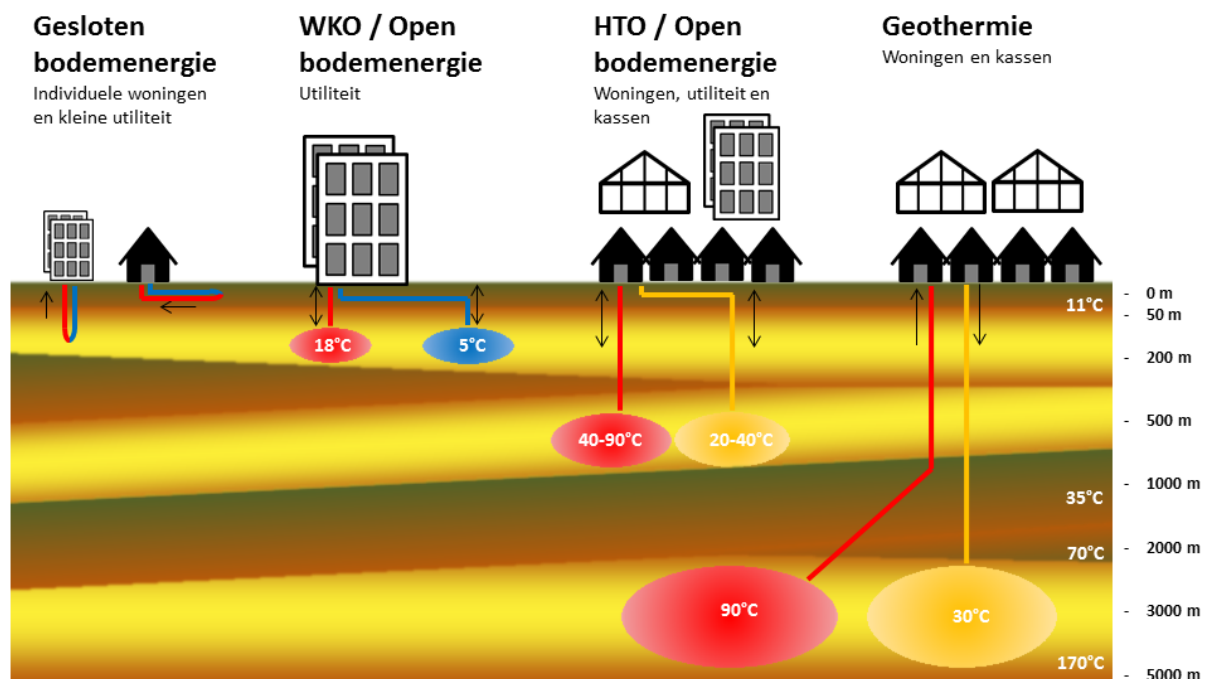


Bodemenergie & Drinkwaterwinningen

Martin Bloemendal, (KWR Watercycle Research Institute, TU Delft), Jan Hoogendoorn (Vitens), Sjaak Rijk (Evides)

De Nederlandse drinkwatervoorziening is sterk afhankelijk van grondwater. Tegelijkertijd neemt de toepassing van bodemenergiesystemen toe door ambitieuze groei-doelstellingen voor bodemenergie. Voor de drinkwatersector heeft KWR tussen 2011 en 2016 uitgebreid onderzoek gedaan naar de risico's en effecten van bodemenergiesystemen op de grondwaterkwaliteit en winningslocaties. Van sommige typen opslagsysteem lijken de effecten gering te zijn. Van andere systemen is echter nog niet alles bekend. Het kan daarom niet worden uitgesloten dat deze een serieus risico vormen voor de drinkwatervoorziening. Daarom blijven deze bodemenergiesystemen een mogelijk zorgpunt voor de drinkwaterbedrijven.

