede gezien de grote afstand tussen deze afkoeling en de bovenliggende ondiepe grondwaterlagen is het uit te sluiten dat daar ondiep een merkbare afkoelingseffect door op zal treden.

4 Reflectie op randvoorwaarden

Op basis van de analyse lijkt het winnen van aardwarmte van onder een grondwaterbeschermingsgebied slechts in beperkte mate aanvullende “verticale risico’s” (Figuur 1) voor transport naar een bovengelegen ondiep grondwaterpakket te hebben. Deze risico’s hangen vooral samen met aanwezige of geïnduceerde kortsluitstromingspaden die eventueel binnen het drukbereik van de injector aanwezig kunnen zijn, met name in de vorm van (verlaten) diepe putten. Zonder aanwezigheid van zulke kortsluitpaden is het aan te nemen dat, voor de diepten van 2-3 km waar aardwarmtewinning nu in Nederland plaats vindt, de dikke opeenvolging van bovenliggende lagen voldoende natuurlijke weerstand bevatten om stroming vanuit het geothermische reservoir omhoog met stelligheid uit te kunnen sluiten.

Bij bovenstaande worden twee aandachtspunten geïdentificeerd: 1) Met afnemende diepte (afstand) van een geothermiesysteem ten opzichte van de ondiepe grondwaterlagen neemt ook de tussenliggende natuurlijke weerstand af. Dit is een relevant aspect in relatie tot de toenemende interesse voor mogelijke aardwarmtewinning uit ondiepe(re) minder warme reservoirs. 2) Tussen een aan maaiveld buiten het grondwaterbeschermingsgebied gelegen boor- en uiteindelijke productielocatie en de uiteindelijke productie/injectiediepte in het reservoir is er een traject waar de geothermische putverbuizing zich nog op geringere diepte maar, afhankelijk van het deviatietraject al wel onder een grondwaterbeschermingsgebied bevindt. Deze twee aandachtspunten worden hieronder verder in detail beschouwd.

Voldoende hydraulische weerstand en de geohydrologische basis

De aanwezigheid van voldoende natuurlijke hydraulische weerstand tussen het geothermische reservoir en een ondiepe grondwaterlaag voorkomt, in afwezigheid van eventuele kortsluitstromingspaden, dat er vanuit het winningsreservoir onder een grondwaterbeschermingsgebied effecten optreden op de bovenliggende grondwaterlaag. Zoals ook beschouwd door de werkgroep Geothermie in Kwetsbare Gebieden (Royal HaskoningDHV, 2024), gaat het hierbij om boringen ten behoeve van geothermieputten die van buiten een grondwaterbeschermingsgebied aardwarmte winnen onder dat grondwaterbeschermingsgebied.

Zoals hierboven toegelicht moet er voor de beschouwing van de aanvullende risico’s onderscheid gemaakt worden tussen de situatie waar de producer dan wel de injector zich onder het grondwaterbeschermingsgebied bevindt. Drukverschillen die in het reservoir ontstaan door de onttrekking dan wel injectie van formatiewater kunnen bij voldoende tussenliggende natuurlijke hydraulische weerstand niet tot effecten in de ondiepe grondwaterlagen leiden. De genoemde werkgroep refereert in dit verband naar het conceptuele begrip “geohydrologische basis” (Figuur 1), waaronder het mogelijk zou moeten zijn om via een schuine boring tot onder een beschermde zone voor drinkwaterwinning te komen. Van belang echter voor deze benadering is dat deze geohydrologische basis dan zowel duidelijk aan te wijzen is als voldoende hydraulische weerstand biedt. Daarvoor moet er dus een algemeen geaccepteerde definitie voor de geohydrologische basis gehanteerd worden. De werkgroep definieert de geohydrologische basis als volgt: “De onderkant (basis) van een continue, waterkerende (ondoorlatende) bodemlaag. Deze zorgt ervoor dat effecten van boringen in de diepte niet of nauwelijks doorwerken in bovenliggende (ondiepe) watervoerende lagen.” Echter, zoals het werkgroepdocument (Royal HaskoningDHV, 2024) zelf ook al aan geeft, is het op nationaal niveau niet overal duidelijk welke bodemlaag kwalificeert als geohydrologische basis en bij welke (combinatie van) eigenschappen er dan niet of nauwelijks effecten doorwerken naar bovenliggende lagen.