Ongeveer 70 procent van het Nederlandse drinkwater wordt geproduceerd uit grondwater. Ook in de toekomst blijft de Nederlandse drinkwatervoorziening sterk afhankelijk van grondwater en wordt die afhankelijkheid mogelijk zelfs groter [1]. Tegelijkertijd neemt ook de toepassing van bodemenergiesystemen toe door de ambitie om de energievoorziening te verduurzamen, met ambitieuze groei-doelstellingen voor bodemenergie als gevolg [2], [3]. Recent is in de uitwerking van het energieakkoord vastgesteld dat de bijdrage van bodemenergie aan de levering van duurzame energie moet groeien van 5 PJ (peta-joules, 10^{15} J) in 2015 naar ruim 20 PJ in 2023 (zie ook kader 'Ontwikkelingen bodemenergie'). Dit omvat de bijdrage van zowel open als gesloten opslagsystemen, als ook de winning van warmte uit geothermie. Van al deze technieken wordt dus de komende tien jaar zeer significante groei verwacht. In afbeelding 1 zijn de verschillende bodemenergiesystemen schematisch weergegeven.



Afbeelding 1. Schematisch overzicht van typen bodemenergiesystemen met meest voorkomende toepassingsgebieden en natuurlijke en brontemperaturen

Bodemenergiesystemen concentreren zich voornamelijk in stedelijke gebieden en de drinkwatersector ziet dan ook dat daar meer ruimte wordt geboden voor de toepassing van bodemenergie. Hoewel drinkwaterwinningen vaak buiten de steden liggen zijn er momenteel 17 open bodemenergiesystemen (WKO) bekend die in een drinkwaterwingebied liggen en 52 die minder dan 500 meter van een drinkwaterwingebied liggen [4].

Vanwege de groei van bodemgebruik voor andere functies, zoals bodemenergie, in combinatie met de slechte grondwaterkwaliteit in steden door verontreinigingen, mijden veel drinkwaterbedrijven stedelijke aquifers. Voor bestaande winningen is dit echter niet mogelijk en of het in de (verre) toekomst ook nog kan, is onzeker. Daarom blijft het van belang de bedreigingen goed in beeld te krijgen, inzicht te hebben in de beïnvloeding en ruimtelijke verspreiding van de waterkwaliteit door bodemenergiesystemen, en te begrijpen hoe de activiteiten elkaar beïnvloeden. In het kader van het bedrijfstakonderzoek van de drinkwatersector heeft KWR Watercycle Research Institute tussen 2011 en 2016 uitgebreid onderzoek gedaan naar de risico's en effecten van bodemenergiesystemen op de grondwaterkwaliteit en winningslocaties. In dit artikel worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen van verschillende onderzoeksprojecten gepresenteerd.

Ontwikkelingen bodemenergie

Eind 2015 zijn er 2.000 open en circa 45.000 gesloten bodemenergiesystemen operationeel in Nederland. Door de duurzame-energie doelstellingen ligt er een zeer ambitieuze groei-doelstelling voor de bodemenergiesector: richting respectievelijk 8.000 en 150.000 systemen in 2023 (uitwerking van SER-energieakkoord in 2016). De daadwerkelijke groei hangt vooral af van het bouwvolume en innovaties voor het toepassen van bodemenergie bij bestaande gebouwen die worden gerenoveerd.

De potentie voor hogetemperatuuropslag (HTO) is groot omdat er veel restwarmte beschikbaar is. Door hogere temperaturen op te slaan, hoeft de warmtepomp niet meer of minder te worden ingezet. Dit zorgt voor een significante additionele CO₂-emissiereductie ten opzichte van de 'traditionele' bodemenergieopslagsystemen. Het is nog erg onzeker hoeveel HTO zal worden toegepast. Vooral nog worden vooral diepere en brakke pakketten gebruikt voor pilotprojecten.

Geothermie zal vaker worden toegepast in Nederland. Gezien de schaal, het wettelijke kader en de specifieke warmtevraag, is het aantal projecten en hun locatie te overzien. Vooral woonwijken en kassen zijn goede afnemers van de warmte van geothermie. De regelgeving is recentelijk ook gewijzigd, zodat lokale overheden meer invloed hebben op de toetsing en vergunningverlening. Er wordt gesproken over het ultradiepe winnen van aardwarmte om elektriciteit mee op te wekken [2]. Of en op welke schaal dit in Nederland zal worden toegepast is nog onbekend.