Voor een beter begrip van de betekenis van de term “geohydrologische basis” en welke rol dit begrip kan spelen in de beschouwing van de verticale effecten en risico’s van aardwarmtewinning onder een

grondwaterbeschermingsgebied is het nuttig om de oorsprong van deze term te benoemen. Van oudsher is het een term die voortkomt uit de numerieke modellering van grondwatersystemen, om de onderkant van het ondiepe grondwatersysteem mee af te kaderen. De laag die als geohydrologische basis gebruikt wordt en de dikte en diepte daarvan verschillen sterk in Nederland door variatie in ondergrondopbouw. Zo worden in westelijk Nederland vaak de kleilagen voorkomend in de overgang Basis Formatie van Maassluis (Onder Pleistoceen) - Top Formatie van Oosterhout (Boven Pliocene) als geohydrologische basis beschouwd, terwijl in het oostelijk gedeelte de kleien van Tertiaire ouderdom als geohydrologische basis worden genomen (Dufour, 1998). In grote delen van Nederland varieert de diepte van de bovenkant van de geohydrologische basis tussen ongeveer 50 tot 400 m-mv. In specifieke gebieden kan deze diepte echter behoorlijk afwijken, en in sommige gebieden in Nederland is een laag om als geohydrologische basis aan te wijzen überhaupt niet eenduidig aanwezig (Hartog et al., 2020). In bijvoorbeeld de Roerdalslenk of boven de diepe glaciale geulen in het noorden van Nederland bestaat de ondergrond tot grote dieptes hoofdzakelijk uit zand zonder dikke kleilagen. In zulke gevallen zal vooral ondiepe geothermie (<1500 m-mv) vanwege het risico op verticale stroming van dieper grondwater moeilijk te combineren zijn met bovenliggende grondwaterwinningen.

Voor het voorkomen van effecten van aardwarmte winning vanuit het geothermisch reservoir naar een bovenliggende grondwaterlaag is het uiteindelijke belang dat de tussenliggende lagen voldoende natuurlijke hydraulische weerstand bieden. Lagen die in numerieke grondwatermodellen worden gebruikt als geohydrologische basis zijn niet automatisch te kwalificeren als geschikte ondergrens voor een beschermingszone (Leeuwis et al., 2020). In een beschouwing van de mogelijkheid van 3D-beschermingsbeleid in algemene zin door Leeuwis et al. (2020), werd gesteld: “Vanwege de praktische hanteerbaarheid ligt het voor de hand om toe te werken naar een diktecriterium waarbij onzekerheidsmarges zijn inbegrepen. Om dit criterium te onderbouwen dienen zowel de thermische als hydrologische kenmerken van kleilagen, watervoerende pakketten en een eindscenario van een voorgenomen activiteit meegenomen te worden.”

Een diktecriterium voor de tussenliggende lagen is inderdaad makkelijker te hanteren dan een weerstandscriterium, al zal deze alsnog eerst op basis van benodigde hydraulische weerstand, rekening houdend met onzekerheden en een bepaalde risicomarge bepaald moeten worden. Voor de hand ligt dat de “geohydrologische basis” voor het grondwatersysteem daar sowieso binnen zal vallen voor de gebieden waar deze eenduidig gedefinieerd kan worden. Zoals eerder al aangegeven is te verwachten dat voor het winnen van aardwarmte op de nu gebruikelijke diepten van 2-3 km diepte de aanwezige tussengelegen natuurlijke weerstand, met een cumulatieve dikte van vaak honderden meters aan kleilagen (of andere weerstandslagen), ruim voldoende zal zijn om de in het geothermische reservoir geïnduceerde drukverschillen niet te laten doorwerken tot het ondiepe grondwatersysteem. Echter, met de ontwikkeling van ondieper gelegen geothermiesystemen (“ondiepe geothermie”) zal het nadrukkelijker van belang worden vast te stellen welke tussenliggende natuurlijke weerstand (~dikte) minimaal gewenst is.

Vanaf welke diepte schuin boren?

In het in hoofdstuk 3 beschreven onderzoek zijn de effecten en risico's van aardwarmtewinning uit een geothermisch reservoir voor ondiepe grondwaterlagen in een bovenliggend grondwaterbeschermingsgebied omschreven. Belangrijk is het om daarbij ook het boortraject naar dat reservoir toe te beschouwen. Afhankelijk van het gevolgde boortraject en de afstand aan maaiveld tot het grondwaterbeschermingsgebied kan de boring, en de daarna geplaatste put, al voor het bereiken van het geothermische doelreservoir onder het grondwaterbeschermingsgebied terecht komen (Figuur 1). Anders dan in het geothermische reservoir waar de productie en injectie beoogd is, kunnen hydraulische drukverschillen in dit traject alleen ontstaan in het geval van lekkage, een risico dat, ook bij de verticale doorsnijding van de ondiepe grondwaterlagen, vooral aan de

injectorkant aandacht behoeft. Enerzijds zijn de te verwachten debieten van een eventuele lekkage veel lager dan de debieten waar mee geproduceerd wordt (van Lopik en Hartog, 2023), anderzijds is op geringere diepte de aanwezige natuurlijke weerstand minder.

Om te voorkomen dat er eventueel een lekkage ontstaat onder een grondwaterbeschermingsgebied kan de mate waarin een lekkage zou kunnen optreden worden afgewogen tegen de diepte vanaf waar een boring schuin onder een grondwaterbeschermingsgebied mag komen. Net als voor de minimale diepte van aardwarmtewinning zou de diepte voor het overlappen van de boring en het beschermingsgebied, ook met het oog op de mogelijke realisatie van ondiepere aardwarmtewinning, op basis van de tussenliggende aanwezige natuurlijke weerstand bepaald kunnen worden. Voor een conservatieve benadering kan de minimaal gewenste tussenliggende natuurlijke weerstand (~dikte) die bepaald is voor het geothermiereservoir ook gehanteerd worden voor de diepte waarbij de boring gedeveerd (schuin) onder het grondwaterbeschermingsgebied komt. Voor zover deze op een gegeven locatie eenduidig is te definiëren en bij gebrek aan een dergelijk onderbouwd weerstandcriterium zou minimaal de geohydrologische basis gepasseerd moeten zijn voordat het schuin boren kan worden ingezet, te meer omdat het schuin boren door de geohydrologische basis het lastiger kan maken om de doorboring na putinstallatie weer goed af te dichten.

5 Conclusies en aanbevelingen

Door de toenemende vraag naar duurzame warmte is de verwachting dat het aantal geothermiesystemen in Nederland de komende decennia zal groeien. Daarbij wordt het door provincies niet toegestaan om vanuit boringsvrije zones of grondwaterbeschermingsgebieden te boren naar een hieronder gelegen geothermisch reservoir (functiescheiding). Momenteel wordt het door provincies ook niet toegestaan om via schuine boringen op diepte onder beschermingsgebieden voor drinkwater uit te komen, terwijl dat in incidentele gevallen ten behoeve van de aardwarmtewinning wel de voorkeur zou kunnen krijgen.

Aanvullend op de effecten en risico's van geothermie bij de verticale doorsnijding van ondiepe grondwaterlagen, zijn deze in dit onderzoek specifiek beschouwd voor aardwarmtewinning uit geothermische reservoirs diep onder grondwaterbeschermingsgebieden. Voor de nu gebruikelijke diepte van aardwarmtewinning van 2-3 km is het belangrijkste punt daarbij aandacht voor de mogelijke aanwezigheid van kortsluitingspaden, waardoor geothermische formatiewater door de drukverhoging bij de injector tot aan het ondiepe grondwater binnen de grondwaterbeschermingszone zou kunnen reiken. Dit risico zou voorkomen kunnen worden door alleen de producer, niet de injector onder het beschermingsgebied te plaatsen. Afgezien van de mogelijke aanwezigheid van kortsluitingspaden worden er vanwege de grote verticale scheiding en netto volumebalans geen effecten of risico's voor het ondiepe grondwater vanuit het reservoir waar aardwarmte gewonnen wordt, verwacht. Naar mate aardwarmtewinning ondieper gaat plaatsvinden wordt die kans wel groter door de lokale drukverhoging bij de injector en daarom wordt aanbevolen om te onderzoeken welke minimale natuurlijke hydraulische weerstand, en eventueel een daarmee samenhangende minimale afstand, van tussenliggende lagen nodig is om effecten vanuit het reservoir zonder meer uit te kunnen sluiten.