Open bodemenergie heeft beperkt effect op de waterkwaliteit

Op basis van kolomproeven en modelsimulaties is inzichtelijk gemaakt wat het effect van open bodemenergiesystemen (in de vorm van warmte-koelopslag, WKO) op de grondwaterkwaliteit is en hoe grondwaterwinningen en bodemenergiesystemen elkaar beïnvloeden [5], [6].

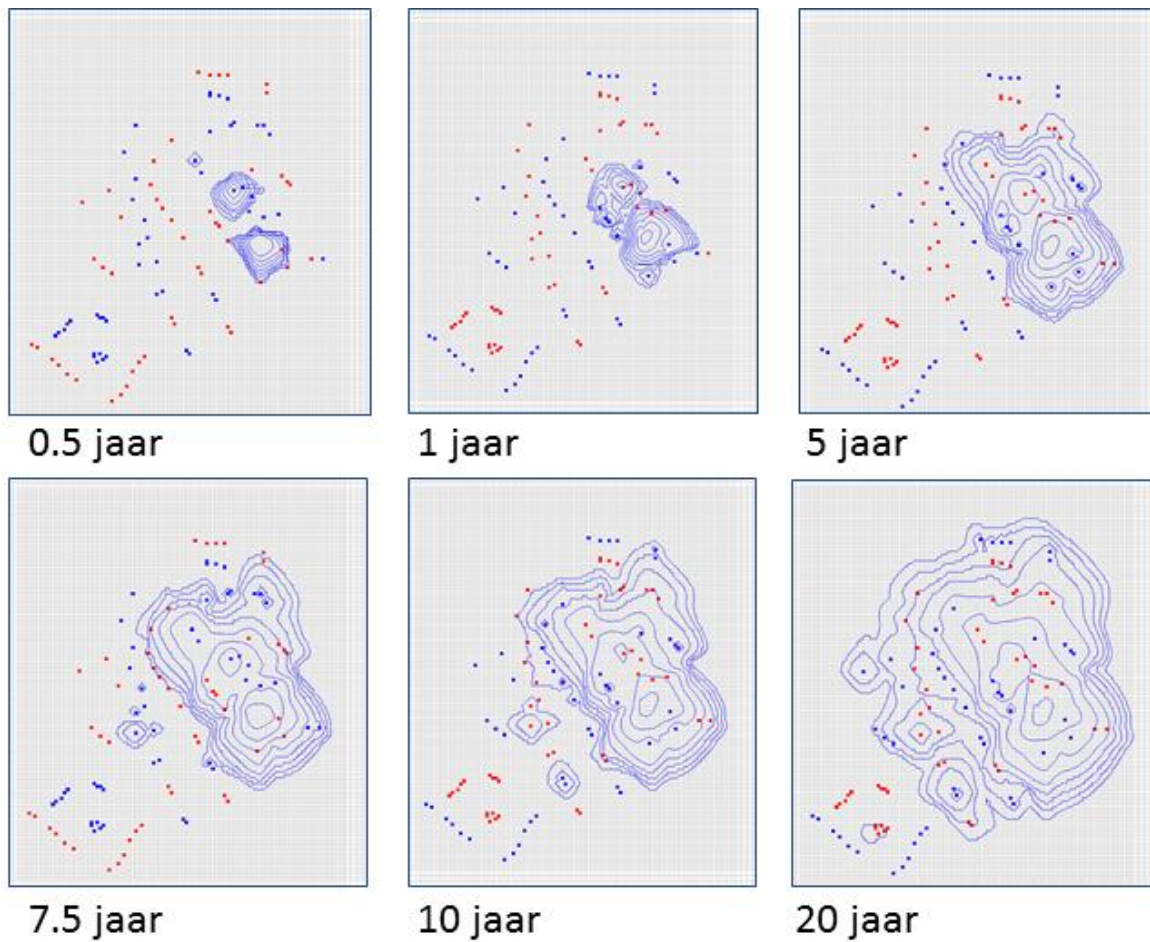
Effect op waterkwaliteit

De wettelijke maximum infiltratietemperatuur voor open opslagsystemen is 25°C. Qua temperatuurverandering van het grondwater heeft een verhoging tot 25°C een verwaarloosbaar effect op de chemische samenstelling van het grondwater. In aquifers waar de chemische samenstelling van het grondwater varieert over de diepte, kan een bodemenergiesysteem door menging van water van verschillende diepten echter voor significante waterkwaliteitsveranderingen zorgen. Als de grondwaterwinning in dezelfde aquifer op dezelfde diepte zit als het bodemenergiesysteem dat water van verschillende diepten mengt, onttrekt die nabijgelegen winning ook water van verschillende kwaliteit en krijgt dus hetzelfde 'mengsel' in de bron.

Interactie

Waar winningen in dezelfde aquifer zitten, maar op een andere diepte of in een gebied met een andere grondwaterkwaliteit (bijvoorbeeld door verontreinigingen), kan het bodemenergiesysteem de samenstelling van het water dat door de winning wordt onttrokken worden veranderd door verspreiding en verdunning. In stedelijk gebied, waar veel open bodemenergiesystemen in elkaars hydrologische beïnvloedingsgebied staan, kan een verontreiniging snel worden verspreid (zie afbeelding 2). Hoewel de verdunning die daarbij optreedt in de regel groot is, kan de nalevering vanuit zaklagen (waar de pure verontreiniging (nog) in de bodem zit) aan het grondwater door het rondpompen van de bodemenergiesystemen worden vergroot [7], [8]. Hierdoor neemt dan wel de concentratie in het grondwater af, maar neemt de totale vracht in het rondgepompte grondwater juist toe. Veelal zitten drinkwaterwinningen op afstand van steden en 