Voor een conservatieve benadering kan deze minimale afstand kan ook gehanteerd worden voor de diepte waarbij de boring gedeveerd (schuin) onder het grondwaterbeschermingsgebied komt. In ieder geval lijkt het wenselijk dat zolang er geen criterium is voor de minimale natuurlijke hydraulische weerstand voor de scheiding van het geothermisch reservoir en het ondiepe grondwatersysteem het schuin boren pas wordt ingezet nadat de geohydrologische basis, voor zover deze op locatie eenduidig is te definiëren, gepasseerd is.

Referenties

Buijze, L., Van Bijsterveldt, L., Cremer, H., Paap, B., Veldkamp, H., Wassing, B. B. T., Van Wees, J. D., Van Yperen, G. C. N., & Ter Heege, J. H. (2020). Review of induced seismicity in geothermal systems worldwide and implications for geothermal systems in the Netherlands. *Geologie En Mijnbouw/Netherlands Journal of Geosciences*, 2019. <https://doi.org/10.1017/njg.2019.6>

Cirke, G., & Hartog, N. (2017). BTO 2017.075 | Grondwatermonitoring bij Geothermieputten (Issue December). <https://library.kwrwater.nl/publication/55459247/>

de Vries, E., & Hartog, N. (2024). KWR 2024.008 | Opwarming grondwater door warmteuitstraling vanuit geothermieput bij Trias-Westland. <https://www.ebn.nl/wp-content/uploads/2024/02/KWR-Eindrapport-EBN-Opwarming-Ondergrond-TriasWestland.pdf>

Drinkwaterwinning & geothermie: functiescheiding in evenwicht. (2024). Royal HaskoningDHV.

Dufour, F. C. (1998). Grondwater in Nederland: Onzichtbaar water waarop wij lopen. TNO Geological Survey of the Netherlands.

Hartog, N. (2016). BTO 2016.077 | Risico's van Geothermie voor Grondwater. [http://www.vewin.nl/SiteCollectionDocuments/Nieuws 2017/BTO 2016.077 Risico_s van Geothermie voor Grondwater \(2\).pdf](http://www.vewin.nl/SiteCollectionDocuments/Nieuws%202017/BTO%202016.077%20Risico's%20van%20Geothermie%20voor%20Grondwater%20(2).pdf)

Industriestandaard Duurzaam Putontwerp voor aardwarmteputten. (2021). www.geothermie.nl

Leeuwis, J., Krikken, A., de Vries, A., & van Loon, A. (2020). Herijking grondwaterbeschermingsbeleid. [https://herijkinggrondwaterbeschermingsbeleid.ireport.royalhaskoningdhv.com/FbContent.ashx/pub_1000/downloads/v201211101431/BH4198 Rapport Herijking grondwaterbeschermingsbeleid versie 5 november.pdf](https://herijkinggrondwaterbeschermingsbeleid.ireport.royalhaskoningdhv.com/FbContent.ashx/pub_1000/downloads/v201211101431/BH4198%20Rapport%20Herijking%20grondwaterbeschermingsbeleid%20versie%205%20november.pdf)

Lopik, J. Van, Hartog, N. (2023). De verspreiding van geothermische brijn door putlekkage in grondwater: Evaluatie van signalering bij grondwatermonitoring. Nieuwegein.

Molen, J. van der, & Tolsma, S. (2024). TNO-R12084 | Aardwarmte in Nederland.

SodM. (2019). Protocol ter bepaling maximale injectiedrukken bij aardwarmtewinning - versie 3.

Jaar van publicatie
2025

Meer informatie
Dr. Gilian Schout
T +31 30 606 9598
E gilian.schout@kwrwater.nl

Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein
T +31 (0)30 60 69 511
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

2025.002 | 23 januari 2025 ©KWR

Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier.

Keywords

Geohydrologie, geothermie, grondwater
beschermingsgebieden