'risico-aquifers'. Door de verspreidingsmechanismen van bodemenergiesystemen kan een grondwaterverontreiniging zich echter in enkele jaren vele honderden meters verplaatsen, waar dit zonder toepassing van bodemenergiesystemen slechts enkele meters zou zijn. Daarom is het bij de aanwezigheid van verontreinigingen veiligheidshalve beter om, waar winningen of strategische voorraden in dezelfde aquifer zitten als bodemenergiesystemen, een voldoende grote afstand als buffer te houden tussen bodemenergiesystemen en beschermingszones.

Vanwege de verspreiding van verontreinigingen/waterkwaliteitsvariaties is het van belang om inzichtelijk te hebben in welke mate het onttrokken water van een winning wordt beïnvloed door een nabijgelegen bodemenergiesysteem. Hiervoor is een analytisch instrument ontwikkeld dat met beperkte gegevens een snelle inschatting geeft van de mate van onderlinge interactie. De drinkwaterbedrijven gebruiken dit instrument voor een eerste screening als er een vergunning voor een bodemenergiesysteem nabij hun winningen wordt aangevraagd.



Afbeelding 2. Het verloop van de verspreiding en verdunning van een verontreiniging in een gebied met veel WKO-systemen [7]

Gesloten bodemenergiesystemen vormen een risico door aantal en onbekendheid

Op basis van literatuuronderzoek, faalstatistieken van drinkwaterleidingen en analytische en numerieke berekeningen is inzichtelijk gemaakt wat de mogelijke risico's en effecten van gesloten bodemenergiesystemen op de grondwaterkwaliteit zijn [9].

Bij het boorproces (veelal spuitboringen) van gesloten bodemenergiesystemen is het lastig om de bodemlagen die een scheidende werking hebben te lokaliseren, waardoor adequate afdichting van deze lagen ook lastig te realiseren is. Bij slechte afdichting van een doorboorde scheidende laag kan er kortsluitstroming ontstaan tussen verschillende aquifers, wat de watersamenstelling beïnvloedt. De directe invloeden zijn lokaal en beperkt, maar het vergroot wel de kwetsbaarheid van een eventuele drinkwaterwinning in het beïnvloede pakket.

Daarnaast werden tot enkele jaren geleden veel van deze systemen gevuld met circulatiewater waaraan additieven zijn toegevoegd, zoals glycol en corrosie-inhibitoren. Bij de lekkage van een gesloten bodemenergiesysteem komt de inhoud van de in het systeem aanwezige vloeistof in de bodem terecht. De kans dat een systeem gaat lekken is circa 1:500. Een kleine lekkage kan lange tijd onopgemerkt blijven en zo een verontreiniging veroorzaken. Een groot lek wordt meestal direct opgemerkt en verholpen. Daarbij komt dan wel een groot deel van de inhoud van het systeem in de bodem terecht, maar dat is vaak een beperkte hoeveelheid.

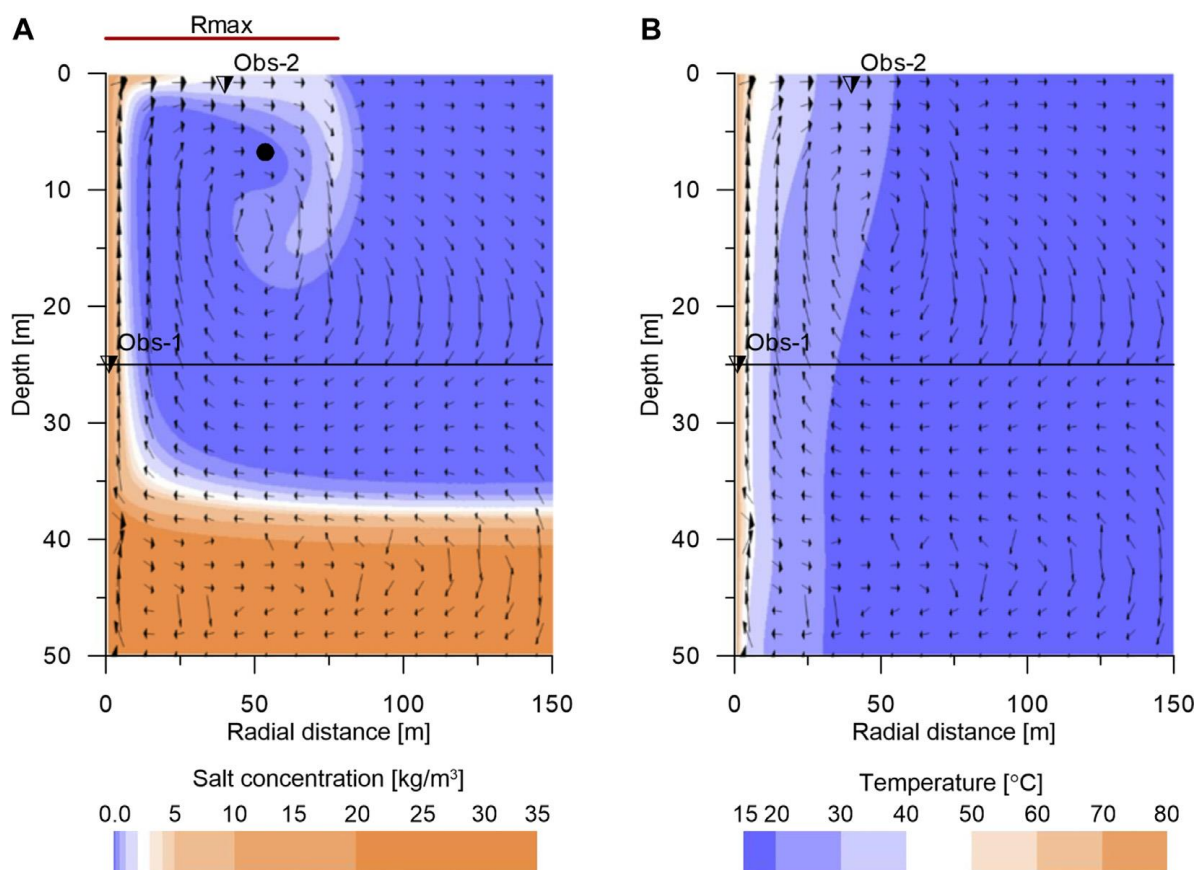
In de regelgeving is adequate afdichting, het voorkomen van lekkage en de toepassing van schadelijke additieven geregeld in de BRL 2100, BRL 11000 en BRL 6000-2. Dit zijn protocollen die

bedrijven moeten toepassen bij hun werk en waarvoor zij gecertificeerd en erkend moeten zijn. Daarnaast moeten alle systemen sinds 2013 worden gemeld, maar dit gebeurt nog niet goed [10], [11]. Het grote aantal systemen en het onder de radar blijven van hun locaties maakt handhaving onmogelijk. Daarom blijft dit type systemen een belangrijk aandachtspunt voor de grondwaterkwaliteit. Op papier is alles goed geregeld, maar het is onbekend of het in de praktijk ook overal goed gaat.

Over de effecten van hogetemperatuuropslag en geothermie is nog weinig bekend

Hogetemperatuuropslag (HTO) en geothermie worden toegepast in lagen die dieper liggen dan de aquifers waar drinkwaterbedrijven hun water uit onttrekken. De drinkwateraquifers worden echter wel doorboord, waardoor er negatieve effecten op de grondwaterkwaliteit kunnen optreden. Er is een verkennende studie uitgevoerd naar de effecten van HTO (>25°C) en de winning van geothermische warmte op de bovenliggende pakketten die moeten worden doorboord voor deze systemen [12].

De put van een HTO-/geothermiesysteem loopt door de bovenliggende bodemlagen. Omdat het water in de bron (vrijwel) continu erg warm is, warmen ook de bovengelegen bodemlagen rondom de bron op. In de directe omgeving van de bron zorgt dit voor veranderingen in temperatuur en dichtheid, wat ook lokale (tot ca. 100 m rondom de bron) dichtheidsstroming veroorzaakt (zie afbeelding 3) [13]. De effecten van de temperatuurverhoging tot boven de 25°C op de chemische samenstelling zijn niet uitputtend onderzocht. Bij de eerder genoemde kolomproeven is echter één kolomproef op 60°C uitgevoerd. De resultaten daarvan wijzen op verhoogde mobilisatie van zware metalen en andere sporenelementen [9].



Afbeelding 3. Zoutconcentratie (A) en temperatuur (B) rondom een geothermieput ter plaatse van een doorboorde aquifer [13]

Omdat de realisatie van HTO-(pilot)systemen voornamelijk in brakke aquifers plaatsvindt, is met name de warmte-uitstraling vanuit de HTO naar bovenliggende grondwaterpakketten een belangrijk aandachtspunt voor de korte termijn. Er is namelijk nog weinig bekend over hoeveel thermische energie, op welk temperatuurniveau en tot welke diepte deze naar boven wordt getransporteerd. Vooruitlopend op (grootschalige) toepassing van HTO in zoete aquifers, is het daarom van belang om het effect van temperatuurverhoging ($25 < T < 90$ °C) op de chemische samenstelling van het water te onderzoeken.

Bij de toepassing van geothermie is instandhouding/integriteit van de put het belangrijkste aandachtspunt. Geothermisch water heeft in de regel een zeer hoge chlorideconcentratie en kan vaste bestanddelen (zand) in het opgepompte water bevatten. De put is daardoor onderhevig aan corrosie en erosie, waardoor er gaten in kunnen ontstaan. Door de hoge druk die heerst in een geothermiebron, kan er bij eventuele lekkage een grote hoeveelheid geothermisch water in een bovenliggende aquifer terechtkomen. Er is nog weinig bekend over de effecten en risico's van een lekkage van een geothermiebron. Omdat het gaat om water met een hoge chlorideconcentratie, zware metalen en mogelijk koolwaterstoffen en/of radioactief materiaal, is het van groot belang om het effect van een lekkage in een aquifer in beeld te hebben. Mitigerende maatregelen die in de huidige praktijk worden toegepast om lekkage te voorkomen, lijken ontoereikend. Daarnaast kunnen ook eventuele lekkages of vermorsingen bovengronds voor bodemverontreinigingen zorgen.

Conclusies

De effecten en risico's van open bodemenergiesystemen tot maximaal 25°C infiltratietemperatuur zijn veelal verwaarloosbaar. Alleen bij toepassing in aquifers, waar (mogelijk) ook verontreinigingen zijn, zijn er eventueel nadelige effecten. In zulke gebieden is het verstandig om rondom drinkwaterwinningen een voldoende grote bufferzone te hanteren die vrij is van bodemenergiesystemen, zodat eventuele antropogene invloed niet (versneld) in de winning terecht komt.

Op papier zijn de risico's en effecten van gesloten bodemenergiesystemen beperkt. Er zijn echter nog grote zorgen over de toepassing in de dagelijkse praktijk. Bovendien is er weinig bekend over de effecten van de additieven, als die in de bodem terechtkomen. Het grote aantal en de onbekendheid van de locaties, en daarmee het ontbreken van toezicht op deze systemen, blijft een zorgpunt.

Hoewel de directe effecten van HTO-systemen veel minder groot zijn dan die van geothermie, zijn er nog enkele vragen die moeten worden beantwoord. Zo moet er worden uitgezocht wat het langetermijneffect van de warmte-uitstraling naar bovenliggende lagen is en wat het effect van de temperatuurverandering op de chemische samenstelling van het water is.

Het is nog onbekend hoe groot het risico van lekkage bij een geothermiesysteem is: zowel de kans op als de gevolgen van zo'n lekkage zijn niet goed bekend. Omdat onduidelijk is of de mitigerende maatregelen toereikend zijn, en het formatiewater in elk geval van zeer slechte kwaliteit is, kunnen deze systemen vooralsnog een groot risico betekenen voor de grondwaterkwaliteit.

Referenties

1. Aa, M. v.d., Tangena, B., Wuijts, S., Nijs, A. (2015). Scenario's drinkwatervraag 2015-2040 en beschikbaarheid bronnen. Verkenning grondwatervoorraden voor drinkwater. RIVM Rapport 2015-0068 Bilthoven.
2. Kamp, H. (2015). Warmtevisie, ministry of economic affairs, Den Haag.
3. SER (2013). Energie Akkoord. Social economical council.
4. Bonte, M., Breukelen, B.M. van, Stuyfzand, P.J. (2013b). Environmental impacts of aquifer thermal energy storage investigated by field and laboratory experiments. *Journal of Water and Climate Change* 4, 77.
5. Bloemendal, M., Zaadnoordijk, W.J. (2016). De interactie tussen grondwaterwinningen en WKO-systemen beter begrepen en gekwantificeerd. KWR, Nieuwegein.
6. Bonte, M. (2013). Impacts of shallow geothermal energy on groundwater quality, Geosciences. Vrije Universiteit, Amsterdam.
7. Phernambucq, I. (2015). Contaminant spreading in areas with a high density of Seasonal Aquifer Thermal Energy Storage (SATES) systems, Geosciences. University of Utrecht.
8. Zuurbier, K.G., Hartog, N., Valstar, J., Post, V.E., Breukelen, B.M. van (2013). The impact of low-temperature seasonal aquifer thermal energy storage (SATES) systems on chlorinated solvent contaminated groundwater: modeling of spreading and degradation. *Journal of contaminant hydrology* 147, 1-13.
9. Bonte, M., Mesman, G., Kools, S., Meerkerk, M., Schriks, M. (2013a). Effecten en risico's van gesloten bodemenergiesystemen. KWR Watercycle research institute, Nieuwegein.

10. Graaf, A.D., Heijer, R., Postma, S. (2016). Evaluatie Wijzigingsbesluit bodemenergiesystemen. Buro 38 in commision of ministry of Intrastructure and environment, Cothen.
11. Willemsen, N. (2016). Rapportage bodemenergiesystemen in Nederland. RVO / IF technology, Arnhem.
12. Hartog, N., Cirkel, D.G. (2015). Geothermie en HTO: Evaluatie van de risico's voor grondwaterkwaliteit. KWR Watercycle Research Institutie, Nieuwegein.
13. Lopik, J.H., Hartog, N., Zaadnoordijk, W.J., Cirkel, D.G., Raoof, A. (2015). Salinization in a stratified aquifer induced by heat transfer from well casings. *Advances in Water Resources* 86, 32-45.